

TUGAS AKHIR
ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI BENDUNGAN MRICA BANJARNEGARA

(Studi Kasus : Waduk Mrica Banjarnegara)

Analysis of Erosion and Sedimentation of Mrican Banjarnegara Dams

(Case Study : Waduk Mrica Banjarnegara)

Riska Sunandar ¹

Jazaul Ikhsan ², Martyana Dwi Cahyati ³

ABSTRAK

Indonesia memiliki banyak bendungan yang besar manfaatnya untuk masyarakat di sekitarnya, salah satunya adalah bendungan Mrica Banjarnegara yaitu Bendungan Panglima Besar Jendral Sudirman. Bendungan ini berfungsi juga untuk sarana Pembangkit Listrik Tenaga Air atau PLTA yang menghasilkan daya listrik mencapai 184,5 MW untuk memasok kebutuhan listrik masyarakat Jawa dan Bali. Permasalahan setiap bendungan itu cukup kompleks, yaitu masalah endapan sedimentasi. Hal ini yang harus di pertimbangkan dalam perawatan suatu bangunan bendungan, sehingga bendungan akan tetap berfungsi dengan baik sesuai dengan rencana awal perencanaannya.

Untuk mengetahui kemampuan bendungan dalam menampung sedimen maka perlu dilakukan prediksi laju erosi yang terjadi pada wilayah DAS bendungan dengan menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) berbasis *software* ArcGIS 10.1.

Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan hasil bahwa : (1) Laju erosi di area DAS Bendungan Mrica dengan metode USLE adalah 524948,33 Ton/Ha/Tahun. (2) Besarnya volume sedimen yang terjadi di area DAS Bendungan Mrica sebesar 238236588,20 m³/Tahun dan yang akan terlimpas pada area setelah bendungan sebesar 136246588 m³/Tahun. (3) Bendungan Mrica memiliki kapasitas tampung sebesar 101990000 m³. Diasumsikan bahwa Bendungan Mrica memiliki kondisi baik. Sehingga dapat dikatakan bahwa bangunan ini tidak mampu untuk menampung volume angkutan sedimen yang terjadi dalam (1) tahun.

Kata Kunci : sedimentasi, Erosi, ArcGIS, USLE, Bendungan Mrica Banjarnegara

¹20130110161 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

²Dosen pembimbing I

³Dosen pembimbing II

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak bendungan yang besar manfaatnya untuk masyarakat di sekitarnya, salah satunya adalah bendungan Mrica Banjarnegara yaitu Bendungan Panglima Besar Jendral Sudirman. Bendungan ini berfungsi juga untuk sarana Pembangkit Listrik Tenaga Air atau PLTA yang menghasilkan daya listrik mencapai 184,5 MW untuk memasok kebutuhan listrik masyarakat Jawa dan Bali. Permasalahan setiap bendungan itu cukup kompleks, yaitu masalah endapan sedimentasi. Hal ini yang harus di pertimbangkan dalam perawatan suatu bangunan bendungan, sehingga bendungan akan tetap berfungsi dengan baik sesuai dengan rencana awal perencanaannya.

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah PLTA. Waduk merupakan danau alam atau danau buatan, kolam penyimpanan atau pembendungan sungai yang bertujuan untuk menyimpan air. Waduk dapat dibangun di lembah sungai pada saat pembangunan sebuah bendungan atau penggalian tanah atau teknik konstruksi konvensional seperti pembuatan tembok atau menuang beton. Istilah 'reservoir' dapat juga digunakan untuk menjelaskan penyimpanan air di dalam tanah seperti sumber air di bawah sumur minyak atau sumur air.

Waduk Mrica di Banjarnegara merupakan Bendungan PLTA Panglima Besar Sudirman yang ada di Kabupaten Banjarnegara. Waduk Mrica dibuat dengan membendung Kali Serayu, mengubur 32 desa subur di 7 kecamatan. Waduk Mrica dikenal juga dengan Waduk PLTA

Panglima Besar Soedirman, yang mulai digenangi untuk yang pertama kalinya pada bulan April tahun 1988. Waduk Mrica terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara, Propinsi Jawa Tengah. Tujuan utama dibangunnya Waduk Mrica adalah untuk PLTA dengan kapasitas terpasang 180,93 MW, selain itu Waduk Mrica dimanfaatkan untuk irigasi DI Banjarcayana seluas 6.550 ha dan DI Penaruban seluas 900 ha, perikanan sistem karamba oleh masyarakat setempat dan obyek wisata.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapa estimasi laju erosi lahan yang menuju di bendungan Mrica,
2. Berapa estimasi volume sedimen yang terjadi dan yang terlimpas pada bangunan bendungan Mrica Banjarnegara ?
3. Bagaimana kemampuan bangunan bendungan Mrica Banjarnegara dalam menampung volume sedimen?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menentukan laju erosi lahan di bendungan Mrica, Banjarnegara.
2. Untuk menentukan besarnya volume sedimen yang terjadi dan yang terlimpas pada bangunan bendungan Mrica Banjarnegara.
3. Untuk menentukan kapasitas bangunan bendungan Mrica Banjarnegara dalam menampung volume sedimen.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian analisis sedimentasi di waduk mrica banjarnegara adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui analisa perubahan sedimentasi Waduk Mrica, Banjarnegara
2. Memberikan informasi tentang sedimentasi Waduk Mrica, Banjarnegara tentang laju erosi lahan, serta volumeyang terjadi didalamnya.
3. Dapat menarik minat mahasiswa untuk lebih mempelajari sedimentasi waduk dan untuk mengembangkan analisis tentang Waduk Mrica, Banjarnegara serta serta penyelesaian permasalahan yang terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Marseli (2015) dalam tugas akhirnya yang berjudul “Analisis Laju Erosi pada Daerah Tangkapan Waduk Sermo Menggunakan Metode USLE” mengatakan bahwa Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) merupakan suatu metode yang umum digunakan untuk memprediksi kehilangan tanah yang disebabkan oleh erosi. Metode USLE mempunyai kelebihan, yaitu proses pengolahan datanya yang sederhana. Dengan begitu, hal ini dapat memudahkan dalam menentukan suatu prakiraan kasar terhadap besarnya laju erosi karena mudah dihitung secara manual maupun menggunakan alat bantu program komputer (*Software*). Sehingga dalam analisisnya, Yusti Marseli juga menggunakan bantuan *software* ArcGIS 10.1.

