

**APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA
SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh:
SULUH ERIAWAN
NIM. 125060400111063**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN
APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA
SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:
SULUH ERIAWAN
NIM. 125060400111063

Skripsi ini telah direrivisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Mohammad Taufiq, MT.
NIP. 19590703 198903 1 003

Dr. Eng Riyanto Haribowo, ST., MT.
NIP. 19770424 200312 1 001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 19/UN10.F07.14.11/TU/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

SULUH ERIAWAN

Dengan Judul Skripsi :

APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI
BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 25 FEBRUARI 2019

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan

Dr. Very Dermawan, ST., MT
NIP. 19730217 199903 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
TEKNIK PENGAIRAN

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

CURRICULUM VITAE



I. DATA PRIBADI

1. NAMA : SULUH ERIAWAN
 2. TEMPAT DAN TANGGAL LAHIR : MALANG, 25 JANUARI 1994
 3. JENIS KELAMIN : PRIA
 4. AGAMA : ISLAM
 5. STATUS PERNIKAHAN : MENIKAH
 6. WARGA NEGARA : WNI
 7. ALAMAT KTP : JL BARENG TENES IV/605 RT 002/RW 002
 BARENG , KLOJEN
 8. ALAMAT SEKARANG : JL BARENG TENES IV/605 RT 002/RW 002
 BARENG , KLOJEN 9.
 9. NOMOR TELEPON / HP : 08113364115
 10. E-MAIL : ERIAWAN13@GMAIL.COM
 11. KODE POS : 65153

II. PENDIDIKAN FORMAL :

PERIODE (TAHUN)	SEKOLAH / INSTITUSI / UNIVERSITAS	JURUSAN	JENJANG PENDIDIKAN
2001 - 2006	SDN PURWANTORO 1		SD
2006 - 2009	SMPN 8 MALANG		SMP
2009 - 2011	SMK TELKOM MALANG		SMK
2012 - 2019	UNIVERSITAS BRAWIJAYA	TEKNIK PENGAIRAN	UNIVERSITAS

III. PENDIDIKAN NON FORMAL / TRAINING - SEMINAR

TAHUN	LEMBAGA / INSTANSI	KETERAMPILAN
2014	HIMPUNAN MAHASISWA PENGAIRAN	BIDANG KESENIAN MUSIK

IV. RIWAYAT PENGALAMAN KERJA

PERIODE	INSTANSI / PERUSAHAAN	POSISI
2014 - 2015	CV TIGA KARYA ABADI	SURVEYOR
2015 - 2017	PT MUTIMERA HARAPAN	STAFF

2017	-	2019	PRIMITIVE SOUND AND EQUIPMENT	STAFF
------	---	------	-------------------------------	-------

V. PENGUASAAN BAHASA

NO.	BAHASA	KEMAMPUAN			
		MEMBACA	MENULIS	BERBICARA	MENDENGAR
1	INGGRIS				
2	INDONESIA				
3	JAWA				

VI. LAIN-LAIN :

.....

.....

DEMIKIAN CV INI SAYA BUAT DENGAN SEBENARNYA.
 Malang, 9 April 2019

(Suluh Eriawan)



RINGKASAN

Suluh Eriawan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018. *Aplikasi Model AVSWAT 2000 untuk Analisa Sedimentasi dan Penentuan Lokasi Bangunan Pengendali Sedimen di DAS Logung*, Dosen Pembimbing : Ir. Mohammad Taufiq, MT. Dan Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST,MT.

Di Hulu DAS Logung akan dibangun Waduk Logung yang telah dimulai pada Desember 2014 yaitu di Kabupaten Kudus Provinsi Jawa Tengah. Dalam upaya melindungi dan menjaga kelestarian bangunan waduk Logung dilakukan analisa untuk memprediksi erosi dan sedimentasi pada DAS Logung, termasuk di dalamnya jenis tanah, tata guna lahan, dan kelerengan.

Analisa ini akan mengkaji besarnya limpasan, debit limpasan, erosi, dan sedimentasi di DAS Logung dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000. Parameter-parameter dari DAS Logung selama 10 tahun akan digunakan untuk menghitung hasil erosi dan sedimentasi pada DAS Logung. Hasil erosi setiap subdas dapat digunakan untuk menganalisa besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) pada setiap subdas. Hasil dari besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) akan digunakan sebagai letak penentuan bangunan pengendali sedimen.

Hasil perhitungan menggunakan AVSWAT 2000 mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 didapatkan nilai laju erosi rata-rata pada DAS Logung adalah sebesar 310,59 ton/ha/th dan hasil sedimen rata-rata sebesar 412,1 ton/ha/th. Lokasi bangunan pengendali sedimen yang terbesar volume tampungannya berada pada *check dam 66* berada pada *outlet* subdas 45 dengan nilai IBE sangat tinggi, dengan volume tampungan *check dam 66* adalah sebesar 2756,25 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 261,63 sehingga diharapkan tampungan sedimen pada *check dam 66* akan terisi penuh dalam waktu 10,5 tahun.

Kata Kunci : AVSWAT 2000, DAS Logung, erosi, sedimentasi, *check dam*

SUMMARY

Suluh Eriawan, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2018. Application of AVSWAT 2000 model for Erosion Analysis and Determination of Sediment Control Building in Logung Watershed, Supervisor: Ir. Mohammad Taufiq, MT. And Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST, MT.

In the Upper Logung Watershed, the Logung Reservoir, which began in December 2014, is in Kudus Regency, Central Java Province. In an effort to protect and preserve the Logung reservoir building analysis is carried out to predict erosion and sedimentation in the Logung watershed. soil type, land use, and slope.

This analysis will assess runoff, runoff, erosion and sedimentation in the Logung watershed using the AVSWAT model application (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000 The parameters of the Logung watershed for 10 years will be used to calculate erosion and sedimentation results in Logung Watershed. The erosion results of each subdas can be used to analyze the Erosion Hazard Index (IBE) in each subdas. The results of the magnitude of the Erosion Hazard Index (IBE) will be used as a location for determining sediment control buildings.

The calculation results using AVSWAT 2000 from 2006 to 2015 found that the average erosion rate in the Logung watershed was 310.59 tons / ha / yr and the sediment yield averaged 412.1 tons / ha / yr. The location of the largest sediment control building is at checkpoint 66 and at the subdas 45 outlet with a very high IBE value, with a check reservoir 66 volume of 2756.25 m³ expected to control the potential for normal sedimentation volume of 261.63 so that the reservoir is expected the sediment at check 66 will be fully filled within 10.5 years.

Keywords: AVSWAT 2000, Logung watershed, erosion, sedimentation, check dam

APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG

Suluh Eriawan¹, Mohammad Taufiq², Riyanto Haribowo²

¹Mahasiswa Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
e-mail : eriawan13@gmail.com

ABSTRAK : Di Hulu DAS Logung akan Waduk Logung yang telah dimulai pada Desember 2014 yaitu di Kabupaten Kudus Provinsi Jawa Tengah. Dalam upaya melindungi dan menjaga kelestarian bangunan waduk Logung dilakukan analisa untuk memprediksi erosi dan sedimentasi pada DAS Logung, termasuk di dalamnya jenis tanah, tata guna lahan, dan kelerengan. Analisa ini akan mengkaji besarnya limpasan, debit limpasan, erosi, dan sedimentasi di DAS Logung dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000. Parameter-parameter dari DAS Logung selama 10 tahun akan digunakan untuk menghitung hasil erosi dan sedimentasi pada DAS Logung. Hasil erosi setiap subdas dapat digunakan untuk menganalisa besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) pada setiap subdas. Hasil dari besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) akan digunakan sebagai letak penentuan bangunan pengendali sedimen. Hasil perhitungan menggunakan AVSWAT 2000 mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 didapatkan nilai laju erosi rata-rata pada DAS Logung adalah sebesar 310,59 ton/ha/th dan hasil sedimen rata-rata sebesar 412,1 ton/ha/th. Lokasi bangunan pengendali sedimen yang terbesar volume tampungannya berada pada check dam 66 berada pada outlet subdas 45 dengan nilai IBE sangat tinggi, dengan volume tampungan check dam 66 adalah sebesar 2756,25 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 261,63 sehingga diharapkan tampungan sedimen pada check dam 66 akan terisi penuh dalam waktu 10,5 tahun.

