

Analisis Laju Pendangkalan dengan metode Empiris untuk Model Restorasi Waduk Bakaru

Amrullah Mansida¹, Arsyuni Ali Mustari² dan Mahmuddin³

Prodi Teknik Keairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar,
Jalan Sultan Alauddin No. 259 Makassar, 90221

¹Email: amansida@yahoo.com, ²Email: nzakiah009@gmail.com dan ³Email: Mahmuddin_1780@yahoo.com

Abstrak - Sub DAS mamasa sebagai area tangkapan waduk Bakaru mengalami kerusakan mencapai level sangat kritis, hasil analisis New-Jec (1990) rata-rata laju sedimen 133,000 m³/tahun dan hasil penelitian (Tim PT. PLN Persero bersama Tim Unhas (2005) rata-rata sekitar 423,800 m³/tahun (2005), dari kapasitas ekonomis waduk 6,919,900 m³ (50 tahun), berkurang menjadi sekitar $\pm 6.331.400$ m³ atau tersisah 588,500 m³ (± 15 tahun). Permasalahan ini menjadi isu yang menarik untuk kajian lebih lanjut. Tujuan diperoleh besarnya laju potensi erosi; besarnya sedimentasi pendangkalan dan diperoleh konsep model restorasi pendangkalan waduk. Metode yang digunakan adalah deskriptif eksploratif. Penelitian ini dibagi tiga tahapan; (1) persiapan; (2) survey lapangan dan pengujian sampel; (3) analisis laju erosi dan model restorasi pendangkalan waduk. Hasil analisis laju sedimen dari rata-rata 133,000 m³/tahun (1990) menjadi rata-rata sekitar ± 423.800 m³/tahun (2005), meningkat menjadi rata-rata $\pm 616,479.00$ m³/tahun (2016). Hasil ini memberikan indikator DAS waduk mengalami kerusakan signifikan, karena dalam periode waktu sebelas tahun terakhir kapasitas waduk mencapai sekitar $\pm 6,781,271.00$ m³ atau tersisah kapasitas waduk sekitar $\pm 138,628.00$ m³. Jika tidak ada tindakan yang signifikan mencegah tingginya laju erosi sebagai penyebab pendangkalan dan mengurai sedimentasi di waduk, maka kondisi ini menjadi super kritis dan sekaligus ancaman bagi masyarakat Sulsel, karena waduk ini merupakan sumber PLTA dengan menyuplai energy listrik sekitar 125 MW salah satu yang terbesar serta menyebabkan krisis energi di wilayah SulSel. Diperlukan yang metode signifikan untuk menekan/meminimal laju potensi erosi masuk ke waduk dan dipaliksikan. Metode yang rasional dapat dilakukan adalah untuk mengurangi potensi laju sedimen akibat laju erosi diusulkan; (1) restorasi hutan dan lahan pertanian dengan konservasi dan eko-drainase serta pengelolaan DAS dengan satu sungai satu pengelolaan; (2) restorasi pendangkalan waduk metode flushing Conduit (pengurasan melalui pipa) diperlukan kajian lanjutan.

Kata kunci: Kerusakan DAS, laju sedimen, restorasi pendangkalan waduk

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh BPDAS Sadang menggunakan metode USLE pada tahun 2011 diperoleh laju erosi sebesar 1.188.4 ton/ha/tahun [1] dan hasil penelitian pada sub DAS Mamasa dengan menggunakan metode MUSLE diperoleh laju erosi sebesar 854.08 ton/ha/tahun. [4]

Hasil penelitian dilakukan oleh UNHAS berkerjasama dengan PT. PLN (Persero) sektor Bakaru tahun 2005 menunjukkan produksi sedimen rata-rata 423.800 m³/tahun bila dibandingkan pada awal pembangunan tahun 1990 rata-rata sedimen 133.000 m³/tahun dengan kapasitas sedimen 6.919.900 m³ (umur rencana 50 tahun) oleh New-Jec tahun 1990, dalam kurun waktu ± 15 tahun (2005) kapasitas waduk mencapai $\pm 6.331.400$ m³ berarti kapasitas waduk tersisah 588.500 m³ [2][3].