Mananoma, et al (2006) dalam penelitiannya mengenai “Prediksi Kapasitas Tampung Sedimen Kali Gendol Terhadap Material Erupsi Gunung Merapi 2006” mengatakan bahwa secara umum fenomena erupsi yang terjadi pada tahun 2006 masih

memiliki pola yang sama dengan erupsi yang terdahulu yaitu : semburan awan panas, luncuran lava pijar, serta guguran material. Namun demikian pada fase erupsi di tahun 2006 dengan periode yang relatif panjang yaitu ditandai oleh status “awas” sejak April hingga Juli 2006, terjadi beberapa fenomena spesifik yaitu terbentuknya kubah lava (lava dome) baru dengan perkiraan volume lebih dari 4,5 juta m³. Demikian juga dengan runtuhnya kubah lama Geger Boyo pada fase erupsi kali ini memberikan peluang bagi timbunan kubah baru untuk meluncur turun menuju hulu Kali Gendol. Teknik penanggulangan secara struktural yang telah diterapkan selama ini berupa sistem pengendalian sedimen melalui bangunan sabo yaitu bangunan pengendali sedimen yang dimaksudkan untuk menahan dan mengendalikan laju aliran sedimen ke arah hilir sehingga dengan demikian dapat mengurangi besarnya daya rusak yang ditimbulkan. Sebagai salah satu sungai yang berhulu di kaki gunung Merapi, Kali Gendol adalah anak sungai Kali Opak dimana Kali Gendol mengalir ke arah tenggara dengan panjang sungai 22 km, serta luas DAS 14,60 km². Hal ini dikaji untuk mendapatkan estimasi mendasar dan akurat terhadap kapasitas tampung sedimen di alur sungai, sehubungan dengan timbunan material piroklastik di puncak gunung Merapi yang potensial meluncur turun menjadi bencana sedimen. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu langkah awal maupun sebagai landasan dalam upaya mengembangkan suatu sistem atau metode pengelolaan maupun pengendalian daya rusak air berupa bencana sedimen pada alur sungai di kawasan gunung berapi yang masih aktif secara komprehensif, terpadu dan berwawasan lingkungan.

III. LANDASAN TEORI

A. Analisis Hidrologi

1. Curah Hujan Kawasan

Curah hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir (BMKG, 2016). Menurut Triatmodjo (2008), dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode salah satunya adalah Metode Thiessen. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Perhitungan metode Thiessen adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dengan :

P = Hujan rerata kawasan

P₁, P₂, ..., P_n = Hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

A₁, A₂, ..., A_n = Luas daerah stasiun 1, 2, ..., n

B. Erosi

Erosi adalah suatu proses dimana tanah dihancurkan (*detached*) dan kemudian dipindahkan ke tempat lain oleh kekuatan air, angin, dan gravitasi (Hardjowigeno, 1995).

Dalam memprediksi laju erosi, dilakukan dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Metode USLE memungkinkan perencanaan memprediksi laju erosi rata-rata lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam-macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan (tindakan konversi lahan). USLE dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang. Persamaan tersebut dapat juga memprediksi erosi pada lahan-lahan (Listriyana, 2006). Formulasinya dapat digunakan rumus dari Wischmeier dan Smith (1960, dalam Arsyad 1989) sebagai berikut :

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Keterangan :

1. Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas hujan dievaluasi dari kemampuan curah hujan menimbulkan erosi pada tanah yang tidak terlindung.

Besarnya curah hujan, intensitas hujan dan penyebaran hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kekuatan aliran permukaan serta erosi. Sedangkan sifat-sifat hujan yang berpengaruh terhadap erosi adalah jumlah, intensitas dan energi kinetik yang ditimbulkan (Soewarno, 1991).

Hudson (1971 dalam Satria, 2016) mengatakan bahwa besarnya potensi atau kemampuan hujan menimbulkan erosi tanah tersebut dapat diukur dengan menghitung energi kinetik hujan:

$$E = 14,374 R^{1,075}$$

Dengan:

E : Energi kinetik (ton.M/ha.Cm)

R : Curah hujan rata-rata bulanan (mm)

2. Erodibilitas Tanah (K)

Indeks erodibilitas tanah disebut juga indeks kepekaan erosi tanah yang didefinisikan sebagai laju kehilangan tanah tahunan.