Kata Kunci : AVSWAT 2000, DAS Logung, erosi, sedimentasi, check dam

ABSTRACT : *In the Upper Logung Watershed, the Logung Reservoir, which began in December 2014, is in Kudus Regency, Central Java Province.. In an effort to protect and preserve the Logung reservoir building analysis is carried out to predict erosion and sedimentation in the Logung watershed. soil type, land use, and slope. This analysis will assess runoff, runoff, erosion and sedimentation in the Logung watershed using the AVSWAT model application (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000. The parameters of the Logung watershed for 10 years will be used to calculate erosion and sedimentation results in Logung Watershed. The erosion results of each subdas can be used to analyze the Erosion Hazard Index (IBE) in each subdas. The results of the magnitude of the Erosion Hazard Index (IBE) will be used as a location for determining sediment control buildings. The calculation results using AVSWAT 2000 from 2006 to 2015 found that the average erosion rate in the Logung watershed was 310.59 tons / ha / yr and the sediment yield averaged 412.1 tons / ha / yr. The location of the largest sediment control building is at checkpoint 66 and at the subdas 45 outlet with a very high IBE value, with a check reservoir 66 volume of 2756.25 m³ expected to control the potential for normal sedimentation volume of 261.63 so that the reservoir is expected the sediment at check 66 will be fully filled within 10.5 years.*

Keywords: AVSWAT 2000, Logung watershed, erosion, sedimentation, check dam

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data Hujan

Pengaruh hujan terhadap kualitas air pada DAS dapat bersifat langsung dan tidak langsung. Pengaruh langsung adalah melalui tenaga kinetis air hujan, dan pengaruh tidak langsung ditentukan melalui pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetasi. Sedangkan parameter iklim yang dikumpulkan dalam studi ini menggunakan pengaruh iklim yang bersifat langsung yaitu hujan.

Data hujan dibutuhkan dalam program AVSWAT 2000 untuk memperoleh nilai presipitasi, evaporasi, transpirasi, aliran permukaan, aliran lateral, aliran sungai, dan sebagainya yang berhubungan dengan air dalam pemodelan siklus hidrologi. Data hujan juga dibutuhkan sebagai referensi awal pembangkitan data hujan yang digunakan dalam periode simulasi model.

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di daerah Kudus. Pada wilayah studi terdapat ketersediaan data hujan yang berpengaruh terhadap lokasi studi yaitu DAS Waduk Logung, yakni Sta. Rehtawu, Sta. Tanjungrejo, Sta. Gembong, dengan jangka waktu 10 tahun yakni antara tahun 2006 – 2015

Ketiga stasiun itu adalah :

1. Tanjungrejo ± 19
2. Rehtawu ± 789
3. Gembong ± 260

4.1.1. *Normal Ratio Method*

Data hujan yang digunakan dalam studi ini pada stasiun hujan Rehtawu tahun 2008 tidak ditemukan, maka perlu dibangkitkan datanya. Linsley, Kohler dan Pulhus (1958) menyarankan satu metode yang disebut "*Normal Ratio Method*" sebagai berikut :

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d \frac{A_n}{A_i} \dots\dots\dots(2- 56)$$

Dengan :

- D_x = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun x
 n = jumlah stasiun di sekitar x untuk mencari data x

d_i = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun i

An_x = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun x

An_i = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar x

Tabel 4. 1 Mencari data hujan pada stasiun Rehtawu tahun 2008

Tahun	Stasiun		
	rehtawu	Gembong	Tanjungrejo
2008	???	1412	2248
2009	3772	1328	1897
2010	4568	934	2270
2011	4176	1879	2702
2012	2459	1200	1727
2013	3875	2270	3312
2014	4053	2325	2577
2015	3582	1352	1823
TOTAL	26,485	11,288	16,308

Sumber : Hasil pengolahan data

Pada tabel diatas terlihat bahwa rata-rata hujan di stasiun rehtawu pada tahun 2008 tidak diketahui maka akan dicari dengan menggunakan perhitungan *normal ratio*. Dengan perhitungan *normal ratio* didapatkan

$$n = 2$$

$$D_x = 3481$$

Jadi data hujan tahunan pada tahun 2008 sebesar 3481

4.1.2. Uji Konsistensi

Data-data hujan harian tiap-tiap stasiun selama 10 tahun terlebih dahulu diuji kekonsistenan datanya dengan analisa kurva massa ganda seperti yang dijelaskan dalam bab kajian pustaka. Uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari stasiun yang diamati dengan stasiun sekitarnya. Adapun stasiun pengamatan hujan yang digunakan untuk mengambil data hujan dari DAS Logung meliputi 3 stasiun hujan. Sebaran lokasi dan pengaruh masing-masing stasiun hujan dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 2 Lokasi Stasiun Hujan di DAS Logung

Nama Pos	Koordinat		Elevasi (m dpl)
	XPR	YPR	
Tanjungrejo	487599.6	751026.9	19
Rahwatu	486490.2	733278.5	789
Gembong	492939.1	741169	260

Sumber : BBWS Pemali Juana

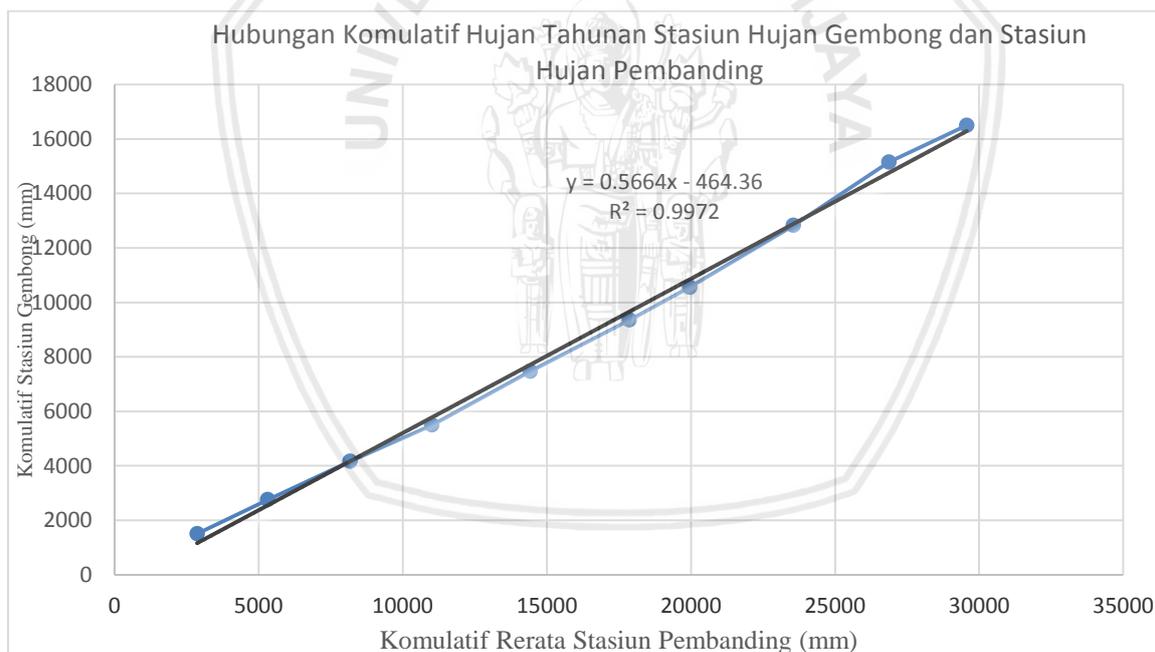
Hasil pengujian data hujan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dalam Tabel 4.2 - 4.4 dan Gambar 4.5 - 4.7. Dari grafik-grafik uji konsistensi data hujan tidak ditemukan data yang terlalu menyimpang sehingga data hujan dianggap konsisten dan

dapat digunakan untuk perhitungan limpasan permukaan, aliran lateral, kandungan air tanah, dan debit air di saluran utama dalam model AVSWAT 2000

Tabel 4. 3 Uji Konsistensi Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan Gembong