Hal ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan laju sedimentasi dari tahun ke tahun, sehingga akan mempengaruhi daya tampung waduk. Adanya peningkatan sedimentasi dari tahun menjadi gambaran bahwa DAS waduk bakaru ada masalah. DAS merupakan bagian penting yang tidak terpisahkan dengan system pengelolaan sungai,

sehingga sedimentasi terjadi di sungai adalah merupakan buah dari buruknya system pengelolaan di hulu sungai tersebut.

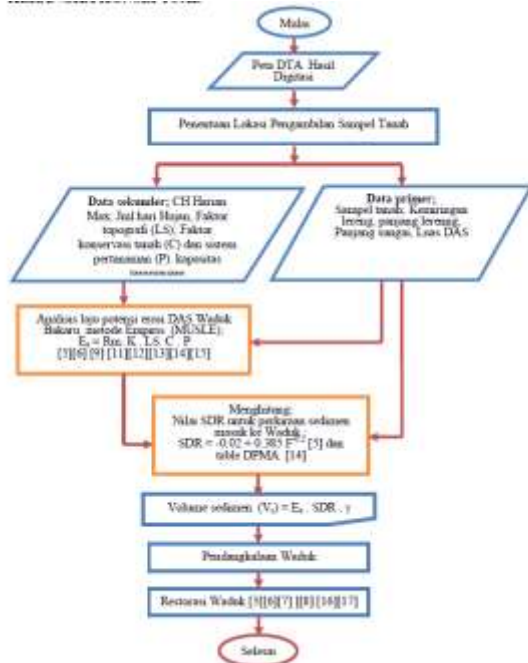
Permasalahan sub Das Mamasa sebagai sumber air waduk Bakaru memberikan warning bahwa pendangkalan waduk ini akan berdampak terhadap penyediaan debit andalan untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan sedimentasi yang berlebihan juga berpengaruh terhadap sistem kerja turbin PLTA itu sendiri. Terjadi permasalahan PLTA Bakaru tentunya akan mempengaruhi terhadap penyediaan energy untuk wilayah Sulsel, dimana PLTA ini menyuplai sekitar 125 MW dari kebutuhan energi.

Rumusan masalah penelitian ini adalah;

1. Berapa besar potensi laju erosi penyebab sedimentasi pendangkalan waduk;
2. Berapa besar sedimentasi sebagai penyebab pendangkalan waduk;
3. Bagaimana model restorasi pendangkalan waduk

Tujuan penelitian ini adalah; (1) Diperoleh besar potensi laju erosi penyebab sedimentasi pendangkalan waduk; (2) Diperoleh besar sedimentasi sebagai penyebab pendangkalan waduk; (3) Diperoleh konsep restorasi pendangkalan waduk untuk kajian selanjutnya.

KERANGKA KONSEPTUAL



Gambar 1. Kerangka Konseptual

II. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di daerah hulu sub DAS mamasa sebagai tangkapan air waduk Bakaru, di desa Ulusaddang, Kecamatan Lembang Kabupaten Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan. Berada di sebelah utara kota Makassar dengan jarak tempuh sekitar \pm 270 Km. Waktu penelitian dimulai bulan Mei sampai dengan Oktober 2016.

Tahapan Penelitian

Pelaksanaan tahapan penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu; tahapan pertama persiapan; kedua survey lapangan, pengambilan sampel dan pengujian sampel; ketiga analisis dan pembahasan laju erosi sebagai pendangkalan waduk Bakaru, dengan uraian tahapan adalah :

- Persiapan Persiapan untuk mengumpulkan data-data pendahuluan dan data sekunder seperti peta tanah, peta batas-batas sub DAS mamasa, peta topografi yang menggambarkan kelerengan daerah tangkapan waduk Bakaru.

