

PENGARUH PERUBAHAN LAHAN HULU TERHADAP SEDIMENTASI DAN KUANTITAS AIR BENDUNGAN PENGGA SEBAGAI PENYANGGA KEBUTUHAN AIR BAKU KAWASAN EKONOMI KHUSUS (KEK) MANDALIKA, LOMBOK TENGAH

Ery Setiawan*, Heri Sulistiyono, Atas Pracoyo, Ni Made Ratna Windusari
Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: ery.setiawan@unram.ac.id

ABSTRAK.

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika merupakan kawasan yang sedang berkembang pesat karena memiliki agenda rutin event tingkat dunia. Banyak infrastruktur berbagai sektor dibangun sebagai penyangga bagi kawasan Mandalika. Salah satunya adalah pembuatan bangunan pengambilan (jetty) dan saluran suplesi air baku sepanjang ± 20 km di Waduk Pengga pada tahun 2021, yang mampu mengalirkan debit sebesar 150 liter/detik. Infrastruktur ini diperuntukkan bagi pemenuhan kebutuhan air di kawasan Mandalika. Waduk Pengga dibangun tahun 1991 memiliki tampungan efektif sebanyak 21 juta m³ untuk melayani kebutuhan air irigasi seluas 3585 hektar dan penyediaan air baku serta pariwisata. Beberapa masalah lain akibat perkembangan perubahan lahan di daerah hulu waduk yang berupa perkotaan yang sedang berkembang pesat yaitu jumlah sedimentasi yang masuk ke dalam waduk per tahun, secara kuantitas mengurangi tampungan waduk. Metode pelaksanaan dengan analisis spasial erosi metode MUSLE, SDR metode USDA-SCS untuk sedimentasi, analisis trap efficiency menggunakan grafik Brune-Churcill serta verifikasi hasil menggunakan data bathimetri dari pengukuran sedimen dasar waduk oleh BWS NT-1. Penggunaan data pendukung berupa data sekunder klimatologi dan peta digital serta peta penggunaan lahan RBI selama kurun waktu ± 10 tahun. Perubahan lahan di hulu Waduk Pengga secara langsung memengaruhi kuantitas air, terutama melalui peningkatan sedimentasi dan fluktuasi volume air. Sedimentasi yang terjadi pada daerah tangkapan air Bendungan Pengga sebesar 197.838 m³/tahun akan mengisi tampungan dan memenuhi ruang sedimen (dead storage) Waduk Pengga, sehingga akan mengurangi nilai usia guna Bendungan Pengga beberapa tahun ke depan. Penanganan berkelanjutan diperlukan untuk menjaga fungsi utama waduk sebagai sumber irigasi, energi, dan air baku bagi masyarakat sekitar. Hal ini dapat dilakukan dengan konservasi DAS dan pengelolaan lahan berkelanjutan.

Keyword: land use, analisis spasial, sedimentasi, SDR, perubahan tampungan.

1. PENDAHULUAN

Waduk Pengga dibangun pada tahun 1991 memiliki tampungan awal 21 juta m³, dan saat ini tersisa 16,2 jt m³. Waduk ini merupakan multi purpose dam, mengairi 3858 ha sawah, pemenuhan air baku dan PLTMH sebesar 400 kVA kota Praya dan sekitarnya. Sejak tahun 2022 fungsinya ditambah untuk suplai air baku ke KEK Mandalika sebesar 100 ltr/det/hari. Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika merupakan kawasan yang sedang berkembang pesat karena menjadi pusat pariwisata di Provinsi NTB khususnya di Pulau Lombok dan memiliki agenda rutin event tingkat dunia. Banyak infrastruktur berbagai sektor dibangun sebagai penyangga bagi kawasan Mandalika. Salah satunya adalah pembuatan bangunan pengambilan (jetty) dan saluran suplesi air baku sepanjang ± 20 km di Waduk Pengga pada tahun 2021, yang mampu mengalirkan debit sebesar 150 liter/detik. Infrastruktur ini diperuntukkan bagi pemenuhan kebutuhan air di kawasan Mandalika. Waduk Pengga

dibangun untuk melayani berbagai kebutuhan air: irigasi, pembangkit listrik tenaga mikro hidro, penyediaan air baku serta pariwisata. Secara kuantitas suplesi air baku ini akan mempengaruhi ketersediaan air dan neraca air eksisting. Beberapa masalah lain akibat perkembangan perubahan lahan di daerah hulu waduk yang berupa perkotaan yang sedang berkembang pesat yaitu: a) jumlah sedimentasi yang masuk ke dalam waduk per tahun, secara kuantitas mengurangi tampungan waduk, b) masalah kualitas air, karena akumulasi limbah yang masuk ke dalam sungai menjadi inflow Waduk Pengga.