Tahun	Curah Hujan Stasiun Gembong (mm)	Komulatif Stasiun Gembong (mm)	CH. Stasiun Lain (mm)		Rerata (mm)	Komulatif Rerata (mm)
			Rehtawu (mm)	Tanjungrejo (mm)		
2006	1506	1506	3545	2190	2867.5	2867.5
2007	1249	2755	3000	1891	2445.5	5313
2008	1412	4167	3481	2248	2864.5	8177.5
2009	1328	5495	3772	1897	2834.5	11012
2010	1979	7474	4568	2270	3419	14431
2011	1879	9353	4176	2702	3439	17870
2012	1200	10553	2459	1727	2093	19963
2013	2270	12823	3875	3312	3593.5	23556.5
2014	2325	15148	4053	2577	3315	26871.5
2015	1352	16500	3582	1823	2702.5	29574

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 1 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Gembong

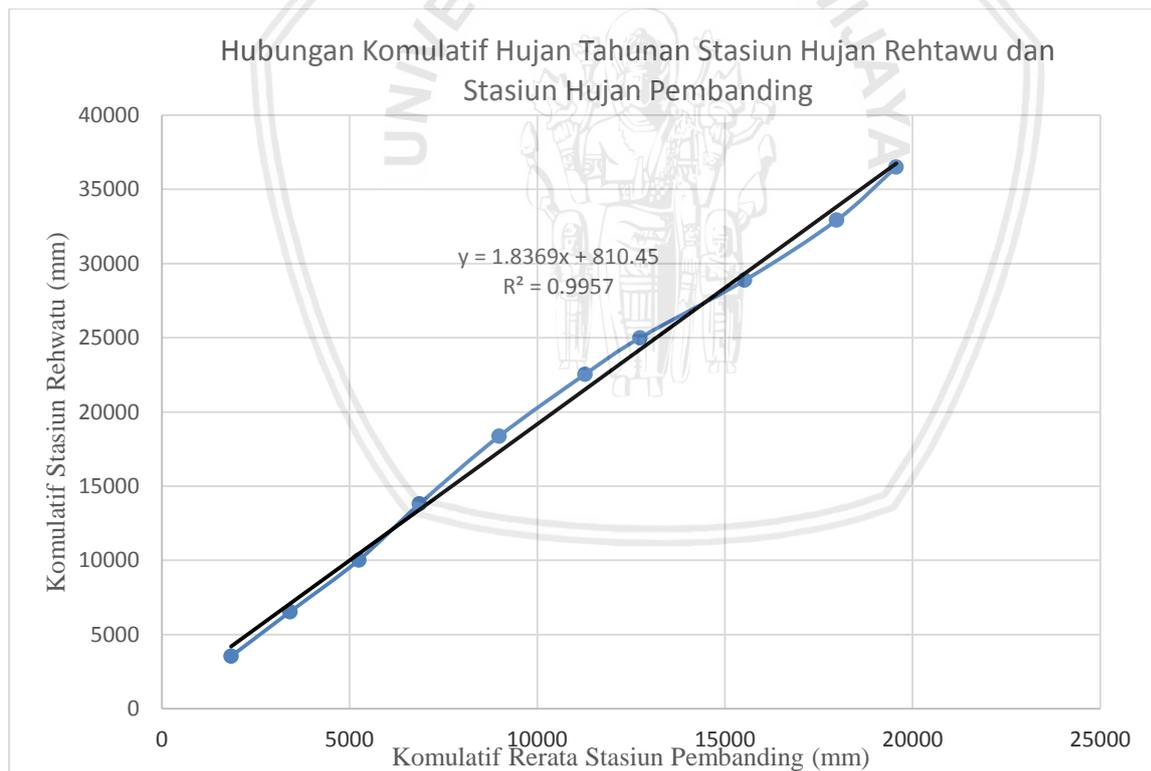
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun gembong dapat digunakan karena sebaran datanya yang konsisten.

Tabel 4. 4 Uji Konsistensi Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan Rehtawu

Tahun	Curah Hujan Stasiun Rehtawu (mm)	Komulatif Stasiun Rehtawu (mm)	CH. Stasiun Lain (mm)		Rerata (mm)	Komulatif Rerata (mm)
			Gembong (mm)	Tanjungrejo (mm)		
2006	3545	3545	1506	2190	1848	1848
2007	3000	6545	1249	1891	1570	3418
2008	3481	10026	1412	2248	1830	5248
2009	3772	13798	1328	1897	1612.5	6860.5
2010	4568	18366	1979	2270	2124.5	8985
2011	4176	22542	1879	2702	2290.5	11275.5
2012	2459	25001	1200	1727	1463.5	12739
2013	3875	28876	2270	3312	2791	15530
2014	4053	32929	2325	2577	2451	17981
2015	3582	36511	1352	1823	1587.5	19568.5

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 2 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Rehtawu

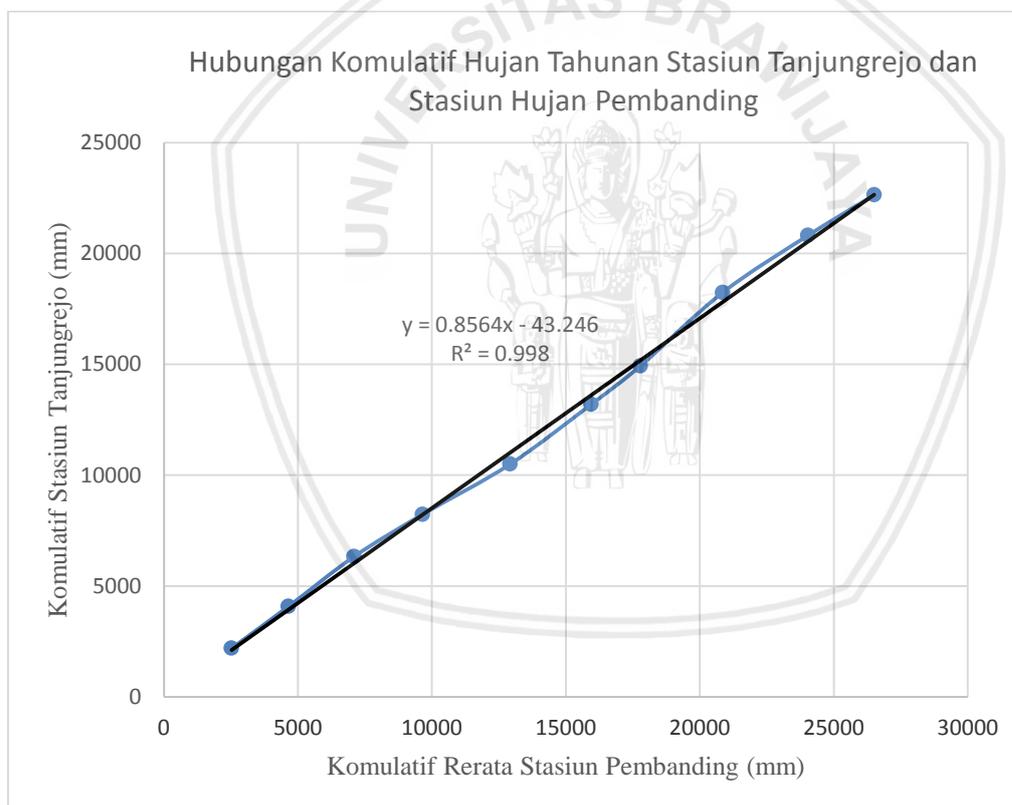
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun rehtawu dapat digunakan karena sebaran datanya yang konsisten.

Tabel 4. 5 Uji Konsistensi Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan Tanjungrejo

Tahun	Curah Hujan	Komulatif	CH. Stasiun		Rerata	Komulatif Rerata
	Stasiun Tanjungrejo (mm)	Stasiun Tanjungrejo (mm)	Pembanding Gembong (mm)	Pembanding Rehtawu (mm)		
2006	2190	2190	1506	3545	2525.5	2525.5
2007	1891	4081	1249	3000	2124.5	4650
2008	2248	6329	1412	3481	2446.5	7096.5
2009	1897	8226	1328	3772	2550	9646.5
2010	2270	10496	1979	4568	3273.5	12920
2011	2702	13198	1879	4176	3027.5	15947.5
2012	1727	14925	1200	2459	1829.5	17777
2013	3312	18237	2270	3875	3072.5	20849.5
2014	2577	20814	2325	4053	3189	24038.5
2015	1823	22637	1352	3582	2467	26505.5

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 3 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Hujan Tanjungrejo

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun Tanjungrejo dapat digunakan karena sebaran datanya yang konsisten.