- Pengamatan lapangan kelerengan (LS) daerah tangkapan air waduk Bakaru digunakan alat GPS dan menentukan koordinat dan pengecekan kelerengan. kepentingan erodibilitas tanah (K) dengan mengambil contoh tanah. Faktor penutup tanah (C) dan faktor tindakan konservasi (P).
- Analisis data; perkiraan akumulasi sedimen yang masuk ke waduk dengan metode empiris yaitu pendekatan Perhitungan Laju Erosi Potensial (E_a); Laju Erosi potensi $E_a = R_m \times K \times C \times P \times LS$ dengan uraian parameter yang digunakan adalah curah hujan yang diperoleh dari DTA waduk untuk mendapatkan nilai faktor erositivitas (R). Faktor erodibilitas tanah (K) diperoleh dari pemeriksaan sampel tanah di laboratorium yang yang digunakan persamaan 6. Pendugaan sedimen yang masuk ke waduk digunakan berdasarkan *Sedimen Delivery Ratio* (SDR) dengan persamaan adalah: $V_s = E_a \cdot SDR \times \gamma$ dan atau SDR dari Auerswald = $-0.02 + 0.385 F^{0.2}$ dan SDR dari table DPMA.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Laju Erosi Potensial metode Empiris

Data teknis sub DAS Mamasa waduk Bakaru yaitu :

Panjang sungai (L) : \pm 75.64 km (khusus DAS waduk Bakaru)

Luas tangkapan hujan (F) : \pm 1,154.81 km² (khusus DAS waduk Bakaru)

Luas tangkapan hujan (F) : \pm 115,481.45 Ha (khusus DAS waduk Bakaru)

Beda tinggi (ΔH) : 606.60 m (khusus DAS waduk Bakaru)

Curah hujan max. Harian : 310 mm (Stasiun Samarorong, 18 Februari 2009)

Kondisi topografi terjal sampai sangat terjal dengan kemiringan di atas 25 %. Lokasi dipilih daerah lahan terbuka kiri kanan pada wilayah DAS Waduk yang dimanfaatkan sebagai tanaman campuran masyarakat setempat.

Tabel 2.
Hasil analisis laju erosi potensial (Ea) (ton/ha/th)

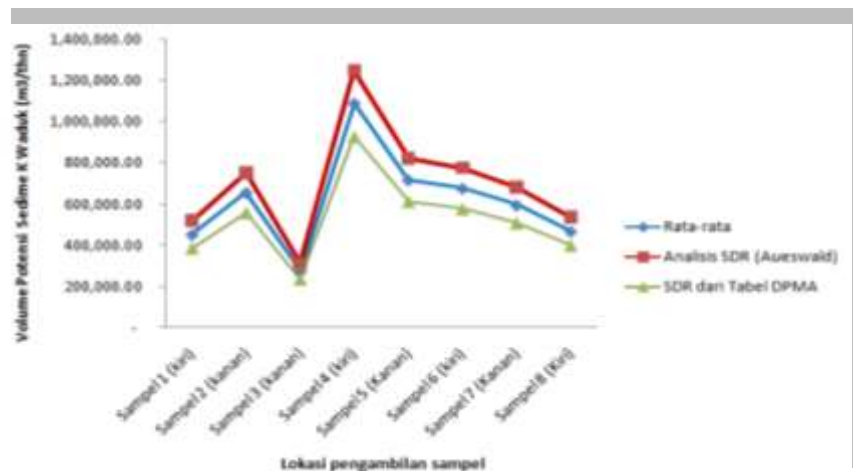
No	Sam pel	Rm	K	LS	C	P	(Ea) ton/ha/th	(Eta) ton/thn
1	I	465.903	0.201	8.56	0.64	0.90	460.920	53,227,761.66
2	II	849.100	0.193	8.65	0.64	0.90	815.573	94,183,510.68
3	III	400.987	0.204	7.22	0.64	0.90	338.013	39,034,186.82
4	IV	828.129	0.267	8.35	0.64	0.90	1.060,066	122,417,908.67
5	V	598.281	0.268	8.45	0.64	0.90	777.666	89,805,952.14
6	VI	569.093	0.268	8.52	0.64	0.90	744.947	86,027,616.97
7	VII	628.966	0.160	11.56	0.64	0.90	666.941	77,019,265.27
8	VIII	400.987	0.162	12.24	0.64	0.90	455.836	52,640,571.75
Rata-rata							664.995	76,794,596.75

