

# ANALISIS PERHITUNGAN TRANSPORT SEDIMENT PADA HULU WADUK WONOGIRI

Chitra Hermawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kuantan Singingi, Jalan Gatot Soebroto Km 7 Jake Kuantan Singingi

email: chitrahermawan22@gmail.com

## Abstrak

Dalam rangka melaksanakan kegiatan penataan sungai dan pembangunan prasarana pengendalian banjir dan untuk mendapatkan konstruksi yang layak sesuai dengan standar desain konstruksi yang berlaku, maka pekerjaan Survei, Investigasi Desain (SID) Sungai Bengawan Solo Hulu (Wonogiri-Jurug) sangat diperlukan guna pelaksanaan konstruksi selanjutnya, sehingga permasalahan banjir dapat segera diatasi. Maksud dari penelitian analisis sedimentasi adalah untuk melakukan investigasi dan pengumpulan data/informasi dalam mengenai sedimentasi yang masuk ke dalam sungai sehingga dapat dijadikan acuan bagi pengambil kebijakan yang dalam hal ini adalah pemerintah pusat melalui BBWS Bengawan Solo. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi sumber erosi dan analisa erosi lahan.

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk melihat kondisi Hidrologi, Proses Erosi, Klasifikasi Erosi, Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Erosi, Pendugaan Laju Erosi Berdasarkan Metode MUSLE, Indeks Erosivitas Hujan (Rw), Indeks Erodibilitas (K), Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S), Faktor Pengelolaan Tanaman (C) Dan Konservasi Tanah (P), Perkiraan Laju Sedimentasi. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa Total Sedimen potensial Sungai bengawan Solo Hulu, Hasil Penambahan dari beberapa Anak Sungai yang Masuk yaitu 3046,519 m<sup>3</sup>/tahun.

**Kata kunci :** *Sungai Bengawan Solo Hulu, BBWS, identifikasi sumber erosi, analisa erosi lahan*

## 1. PENDAHULUAN

Usaha-usaha pemerintah untuk mengurangi bencana banjir telah banyak dilakukan agar pembangunan negara dan aktivitas masyarakat setempat dapat berjalan dengan lancar. Usaha tersebut diwujudkan dalam pekerjaan perencanaan sungai dan pengendalian banjir yang kemudian ditindaklanjuti melalui pembangunan fisik bangunan-bangunan air yang mendukungnya. Langkah-langkah yang berkelanjutan, termasuk diantaranya adalah survei dan desain mengenai perbaikan sungai, sangat diperlukan dalam rangka pengelolaan sungai berdasarkan peraturan atau standar teknis perencanaan sungai yang ada.

Dalam rangka melaksanakan kegiatan penataan sungai dan pembangunan prasarana pengendalian banjir dan untuk mendapatkan konstruksi yang layak sesuai dengan standar

desain konstruksi yang berlaku, maka pekerjaan Survei, Investigasi Desain (SID) Sungai Bengawan Solo Hulu (Wonogiri-Jurug) sangat diperlukan guna pelaksanaan konstruksi selanjutnya, sehingga permasalahan banjir dapat segera diatasi. Maksud dari penelitian analisis sedimentasi adalah untuk melakukan investigasi dan pengumpulan data/informasi dalam mengenai sedimentasi yang masuk ke dalam sungai sehingga dapat dijadikan acuan bagi pengambil kebijakan yang dalam hal ini adalah pemerintah pusat melalui BBWS Bengawan Solo. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi sumber erosi dan analisa erosi lahan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Hidrologi

Analisa hidrologi dilaksanakan dengan tujuan untuk memahami karakteristik hidrologi dan klimatologi dan untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana. Guna mendapatkan debit banjir rancangan pada daerah studi, menggunakan metode pengalihragaman dari hujan ke debit. Hal ini dilakukan karena tidak tersedianya data debit aliran sungai pada lokasi yang ditinjau. Hasil akhir dari analisa hidrologi ini adalah besaran debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang. Secara garis besar perhitungan debit banjir rencana meliputi tiga tahapan sebagai berikut :

1. Perhitungan curah hujan maksimum rencana,
2. Perhitungan debit banjir rencana dan
3. Pengujian hasil perhitungan.

Banjir rencana untuk berbagai kala ulang diperoleh karakteristik hubungan curah hujan dan debit aliran yang dihasilkannya pada masing-masing DAS (Daerah Aliran Sungai) yang ditinjau. Lokasi untuk perhitungan banjir rencana dari setiap DPS yang ditinjau tergantung dari cakupan model simulasi yang akan dikembangkan dalam studi ini.

Metode yang digunakan dalam mencari karakteristik hubungan curah hujan dan debit untuk lokasi tersebut di atas tergantung dari jenis dan jumlah data yang diperoleh. Metode-metode yang dapat digunakan mulai dari metode sintetik atau aktual unit hidrograf sampai metode yang kompleks dimana proses terjadinya debit aliran di sungai yang dimulai dari hujan yang jatuh di DAS nya ditelusuri secara *black box* atau konseptual (deterministik maupun distributed) dengan bantuan model matematik yang mensimulasi proses tersebut.

Salah satu metode empiris untuk menghitung banjir rencana dan yang umum digunakan adalah dengan menggunakan model hidrograf satuan sintetis. Metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan keterbatasan data banjir yang tercatat dalam periode tertentu. Hidrograf satuan sintetis dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS dan hujan rencana. Parameter utama DAS yang diperhitungkan adalah panjang sungai, luas DAS, dan hujan daerah rencana. Keterbatasan model hidrograf satuan adalah cakupan areal DAS yang dianalisis diutamakan tidak lebih dari 1500 Km<sup>2</sup>.

Dalam perhitungan analisis banjir diperlukan data DAS antara lain seperti berikut :

1. Luas daerah aliran sungai (DAS)
2. Panjang sungai
3. Kemiringan rata-rata sungai
4. Koefisien pengaliran

## 2.2 Proses Erosi

Proses erosi bermula dengan terjadinya penghancuran agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah. Pada saat hujan mengenai kulit bumi, maka secara langsung akan menyebabkan hancurnya agregat tanah. Penghancuran dari agregat tanah dipercepat dengan adanya daya penghancuran dan daya urai dari air itu sendiri. Hancuran agregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, kemudian kapasitas infiltrasi tanah akan menurun dan mengakibatkan air mengalir dipermukaan sebagai limpasan permukaan. Limpasan permukaan mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel tanah yang telah hancur.

Selanjutnya jika tenaga limpasan permukaan sudah tidak mampu lagi mengangkut bahan-bahan hancuran tersebut, maka bahan-bahan ini akan diendapkan. Dengan demikian 3 bagian yang berurutan tersebut, adalah sebagai berikut:

1. Pengelupasan (*detachment*);
2. Pengangkutan (*transportation*);
3. Pengendapan (*sedimentation*)

## 2.3 Klasifikasi Erosi

Menurut Utomo (1994), para pakar konservasi tanah pada mulanya mengklasifikasikan erosi berdasarkan bentuknya, yaitu :

- a) Erosi Lembar (*sheet erosion*)
- b) Erosi Alur (*rill erosion*)
- c) Erosi Selokan (*gully erosion*)

Klasifikasi tersebut diatas saat sekarang dirasa kurang sesuai, karena dalam klasifikasi tersebut tidak memperhitungkan kekurangan agregat yang terjadi karena pukulan air hujan. Pukulan air hujan merupakan fase pertama dan terpenting dari erosi. Oleh karena itu Morgan (1979) dalam Utomo, Wani Hadi (1994: 20) membedakan bentuk erosi menjadi:

- a) Erosi Percikan (*splash erosion*);
- b) Erosi Limpasan Permukaan (*overland flow / surface run off erosion*);
- c) Erosi Alur (*rill erosion*);
- d) Erosi Selokan atau Erosi Parit (*gully erosion*).