4.1.3. Pengolahan Data Hujan untuk Input Data AVSWAT 2000

Input data hujan dalam AVSWAT 2000 digunakan untuk memperoleh nilai-nilai statistik presipitasi, standart deviasi dan kepengcengan, probabilitas, dan curah hujan maksimum.

Untuk maksud diatas, terlebih dahulu data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 10 tahun seperti dijelaskan pada gambar 4.4 Setelah pengelompokan curah hujan harian menurut bulan selesai, dilakukan perhitungan-perhitungan statistik pada data hujan untuk mendapatkan :

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepengcengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)
7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

DATA CURAH HUJAN HARIAN DAS LOGUNG

Peta No :
 Koordinat : XPR = 487599.6 YPR = 751026.9
 Nama stasiun : Tanjungrejo
 Elevasi : 19 Tahun : 2001

Tangga	Jan	Feb	Mar	Apr	→
1	0	0	0	0	→
2	35	0	0	0	→
3	0	0	0	11	→
4	0	0	24	0	→

DATA CURAH HUJAN HARIAN DAS LOGUNG

Peta No :
 Koordinat : XPR = 487599.6 YPR = 751026.9
 Nama Stasiun : Tanjungrejo
 Elevasi : 19 Tahun: 2002

Tangg	Jan	Feb	Mar	Apr	→
1	2	0	2	42	→
2	21	2	0	0	→
3	54	0	52	82	→
4	69	74	10	0	→

DATA CURAH HUJAN BULANAN

Peta No :
 Koordinat : XPR = 487599.6 YPR = 751026.9
 Nama Stasiun : Tanjungrejo
 Elevasi : 19 Bulan : Januari

Tangg	2001	2002	2003	2004	→
1	0	5	21	0	→
2	0	6	28	0	→
3	0	0	3	0	→
4	25	0	5	0	→

DATA CURAH HUJAN BULANAN

Peta No :
 Koordinat : XPR = 487599.6 YPR = 751026.9
 Nama Stasiun : Tanjungrejo
 Elevasi : 19 Bulan : Februari

Tangg	2001	2002	2003	2004	→
1	0	0	8	0	→
2	0	0	1	0	→
3	0	0	45	0	→
4	0	35	0	35	→

Gambar 4. 4 Contoh pengelompokan data hujan.

Pada gambar 4.4 adalah contoh pengelompokan data hujan dari ketiga stasiun yang dikelompokkan setiap hari selama 10 tahun.

4.2. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

4.2.1. Kondisi Sebaran Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Kondisi sebaran tata guna lahan dan jenis tanah di wilayah DAS Logung disajikan dalam tabel dan gambar berikut ini :

Tabel 4. 6 Sebaran Tata Guna Lahan DAS Logung Menurut Hasil Analisa

No	Tata Guna Lahan	Luas		% Luas
		Km ²	ha	
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.02	2	0.05
2	Hutan Tanaman	4.81	481	10.03
3	Pemukiman	3.28	328	6.84
4	Pertanian Lahan Kering	3.36	336	7.01
5	Pertanian Lahan Kering Campur	36.26	3626	75.6
6	Sawah	0.23	23	0.47

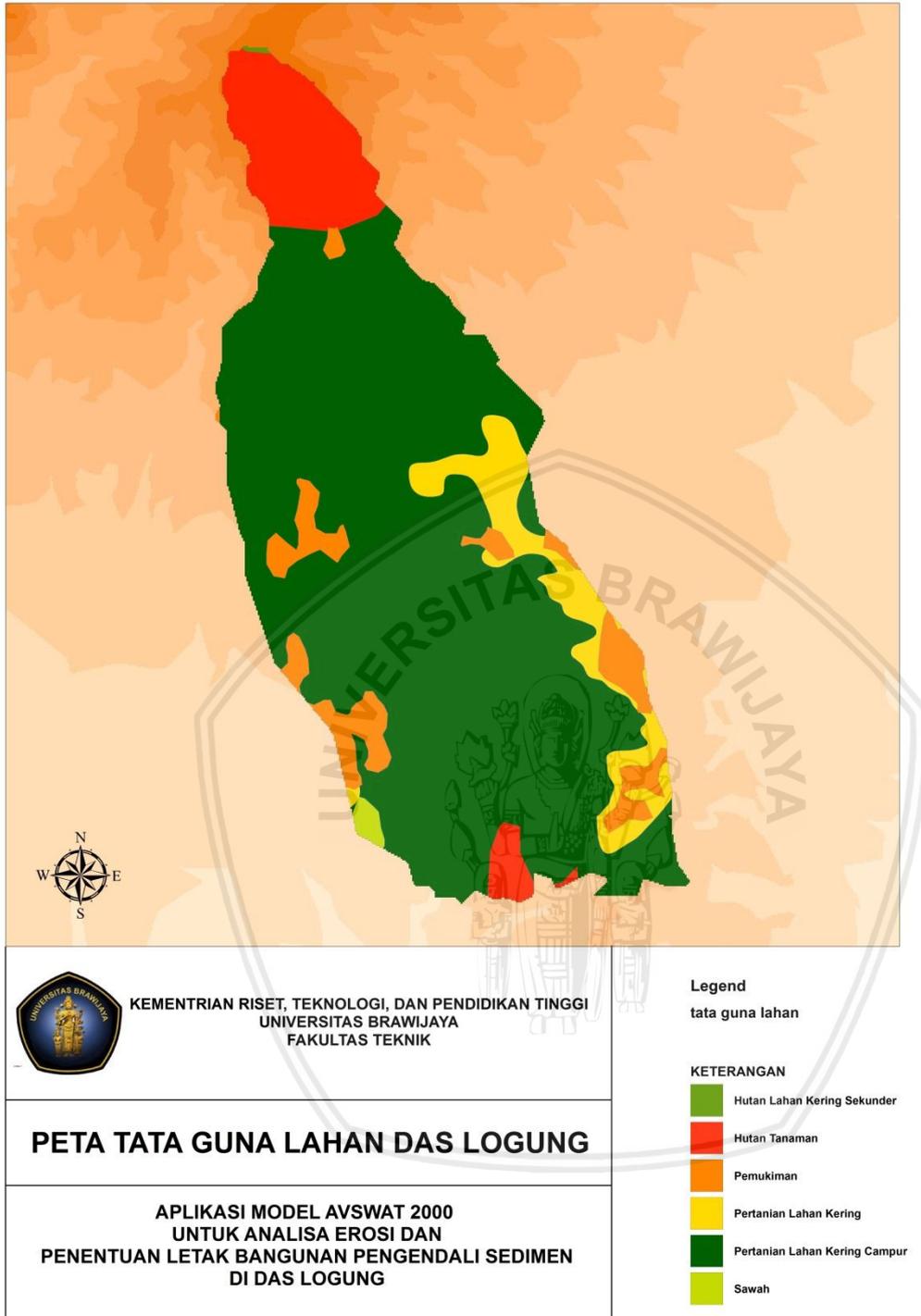
Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Tabel 4. 7 Sebaran Jenis Tanah DAS Logung

No	Jenis Tanah	Luas		% Luas
		Km ²	ha	
1	Latosol	8.335	833.5	16.67
2	Podsolik	21.36	2136	42.72
3	Aluvial	20.3	2030	40.60