Metode pelaksanaan usulan penelitian ini adalah pengamatan dan analisis spasial baik erosi sedimentasi, analisis *water balance* serta verifikasi hasil. Penggunaan data pendukung sekunder berupa data klimatologi, inflow-outflow dan peta digital yang bersumber dari balai wilayah sungai Nusa Tenggara 1 (BWS NT-1) serta data dan peta pendukung lainnya untuk mendukung analisis. Berdasarkan perkembangan dinamika DAS di bagian Pengga Hulu dan sekitarnya yang cepat menjadi daerah perkotaan dan berpengaruh terhadap keberlangsungan serta umur waduk Pengga, maka diperlukan studi yang komprehensif tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap erosi-sedimentasi dan kuantitas tampungan waduk.

2. METODOLOGI

Metode pelaksanaan dengan analisis spasial erosi metode MUSLE, SDR metode USDA-SCS untuk sedimentasi, analisis *trap efficiency* menggunakan grafik *Brune-Churcill* serta verifikasi hasil menggunakan data bathimetri dari pengukuran sedimen dasar waduk oleh BWS NT-1. Penggunaan data dukung sekunder berupa data klimatologi, inflow-outflow dan peta digital yang bersumber dari: a) data iklim dan curah hujan dari citra satelit TRMM atau NOAA, b) data DEM dari Demnas atau USGS berbasis citra SRTM resolusi 30x30 meter, serta c) peta penggunaan lahan RBI selama kurun waktu ± 10 tahun, d) data sekunder hasil pengukuran bathimetri dari balai wilayah sungai Nusa Tenggara 1 (BWS NT-1) serta e) data dan peta pendukung lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

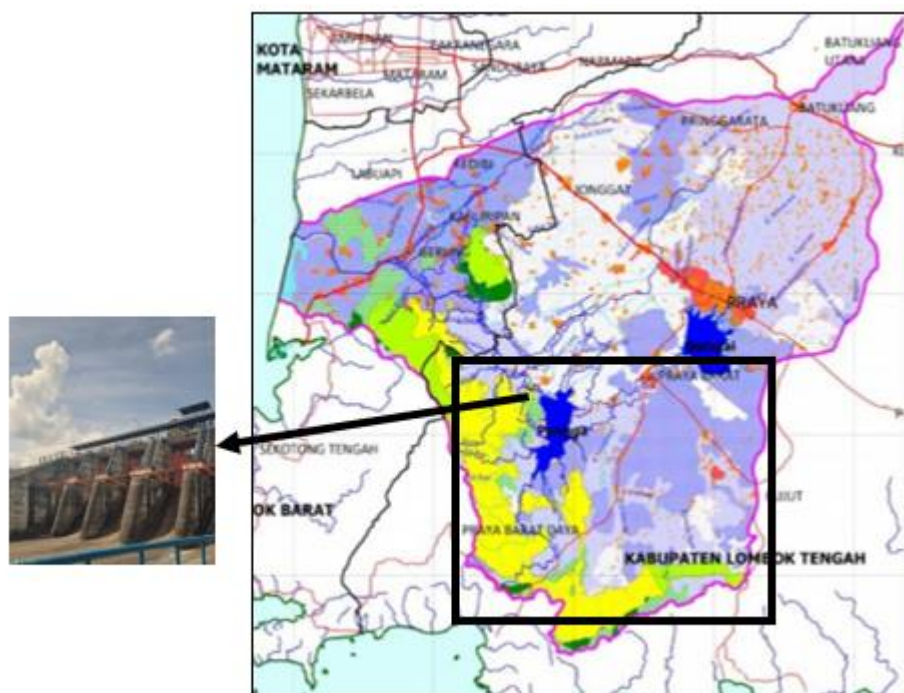
Lokasi studi

Daerah aliran sungai (DAS) Dodokan yang memiliki luas sebesar 578,62 km², sedangkan DAS Dodokan bagian tengah yang terletak di sebelah Hulu Waduk Pengga merupakan bagian dari DAS Dodokan dan hanya memiliki luas 197,33 km².