Pengamatan di Indonesia, disamping keempat bentuk tersebut ternyata sering kali juga terjadi perpindahan massa tanah secara bersama-sama. Kejadian ini terutama terjadi pada tanah dengan lapisan atas yang sangat dangkal, atau terletak diatas lapisan tanah yang tidak tembus air, dan juga pada teras yang baru dibangun. Proses ini oleh Carson dan Utomo (1986) disebut erosi massa (*mass wasting*) untuk membedakan dengan tanah longsor. Disamping kelima bentuk tersebut, ada bentuk khusus erosi yaitu tanah longsor (*land slide*) dan erosi yang terjadi pada tebing sungai, danau atau laut (*stream bank erosion*).

Erosi massa (*mass wasting*) terjadi dengan cara sejumlah tanah secara bersama-sama berpindah terangkut oleh air yang terkumpul. Erosi terjadi karena adanya pengumpulan air pada lapisan tanah atas, yang berada diatas lapisan tidak tembus air. Proses erosi massa terutama terjadi pada lahan miring yang kedalaman efektifnya dangkal.

Erosi tebing sungai (*streambank erosion*) adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai. Dua proses berlangsungnya erosi tebing sungai adalah oleh adanya gerusan aliran sungai dan oleh

adanya longsoran tanah pada tebing sungai. Erosi tebing sungai dipengaruhi, antara lain oleh kecepatan aliran, kondisi vegetasi di sepanjang tebing sungai, kegiatan bercocok tanam di pinggir sungai, kedalaman dan lebar sungai, bentuk alur sungai, dan tekstur tanah. Alur sungai yang tidak teratur dengan banyak rintangan seperti tanggul pencegah tanah longsor, dapat mempertajam kelokan sungai dan menjadi penyebab utama erosi sepanjang tebing sungai.

#### 2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Erosi

Erosi terjadi melalui proses penghancuran atau pengikisan, pengangkutan dan pengendapan. Dengan demikian intensitas erosi ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi ketiga proses tersebut. Hudson (1976) dalam Utomo (1994) melihat erosi dari dua segi yaitu faktor penyebab, yang dinyatakan dalam erosivitas, dan faktor tanah yang dinyatakan dalam erodibilitas. Jadi kalau dinyatakan dalam fungsi maka :

$$E = f \{ \text{Erosivitas, Erodibilitas} \}$$

Di alam, proses erosi tidak hanya hasil kali erosivitas dan erodibilitas saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kedua variabel tersebut. Erosivitas dalam erosi air merupakan manifestasi hujan, dipengaruhi oleh adanya vegetasi dan kemiringan, dan erodibilitas juga dipengaruhi oleh adanya vegetasi. Dan akhirnya aktivitas manusia tentunya juga sangat mempengaruhi faktor-faktor tersebut. Oleh karena itu dapat dikemukakan pula bahwa erosi adalah fungsi dari hujan (H), Tanah (T), Kemiringan (K), Vegetasi (V), dan Manusia (M). Jadi apabila dinyatakan dalam fungsi, maka :

$$E = f \{ H, T, K, V, M \}$$

Artinya erosi akan dipengaruhi oleh sifat hujan, tanah, derajat dan panjang lereng, adanya penutup tanah yang berupa vegetasi dan aktivitas manusia dalam hubungannya dengan pemakaian tanah.

#### 2.5 Pendugaan Laju Erosi Berdasarkan Metode MUSLE

Pengukuran dan pendugaan erosi sulit untuk dilakukan dengan tepat karena proses kejadian dan faktor yang mempengaruhinya sangat kompleks. Tetapi dengan beberapa asumsi dan penyederhanaan, pengukuran dan pendugaan erosi dapat dilakukan dengan tingkat pendekatan yang bisa diterima.

Ada berbagai macam cara pengamatan atau pengukuran erosi yang terjadi, antara lain dengan pengamatan langsung di lapangan, interpretasi peta topografi dan foto udara dan pengukuran langsung dengan percobaan. Metode MUSLE merupakan modifikasi dari metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Williams (1975). Pada metode MUSLE, faktor energi curah hujan (R) digantikan dengan faktor limpasan permukaan (Rw). Metode MUSLE ini sudah memperhitungkan baik erosi maupun pergerakan sedimen pada DAS berdasarkan pada kejadian hujan tunggal (*single event*). Perhitungan SDR (*Sediment Delivery Ratio*) ini tidak diperlukan dalam perhitungan perkiraan hasil sedimen dengan MUSLE karena faktor limpasan permukaan menghasilkan energi yang digunakan dalam proses pelepasan dan pengangkutan sedimen. Secara matematis, persamaan metode MUSLE ini adalah sebagai berikut:

$$A = R_w \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

dengan:

$$R_w = \text{faktor erosivitas limpasan permukaan (m}^2/\text{jam)}$$

## 2.6 Indeks Erosivitas Hujan (Rw)

Erosivitas merupakan kemampuan hujan untuk menyebabkan terjadinya erosi. Erosivitas hujan sebagian terjadi karena pengaruh jatuhnya butir-butir hujan langsung di atas tanah dan sebagian lagi karena aliran air di atas permukaan tanah. Kemampuan air hujan sebagai penyebab terjadinya erosi adalah bersumber dari laju dan distribusi tetesan air hujan, dimana keduanya mempengaruhi besarnya energi kinetik hujan. Sehingga dapat dikatakan bahwa erosivitas hujan sangat berkaitan dengan energi kinetis dan momentum, yaitu parameter yang berasosiasi dengan laju curah hujan atau volume hujan.

Indeks erosivitas untuk pendugaan besarnya laju erosi dalam studi ini menggunakan analisa Williams. Analisa indeks erosivitas menurut Williams (1975) ini digunakan pada daerah aliran yang cukup luas, selama erosi juga terjadi pengendapan dalam proses pengangkutan. Hasil endapan dipengaruhi oleh limpasan permukaan. Dalam rumus ini, Williams mengadakan modifikasi USLE untuk menduga hasil endapan dari setiap kejadian limpasan permukaan dengan cara mengganti indeks erosivitas (R) dengan erosivitas limpasan permukaan (Rw). Dengan rumus-rumus sebagai berikut (Utomo, W. H, 1994: 155):

$$Rw = 9,05 \cdot (Vo \cdot Qp)^{0,56}$$

$$Vo = R \cdot \exp(-Rc / Ro)$$

$$Rc = 1000 \cdot MS \cdot \rho b \cdot RD \cdot (Et / Eo)^{0,50}$$

$$Ro = R / Rn$$

dengan :

Rw = indeks erosivitas limpasan permukaan ( $m^2 / jam$ )

Vo = volume limpasan permukaan ( $m^3$ )

Qp = laju maksimum aliran air permukaan ( $m^3 / det$ )

R = jumlah curah hujan rerata bulanan (mm)

MS = kandungan massa pada kapasitas lapang (%w/w)

$\rho b$  = berat jenis volume lapisan tanah atas ( $mg / m^3$ )