Nilai K (indeks erodibilitas tanah) dapat diperoleh dengan melihat Tabel 1 berikut ini:

Jenis Tanah (Type of Soil)	Nilai K (K Index)
Alluvial	0,156
Andosol	0,278
Andosol Coklat Kekuningan	0,298
Andosol dan Regosol	0,271
Granusol	0,176
Latosol	0,075
Latosol Coklat	0,175
Latosol Coklat dan Latosol Coklat Kekuningan	0,091

Latosol Coklat dan Regosol	0,186
Latosol Coklat Kemerahan	0,062
Latosol Coklat Kemerahan dan Latosol Coklat	0,067
Latosol Coklat Kemerahan dan Latosol Merah	0,061
Latosol Coklat Kemerahan, Latosol Merah Kekuningan dan Litosol	0,046
Podsolik Kuning	0,107
Podsolik Kuning dan Hidromorf Kelabu	0,249
Podsolik Merah	0,166
Podsolik Merah Kekuningan	0,166
Regosol	0,301
Regosol Kelabu dan Litosol	0,290

(Sumber: Puslitbang Pengairan Bandung, 1985)

3. Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (L dan S)

Panjang dan kemiringan lereng dapat ditentukan melalui peta topografi dengan bantuan *software* ArcGIS 10.1.

Dalam menghitung nilai LS, Weischmeir (1971 dalam Soewarno, 1991) memberikan rumus:

a. Untuk kemiringan lahan <20%

$$LS = L^{0,5} / 100(1,38 + 0,965 S + 0,138 S^2).$$

b. Untuk kemiringan lahan >20%

$$LS = \frac{L}{22,1}^{0,6} \times \frac{S}{9}^{1,4}$$

Keterangan:

L : Panjang lereng (m)

S : Kemiringan lereng (%)

4. Indeks Vegetasi Penutup Lahan dan Pengelolaan Tanaman (C dan P)

Faktor pengelolaan tanaman (C) adalah perbandingan antara kehilangan tanah dari lahan yang diusahakan untuk penanaman dengan suatu sistem pengolahan, terhadap kehilangan tanah apabila lahan tersebut diolah secara terus menerus tetapi tanpa ditanami. Faktor

tindakan manusia dalam pengawetan tanah (P) adalah perbandingan antara besarnya erosi tanah yang hilang pada lahan dengan tindakan pengawetan tertentu, terhadap besarnya erosi tanah apabila pada lahan tersebut tanpa tindakan pengawetan tanah (Soewarno, 1991).

Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah apabila digabungkan dengan faktor C, karena dalam kenyataannya kedua faktor tersebut berkaitan erat sehingga dapat dilihat besarnya nilai CP pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)

NO	Penggunaan lahan	Faktor CP
1	Pemukiman	0,60
2	Kebun campuran	0,30
3	Sawah	0,05
4	Tegalan	0,75
5	Perkebunn	0,40
6	Hutan	0,03
7	Padang rumput	0,07

(Sumber: RLKT (Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986)

C. Sedimentasi

Menurut Soemarto (1987), sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material fragmental oleh air. Sedimentasi merupakan akibat dari adanya erosi dan memberikan dampak yang banyak.

Sedimentasi dapat terjadi akibat: a.

- Letusan gunung berapi Terjadinya erupsi pada gunung berapi yang dimana aliran piroklastik dalam volume besar akan bergerak mengikuti kemiringan lereng dan akan mengendap ketika energinya telah habis
- Erosi tanah yang terjadi Erosi tanah biasanya terjadi karena air hujan. Pada saat titik air hujan memercik ke permukaan tanah,

butiranbutiran air akan menumbuk kemudian mengikis partikel tanah serta memindahkannya ke tempat lain di sekitarnya.

- c. Limbah rumah tangga Masyarakat yang biasanya membuang limbah rumah tangga atau sampah secara sembarangan lambat laun akan menumpuk sehingga dapat menyebabkan pendangkalan sungai.

D. SDR (Sediment Delivery Ratio)

Untuk memperkirakan besarnya hasil sedimen dari suatu DAS, dilakukan perhitungan SDR (*Sediment Delivery Ratio*). Nilai SDR mendekati satu artinya semua tanah yang terangkut masuk ke dalam sungai. Kejadian ini hanya mungkin terjadi pada DAS atau Sub-DAS kecil dan yang tidak memiliki daerah-daerah datar, tetapi memiliki lereng-lereng curam, banyak butir-butir halus (liat) yang terangkut, memiliki kerapatan drainase yang tinggi, atau secara umum dikatakan tidak memiliki sifat yang cenderung menyebabkan pengendapan sedimen di atas lahan DAS tersebut. Nilai *Sediment Delivery Ratio* dapat dihitung dengan menggunakan rumus Boyce (1975 dalam Susilowati, 2014) yaitu :

$$SDR = 0,41 \times A_{das}^{-0,3}$$

Dengan :

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

A_{das} : Luas DAS (ha)

E. Laju Sedimen Potensial

Besarnya jumlah hasil sedimen per satuan DAS per satuan waktu (dalam satuan ton/ha/th) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SY = SDR \times E$$

Dengan :

SY :Angkutan Sedimen

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

A_{das} : Luas DAS (ha)

F. Volume Sedimen Potensial

Total volume sedimen didapat dari konfersi nilai laju sedimen dengan menggunakan persamaan:

$$V_s = \frac{SY \times A}{\text{Berat jenis sedimen}}$$

Dengan:

V_s : Volume sedimen (m^3 /tahun)

SY : Angkutan sedimen (ton/hatahun)

A : Luas DAS (ha)

G. Kapasitas Bangunan Bendungan

Kapasitas bangunan sabo dam adalah kemampuan bangunan dalam menampung, mengendalikan dan mengalirkan sedimen. Menurut Cahyono (2000), dalam menghitung besarnya kapasitas sabo dam, digunakan rumus sebagai berikut:

1. Tampungan mati/tetap:

$$V_a = 1,5 (0,67.i.h^2.B)$$

2. Tampungan kontrol:

$$V_b = 1,5 (0,4.i.h^2.B)$$

Dengan:

V_a : Tampungan mati/tetap (m^3)

V_b : Tampungan kontrol (m^3)

i : Kemiringan dasar sungai

h : Tinggi efektif dam (m)

B : Lebar efektif dam (m)

IV. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

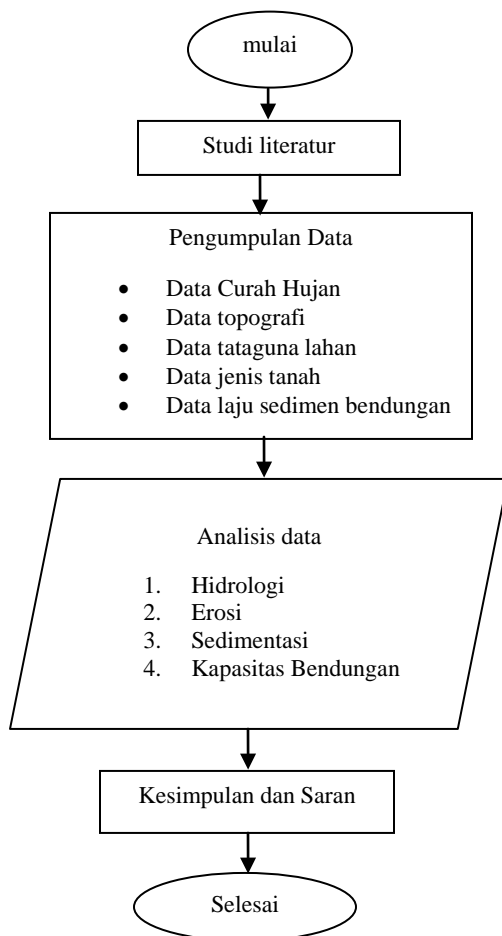
Penelitian ini meninjau sedimentasi yang berada di Waduk Mrica Banjarnegara yang berlokasi di kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara, Jawa tengah.Lokasi bangunan bendungan terletak pada

koordinat UTM, X = 7.392752, Y = 109.622220.

B. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan analisis dengan rumus empiris (metode USLE) dan menggunakan *Software* ArcGIS 10.1. Terhadap parameter yang digunakan yaitu dari data topografi, data jenis tanah, data curah hujan dan data tataguna lahan yang berlokasi di Sub-DAS sungai Serayu.

Bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

C. Pengumpulan Data

Dalam melakukan analisis laju erosi dan sedimentasi potensial diperlukan beberapa data. Data yang diperoleh berupa data sekunder, yang mana data sekunder merupakan data yang didapat dari berbagai instansi instansi terkait diantaranya sebagai berikut :

1. Data curah hujan

Data curah hujan sekitar bendungan PB Soedirman didapatkan dari PT. INDONESIA POWER Banjarnegara. Data yang diperoleh merupakan data curah hujan pada kisaran tahun antara 2011-2016.

2. Data topografi

Data ini diperoleh dari PT. INDONESIA POWER. Untuk mendapatkan panjang kemiringan maka dilakukan analisis menggunakan *software* ArcGIS 10.1 Data ini yang nantinya akan diolah untuk mendapatkan nilai faktor LS.

3. Data tata guna lahan

Data tata guna lahan diperoleh dari PT. INDONESIA POWER. Berupa peta penutup tanah dan pengolahan tanah pada masing-masing penggunaan lahan tersebut yang kemudian diolah menggunakan *software* ArcGIS. Data ini yang nantinya akan diolah untuk mendapatkan nilai faktor CP.

4. Data jenis tanah (*landuse*)

Data jenis tanah diperoleh dari olahan *software* ArcGIS dengan mencari peta administrasi yang selanjutnya diolah sehingga mendapatkan nilai koefisien data yang diperlukan. Data ini yang nantinya akan diolah untuk mendapatkan nilai faktor K.