Analisis perubahan lahan

Analisis perubahan lahan dilakukan dengan analisis spasial dan statistik (data dan tabel numerik) dengan input berupa data sekunder yang diperoleh dari kompilasi beberapa data yaitu data dari BWS NT-1, google earth dan data pendukung dari beberapa instansi atau sumber data lainnya. Perubahan lahan data sekunder dilakukan dengan memanfaatkan tabel data atribut pada ArcGIS v10.8. Data penggunaan lahan yang digunakan adalah data tahun 2011, 2014 dan 2024.

Tabel 1 dan Tabel 2 menyajikan luas jenis penggunaan lahan untuk tahun 2011 sampai dengan 2014. Sedangkan Tabel 3 menyajikan selisih luasan penggunaan lahan dalam kurun waktu 2011 sampai dengan 2024.



Gambar 1. Lokasi studi di DAS Dodokan bagian tengah (Hulu Pengga).

Tabel 1 Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2011-2014

Tutupan Lahan	A (km ²)	Tutupan Lahan	A (km ²)
Hutan Lahan Kering	30.14	Hutan Lahan Kering	7.33
Belukar rawa	36.60	Belukar rawa	14.89
Pemukiman	3.44	Pemukiman	3.98
Padang Rumput/savana	7.17	Padang Rumput/savana	10.24
Badan Air	4.52	Badan Air	4.52
Pertanian Lahan Kering	12.85	Pertanian Lahan Kering	12.75
Pertanian Lahan Kering Campur	28.34	Pertanian Lahan Kering Campur	55.11
Sawah	74.28	Sawah	84.73
Bandara/Pelabuhan	0.00	Bandara/Pelabuhan	3.78
Total	197.33	Total	197.33

Tabel 2 Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2014-2024

Tutupan Lahan	A (km ²)	Tutupan Lahan	A (km ²)
Hutan Lahan Kering	7.33	Hutan Lahan Kering	5.27
Belukar rawa	14.89	Belukar rawa	1.06
Pemukiman	3.98	Pemukiman	9.38
Padang Rumput/savana	10.24	Padang Rumput/savana	1.54
Badan Air	4.52	Badan Air	4.52
Pertanian Lahan Kering	12.75	Pertanian Lahan Kering	6.15
Pertanian Lahan Kering Campur	55.11	Pertanian Lahan Kering Campur	56.90
Sawah	84.73	Sawah	106.78
Bandara/Pelabuhan	3.78	Bandara/Pelabuhan	3.78
Total	197.33	Total	197.33

Tabel 3 Selisih penggunaan lahan di lokasi studi

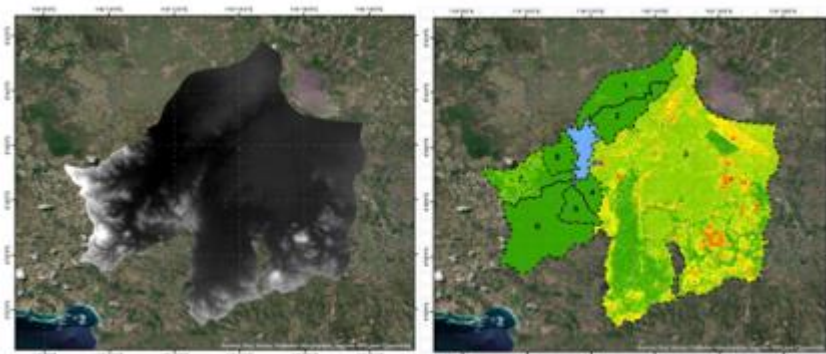
Tutupan Lahan	Selisih	2011-2014	2014-2024	2011-2014	2014-2024
		(km ²)	(km ²)	(%)	(%)
Hutan Lahan Kering		-22.80	-2.06	75.67	28.11
Belukar rawa		-21.71	-13.83	59.33	92.87
Pemukiman		0.54	5.40	15.77	135.70
Padang Rumput/savana		3.07	-8.70	42.82	85.00
Badan Air		0.00	0.00	0.00	0.00
Pertanian Lahan Kering		-0.10	-6.60	0.80	51.75
Pertanian Lahan Kering Campur		26.77	1.78	94.48	3.23
Sawah		10.45	22.05	14.07	26.03
Bandara/Pelabuhan		3.78	0.00	-	0.00