RD = kedalaman tanah lapisan atas (tanaman keras, tanaman kayu = 0,10 m; rumput dan padi-padian = 0.05 m)

Et/Eo = perbandingan evapotranspirasi aktual (Et) dengan evapotraspirasi potensial (Eo)

Rn = jumlah hari hujan rerata bulanan (hari)

Ro = rerata hujan setiap harinya (mm/hari)

Tabel 1. Nilai MS dan  $\rho b$  pada Berbagai Macam Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	MS (% w/w)	$\rho b$ (Mg/m <sup>3</sup> )
Liat (clay)	45	1,1
Lempung berliat	40	1,3
Liat berdebu	30	1,3
Lempung berpasir	28	1,2
Lempung berdebu	25	1,3
Lempung	20	1,3
Pasir halus	15	1,4
Pasir	8	1,5

Sumber: Utomo, 1994:157

Tabel 2. Nilai Et/Eo Beberapa Macam Tanaman

Tanaman	Et/Eo
Padi sawah	1,35
Wheat	0,60
Jagung	0,67 – 0,70
Cassava	0,62
Kentang	0,70 – 0,80
Beans	0,62 – 0,69
Kacang tanah	0,50 – 0,87
Teh	0,85 – 1,00
Karet	0,90
Kelapa sawit	1,20
Rumput prairie	0,80 – 0,95
Hutan	0,90 – 1,00
Tanah Bero	0,05

Sumber: Utomo, 1994:157

Sedangkan analisa laju maksimum aliran air permukaan ( $Q_p$ ) menggunakan metode Rasional Modifikasi. Metode Rasional Modifikasi merupakan pengembangan dari metode Rasional, dimana waktu konsentrasi curah hujan yang terjadi lebih lama. Metode Rasional Modifikasi mempertimbangkan pengaruh tampungan dalam memperkirakan debit puncak limpasan. Metode ini sudah dikembangkan sehingga konsep metode Rasional dapat digunakan dalam pembuatan hidrograf untuk perancangan tampungan pada daerah aliran seluas 20 atau 30 Ha.

Rumus Metode Rasional Modifikasi dalam menentukan debit puncak, adalah sebagai berikut (Lewis. K. V, 1975: 9):

$$Q_p = 0,278.C_s.C.I.A$$

dengan :

$Q$  = debit puncak dengan kala ulang tertentu ( $m^3/dt$ )

$I$  = intensitas hujan rata-rata dalam  $t$  jam ( $mm/jam$ )

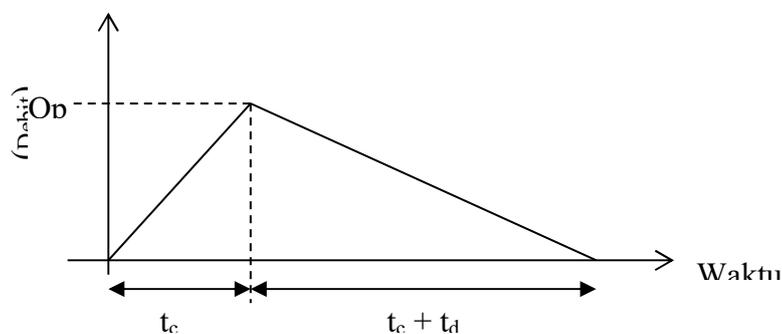
$C$  = koefisien limpasan

$A$  = luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

$C_s$  = koefisien tampungan

0.278.1 = faktor koreksi

Gambar 1. Hidrograf Rancangan Metode Rasional Modifikasi



**a) Intensitas Hujan (I)**

Intensitas hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadian. Dalam studi ini, rumus empiris untuk menghitung intensitas hujan dalam menentukan debit puncak dengan metode Rasional Modifikasi, digunakan rumus Mononobe (Sosrodarsono, 2003: 32) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- $R_{24}$  = curah hujan maksimum 24 jam (mm)
- t = waktu konsentrasi (jam)

**b) Waktu Konsentrasi (T<sub>c</sub>)**

Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat paling jauh (hulu DAS) sampai titik pengamatan aliran air (*outlet*). Dalam metode Rasional Modifikasi, untuk menentukan waktu konsentrasi menggunakan rumus (Lewis. K. V, 1975: 9):

$$T_c = T_o + T_d$$

dengan :

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_o$  = *Overland flow time* atau waktu yang dibutuhkan limpasan (*run off*) untuk mengalir melalui permukaan tanah ke outlet terdekat, dinyatakan dalam satuan jam. Nilai  $T_o$  didapat dari rumus (Suripin, 2004: 82):

$$T_o = 2/3 \cdot 3,28 \cdot L \cdot (n/S^{1/2})$$

dengan: L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)  
n = angka kekasaran Manning (sungai alam antara 0,35-0,5)  
S = kemiringan lahan (m/m)

$T_d$  = *Drain flow time* atau waktu aliran dimana air jatuh pada titik awal ke outlet, dinyatakan dalam satuan jam.  $T_d$  dapat ditentukan dari kondisi pada saluran, jika aliran dimana parameter-parameter hidroliknya sulit ditentukan maka  $T_d$  dapat diperkirakan dengan menggunakan kecepatan aliran, dengan rumus (Lewis. K. V, 1975: 9):

$$T_d = \frac{L}{v} \text{ (jam)}$$

dengan :

L = panjang sungai (m)

v = kecepatan aliran rerata (m/dt)

dimana nilai v didapat dari rumusn (Anonim, *Highway Design Manual*: 2001):

$$v = 4,918(S)^{1/2}$$

dengan: S = kemiringan sungai (m/m)

### c) Koefisien Tampung (Cs)

Suatu areal DAS yang semakin luas akan berdampak terhadap besarnya tampungan di sungai, sehingga berakibat juga terhadap besar debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu, faktor koefisien tampungan diperhitungkan dalam metode rasional modifikasi. Koefisien tampungan dapat dirumuskan, sbb (Lewis. K. V, 1975: 12):

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d}$$

dengan :

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_d$  = Drain flow time (jam)

### d) Koefisien Pengaliran

Pada saat hujan turun sebagian akan meresap ke dalam tanah dan sebagian lagi akan menjadi limpasan permukaan. Koefisien limpasan / pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Adapun kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah :

- Keadaan hujan
- Luas dan bentuk daerah aliran
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kebasahan tanah
- Suhu udara dan angin serta evaporasi
- Tata guna lahan

Koefisien pengaliran seperti yang disajikan pada tabel berikut, didasarkan pada suatu pertimbangan bahwa koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Koefisien pengaliran tersebut adalah sebagai berikut :