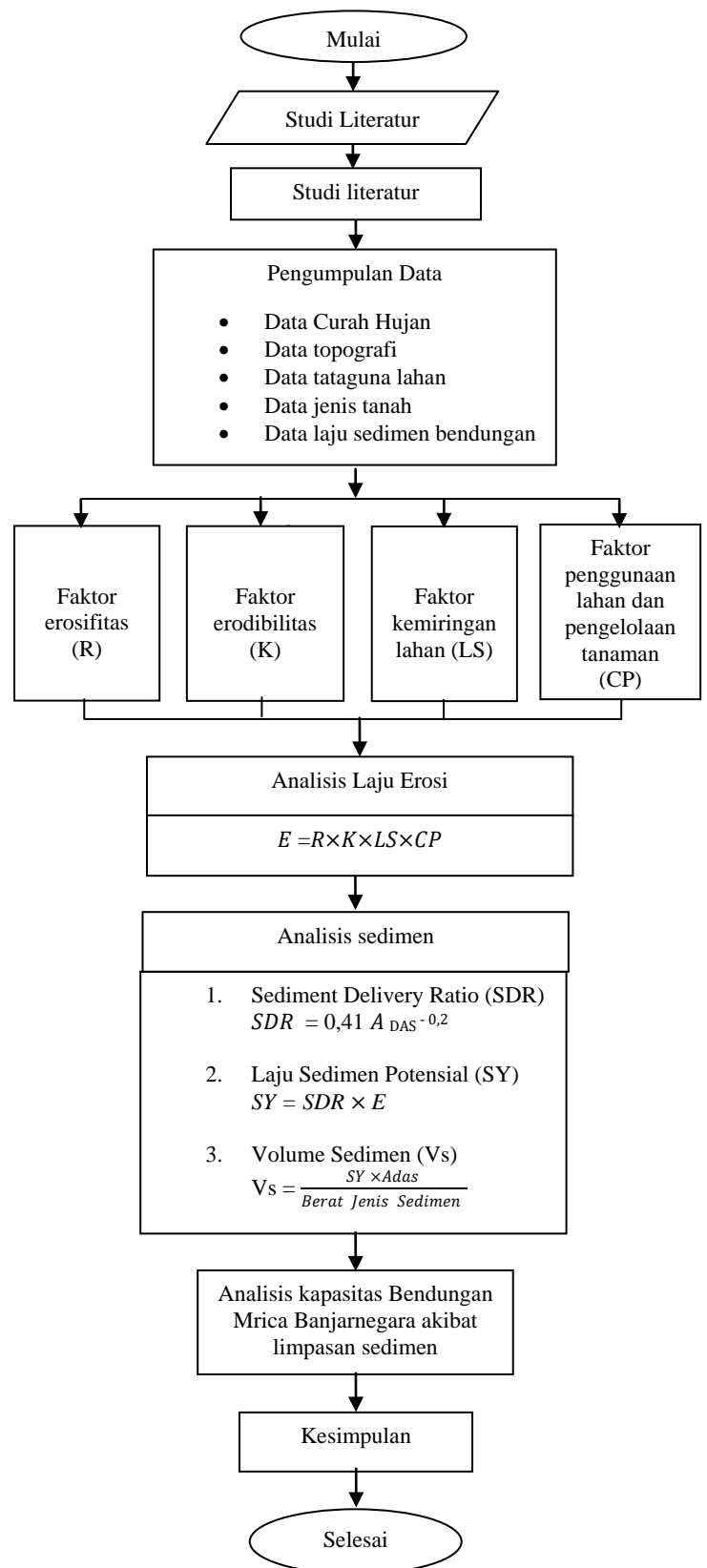
5. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS 10.1. Dengan menginputkan data berupa peta-peta data kemudian diolah sehingga didapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan. Peta-peta yang diolah dengan *software* ArcGIS 10.1 adalah berupa data topografi, tata guna lahan dan jenis tanah sehingga output yang didapat adalah faktor K (Erodibilitas tanah), LS (Kemiringan lahan) dan CP (Penggunaan lahan dan pengelolaan tanaman). Selain peta-peta tersebut, dilakukan pula analisis hidrologi untuk mendapatkan nilai curah hujan rerata wilayah dan curah hujan bulanan rata-rata menggunakan metode Thiessen yang kemudian diolah kembali untuk mendapatkan faktor R (Erosivitas hujan).

Setelah ke-4 (keempat) faktor didapatkan yaitu faktor R, K, LS dan CP selanjutnya melakukan analisis menggunakan rumus empiris untuk mengetahui besarnya laju erosi dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dalam satuan berat per luasan DAS per waktu. Kemudian hitung besarnya volume sedimen yang terjadi di Sub-DAS Bendungan Mrica dan yang terlimpas ke bangunan Bendungan Mrica beserta daya tampung bangunan tersebut.

6. Tahap dan Prosedur Penelitian

Suatu penelitian harus dilakukan secara sistematis dan dengan urutan yang jelas serta teratur agar hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga, pelaksanaan penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1 bagan alir sebagai berikut:



IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Daerah Aliran Sungai

- Wilayah Administrasi

Sub-DAS Serayu untuk bendungan ini mencakup wilayah yang cukup luas, meliputi sub-DAS kali Klawing, kali Merawu, Kali Tulis Ds, Kali Putih, Kali Logawa, Kali Preng, Kali Sanggalosang, Kali Tajum, Kali Begaluh, Kali Beber Ds, Kali Serayu tengah, Kali Sapi, Kali Gume Piasa, Kali Kejawen Ds, Kali Serayu Hilir dengan total cangkupan luas DAS sebesar 100598,68 Ha.

- Pembuatan Sub-DAS dengan *software* ArcGIS 10.1

Sub-DAS serayu dibuat dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.1 untuk dapat mengetahui topografi berupa kontur dan kemiringan lahan, jenis tanah, dan tata guna lahan.

- Kondisi Topografi

Kondisi topografi pada wilayah sub-DAS bendungan ini sangat beragam, karena letak bendungan berada pada daerah yang banyak terdapat perbukitan sehingga memiliki kontur yang beragam juga. Secara geografis lokasi bangunan bendungan terletak pada koordinat UTM, X = 7.392752, Y = 109.622220

B. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk mencari nilai curah hujan bulanan rata-rata. Contoh perhitungan yang diambil adalah rata-rata curah hujan 2011-2016 bulan Januari pada stasiun curah hujan. Data curah hujan diperlukan untuk menghitung energy kinetic. Data curah hujan itu sendiri di peroleh dari nilai rata-rata curah hujan tahunan selama lima tahun yang kemudian dicari nilai rata-rata nya berdasarkan bulan per stasiun curah hujan dan kemudian di dapat kan nilai rata-rata curah hujan sebesar 317,0447 seperti hasil pada Tabel 3

Tabel 3 Rata-rata Curah Hujan

BULAN	Stasiun Pb Soedirman	Stasiun Singomerto	Stasiun Wonodadi	R rata-rata
JAN	399,2	325,2	338,4	354,2667
FEB	329,9	364,14	368	354,0133
MAR	375,68	392,2	305,2	357,6933
APR	435,6	366,36	412	404,6533
MEI	273,8	388,1	400,2	354,0333
JUNI	403	261	253,8	305,9333
JULI	159,8	216,1	194	189,9667
AGT	83,7	86	94	8,9
SEP	86,4	124,77	96,4	102,5233
OKT	349,86	276	291,4	305,7533
NOV	477,3	450,18	461,8	463,0933
DES	445,9	563,42	564,8	524,7067

(sumber : Stasiun Pb Soedirman, Stasiun Singomerto dan Stasiun Wonodadi)

Total dari curah hujan rata-rata adalah 3804,537. Dan nilai rata-rata nya adalah 317,0447

C. Analisis Erosi

Dalam menganalisis laju erosi, digunakan metode USLE dengan parameter sebagai berikut: 1.