Sumber : Hasil hitungan

Tabel 3.
Hasil analisis potensi besarnya sedimen masuk ke waduk (m³/thn)

No	Sam pel	SDR (analisis)	BJ (ton/m ³)	V _s (m ³ /thn)	SDR (table DPMA)	V _s (m ³ /thn)	Rata-rata V _s (m ³ /thn)
1	I	0.074	0.132	519,670.95	0.055	386,433.55	453,052.25
2	II	0.074	0.108	752,341.36	0.055	559,450.05	655,895.71
3	III	0.074	0.109	314,693.62	0.055	234,009.95	274,351.79
4	IV	0.074	0.138	1,249,511.18	0.055	929,151.93	1,089,331.85
5	V	0.074	0.124	823,650.78	0.055	612,479.59	718,063.69
6	VI	0.074	0.122	776,272.20	0.055	577,245.31	595,959.54
7	VII	0.074	0.120	683,591.93	0.055	508,327.15	468,420.45
8	VIII	0.074	0.138	537,298.950	0.055	399,541.94	468,420.45
Rata-rata				707,128.95		525,829.39	616,479.25

Sumber : Hasil hitungan



Gambar 2. Grafik hubungan lokasi pengambilan sampel dengan volume potensi sedimen ke dalam waduk (m³/thn).

Gambar 2 tersebut di atas menunjukkan bahwa potensi volume sedimen yang masuk ke dalam waduk Bakaru sangat tinggi dengan rata-rata pertahun berkisar sekitar (V_s)= 616,479.00 m³/thn menurut hasil analisis potensi laju erosi metode MUSLE. Tingginya potensi sedimen dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain; tingginya curah hujan; jenis tanah; topografi; tata guna lahan dan penutupan lahan. Lahan pada sub DAS mamasa sebagai daerah tangkapan air waduk Bakaru, umumnya topografi di daerah hulu sungai mempunyai lereng gunung yang terjal sampai sangat

terjal, hal ini juga terjadi di sub DAS mamasa, dimana kecurangan lereng di atas > 25%. Curah hujan yang sangat tinggi dengan durasi hujan dalam sebulan sampai 13 hari hujan dan hujan maksimum 310 mm dalam kurung waktu data tahun 1999 sampai dengan 2014.

Pemanfaatan lahan DAS pada daerah lereng gunung yang terjal dan daerah pinggiran sungai merupakan faktor salah satu pemicu tingginya limpasan permukaan yang memproduksi erosi yang pada akhirnya dapat dikoversi menjadi sedimen masuk sungai untuk kemudian terus ke waduk. Pada

daerah pinggiran sungai tersebut dari tahun ke tahun terjadi pembukaan lahan yang tidak terkendali sebagai tempat kebun campuran masyarakat hal sesuai data tahun 2006 dan 2014 dengan 9.211,70 Ha (7.98%) menjadi 10,365.33 Ha (8.98%). Begitupun hutan berkurang dari tahun ke tahun dengan data tahun 2009 yaitu 55,353,15 Ha (47.93%) menjadi 53,912.18 Ha (46.68%) data tahun 2014.