**Tabel 3** Angka Koefisien Pengaliran

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
• Perkantoran		• Tanah Lapang	
Daerah pusat kota	0,70-0,95	Berpasir, datar, 2%	0,05-0,10
Daerah sekitar kota	0,50-0,70	Berpasir, agak rata, 2-7%	0,10-0,15
• Perumahan		Berpasir, miring, 7%	0,15-0,20
Rumah tunggal	0,30-0,50	Tanah berat, datar, 2%	0,13-0,17
Rumah susun, terpisah	0,40-0,60	Tanah berat, agak rata, 2-7%	0,18-0,22
Rumah susun, bersambung	0,60-0,75	Tanah berat, miring, 7%	0,25-0,35
Pinggiran kota	0,25-0,40	• Tanah Pertanian, 0-30%	
• Daerah Industri		Tanah kosong	
Kurang padat industri	0,50-0,80	Rata	0,30-0,60
Padat industri	0,60-0,90	Kasar	0,20-0,50
• Taman, Kuburan	0,10-0,25	Ladang garapan	
Tempat Bermain	0,20-0,35	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30-0,60
Daerah Stasiun KA	0,20-0,40	Tanah berat, dengan vegetasi	0,20-0,50
Daerah Tak Berkembang	0,10-0,30	Berpasir, tanpa vegetasi	0,20-0,25
• Jalan Raya		Berpasir, dengan vegetasi	0,10-0,25
Beraspal	0,70-0,95	Padang Rumput	
Berbeton	0,80-0,95	Tanah berat	0,15-0,45
Berbatu bata	0,70-0,85	Berpasir	0,05-0,25
• Trotoar	0,75-0,85	Hutan/bervegetasi	0,05-0,25
• Daerah beratap	0,75-0,95	• Tanah Tidak Produktif, >30%	
		Rata, kedap air	0,70-0,90
		Kasar	0,50-0,70

## 2.7 Indeks Erodibilitas (K)

Erodibilitas tanah adalah tingkat kepekaan tanah terhadap erosi. Indeks erodibilitas tanah menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik hujan. Besarnya resistensi tergantung pada topografi, kemiringan lereng, dan besarnya gangguan oleh manusia. Besarnya erodibilitas atau resistensi tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, serta kandungan organik dan kimia tanah. Karakteristik tanah tersebut bersifat dinamis, selalu berubah oleh karena itu karakteristik tanah dapat berubah seiring dengan perubahan waktu dan tata guna lahan atau sistem pertanaman. Perubahan erodibilitas tanah yang signifikan berlangsung ketika terjadi hujan karena pada waktu tersebut partikel-partikel tanah mengalami perubahan orientasi dan karakteristik bahan kimia dan fisik tanah.

Peranan tanah terhadap besar kecilnya erodibilitas tanah adalah besar. Tanah dengan partikel agregat besar resistensinya terhadap daya angkut air larian juga besar karena diperlukan energi cukup besar untuk mengangkut partikel-partikel tanah tersebut. Sedangkan tanah dengan partikel agregat halus resistensinya terhadap pengelupasan karena sifat kohesi tanah tersebut juga besar.

Tabel 4. Nilai K Hasil Penelitian Beberapa Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1	Latosol Dermaga (Haplartnox)	0,03
2	Latosol Citayam (Haplortnox)	0,09
3	Regosol Tanjungharjo (Tropothens)	0,14
4	Grumosol Jegu (Caromuderts)	0,27
5	Podsolik Jonggol (Tropudults)	0,16
6	Citaman (Troponumults)	0,1
7	Mediteran Putat (Tropudalis)	0,23
8	Mediteran Punung (Tropuqualis)	0,22
9	Latosol Merah (Humox)	0,12
10	Regosol (Oxiedystropept)	0,12
11	Latosol Merah Kuning (Typic Naplortnox)	0,26
12	Latosol Coklat (Typic Tropudulut)	0,23
13	Lithosol pada lereng tajam (Lytic Tropotlnert/Dystropept)	0,27
14	Regosol di atas Kolovium (Oxic Dystropept)	0,16
15	Regosol pada puncak bukit (Typic Entropept)	0,29
16	Gley Humic (Typic Tropuguep/Aquic Entropept)	0,13 (Clay) 0,26 (Silty Clay)
17	Litosol (Litnic Eutropept/Orthen)	0,16 (Clay) 0,29 (Silty Clay)
18	Grumosol (Caromuderts)	0,21
19	Regosol (typic Dythropept)	0,31
20	Latosol Coklat (Epyquic Tropodults)	0,31
21	Gley Numic di atas teras (Tropaguept)	0,2

22	Hydromorf abu-abu (Tropolluent)	0,2
----	---------------------------------	-----

Sumber : BRLKT

## 2.8 Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi. Sifat lereng yang mempengaruhi energi penyebab erosi adalah :

1. Kemiringan lereng
2. Panjang lereng
3. Bentuk lereng

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu lereng, maka persentase kemiringan lereng semakin besar, sehingga semakin cepat laju limpasan permukaan. Hal ini akan menyebabkan volume limpasan yang semakin besar, karena singkatnya waktu untuk infiltrasi, dengan demikian laju erosi semakin besar.

Nilai panjang lereng rata-rata didapatkan dari pengukuran (*measur*) manual dari batas atas tiap sub DAS mikro (nilai kontur tertinggi) hingga ke titik dimana aliran air terkonsentrasi pada saluran (nilai kontur terendah) pada *Arc View*. Sedangkan kemiringan lereng didapatkan dari analisa SIG.

Prakiraan erosi menggunakan persamaan MUSLE, komponen panjang dan kemiringan lereng diintegrasikan menjadi factor LS dan ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Faktor Panjang Lereng (L)

Rata-rata Panjang Lereng (m)	Nilai L
50	1,5
75	1,8
150	2,7
300	3,7

Sumber: Dirjen RLKT

Tabel 6. Nilai Faktor Kemiringan Lereng (S)

Kelas Lereng	Kemiringan (%)	Nilai S
I	0 – 3	0,1
II	3 – 8	0,5
III	8 – 15	1,4
IV	15 – 25	3,1
V	25 – 40	6,1
VI	40 – 65	11,9

Sumber: Dirjen RLKT

## 2.9 Faktor Pengelolaan Tanaman (C) Dan Konservasi Tanah (P)

Faktor pengelolaan tanaman menunjukkan keseluruhan vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Besarnya faktor pengelolaan tanaman (C) tergantung dari jenis, intensitas, kombinasi,

kemampatan, panen, dan rotasi tanaman. Lahan dengan jenis tanaman yang sama tetapi ditanami secara intensif tanpa istirahat akan menghasilkan nilai C yang lebih besar dari pada lahan yang diistirahatkan setelah panen sehingga dapat mengembalikan unsur hara dan kandungan organiknya.

Faktor pengelolaan dan konservasi tanah (P) adalah nisbah antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah. Praktek bercocok tanam yang kondusif terhadap penurunan kecepatan air larian dan yang memberikan kecenderungan bagi air larian untuk mengalir ke tempat yang lebih rendah dapat memperkecil nilai P (Asdak, 2002 : 374).

Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah bila digabungkan dengan faktor C karena dalam kenyataannya, kedua faktor tersebut berkaitan erat. Beberapa nilai faktor CP telah dapat ditentukan berdasarkan penelitian di Jawa seperti pada tabel berikut:

Tabel 7. Perkiraan Nilai Faktor CP Berbagai Jenis Penggunaan Lahan di Jawa

Konservasi dan Pengelolaan Tanaman	Nilai CP
Hutan :	
a. Tak terganggu	0,01
b. Tanpa tumbuhan bawah, disertai seresah	0,05
c. Tanpa tumbuhan bawah, tanpa seresah	0,50
Semak :	
a. Tak terganggu	0,01
b. Sebagian rumput	0,10
Kebun :	
a. Kebun-talun	0,02
b. Kebun-pekarangan	0,20
Perkebunan :	
a. Penutupan tanah sempurna	0,01
b. Penutupan tanah sebagian	0,07
Perumputan :	
a. Penutupan tanah sempurna	0,01
b. Penutupan tanah sebagian, ditumbuhi alang-alang	0,02
c. Alang-alang, pembakaran sekali setahun	0,06
d. Serai wangi	0,65
Tanaman Pertanian :	
a. Umbi-umbian	0,51
b. Biji-bijian	0,51
c. Kacang-kacangan	0,36
d. Campuran	0,43
e. Padi irigasi	0,02
Perladangan :	
a. 1 tahun tanam-1 tahun bero	0,28
b. 1 tahun tanam- 2 tahun bero	0,19
Pertanian dengan konservasi :	
a. mulsa	0,14
b. teras bangku	0,04

c. <i>contour cropping</i>	0,14
----------------------------	------

Sumber : Asdak, 2002 : 376

Ada berbagai macam cara untuk memperkirakan besarnya erosi, antara lain dengan cara pengamatan erosi secara langsung di lapangan, pengamatan perubahan permukaan lahan, melalui interpretasi foto udara, pengukuran langsung dengan percobaan, atau dengan menggunakan persamaan empirik. Dalam studi ini digunakan pendekatan dengan menggunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dan program yang dipakai adalah perangkat lunak *ArcView 3.2*.

Ada enam parameter yang digunakan dalam perhitungan erosi dengan metode MUSLE, yaitu erosivitas limpasan permukaan (Rw), faktor eridibilitas tanah (K), faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S), faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (C), dan tindakan khusus konservasi tanah (P).

## 2.10 Perkiraan Laju Sedimentasi

Beberapa faktor yang menentukan besarnya laju sedimentasi dari suatu lahan adalah sebagai berikut :

1. Curah hujan dan intensitasnya
2. Tipe tanah dan formasi geologi
3. Tanaman pelindung
4. Penggunaan lahan
5. Topografi
6. Erosi tanah di atasnya
7. Karakteristik hidrolis saluran

Dalam memperkirakan laju sedimentasi yang masuk ke sungai dapat digunakan dua metode yaitu : (Ilyas, M.A, 1992)

1. Metode pendekatan proses erosi dengan koreksi angka nisbah pelepasan sedimen atau Sedimen Delivery Ratio (SDR) yang dikemukakan oleh Roehl (1962) seperti pada Gambar 2 di bawah.

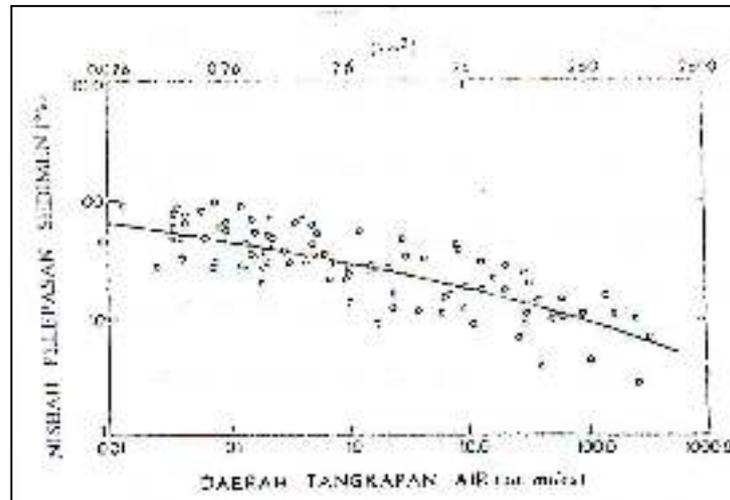
Tidak semua erosi yang dihasilkan erosi aktual menjadi sedimen, dan ini tergantung dari ratio antara volume sedimen dari hasil erosi aktual dengan volume sedimen yang bisa diendapkan di tempat studi/bendung (SDR = sedimen delivery ratio) . Nilai SDR tergantung dari luas DAS, yang dirumuskan:

$$SDR = \frac{S (1 - 0,8683 A^{-0,2018})}{2 (S + 50 n)} + 0,08683 A^{-0,2018}$$

Dengan :

- SDR = Ratio pelepasan sedimen, nilainya antara  $0 < SDR < 1$   
A = Luas DAS (Ha)  
S = Kemiringan lereng rata-rata permukaan DAS (%)  
n = Koefisien kekerasan Manning

Gambar 2. Besarnya angka SDR yang dapat ditentukan berdasarkan luas DPS



Sumber Asdak, C. 1995 : 505

Tabel 8. Harga SDR

Luas DPS	SDR (%)
0.1	53
0.5	39
1	35
5	27
10	24
50	15
100	13
200	11
500	8.5
26000	4.9

Sumber : DPMA, 1982 (bahan dari Tabel USLE, Past, Present and Future SSSA Special Publication Number 8, 13–18–1979).

Besarnya laju sedimen dihitung dengan persamaan

$$S = \text{Laju Erosi} \times \text{SDR}$$

Dimana :

S = Sedimentasi (ton/thn)

Laju Erosi = A x Luas Lahan (ton/thn)

A = Erosi (ton/ha/thn)

Luas lahan = ha

SDR = *Sedimen Delivery Ratio*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Hidrologi

Pada daerah studi belum terdapat/tersedia data debit. Oleh karena itu guna perhitungan debit banjir rancangan dalam studi ini digunakan model hujan-limpasan. Untuk itu diperlukan data curah hujan. Dalam analisa hujan rancangan, data yang diperlukan adalah data hujan harian maksimum tahunan. Data curah hujan di dapat dari Balai BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pekerjaan Umum Pengairan, diambil dari stasiun terdekat yang dianggap mewakili DAS Bengawan Solo. Dalam perhitungan ini digunakan 3 (tiga) stasiun hujan yaitu :

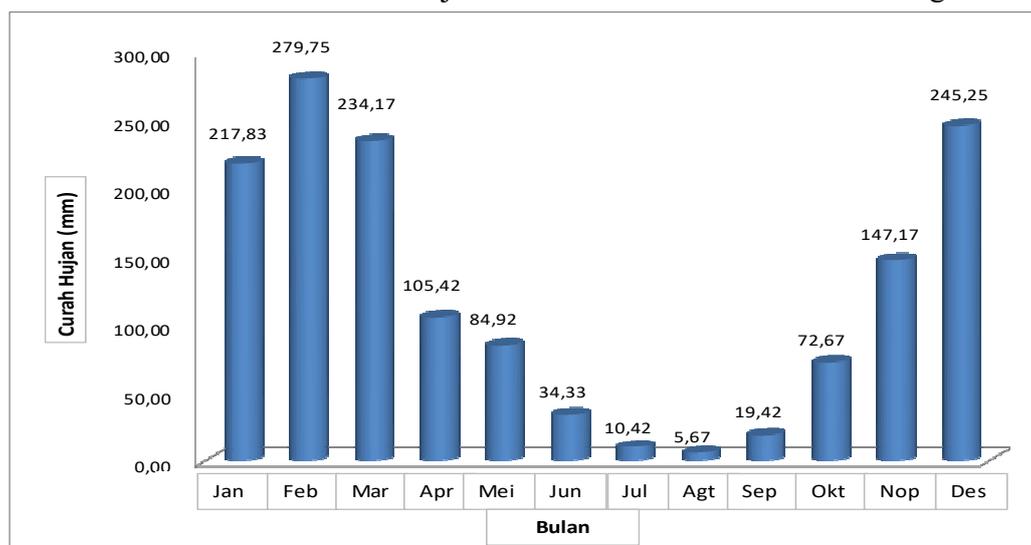
1. Stasiun Wonogiri
  - No. Stasiun : 114
  - Lokasi : Kec. Wonogiri, Kab. Wonogiri
  - SWS : Bengawan Solo
  - Data tahun : 2002 s/d 2012 (10 tahun)
  
2. Stasiun Ngadirojo
  - No. Stasiun : 125
  - Lokasi : Kec. Ngadirojo, Kab. Wonogiri
  - SWS : Bengawan Solo
  - Data tahun : 2002 s/d 2012 (10 tahun)
  
3. Stasiun Watugede
  - No. Stasiun : 115d
  - Lokasi : Kec. Tirtomoyo, Kab. Wonogiri
  - SWS : Bengawan Solo
  - Data tahun : 2002 s/d 2012 (10 tahun)

Rekap data curah hujan bulanan dapat dilihat pada Tabel 10 sampai Tabel 12 sedangkan grafik curah hujan bulanan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 5.