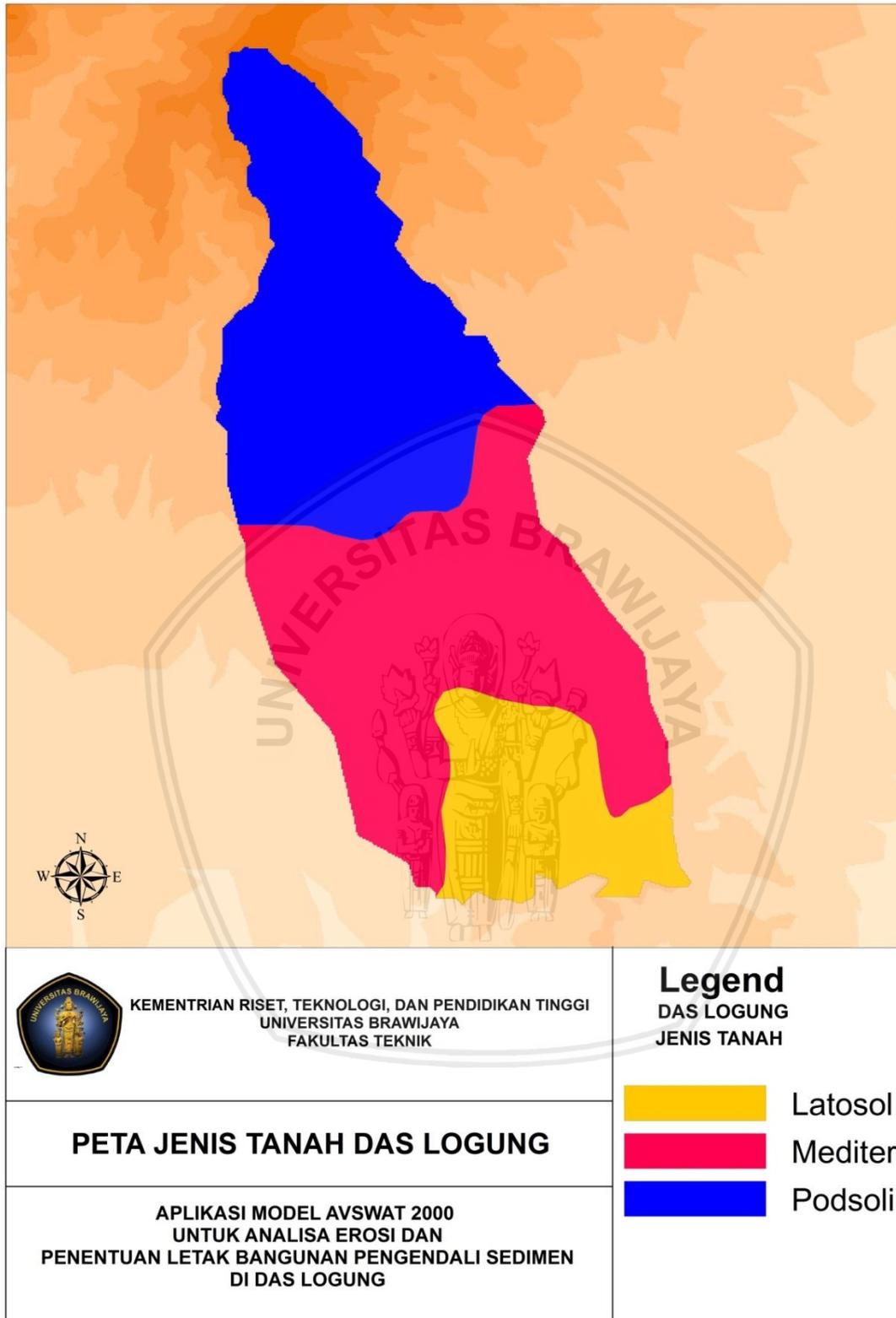
Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Dari hasil analisa spasial AVSWAT dapat terlihat bahwa sebaran jenis tanah pada DAS Logung di dominasi oleh jenis tanah Podsolik dan Aluvial sebesar 42,72 % dan 40,60% sedangkan tanah jenis Latosol hanya sebesar 16,67% dari total luas DAS Logung.



Gambar 4. 5 Peta Sebaran Tata Guna Lahan DAS Logung
Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Dari hasil simulasi dengan menggunakan program avswat didapatkan sebaran tata guna lahan pad DAS Logung seperti pada gambar 4.5 dengan keterangan pada tabel 4.6



Gambar 4. 6 Peta Sebaran Jenis Tanah DAS Logung
Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Dari hasil simulasi dengan menggunakan program avswat didapatkan sebaran tata guna lahan pad DAS Logung seperti pada gambar 4.6 dengan keterangan pada tabel 4.7.

4.2.2. Pengolahan Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Program pemodelan siklus hidrologi seperti *AVSWAT 2000* membutuhkan informasi mengenai data-data penutup lahan dan jenis tanah untuk mengenal unit lahan yang berparameter hidrologi yang akan dimodelkan. Dalam hal ini *AVSWAT 2000* mempunyai *tools* yang disebut *landuse and soil definition*.

Peta tata guna lahan dan peta tanah akan di *overlay* untuk menentukan unit lahan apa saja yang terkandung dalam suatu sub DAS. Peta tata guna lahan dan peta jenis tanah harus memiliki proyeksi gambar peta yang sama dengan peta DEM, karena jika tidak program tidak akan mengenalinya. Format peta bisa dalam bentuk *shape* atau *grid*. Jika format peta dalam bentuk *shape* maka program akan mengkonversi peta ke dalam bentuk *grid*.

Pembuatan data dalam file (*.dbf) juga diperlukan sebagai tambahan untuk mendeskripsikan penutup lahan dan jenis tanah. Format tabel disusun seperti format yang diminta program agar program dapat berjalan dengan sempurna.

Tabel 4. 8. Contoh Data (*.dbf) Peta Tata Guna Lahan

Value	Landuse
3	HLKS
5	HTTN
6	PMKM
8	PTLK
9	PLKC
10	SAWH

Sumber : Pengolahan data

Keterangan :

HLKS	= Hutan Lahan Kering Sekunder
PTLK	= Pertanian Lahan Kering
HTTN	= Hutan Tanaman
PLKC	= Pertanian Lahan Kering Campur
PMKM	= Pemukiman
SAWH	= Sawah

Tabel 4. 9 Contoh Data (*.dbf) Peta Jenis Tanah

VALUE	NAME
0	KOSONG
1	Oxisol
2	Podsolik Merah Kunin
3	Air

Lanjutan Tabel 4. 9 Contoh Data (*dbf) Peta Jenis Tanah

VALUE	NAME
4	Grumusol
5	Latosol
6	Litosol
7	Mediterran
8	Podsolik Coklat
9	Regosol
10	Renzina
11	Tanah Aluvial

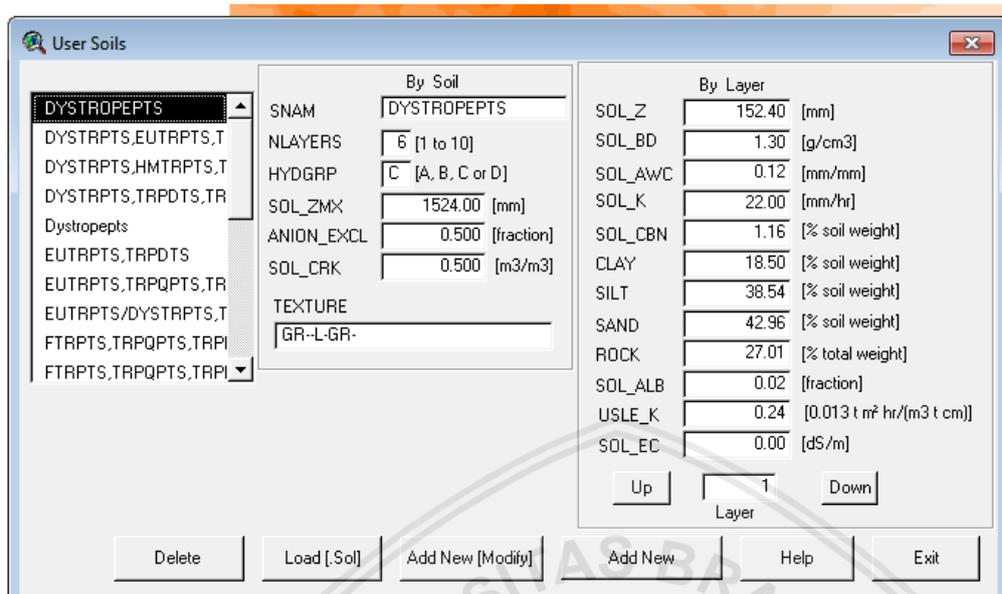
Sumber : Pengolahan data

Pembuatan database juga dibutuhkan agar program dapat mengenali data-data yang dibuat secara manual. Data tata guna lahan dapat dimasukkan lewat *land cover/plant growth database* atau kedalam file *avswatdb -crop-*, dan data tanah dimasukkan lewat *usersoils database*. Pembuatan database ini ditujukan agar program dapat mengenali data data yang dibuat secara manual, dapat dilihat dari gambar4.7

Gambar 4. 7 Land cover/plant growth database.

Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Sedangkan untuk jenis tanah, pembuatan database dimasukkan lewat *usersoils database* dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 *Usersoils database*.

Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

4.3 Pengolahan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

HRU adalah unit satuan lahan yang mendeskripsikan peta penutup lahan atau jenis tanah yang ada pada suatu sub DAS. Didalam program AVSWAT 2000, terdapat suatu *tool* yaitu *HRU distribution* yang berfungsi untuk menjelaskan luasan distribusi penutup lahan atau jenis tanah apa saja yang ada dalam suatu sub DAS yang akan dimodelkan. Terdapat dua pilihan dalam tool ini, yang pertama adalah *dominant land use and soil* dan pilihan kedua adalah *mutiple hydrologic respnose unit*.

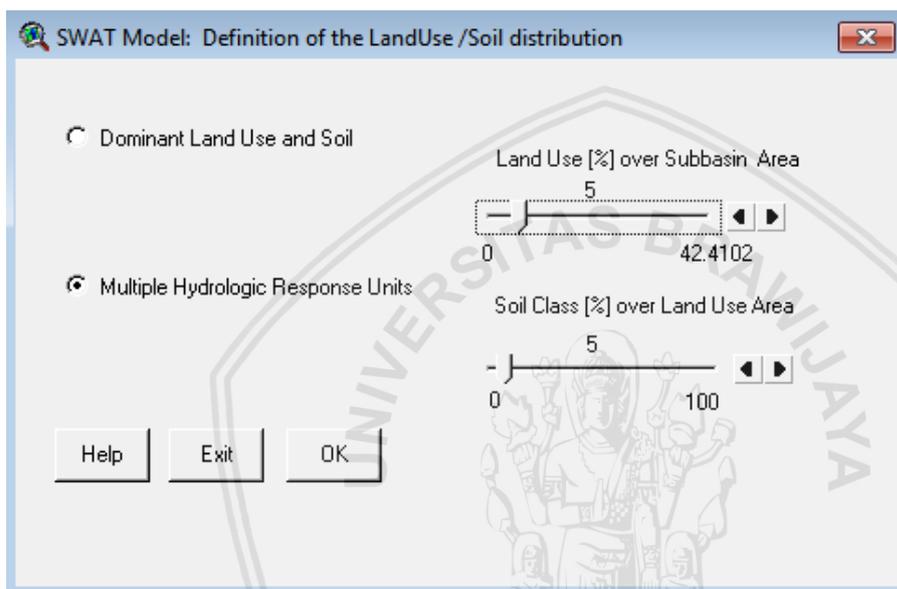
Pilihan pertama, *dominant land use and soil*, program akan mengenali HRU yang dominan yang ada dalam suatu sub DAS. Contoh, apabila suatu sub DAS mengandung :

- Hutan Lahan Kering Sekunder 0.05%
- Hutan Tanaman 10.03%
- Pemukiman 6.84%
- Pertanian Lahan Kering 7.01%
- Pertanian Lahan Kering Campur 75.6 %
- Sawah 0.47%

Program akan mengambil areal penutup lahan/tata guna lahan yang paling dominan saja yang akan dimodelkan, yakni jenis penutup lahan Hutan Tanaman (10.03%) dan jenis Pertanian Lahan Kering Campur (75.6 %).

Pilihan kedua *mutiple hydrologic respnose unit*, program akan mengenali semua HRU yang ada pada suatu sub DAS tergantung pada prosentase cakupan luasan yang diberikan. Terdapat dua prosentase cakupan luasan yang ditawarkan program, yaitu : *land use (%) over sub basin area* dan *soil class (%) over land use area*.

Studi ini menggunakan pilihan yang kedua yaitu *mutiple hydrologic respnose unit* dengan prosentase *land use (%) over sub basin area* sebesar 5 % dan *soil class (%) over land use area* sebesar 5%.



Gambar 4. 9 HRU Distribution (multiple).

Sumber : Hasil Analisa Spasial AVSWAT

Program ini akan menghitung seluruh areal tata guna lahan dan jenis tanah dari keseluruhan peta tata guna lahan dan peta jenis tanah.

4.4 Pengolahan Data Stasiun Cuaca

Program AVSWAT 2000 membutuhkan informasi tentang hujan harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi sinar matahari yang terdapat pada setiap stasiun cuaca. Data data ini dimasukkan melalui menu *input* sub menu *weather station* pada tampilan *SWAT View*.

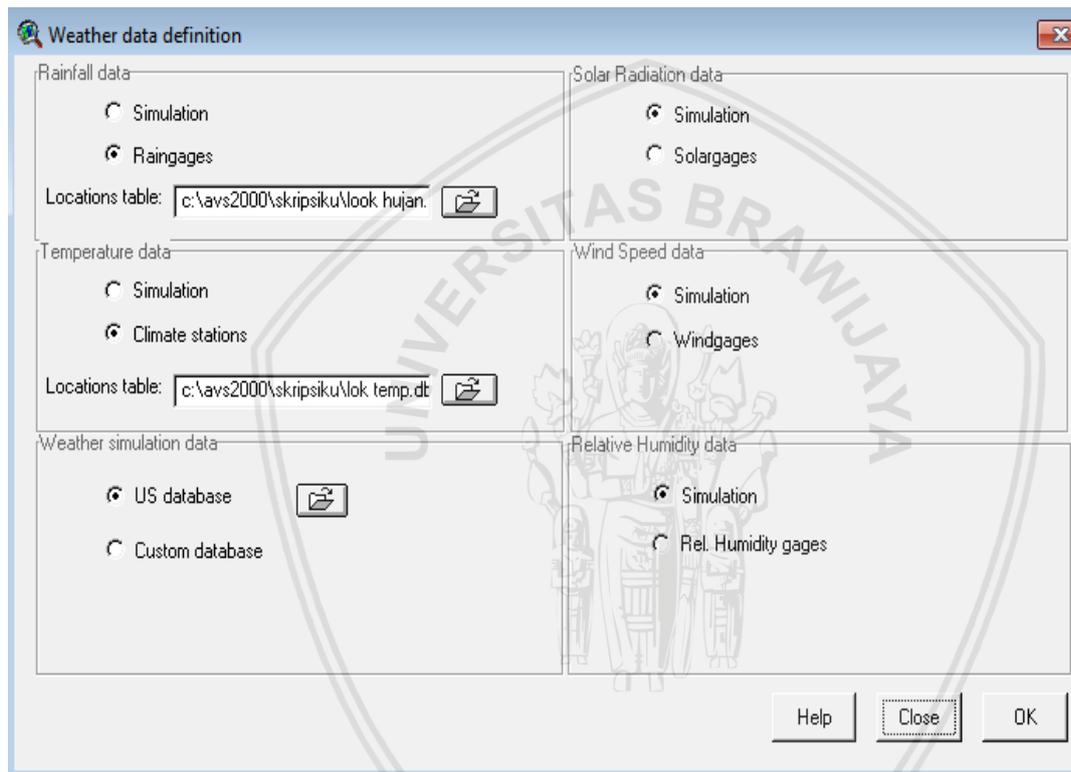
Data hujan harian dimasukkan lewat perintah *raingages*, data temperatur udara lewat perintah *climate stations*, data simulasi cuaca lewat *weather simulation*. Untuk data kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin tidak dimasukkan, dikarenakan ketersediaan data kurang lengkap. Namun demikian program AVSWAT 2000 mampu membangkitkan ketiga data tersebut mengacu pada data hujan yang ada. Tampilan *input weather station* akan dipparkan pada Gambar 4.20.

Data-data yang dimasukkan disusun menurut format yang diminta program dalam file (*.dbf).

Tabel 4. 10 Contoh format data lokasi stasiun hujan harian

Nama Pos	Koordinat		Elevasi (m dpl)
	XPR	YPR	
Tanjungrejo	487599.6	751026.9	19
Rahwatu	486490.2	733278.5	789
Gombong	492939.1	741169	260

Sumber : BBWS Pemali Juana



Gambar 4. 10 Input wether station.