Hal ini sesuai dengan teori dalam buku [5] mengatakan bahwa tinggi potensi sedimen ke waduk dipengaruhi oleh erosi dari kawasan hutan yang rusak, areal pertanian, longsor dari kegiatan pembangunan jalan, penambangan batu, pembuatan tapak rumah dan kegiatan sepanjang alur sungai. Seiring dengan penurunan kualitas air yang berdampak pada kemerosotan kesuburan tanah atau pemiskinan tanah (*degradasi*) yang terjadi di DAS merupakan akibat dari erosi tanah yang membuat kualitas lahan kritis semakin meluas. Begitu pula terhadap pembukaan lahan secara serampangan, dapat menyebabkan lahan terbuka sehingga terjadi limpasan permukaan yang menurunkan infiltrasi, dan memicu terjadinya erosi.[8]

Perkiraan besarnya sedimentasi pendangkalan

Erosi merupakan sumber sedimen di sungai, sehingga besarnya sedimentasi di sungai sangat dipengaruhi oleh besarnya erosi DAS sekaligus menjadi gambaran kerusakan DAS.

Perkiraan besarnya sedimentasi di waduk berdasarkan hasil analisis pendekatan metode empiris (MUSLE) diperoleh laju sedimen rata-rata 616,479.00 m³/tahun, dalam kurun waktu sebelas tahun terakhir, maka kapasitas waduk Bakaru sekitar 6,781,271.00 m³, berarti tersisah kapasitas tampungan 138,628.00 m³.

Jika tidak ada tindakan yang signifikan untuk mencegah tingginya erosi sebagai penyebab pendangkalan dan mengurai sedimentasi di waduk, maka kondisi ini masuk kategori super kritis dan sekaligus ancaman bagi masyarakat Sulsel karena waduk ini merupakan sumber pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan menyuplai energy listrik sekitar 125 MW salah satu yang terbesar dan menyebabkan krisis energi di wilayah SulSel.

Restorasi pengelolaan lahan/hutan daerah aliran sungai Mamasa

Restorasi hutan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Pendangkalan waduk sebagai akumulasi sistem pengelolaan sub DAS Mamasa yang tidak bagus, oleh karena diperlukan tindakan signifikan secara komprehensif untuk mencegah dan menimal terjadi erosi. Pengelolaan suatu DAS diperlukan konsep yang terpadu, dimana keberadaan sumber daya air di muka bumi ini harusnya dikontrol oleh aspek bio-geo-fisik, sehingga pengelolaan mempertimbangkan

empat aspek yaitu; aspek air atmosfer, air permukaan aspek air tanah (*geohidrologi*), aspek konservasi dan pengelolaan. Untuk kondisi sekarang ini paradigma tentang pengelolaan DAS dengan pendekatan ekologi dan hidrologi, gabungan keduanya disebut ekohidrologi yang didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi proses hidrologi dengan dinamika biologi dalam berbagai kondisi spasial dan temporal. [16].

Konsep pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) adalah pembangunan untuk mengupayakan pemenuhan masa kini dengan tidak mengurangi kemampuan masa generasi masa depan. Pembangunan berkelanjutan sejalan dengan konsep pembangunan eko-hidrologi yang terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu aspek abiotik, biotik dan kultur. Konsep ini melingkup pembangunan wilayah, lahan, masyarakat, hewan, ekonomi, kearifan lokal, sosial dan budaya. Pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air harusnya selalu mempertimbangkan minimal dampak lingkungan atau ekologi DAS dengan lebih berorientasi pada pemenuhan pembangunan ekonomi dan mengorbankan keadilan sosial. [7]

Konsep restorasi lahan pertanian

Konsep drainase ramah lingkungan (eko-drainase) merupakan konsep utama dunia internasional dalam bidang drainase. Eko-drainase didefinisikan sebagai upaya mengelolah kelebihan air dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah ataupun mengalirkan ke sungai dengan tanpa melebihi kapasitas sungai. Air kelebihan diusahakan sedapat mungkin diresapkan ke dalam tanah untuk meningkatkan kandungan airtanah sebagai cadangan air sungai pada musim kemarau. Konsep semacam seharusnya menjadi hal yang mutlak dilakukan pada topografi terjal, intensitas hujan relative tinggi, apalagi daerah yang beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dengan musim kemarau relative ekstrem. Eko-drainase yang mudah diterapkan antara lain; kolam konservasi, resapan buatan (*artificial recharge*), metode *river side polder*, dan metode pengembangan area perlindungan air tanah (*groundwater protection area*). [7][17].