Tabel 10. Rekap Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Wonogiri

TAHUN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOP	DES
2001	0	246	408	148	29	53	81	0	0	203	301	68
2002	0	241	251	0	34	0	0	0	0	9	117	307
2003	263	402	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
2004	289	0	264	48	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	201	248	309	0	33	184	0	0	0	0	7	0
2006	212	330	153	0	129	0	0	0	0	0	51	248
2007	93	522	216	447	108	18	0	0	0	26	75	984
2008	224	276	396	0	70	0	0	25	0	313	431	66
2009	401	503	206	0	87	80	0	0	0	78	133	136
2010	400	72	240	193	208	74	44	43	233	73	119	313
2011	107	164	196	293	166	0	0	0	0	72	288	352
2012	424	353	171	136	155	0	0	0	0	98	244	469
x	217,83	279,75	234,17	105,42	84,92	34,33	10,42	5,67	19,42	72,67	147,17	245,25
SD	144,93	153,85	107,28	142,74	67,65	55,19	25,12	13,54	66,07	94,95	136,61	276,50
R5 bulanan	95,80	150,21	143,84	0,00	27,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,14	12,44
R5 harian	3,09	4,85	4,64	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,40

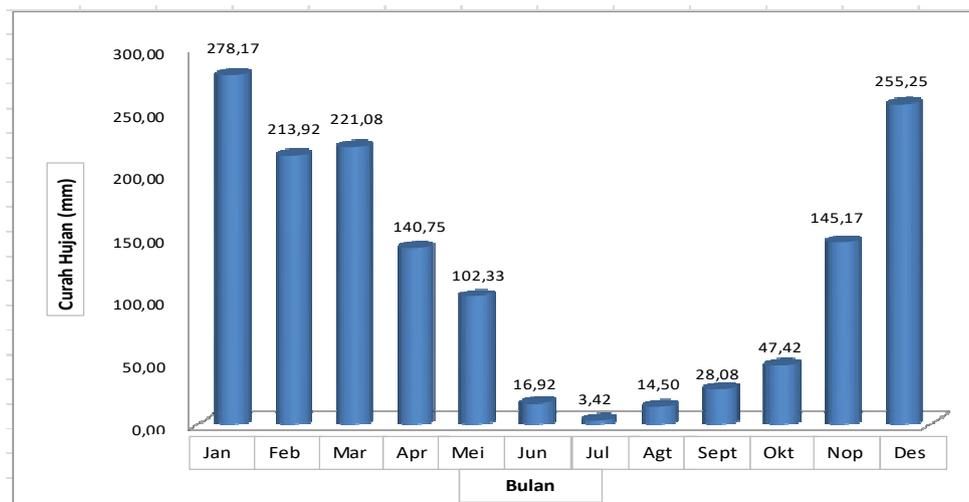
Gambar 3. Grafik Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Stasiun Wonogiri



Tabel 11. Rekap Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Ngadirojo

TAHUN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOP	DES
2001	299	0	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	299	0	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	299	0	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	254	0	0	0	0	0	6	0	0	14	118	0
2005	0	211	411	111	8	0	0	0	82	0	76	462
2006	381	259	173	251	65	0	0	0	0	0	102	333
2007	94	477	208	660	114	32	0	0	0	65	143	916
2008	208	473	381	116	90	11	0	0	0	243	901	0
2009	257	388	408	0	158	0	0	0	0	60	105	72
2010	473	55	343	107	270	91	35	174	255	101	0	518
2011	430	338	438	108	374	69	0	0	0	86	297	282
2012	344	366	291	102	149	0	0	0	0	0	0	480
x	278,17	213,92	221,08	140,75	102,33	16,92	3,42	14,50	28,08	47,42	145,17	255,25
SD	130,61	190,91	178,04	172,30	118,34	30,71	9,92	49,34	73,92	71,14	249,33	290,94
R5 bulanan	168,19	53,17	71,17	0,00	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,28
R5 harian	5,43	1,72	2,30	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33

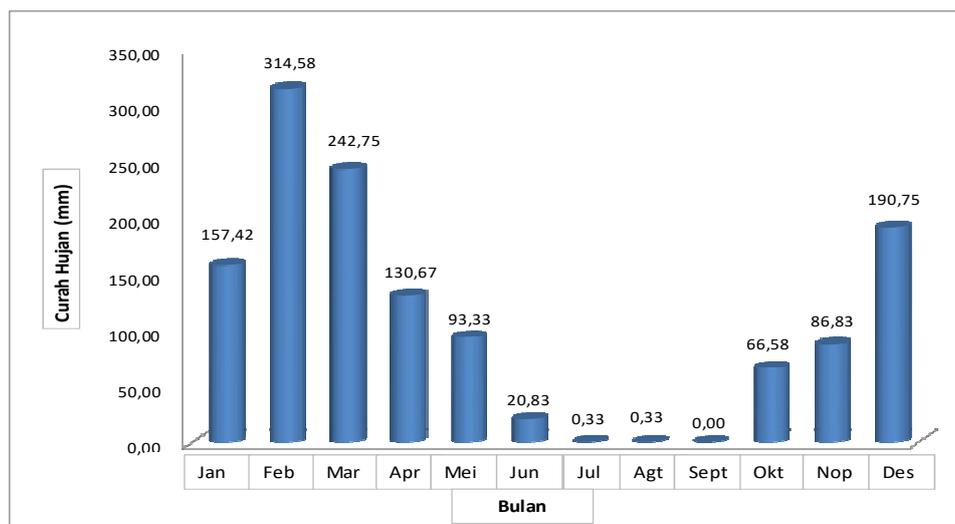
Gambar 4. Grafik Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Stasiun Ngadirojo



Tabel 12. Rekap Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Watugede

TAHUN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOP	DES
2001	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0
2005	177	129	306	0	0	151	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	562
2007	99	232	168	351	97	0	0	0	0	0	0	433
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	240	504	391	327	344	76	0	0	0	0	358	167
2010	6	422	810	0	0	0	0	0	0	660	0	0
2011	881	759	527	567	376	16	4	4	0	130	440	674
2012	486	688	711	323	261	7	0	0	0	9	244	453
x	157,42	314,58	242,75	130,67	93,33	20,83	0,33	0,33	0,00	66,58	86,83	190,75
SD	267,18	252,30	297,20	198,91	143,41	45,57	1,13	1,13	0,00	187,17	159,72	257,19
R5 bulanan	0,00	102,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R5 harian	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gambar 5. Grafik Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Stasiun Watugede