Sumber : Analisa Spasial AVSWAT

Pada kolom *Rainfall data* data yang di masukkan adalah data dari stasiun hujan yang telah didapatkan, sedangkan pada kolom *Temperature data* data yang dimasukkan adalah data iklim. Contoh tabel data hujan dan data temperatur dapat dilihat pada tabel 4.11 dan tabel 4.12

Tabel 4. 11 Contoh Format Data Hujan Harian Stasiun Gombang

date	pcp
1/1/2008	0
1/2/2008	0
1/3/2008	0
1/4/2008	44
1/5/2008	5
1/6/2008	0
1/7/2008	34
1/8/2008	15
1/9/2008	0
1/10/2008	3

Sumber : BBWS Pemali Juana

Tabel 4. 12 Contoh Format Data Lokasi Stasiun Temperatur Harian

ID	NAME	XPR	YPR	ELEVATION
1	GMBT	492961.13607	9258810.32484	259.65

Sumber : BBWS Pemali Juana

Tabel 4. 13 Contoh Format Data Temperatur Harian

Date	Max	Min
5/1/2006	27,3	19,7
5/2/2006	27,3	19,7
5/3/2006	27,3	19,7
5/4/2006	27,3	19,7
5/5/2006	27,3	19,7
5/6/2006	27,3	19,7
5/7/2006	27,3	19,7
5/8/2006	27,3	19,7
5/9/2006	27,3	19,7

Sumber : BBWS Pemali Juana dan Hasil Perhitungan

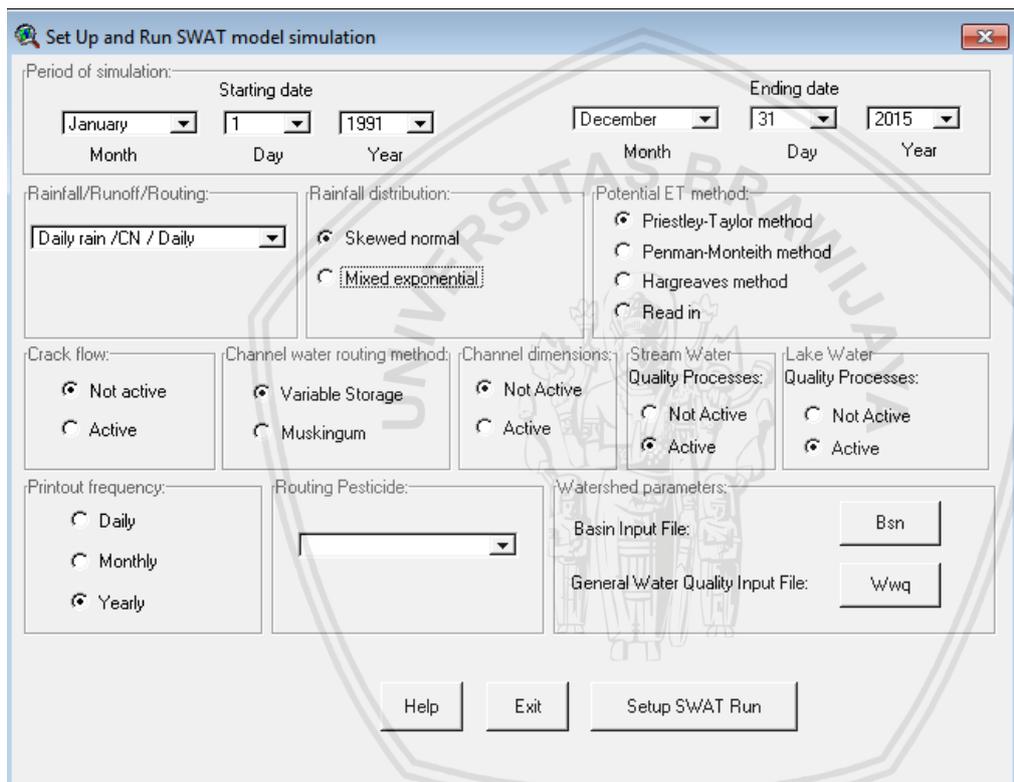
4.5 Running Simulation

Simulasi ini dimaksudkan untuk menduga berapa nilai erosi dan sedimen dari lahan pertanian dengan periode simulasi dimulai pada tanggal 1 Januari 2006 hingga 31 Desember 2015, dan selanjutnya akan digunakan untuk studi Rencana Konservasi Tanah Desa (RKTD). Setelah semua data-data masukan selesai dimasukkan, langkah selanjutnya adalah mencoba simulasi model dengan perintah *RunSWAT* pada *menu simulation* dalam tampilan *SWATview*.

Set Up and Run SWAT model simulation :

1. *Period of simulation* : 1 Januari 2006 – 31 Desember 2015
2. *Rainfall/Runoff/Routing* : *Daily rain/CN/Daily*
3. *Rainfall distribution* : *Skewed normal*

- | | |
|--|---------------------------------|
| 4. <i>Potential ET method</i> | : <i>Penman-Monteith method</i> |
| 5. <i>Crack flow</i> | : <i>Active</i> |
| 6. <i>Channel water routing method</i> | : <i>Muskingum</i> |
| 7. <i>Channel dimensions</i> | : <i>Active</i> |
| 8. <i>Stream water quality processes</i> | : <i>Active</i> |
| 9. <i>Lake water quality processes</i> | : <i>Active</i> |
| 10. <i>Printout frequency</i> | : <i>Yearly</i> |
| 11. <i>Routing Pesticide</i> | : - |



Gambar 4. 11 *Set Up Running* SWAT periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2015.
Sumber : Analisa Spasial AVSWAT

4.6 Hasil Simulasi

Analisis besarnya erosi dan sedimentasi pada DAS Logung dilakukan dengan bantuan AVSWAT 2000 menggunakan dua data peta tata guna lahan, yaitu peta tata guna lahan . Dari hasil simulasi yang dilakukan pada periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2015 maka didapatkan besarnya erosi dan sedimen yang berubah-ubah tiap tahunnya sesuai dengan besarnya hujan yang terjadi.

4.6.1 Rata Rata erosi

Tabel berikut adalah hasil dari pengolahan (*tablesout*) dari *running program Swat HRU Output File (*.SBS)* yang menghasilkan rata-rata nilai erosi selama periode tertentu (USLE)

Tabel 4. 14 Rata Rata Erosi Tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
1	130.13	0.00	0.00	19.09	123.25	19.37	4.67	0.64	293.97	66.22	8.92	53.61
2	72.00	0.00	0.00	15.43	102.28	17.73	4.20	0.58	265.48	60.47	8.09	47.43
3	64.69	13.65	24.71	47.67	25.51	10.86	28.69	8.35	47.27	55.02	12.88	27.46
4	191.25	0.00	0.00	21.54	116.04	146.62	119.11	20.27	230.61	298.08	145.36	109.76
5	74.38	160.16	236.41	378.32	396.49	124.67	299.74	97.52	499.33	566.30	170.48	292.94
6	41.13	173.19	255.61	409.04	396.62	134.77	323.86	105.46	539.99	612.50	184.37	313.54
7	9.13	128.18	190.60	303.78	246.74	100.28	242.00	78.58	402.02	464.41	132.12	228.87
8	46.19	131.55	194.86	311.36	309.28	102.69	247.43	80.26	411.75	470.79	140.87	240.08
9	100.75	406.31	498.58	771.51	738.27	237.41	730.79	255.17	1075.11	1422.04	301.84	643.70
10	89.00	200.50	323.79	561.60	459.01	156.00	345.53	129.90	677.97	846.71	203.66	390.47
11	215.31	375.36	265.63	508.64	749.64	145.77	307.52	96.84	930.80	785.29	219.34	438.48
12	63.00	182.60	269.05	430.48	440.59	141.56	339.83	110.80	554.82	586.15	182.47	323.83
13	76.94	486.47	703.20	1135.80	801.81	317.74	908.16	253.11	1359.68	1681.26	422.43	806.97
14	105.25	367.92	577.95	875.70	724.62	258.81	694.63	213.48	1100.40	1556.25	372.17	674.19
15	123.56	464.88	819.61	1469.50	982.33	386.67	1058.27	322.02	1667.10	2082.57	541.79	979.47
16	123.69	408.83	554.49	1086.81	820.69	283.98	655.36	235.18	1233.75	1520.55	396.85	719.65
17	392.00	1084.84	1255.15	2258.24	2068.58	598.59	1731.35	535.35	2952.79	3660.93	901.14	1704.70
18	60.19	139.15	273.65	461.50	330.10	119.35	294.31	96.57	537.83	645.11	157.84	305.54
19	72.13	408.01	614.72	1120.30	703.35	279.72	801.85	228.88	1185.06	1343.11	366.06	705.11
20	266.19	165.41	170.67	352.39	346.88	84.45	241.10	85.05	410.43	543.63	146.80	254.68
21	44.94	85.27	161.45	273.27	233.66	63.71	177.11	54.30	322.90	380.94	98.44	185.10
22	39.63	47.34	90.08	151.81	126.65	35.49	99.39	30.77	180.55	215.16	54.58	103.18
23	67.44	149.74	298.30	498.99	343.70	147.32	325.17	104.57	586.77	701.61	171.40	332.75
24	84.63	150.64	274.14	471.60	392.44	143.12	311.12	104.35	568.46	672.85	172.71	326.14
25	160.81	271.38	382.91	667.29	455.27	175.16	437.19	137.98	780.46	975.82	210.63	449.41
26	255.13	546.06	656.00	1029.61	684.02	254.67	802.86	179.03	1274.13	1651.97	418.57	749.69
27	66.19	71.47	128.88	187.68	143.25	56.29	179.07	40.26	230.20	301.10	62.45	140.06
28	40.44	61.86	137.80	191.54	149.18	52.38	181.83	41.00	236.54	313.47	71.72	143.73
29	55.06	97.89	184.90	313.14	275.19	72.99	203.62	62.98	369.38	433.93	112.43	212.64
30	28.88	128.27	176.18	230.97	252.53	79.33	252.89	88.73	350.07	456.86	119.75	213.56
31	39.06	197.55	294.23	515.17	378.87	130.15	368.17	151.15	620.59	786.79	181.44	362.41
32	0.25	112.71	154.46	167.12	134.29	65.31	224.33	76.83	334.75	441.48	81.87	179.31
33	5.44	123.66	170.04	223.60	220.28	76.78	245.04	85.92	339.28	443.42	93.73	202.17
34	265.50	99.86	198.18	313.77	280.45	79.80	266.17	66.52	378.28	480.13	114.23	227.74
35	156.38	128.41	171.07	221.76	207.81	75.67	243.97	86.63	351.39	447.89	94.23	202.88
36	260.88	118.24	183.54	415.90	328.86	126.23	231.79	84.92	417.90	488.71	126.83	252.29