1. Faktor Erosivitas (R)

Berdasarkan hasil curah hujan bulanan rata-rata (mm) pada Tabel 3, maka bisa diketahui besarnya potensi atau kemampuan hujan dalam menimbulkan erosi tanah dengan perhitungan menggunakan persamaan energi kinetik hujan.

Contoh analisis hitungan energi kinetik hujan pada bulan Januari:

$$E = 14,374 R^{1,075}$$

$$E = 14,374 (317,0447)^{1,075}$$

$$E = 6978,805 \text{ Ton.M/ha.Cm}$$

Hasil perhitungan faktor erosivitas dengan energi kinetik hujan dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Energi kinetik

BULAN	R rata-rata (mm)	E (ton.M/ha.Cm)
JAN	354,2667	7862,459
FEB	354,0133	7856,42
MAR	357,6933	7944,166
APR	404,6533	9069,533
MEI	354,0333	7856,897
JUNI	305,9333	6716,466
JULI	189,9667	4026,032
AGT	87,9	1759,631
SEP	102,5233	2075,875
OKT	305,7533	6712,222
NOV	463,0933	10483,48
DES	524,7067	11988,59
Total	3804,537	100651,8
Rata-rata	317,0447	6978,805

(Sumber : perhitungan)

Faktor erosivitas (R) yang digunakan untuk memprediksi laju erosi pada metode USLE adalah sebesar 6978,805 ton.M/ha.Cm

2. Faktor Erodibilitas (K)

Pada hasil olahandata jenis tanah menggunakan *software* ArcGIS 10.1, dapat diketahui bahwa tanah pada SubDAS Kali Gendol memiliki 3 tiga jenis, yaitu Association Brown Andosol and Red-Brown Latosol, Complex Grey Regosol and Lithosol dan Grey-Brown Regosol. Sehingga faktor K dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah tersebut. Besarnya nilai K dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5 faktor erodibilitas tanah DAS Sungai Serayu

No	Jenis Tanah	K
1	Association Brown Andosol and Red-Brown Latosol	0,271
2	Complex Grey Regosol and Lithosol	0,172
3	Grey-Brown Regosol	0,271

(sumber : BPDAS Serayu-Opak-Progo)

3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Berdasarkan hasil olahan data topografi dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.1, maka dapat ditentukan jarak antar elevasi sehingga nantinya akan dapat diperhitungkan nilai LS nya.

Berikut ini contoh perhitungan nilai LS:

- a. Pada elevasi 500-750 m dapat diketahui jarak rata-rata (L) antar elevasi sebesar 8967,05 m.

Sehingga

$$S = \frac{\text{interval}}{L} = \frac{250}{8967,05} * 100 = 2,8 \%$$

Dengan nilai S adalah < 20 %, maka persamaan yang digunakan adalah Persamaan 3.8 yaitu:

$$LS = L^{0,5} / 100 (1,38 + 0,965S + 0,138S^2)$$

$$LS = L^{0,5} / 100 (1,38 + 0,965 * 2,8 + 0,138 * 2,8^2)$$

$$LS = 4,87$$

- b. Pada elevasi 2500-2750 m dapat diketahui jarak rata-rata (L) antar elevasi sebesar 406,91 m.

Sehingga

$$S = \frac{\text{interval}}{L} = \frac{100}{406,91} * 100 = 61,44 \%$$

Dengan nilai S adalah > 20 %, maka persamaan yang

digunakan adalah Persamaan 3.9 yaitu:

$$LS = \left(\frac{L}{22,1}\right)^{0,6} \times \left(\frac{S}{9}\right)^{1,4}$$

$$= \left(\frac{406,91}{22,1}\right)^{0,6} \times \left(\frac{61,44}{9}\right)^{1,4}$$

$$= 84,52m$$

Untuk rekapitulasi perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6

4. Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanaman (CP)

Berdasarkan hasil olahan data tata guna lahan dengan menggunakan *software* ArcGIS, maka dapat ditentukan luasan masing-masing tata guna lahan tiap jarak antar elevasi.

Untuk perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6 Perhitungan Nilai LS

No	Elevasi (m)	Interval (m)	Panjang (L)(m)	S (%)	LS
1	2750 - 3019	269	400,94	67,09	94,76
2	2500- 2750	250	406,91	61,44	84,52
3	2250- 2500	250	419,41	59,61	82,5
4	2000- 2250	250	618,65	40,41	60,45
5	1750- 2000	250	726,63	34,41	53,15
6	1500- 1750	250	1311,43	19,06	25,32
7	1250- 1500	250	2372,78	10,54	13,09
8	1000- 1250	250	1646,24	15,19	19,42
9	750- 1000	250	3852,91	6,489	8,35
10	500-750	250	8967,05	2,788	4,87
11	183-500	317	5124,31	6,186	9,042

(sumber : perhitungan)