Tabel 13. Rekap Data Jumlah Hari Hujan Stasiun Wonogiri

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2001	0	11	13	8	2	4	3	0	0	10	10	6
2002	0	14	8	0	2	0	0	0	0	2	12	15
2003	11	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2004	12	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	7	10	13	0	2	4	0	0	0	0	2	0
2006	9	10	7	0	5	0	0	0	0	0	5	9
2007	3	19	11	9	6	1	0	0	0	2	6	17
2008	10	11	15	0	4	0	0	2	0	11	14	4
2009	12	14	7	0	6	3	0	0	0	3	8	9
2010	21	7	10	6	11	5	4	3	10	4	7	13
2011	10	11	13	11	8	0	0	0	0	3	18	14
2012	15	11	7	9	7	0	0	0	0	6	10	14

Catatan: Satuan dalam mm

Tabel 14. Rekap Data Jumlah Hari Hujan Stasiun Ngadirojo

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2001	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	11	0	0	0	0	0	1	0	0	2	13	0
2005	0	14	16	6	1	0	0	0	4	0	6	21
2006	20	13	10	13	3	0	0	0	0	0	3	12
2007	9	17	10	13	7	3	0	0	0	2	5	21
2008	8	17	11	4	2	1	0	0	0	10	17	0
2009	8	12	10	0	7	0	0	0	0	4	5	5
2010	21	4	11	5	11	5	2	5	8	7	0	16
2011	17	12	13	6	8	1	0	0	0	5	13	9
2012	9	16	10	4	3	0	0	0	0	0	0	11

Catatan: Satuan dalam mm

Tabel 15. Rekap Data Jumlah Hari Hujan Stasiun Watugede

Tahun	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2001	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
2005	7	8	12	0	0	5	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2007	7	16	13	22	7	0	0	0	0	0	0	24
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	18	15	12	12	8	3	0	0	0	0	14	10
2010	1	17	21	0	0	0	0	0	0	13	0	0
2011	21	20	21	18	10	2	1	1	0	6	14	22
2012	24	19	19	15	7	1	0	0	0	2	12	22

Catatan: Satuan dalam mm

Tabel 16. Rekap Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Wonogiri

Tahun	Bulan												Maximum
	Jan	Peb	Mär	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
2001	0	40	90	36	22	28	56	0	0	43	88	30	90
2002	0	62	73	0	24	0	0	0	0	5	20	64	73
2003	99	70	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	99
2004	92	0	66	16	0	0	0	0	0	0	0	0	92
2005	55	77	82	0	19	110	0	0	0	0	4	0	110
2006	43	78	36	0	50	0	0	0	0	0	16	52	78
2007	42	90	63	125	35	18	0	0	0	14	19	253	253
2008	64	71	42	0	45	0	0	16	0	49	71	25	71
2009	83	88	62	0	30	63	0	0	0	43	27	34	88
2010	68	20	46	74	69	35	19	16	45	24	27	54	74
2011	21	31	26	62	56	0	0	0	0	45	28	84	84
2012	84	11	13	11	8	0	0	0	0	3	18	14	84

*Catatan: Satuan dalam mm*

Tabel 17. Rekap Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Ngadirojo

Tahun	Bulan												Maximum
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Oktober	Nov	Des	
2001	63	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	63
2002	63	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	63
2003	63	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	63
2004	70	0	0	0	0	0	6	0	0	10	20	0	70
2005	0	40	84	48	8	0	0	0	65	0	27	65	84
2006	46	50	30	36	30	0	0	0	0	0	51	65	65
2007	30	92	55	98	30	16	0	0	0	45	70	203	203
2008	61	55	60	45	70	11	0	0	0	42	155	0	155
2009	75	56	74	0	57	0	0	0	0	29	26	20	75
2010	45	20	89	30	60	23	20	40	67	40	0	72	89
2011	52	50	80	28	60	69	0	0	0	24	53	85	85
2012	50	46	42	44	64	0	0	0	0	0	0	87	87

Catatan: Satuan dalam mm

Tabel 18. Rekap Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Watugede

Tahun	Bulan												Maximum
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Oktober	Nov	Des	
2001	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2002	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2003	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2004	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
2005	45	48	85	0	0	56	0	0	0	0	0	0	85
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	87
2007	20	43	45	38	31	0	0	0	0	0	0	87	87
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	58	98	83	87	93	62	0	0	0	0	52	53	98
2010	6	72	97	0	0	0	0	0	0	93	0	0	97
2011	97	96	71	87	97	12	4	4	0	62	96	97	97
2012	54	97	97	79	87	7	0	0	0	7	34	69	97

Catatan: Satuan dalam mm

Tabel 19. Rekap Data Hujan 3 (tiga) Stasiun

NO STASIUN	URAIAN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
STA 114 WONGGIRI DAM	x	217,83	279,75	234,17	105,42	84,92	34,33	10,42	5,67	19,42	72,67	147,17	245,25
	SD	144,93	153,85	107,28	142,74	67,65	55,19	25,12	13,54	66,07	94,95	136,61	276,50
	R5 bulanan	95,80	150,21	143,84	0,00	27,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,14	12,44
	R5 harian	3,09	4,85	4,64	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,40
STA 115D WATUGEDE	x	157,42	314,58	242,75	130,67	93,33	20,83	0,33	0,33	0,00	66,58	86,83	190,75
	SD	267,18	252,30	297,20	198,91	143,41	45,57	1,13	1,13	0,00	187,17	159,72	257,19
	R5 bulanan	0,00	102,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	R5 harian	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
STA 125F NGADIROJO	x	278,17	213,92	221,08	140,75	102,33	16,92	14,17	14,50	28,08	47,42	145,17	255,25
	SD	130,61	190,91	178,04	172,30	118,34	30,71	25,49	49,34	73,92	71,14	249,33	290,94
	R5 bulanan	168,19	53,17	71,17	0,00	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,28
	R5 harian	5,43	1,72	2,30	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
<b>HASIL</b>	x	223,29	270,31	232,48	115,40	89,39	29,29	10,05	6,86	19,00	66,87	140,00	241,17
	SD	155,72	172,39	142,89	155,02	86,41	49,16	22,51	19,40	60,26	100,45	162,04	277,26
	R5 bulanan	99,74	125,16	113,00	0,00	19,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,03	10,61
	R5 harian	3,22	4,04	3,65	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,34

### 3.2 Analisa Pengukuran Erosi Sedimentasi di Lapangan

Rincian Perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### Sungai Kerawang

Panjang lereng	L	6330 m	6.33 km
Kemiringan lereng	S	0.56872 %	
Luas DAS	A	9.88 km <sup>2</sup>	988 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	76.45 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	= 2,21 Rb <sup>1,36</sup> = 0.067 ton.m/ha.ta	
LS		= L/100 x (1,36+0,965S+0,138S <sup>2</sup> ) = 86.43568	
Erosi potensial	E pot	= R x K x LS x A = 571.79 ton/tahun	
Erosi aktual	E akt	= E pot x CP = 171.54 ton/tahun	
SDR		= $\frac{S \times (1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ = 0.217	
Sedimen potensial	S pot	= E akt x SDR = 37.30 ton/tahun	
	γ sedimen	= 1.7 ton/m <sup>3</sup>	
Sedimen potensial	S pot	= $\frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ = 21.94 m <sup>3</sup> /tahun	