Dari Tabel 3 diperoleh hasil bahwa permukiman meningkat sebesar 135% selama kurun waktu 10 tahun dari tahun 2014-2014, sedangkan pertanian lahan kering campur sebesar 94,5% dalam kurung waktu 4 tahun (2011-2014). Penurunan luas lahan terbesar hutan lahan kering sebesar 75,7% (2011-2014) dan belukar sebesar 92,87% di selama kurun waktu 11 tahun 2011-2024. Permukiman meningkat terbesar (2024), pertanian lahan kering campur terbesar (2014). Sedangkan Penurunan luas lahan terbesar hutan lahan kering (2014) dan belukar di 2024.

Analisis erosi dan sedimentasi

Analisis laju erosi dihitung menggunakan metode *modified of universal soil loss equation* (MUSLE). Gambar 2 menyajikan laju erosi hasil analisis spasial yang dilakukan di DAS Pengga Hulu dengan metode MUSLE dan ArcMap v10.8. Dari data awal berupa data Demnas yang dianalisis untuk menentukan laju erosi, dengan hasil berupa laju erosi yang disajikan secara spasial pada Gambar 2. Hasil laju erosi yang terjadi pada DAS Pengga Hulu yaitu 385,139.81 m³/tahun dengan rata-rata laju erosi 56.15 ton/ha/tahun. Berdasarkan klasifikasi tingkat bahaya erosi pada Tabel 4, maka secara keseluruhan DAS Pengga Hulu masuk klasifikasi kelas II. Sedangkan laju sedimentasi ini digunakan metode SDR USDA SCS (1979) dan menghasilkan nilai SDR Pengga Hulu sebesar 0.321. Nilai *trap efficiency* terhadap tangkapan di bagian hulunya dihitung menggunakan grafik Brune and Churchill berdasarkan data-data teknis yang ada, meliputi data inflow tahunan dan kapasitas tampungan terbaru.

Berdasarkan nilai tersebut diperoleh ratio (r) sebesar 0,29 dan dari grafik Brune-Churchill pada Gambar 2 di bawah diperoleh nilai *trap efficiency* sebesar 92%. Sehingga laju erosi total yang masuk ke Waduk Pengga sebesar 388,166.94 m³/tahun. Dengan menggunakan persamaan SDR diperoleh nilai sedimen mengendap yang masuk ke dalam waduk Pengga sebesar 197,838 m³/tahun. Gambar 3 menyajikan kurva lengkung kapasitas waduk Pengga dari tahun 1991 sejak awal mulai beroperasi sampai dengan perubahan tampungannya di tahun 2028 dan 2020 akibat sedimentasi yang masuk.

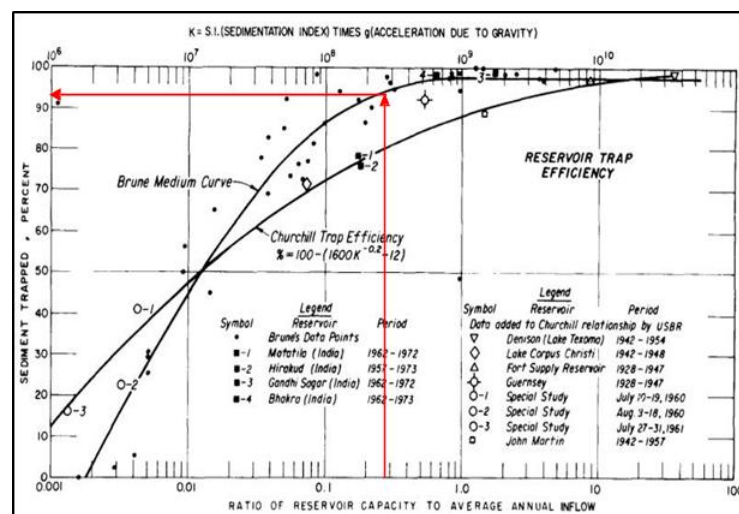


Gambar 2. Peta DEM dan hasil peta laju erosi di hulu Pengga (Windusari, 2024).