Tabel 7 Perhitungan Nilai CP

No	ELEVASI	TATA GUNA LAHAN	CATHCMEN T AREA	FAKTOR CP	CP	CP'
1	2750 - 3019	Belukar/semak	37,25	0,75	27,933	0,75
2	2500- 2750	Belukar/semak	91,80	0,75	68,846	0,676
		Hutan	10,40	0,03	0,311	
3	2250- 2500	Belukar/semak	247,67	0,75	185,002	0,517
		Hutan	129,813	0,03	3,8943	
		Kebun	9,63	0,3	2,889	
		Rumput	0,058	0,07	0,004	
		Tegalan	34,98	0,75	26,238	
4	2000- 2250	Air tawar	44,27	0,05	2,2133	0,665
		Belukar/semak	1230,68	0,75	923,01	
		Gedung	1,02	0,6	0,611	
		Hutan	260,69	0,03	7,8205	
		Kebun	72,91	0,3	21,8733	
		Pemukiman	98,46	0,6	59,078	
		Rawa	5,88	0,6	3,525	
		Rumput	35,13	0,07	2,4587	
		Tegalan	1689,15	0,75	1266,861	
5	1750- 2000	Air tawar	2,03	0,05	0,1017	0,646
		Belukar/semak	1588,91	0,75	1191,683	
		Gedung	9,99	0,6	5,9922	
		Hutan	351,95	0,03	10,55835	
		Kebun	382,92	0,3	114,8757	
		Pemukiman	77,94	0,6	46,7628	
		Rumput	18,10	0,07	1,26679	
		Tegalan	1924,34	0,75	1443,25125	
6	1500- 1750	Belukar/semak	1414,01	0,75	1060,506	0,597
		Gedung	0,37	0,6	0,219	
		Hutan	378,79	0,03	11,36382	
		Kebun	868,48	0,3	260,5425	
		Pemukiman	374,66	0,6	224,7978	
		Rumput	14,74	0,07	1,03201	
		Sawah irigasi	52,10	0,05	2,60505	
		Sawah tadah hujan	578,44	0,05	28,92195	
		Tegalan	3980,89	0,75	2985,666	
7	1250- 1500	Air tawar	70,55	0,05	3,5273	0,615
		Belukar/semak	1495,13	0,75	1121,3497	
		Gedung	15,92	0,6	9,552	
		Hutan	7,84	0,03	0,23517	
		Kebun	3950,78	0,4	1580,3132	
		Pemukiman	1678,23	0,6	1006,938	
		Rumput	70,02	0,07	4,90154	
		Sawah irigasi	405,08	0,05	20,25405	
		Sawah tadah hujan	2720,27	0,05	136,0136	
		Tegalan	18836,06	0,75	14127,04575	

Tabel 7 Lanjutan

No	ELEVASI	TATA GUNA LAHAN	CAT HC ME NT AREA	FAKTOR CP	CP	CP'
8	1000 - 1250	Belukar/semak	18,28	0,75	13,70925	0,168
		Hutan	82,76	0,03	2,48289	
		Kebun	3,69	0,4	1,4748	
9	750-1000	Air tawar	54,81	0,05	2,7407	0,352
		Belukar/semak	1839,70	0,75	1379,778	
		Gedung	3,72	0,6	2,2296	
		Hutan	213,83	0,03	6,41487	
10	500-750	Kebun	7007,38	0,4	2802,9516	0,478
		Pemukiman	1392,28	0,6	835,365	
		Rumput	28,35	0,07	1,98457	
		Sawah irigasi	475,88	0,05	23,79415	
		Sawah tadah hujan	6231,63	0,05	311,5813	
		Tegalan	1799,16	0,75	1349,37	
		Belukar/semak	1151,53	0,75	863,64675	
		Kebun	13349,21	0,6	8009,5284	
11	183-500	Tegalan	1019,29	0,75	764,46375	0,321
		Pemukiman	1580,10	0,6	948,0624	
		Kebun	2,85	0,4	1,1416	
		Sawah irigasi	2532,40	0,05	126,61995	
		Sawah tadah hujan	2830,55	0,05	141,52745	
		Air tawar	127,70	0,05	6,38505	
		Gedung	3,24	0,6	1,9464	
		Hutan	3,96	0,03	0,11877	
		Rumput	124,77	0,07	8,73362	
		Air tawar	576,08	0,05	28,80415	

(sumber : perhitungan)

Setelah semua parameter telah didapatkan nilainya, maka dapat ditentukan prediksi laju erosi (E) nya

Berikut contoh perhitungan untuk elevasi 1750-2000m:

$$A = E \times K \times L \times S \times C \times P$$

$$A = E \times K \times LS \times CP'$$

$$A = 6978.805 \times 0,271 \times 53,15 \times 0,646$$

$$A = 64945,52 \text{ Ton/Ha/Tahun}$$

Untuk perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 9.

D. Analisis Sedimen

Berikut ini perhitungan nilai SDR dan volume sedimen potensial:

1. *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

$$SDR = 0,41 A_{\text{das}}^{-0,3}$$

$$SDR = 0,41 \times 100598.68^{-0,3}$$

$$SDR = 0.012$$

2. Laju Sedimen Potensial (SY)

$$SY = SDR \times E$$

$$SY = 0.012 \times 524948.33$$

$$SY = 6299,38 \text{ Ton/Ha/Tahun}$$

3. Volume Sedimen Total (Vs)

$$V_s = \frac{SY \times \text{Adas}}{\text{Berat Jenis Sedimen}}$$

$$V_s = \frac{6299.38 \times 100598.68}{2,66}$$

$$V_s = 238236588 \text{ m}^3/\text{Tahun}$$

Rekapitulasi perhitungan laju erosi dan sedimentasi dengan metode USLE dapat dilihat pada Tabel 9.