Meresorasi lahan pertanian yang kritis dengan penerapan sistem penanam paralel dengan garis kontur, penempatan sisa tanaman daerah lahan yang direhabilitasi untuk menahan erosi percikan dari energy kinetic hujan, pemanfaatan pupuk kandang.

Konsep restorasi pendangkalan waduk metode flushing conduit (pengurasan melalui pipa)

Pemilihan model restorasi di dasarkan pada kondisi sedimentasi waduk Bakaru atau hampir semua waduk mengalami permasalahan sedimentasi, sehingga kami akan membuat model experimental

awal untuk penguraian sedimentasi di waduk dalam periode yang jangka pendek dan panjang yaitu model *Flushing conduit* dengan mengurai atau mengusik kemudian di teruskan dengan pipa ke bangunan pintu penguras dan *spillway* (pelimpah) waduk.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian penjelasan tersebut di atas, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- a) Hasil analisis besarnya sedimentasi di waduk metode empiris (MUSLE) laju sedimen rata-rata 616,479.00 m³/tahun, jangka waktu sebelas tahun terakhir kapasitas waduk mencapai sekitar \pm 6,781,271.00 m³, atau tersisah kapasitas sekitar \pm 138,628.00 m³.
- b) Restorasi lahan dan areal pertanian sub DAS Mamasa/waduk adalah eko-drainase yang ramah lingkungan; kolam konservasi, resapan buatan (*artificial recharge*), metode *river side polder*, dan metode pengembangan area perlindungan air tanah (*groundwater protection area*), serta *one river one management* (satu sungai satu pengelolaan).
- c) Restorasi pendangkalan waduk dengan metode *flushing conduit* (pengurasan menggunakan pipa) ke pintu penguras ataupun ke *spill way* (pelimpah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPDAS Saddang. 2011. Rencana Pengembangan konservasi lahan untuk meningkatkan produktivitas dan Kelestarian dalam rangka peningkatan Kesejahteraan Masyarakat. Makassar, Sulsel.
- [2] Wahid, A. (2009) *Model Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakaru Akibat Erosi Yang Terjadi di Hulu Sub DAS Mamasa Prov. Sulawesi Selatan*. Jurnal SMARTek Vol.7 No.1
- [3] Wahid, A. (2007) *Analisis Karakteristik Sedimentasi di Waduk PLTA Bakaru*. Jurnal Hutan dan Masyarakat.
- [4] Mansida, A. (2013) *Kajian Prediksi Laju & Potensi Rawan Erosi pada DAS Sadang Prov. Sulawesi Selatan*. Jurnal Hidro Teknik Vol. 7 No. 12.
- [5] Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [6] Hardiyatmo, H.C. (2006). *Penanganan Tanah Longsor & Erosi*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [7] Maryono, A. (2008). *Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [8] Mulyanto, HR. (2008) *Efek Konservasi dari sistem SABO untuk pengendalian sedimentasi waduk*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Rahim, S.E. (2012). *Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Penerbit PT.Bumi Aksara Jakarta.
- [10] Rahayu, S. Widodo, R. H dkk. (2009) *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. World Agroforestry Centre.
- [11] Simbolon, S.D. (2012) *Prediksi Erosi Dengan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation) di Kebun Tambunan Kec. Salapian Kab. Langkat*. Jurnal VISI (2012) 20 (1)
- [12] Sudiane, N., Kusumastuti, D.I dkk, (2012) *Analisis Erosi dan Sedimentasi Waduk*. Jurnal Rekayasa. Vol. 16, No. 2.
- [13] Suwarno, (1991) *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova. Bandung
- [14] Suripin, (2004). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi Offset Yogyakarta
- [15] Suprayogi, S., dkk. (2013) *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [16] Maryono, A.(2007). *Restorasi Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.