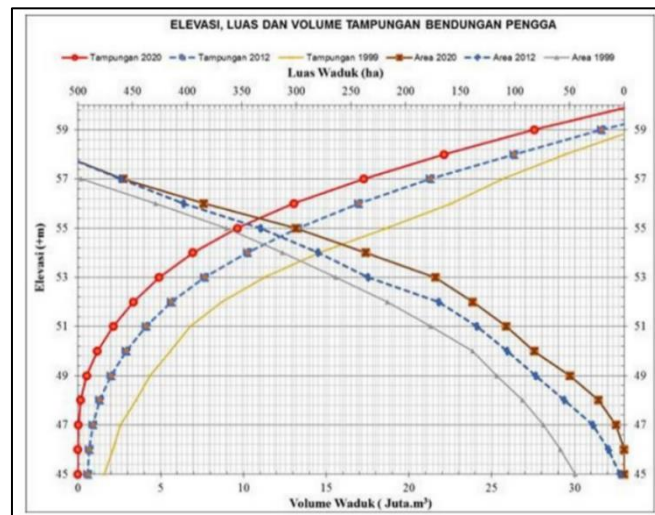
Tabel 4 Kelas tingkat bahaya erosi

Kelas	Laju Erosi (ton/ha/th)	TBE
I	< 15	Sangat Ringan
II	15 - 60	Ringan
III	60 - 180	Sedang
IV	180 - 480	Berat
V	> 480	Sangat Berat

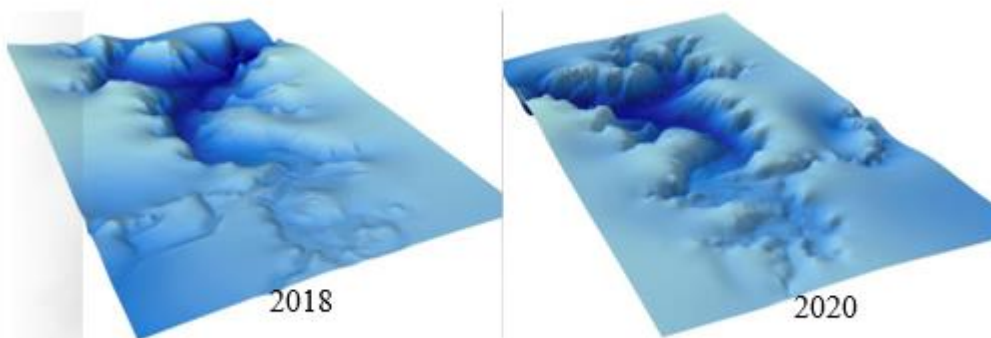
Gambar 5 menyajikan visualisasi 3D hasil pengukuran sedimen dasar waduk Pengga oleh BWS NT-1 tahun 2028 dan 2020. Dari Gambar 5 tersebut digunakan untuk verifikasi antara hasil hitungan terhadap data hasil pengukuran bathimetri yang dilakukan instansi dari BWS-NT1 dan memberikan nilai selisih/error perhitungan volume sedimen yang dihasilkan sebesar 13,96%. Berdasarkan hasil analisis erosi dan sedimentasi di atas, maka kuantitas air Waduk Pengga dapat diperkirakan keberlangsungannya sebagai berikut: tahun 1999 elevasi muka air normal (MAN) +57 volume 27,00 juta m³, tahun 2012 volume sebesar 21,20 juta m³ sedangkan pada tahun 2020 volume sebesar 17,26 juta m³ pada elevasi yang sama. Hasil analisis sedimentasi menunjukkan bahwa secara linier usia guna Waduk Pengga tersisa dalam waktu < 10 tahun. Hal ini karena laju sedimen sebesar 197,838 m³/tahun akan memenuhi ruang sedimen (*dead storage*) waduk Pengga.



Gambar 3. Grafik Brune and Churchill (USDTI, 2012).