E. Analisis Kapasitas Bangunan Sabo Dam Akibat Limpasan Sedimen

Untuk menentukan kapasitasnya dalam mengontrol atau menampung sedimen tiap tahunnya, pihak pengelola bendungan melakukan pengecekan teratur terhadap kapasitas bendungan, di dapatkan hasil pengecekan yaitu sebesar :

1. Tampung Mati/ Tetap

$$(V_a) = 101,99 \text{ juta m}^3$$

2. Tampung Kontrol

$$(V_b) = 148,29 \text{ juta m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi Total Kapasitas Bendungan :} \\ &= V_a + V_b \\ &= 148,29 + 101,99 \\ &= 250280000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya volume sedimen yang terlimpas ke bangunan Bendungan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Vol. Sedimen Limpasan} &= \text{Vol. Sedimen} \\ \text{Total} - \text{Kapasitas Bangunan Bendungan} \\ &= 238236588,20 - 101990000 \\ &= 136246588 \text{ m}^3/\text{Tahun} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dengan metode USLE dan bantuan *software* ArcGIS 10.1, dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya laju erosi di area DAS Bendungan Mrica dengan menggunakan pendekatan/metode USLE adalah 524948,33 Ton/Ha/Tahun.
2. Besarnya volume sedimen yang terjadi di area DAS Bendungan Mrica sebesar 238236588,20 m³/Tahun dan yang akan terlimpas pada area setelah bendungan sebesar 136246588 m³/Tahun.
3. Bendungan Mrica Banjarnegara memiliki kapasitas tampung sebesar 101990000 m³.

Berdasarkan data yang telah di analisis, didapatkan hasil bahwa kapasitas total bangunan Bendungan Mrica, Banjarnegara adalah sebesar 101990000 m³. Dengan volume sedimen yang mengalir pada sub DAS Bendungan Mrica sebesar 238236588,20 m³/Tahun, maka volume sedimen yang akan terlimpas ke bangunan

Bendungan Mrica, Banjarnegara adalah sebesar 136246588 m³. Sehingga dengan perolehan hasil tersebut dapat dikatakan jika Bendungan Mrica tidak mampu untuk menampung volume angkutan sedimen yang terjadi. Hal ini dikarenakan kapasitas Bendungan Mrica yang lebih kecil yaitu sebesar 101990000 m³.

B. Saran

1. Dilakukan perhitungan menggunakan metode lain sebagai pembanding agar lebih akurat
2. Berdasarkan hasil yang didapatkan, pengaruh erosi lahan di sekitar area DAS Bendungan Mrica Banjarnegara sangatlah besar sehingga perlu dilakukan pengakajian lebih lanjut untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya bencana sedimen kedepannya
3. Dilakukan pemeliharaan terhadap bangunan bendungan secara berkala seperti pembersihan material yang tertahan di hulu bendungan agar bendungan tetap terjaga kestabilan fungsi serta untuk menjaga umur bangunan bendungan yang sudah di rencanakan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia Power, PT., 2005, Laporan: Penyelidikan Sedimen Waduk PLTA PB. Soedirman, Banjarnegara.
- Jamaludin, dicki. 2006. *Perkiraan umur layanan waduk mrica banjarnegara jawa tengah dengan metode kapasitas tampungan mati (dead storage) dan metode area reduction.* Tugas akhir FT. Universitas soedirman. Purwokerto.

- Alifah, Ajeng. 2010. *Perencanaan Operasi dan Konservasi Waduk Mrica (PB.Soedirman) Banjarnegara*. Tugas akhir FT UNDIP. Semarang.
- Abdurachman, A. Dan S.Sukmana, 1990. *Prediksi erosi dengan metoda USLE. Proyek penelitian penyelamatan hutan, tanah dan air*. Badan penelitian dan pengembangan pertanian. Departemen pertanian, Jakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Susilowati, et al. 2014. *Perancangan Check Dam Pramuka Untuk Mengatasi Sedimentasi Di Banjir Kanal Barat Kota Semarang*. Semarang: *Jurnal Karya Teknik Sipil* Vol:3, No:1.
- Ikhsan, Jazaul dan Masaharu Fujita. 2012. *A New Approach for Effect Evaluation of Sediment Management. International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* Vol:6, No:8.
- Asdak, chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Widiyanto, Wahyu. 2007. *Model pengendalian sedimentasi Waduk Mrica dengan Fluidasi* Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Jamaludin Malik, Dicky. 2006. *perkiraan umur layanan waduk mrica banjarnegara jawa tengah dengan metode kapasitas tampungan mati (dead storage) dengan distribusi sedimen (the empirical area reduction)*. UNSOED, Purwokerto.
- Budi Pratama, Bibit. 2009. *Wilayah sumber material suspended sedimen da kali lumajang kabupaten banjarnegara provinsi jawa tengah*. Universitas Sumatra Utara.
- Komariona Dewi, Novika. 2017. *Pengaruh erosi lahan terhadap kapasitas sabo dam*. Studi kasus: Sabo Dam Ge-C Gadingan, Kali Gendol, Merapi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Andi Satria, Sena. 2016. *Evaluasi kapasitas sabo dam dalam usaha mitigasi bencana sedimentasi merapi*. Studi Kasus : Sabo Dam PU-C Seloiring, Kali Putih, Merapi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ari Wulandari, Dyah. 2007. *Penanganan sedimentasi waduk mrica. Jurnal berkala ilmiah teknik keairan* vol.13, No.4