**Sungai Gatel**

Panjang lereng	L	24510 m	24.51 km
Kemiringan lereng	S	1.929825 %	
Luas DAS	A	29.9 km <sup>2</sup>	2990 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	76.87 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.067 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 337.913$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 6815.50 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 2044.65 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.178$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 363.91 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 214.07 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

**Sungai Baran**

Panjang lereng	L	26500 m	26.5 km
Kemiringan lereng	S	1.584906 %	
Luas DAS	A	21.75 km <sup>2</sup>	2175 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	65.2 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	= 2,21 Rb <sup>1,36</sup> = 0.054 ton.m/ha.ta	
LS		= L/100 x (1,36+0,965S+0,138S <sup>2</sup> ) = 364.4622	
Erosi potensial	E pot	= R x K x LS x A = 4274.45 ton/tahun	
Erosi aktual	E akt	= E pot x CP = 1282.34 ton/tahun	
SDR		= $\frac{S \times (1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ = 0.188	
Sedimen potensial	S pot	= E akt x SDR = 241.64 ton/tahun	
	γ sedimen	= 1.7 ton/m <sup>3</sup>	
Sedimen potensial	S pot	= $\frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ = 142.14 m <sup>3</sup> /tahun	

**Sungai Walikan**

Panjang lereng	L	32970 m	32.97 km
Kemiringan lereng	S	2.541705 %	
Luas DAS	A	46.9 km <sup>2</sup>	4690 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	87.3 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.080 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 456.5081$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 17170.90 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 5151.27 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.165$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 848.80 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 499.29 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

**Sungai Ares**

Panjang lereng	L	28140 m	28.14 km
Kemiringan lereng	S	2.32054 %	
Luas DAS	A	23.87 km <sup>2</sup>	2387 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	74.58 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.065 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 389.0264$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 6011.60 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 1803.48 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.187$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 337.28 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 198.40 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

**Sungai pusur**

Panjang lereng	L	38740 m	38.74 km
Kemiringan lereng	S	2.026329 %	
Luas DAS	A	59.1 km <sup>2</sup>	5910 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	47.71 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.035 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 534.4612$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 11137.94 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 3341.38 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.156$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 521.95 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 307.03 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

**Sungai Gedangan**

Panjang lereng	L	8350 m	8.35 km
Kemiringan lereng	S	0.083832 %	
Luas DAS	A	5.7 km <sup>2</sup>	570 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	70.8 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.060 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 113.6276$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 390.66 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 117.20 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.241$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 28.30 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 16.65 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

**Sungai Jebol**

Panjang lereng	L	44320 m	44.32 km
Kemiringan lereng	S	2.669224 %	
Luas DAS	A	130.8 km <sup>2</sup>	13080 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	42.31 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	= 2,21 Rb <sup>1,36</sup> = 0.030 ton.m/ha.ta	
LS		= L/100 x (1,36+0,965S+0,138S <sup>2</sup> ) = 614.2115	
Erosi potensial	E pot	= R x K x LS x A = 24059.16 ton/tahun	
Erosi aktual	E akt	= E pot x CP = 7217.75 ton/tahun	
SDR		= $\frac{S \times (1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ = 0.136	
Sedimen potensial	S pot	= E akt x SDR = 980.91 ton/tahun	
	γ sedimen	= 1.7 ton/m <sup>3</sup>	
Sedimen potensial	S pot	= $\frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ = 577.01 m <sup>3</sup> /tahun	

**Sungai Baki**

Panjang lereng	L	24750 m	24.75 km
Kemiringan lereng	S	0.945455 %	
Luas DAS	A	47.1 km <sup>2</sup>	4710 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	47.57 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	= 2,21 Rb <sup>1,36</sup> = 0.035 ton.m/ha.ta	
LS		= L/100 x (1,36+0,965S+0,138S <sup>2</sup> ) = 338.8612	
Erosi potensial	E pot	= R x K x LS x A = 5605.42 ton/tahun	
Erosi aktual	E akt	= E pot x CP = 1681.63 ton/tahun	
SDR		= $\frac{S \times (1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ = 0.160	
Sedimen potensial	S pot	= E akt x SDR = 269.41 ton/tahun	
	γ sedimen	= 1.7 ton/m <sup>3</sup>	
Sedimen potensial	S pot	= $\frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ = 158.48 m <sup>3</sup> /tahun	

**Sungai Premulung**

Panjang lereng	L	16780 m	16.78 km
Kemiringan lereng	S	0.2622169 %	
Luas DAS	A	36.2 km <sup>2</sup>	3620 ha
Curah hujan rata-rata	Rb	59.05 mm	
Koefisien manning	n	0.02	
Faktor erodibilitas tanah	K	0.1 ton/ha	
Faktor CP	CP	0.3	
Indek erosivitas hujan	R	$= 2,21 Rb^{1,36}$ $= 0.047 \text{ ton.m/ha.ta}$	
LS		$= L/100 \times (1,36+0,965S+0,138S^2)$ $= 228.63276$	
Erosi potensial	E pot	$= R \times K \times LS \times A$ $= 3900.30 \text{ ton/tahun}$	
Erosi aktual	E akt	$= E \text{ pot} \times CP$ $= 1170.09 \text{ ton/tahun}$	
SDR		$= \frac{S \times (1-0,8683A^{-0,2018})}{2 \times (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018}$ $= 0.167$	
Sedimen potensial	S pot	$= E \text{ akt} \times SDR$ $= 195.27 \text{ ton/tahun}$	
	$\gamma$ sedimen	$= 1.7 \text{ ton/m}^3$	
Sedimen potensial	S pot	$= \frac{S \text{ pot}}{1,7 \text{ ton/m}^3}$ $= 114.87 \text{ m}^3/\text{tahun}$	

#### 4. **KESIMPULAN**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Total Sedimen potensial Sungai bengawan Solo Hulu dan Hasil Penambahan dari beberapa Anak Sungai yang Masuk yaitu 3046,519 m<sup>3</sup>/tahun.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terima kasih saya ucapkan kepada pihak-pihak BBWS Bengawan Solo dan PT.Maxitech Indonesia.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurrosyid, Jaji. 2003. *Transpor Sedimen. (Buku Ajar)* Surakarta. UMS.
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ayu, I Gusti. 2012. *Prediksi Erosi dan Perencanaan Konservasi Tanah dan Air pada Daerah Aliran Sungai Saba.* E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika Vol. 1, No. 1, Juli 2012. Universitas Udayana.
- Efrodina, Msy. 2015. *Kajian Erosi Lahan Pada DAS Dawas Kabupaten Musi Banyuasin – Sumatera Selatan.* Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Sriwijaya. Vol. 3, No. 1, Maret 2015.
- Graf, W.H.. 1984. *Hydraulics of Sediment Transport.* 2nd Edition. Mc. Graw Hill. New York. USA.
- Haki, Helmi. 2013. *Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin.* Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan No. 1. Vol. 1. Desember 2013.
- Hoffmans, G.J.C.M. and Verheij. 1997. *Scour Manual.* A.A. Balkema. Rotterdam.
- Istiarto. 2004. *Transpor Sedimen. (Buku Ajar)* Yogyakarta. KMTS-UGM.
- Kironoto, B.A.. 1998. *Hidraulika Transpor Sedimen.* Program Studi TeknikSipil. Program Pasca Sarjana. UGM. Yogyakarta.
- Mardjikoen, P. 1987. *Angkutan Sedimen.* PAU-IT. UGM. Yogyakarta.