Gambar 4. Kurva lengkung kapasitas Pengga (BWS NT-1, 2020)



BWS NT-1 tahun 2018 dan 2020 (BWS NT-1 2020).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan lahan di hulu Waduk Pengga secara langsung memengaruhi kuantitas air, terutama melalui peningkatan sedimentasi dan fluktuasi volume air. Permukiman meningkat sebesar 135% selama kurun waktu 10 tahun dari tahun 2014-2014, sedangkan pertanian lahan kering campur sebesar 94,5% dalam kurung waktu 4 tahun (2011-2014). Penurunan luas lahan terbesar hutan lahan kering sebesar 75,7% (2011-2014) dan belukar sebesar 92,87% di selama kurun waktu 11 tahun 2011-2024. Hasil analisis sedimentasi menunjukkan laju sedimen sebesar 197.838 m³/tahun akan mengisi tampungan dan memenuhi ruang sedimen (*dead storage*) Waduk Pengga. Disarankan upaya penanganan berkelanjutan untuk menjaga fungsi utama waduk sebagai sumber irigasi, energi, dan air baku bagi masyarakat sekitar. Hal ini dapat dilakukan dengan konservasi DAS dan pengelolaan lahan berkelanjutan dengan cara perluasan penghijauan di daerah hulu serta penegakan peraturan terkait penggunaan lahan yang lebih berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Indrawan INP, Widiatmaka, Trisasongko BH, 2022, Land use land cover change in Badung Regency, Bali, 2nd ISeNREM 2021, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science No. 950.
2. Emlaei Z, Pourebrahim S, Heidari H, Lee KE, 2022, The Impact of Climate Change as Well as Land-Use and Land-Cover Changes on Water Yield Services in Haraz Basin, Journal of Sustainability, Vol 14, No. 7578.

3. García VHR, Grima CA, García AGR, Rivas AIM, 2023, The Hydrological Balance in Micro-Watersheds Is Affected by Climate Change and Land Use Changes, *Journal of Appl. Science* Vol. 13, No. 2503
4. Daramola J , Adepehin EJ, Ekhwan TM, Choy LK, Mokhtar J, Tabiti TS, 2022, Impacts of Land-Use Change, Associated Land-Use Area and Runoff on Watershed Sediment Yield: Implications from the Kaduna Watershed, *Journal of Water*, Vol 14, No. 325
5. Phinyoyang A, Ongsomwang S, 2021, Optimizing Land Use and Land Cover Allocation for Flood Mitigation Using Land Use Change and Hydrological Models with Goal Programming, Chaiyaphum, Thailand, *Journal of Land*, Vol. 10, No. 1317.
6. Chow, V. T., and Mays, L, 1988, *Applied of Hydrology*, McGrawhill, USA
7. Anonim, 2015, Permen PUPR No.: 15/PRT/M/2015 Tentang pengelolaan bendungan, Dirjen Sumber Daya Air, Kementerian PUPR.
8. Hardiyatmo, 2006, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara 1. (2020). *Laporan Interim : SID Penanganan Sedimentasi Bendungan di Pulau Lombok (Batujai, Pengga, Pandanduri, Tibu Kuning dan Telaga Lebur)*.
10. Ouyang, D., dan Bartholic, J. (1997). Predicting Sediment Delivery Ratio in Saginaw Bay Watershed. The 22nd National Association of Environmental Professionals Conference Proceedings, 659-671.
11. Saputra, K. D. A., dan Abdurrosyid, J. (2022). Perbandingan Antara Metode USLE dan MUSLE dalam Analisis Erosi Lahan pada Daerah Tangkapan Air Waduk Cengklik. *Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 54-61.
12. Smith, S. J., Williams, J. R., Menzel, R. G., dan Coleman, G.A. (1984). Prediction of Sediment Yield from Southern Plains Grasslands with the Modified Universal Soil Loss Equation. *Journal of Range Management*, 37(4), 295-297.
13. Ni Made Sri Ratna Windusari, Ery Setiawan, Yusron Saadi, Heri Sulistiyono, 2024, Analysis of Erosion and Sedimentation Rates on The Remaining Useful Life of Pengga Dam Using MUSLE Method, *Path of Science: International Electronic Scientific Journal*, Vol. 10, No. 5 (2024), <http://dx.doi.org/10.22178/pos.104-21>.