Lanjutan Tabel 4. 14 Rata Rata Erosi Tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
37	121.25	115.86	181.09	411.67	335.52	79.90	197.41	96.27	412.04	481.59	124.92	243.63
38	1.56	125.62	174.95	226.29	169.32	77.15	249.14	88.63	341.87	462.49	95.10	201.05
39	168.13	88.68	196.89	273.10	248.54	75.15	225.43	68.03	353.88	424.09	102.60	205.64
40	36.38	72.13	145.53	228.92	168.10	53.07	194.56	40.71	292.90	370.08	87.64	165.36
41	70.50	136.17	272.41	411.43	325.00	118.98	315.93	101.41	516.21	613.49	149.83	296.09
42	54.13	128.05	240.21	406.80	281.64	108.25	252.92	87.67	471.39	556.35	135.64	266.89
43	111.63	133.74	248.35	443.65	301.51	126.67	327.32	86.70	497.84	633.27	152.06	295.11
44	76.00	92.83	205.57	285.70	243.10	78.36	212.90	63.72	369.49	442.62	108.04	210.23
45	184.00	207.77	291.45	425.16	481.89	128.66	408.75	145.56	567.46	902.49	197.29	375.65
46	37.75	0.80	0.62	1.33	2.10	0.24	0.83	0.34	2.21	1.65	0.48	1.06
47	95.63	20.59	20.34	35.03	44.00	8.08	26.01	10.77	46.82	45.80	11.81	26.92
48	45.69	20.34	17.95	34.07	39.88	7.82	25.58	10.44	41.78	48.65	13.13	25.96
49	63.75	10.10	15.53	28.75	12.84	6.98	19.13	6.88	31.29	54.62	8.94	19.51
50	61.81	1.08	0.83	1.78	2.94	0.32	1.11	0.45	2.97	2.20	0.64	1.43
51	132.94	305.24	476.65	823.59	684.25	228.97	521.11	181.84	889.52	1019.00	233.34	536.35
52	12.88	9.61	15.25	28.23	11.24	6.85	18.74	6.76	29.96	53.67	8.81	18.91
53	22.63	23.00	14.52	34.78	25.42	29.35	41.55	7.03	48.80	39.63	16.25	28.03

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari hasil simulasi rata – rata erosi terbesar pada DAS Logung terjadi di SubDAS 17 dengan rata rata erosi dari tahun 2006 – 2015 sebesar 1704,70 ton/Ha/Th , sedangkan untuk rata – rata erosi terkecil terjadi pada SubDAS 46 sebesar 1,06 ton/Ha/Th.

4.6.2 Debit Limpasan

Tabel berikut adalah hasil dari pengolahan (*tableout*) dari *running program Swat HRU Output File (*.SBS)* yang menghasilkan rata-rata nilai debit yang masuk ke subDAS (SUR_Q). Untuk tahun-tahun berikutnya tertera pada lampiran.

Tabel 4. 15 Rata-rata limpasan tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
1	130.13	0.00	0.00	66.36	3047.5	2311.8	2120.0	1014.1	1998.1	3489.3	2383.6	1643.1
2	72.00	0.00	0.00	66.40	3047.5	2311.8	2120.0	1014.2	1997.9	3489.5	2383.5	1643.1
3	64.69	606.1	525.9	643.5	624.4	240.2	746.9	476.9	1026.8	1463.6	500.4	685.5
4	191.25	0.00	0.00	168.2	5448.5	4626.7	4245.0	2149.6	3974.2	6225.3	4433.6	3127.1
5	74.38	500.8	447.0	517.1	488.3	220.0	646.9	386.8	876.2	1074.9	449.0	560.7
6	41.13	500.7	446.9	516.9	488.2	219.9	646.7	386.7	875.9	1074.7	448.9	560.6
7	9.13	502.0	447.7	518.1	489.3	220.5	648.6	387.6	878.4	1076.6	450.3	561.9
8	46.19	501.1	447.2	517.4	488.6	220.1	647.4	387.0	876.8	1075.4	449.4	561.0
9	100.75	1523.0	1376.2	1576.9	1499.8	647.1	2045.7	1138.0	2695.5	3276.8	1421.2	1720.0
10	89.00	1530.4	1383.2	1583.7	1506.1	651.4	2058.3	1144.7	2709.0	3287.4	1430.0	1728.4
11	215.31	811.1	706.7	845.9	819.9	336.2	1028.8	621.5	1425.4	1810.8	701.2	910.8
12	63.00	499.7	446.2	515.9	487.4	219.5	645.3	386.0	874.0	1073.2	447.8	559.5
13	76.94	1375.3	1186.9	1491.6	1424.9	525.7	1759.5	1009.5	2430.7	3289.8	1196.9	1569.1
14	105.25	1158.0	1022.3	1257.2	1175.7	456.8	1510.1	848.5	2048.2	2682.1	1042.2	1320.1

Lanjutan Tabel 4. 15 Rata-rata limpasan tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
15	123.5	2189.5	1952.8	2323.7	2185.8	901.3	2882.5	1626.9	3865.3	4887.8	1997.1	2481.3
16	123.6	1697.4	1506.3	1812.5	1698.0	697.4	2214.6	1264.6	2992.5	3817.5	1533.4	1923.4
17	392.0	2705.6	2365.6	2875.6	2755.1	1079.8	3493.6	2013.7	4775.0	6213.1	2389.5	3066.7
18	60.1	1184.5	1057.2	1286.6	1209.2	459.0	1590.9	849.3	2113.6	2735.4	1099.2	1358.5
19	72.1	1395.2	1206.2	1512.1	1444.9	535.3	1792.2	1023.0	2470.6	3324.2	1220.5	1592.4
20	266.1	501.2	447.2	517.4	488.6	220.1	647.4	387.0	876.8	1075.3	449.4	561.1
21	44.9	513.0	466.7	531.7	507.3	214.8	703.0	377.3	913.1	1103.7	488.6	581.9
22	39.6	513.7	467.5	532.4	508.0	215.3	704.3	378.3	914.5	1104.8	489.5	582.8
23	67.4	1184.2	1056.8	1286.3	1208.9	458.8	1590.4	849.0	2113.0	2734.9	1098.9	1358.1
24	84.6	1026.4	933.9	1063.8	1015.1	429.9	1406.8	755.2	1826.9	2208.0	977.6	1164.4
25	160.8	1402.2	1213.0	1519.3	1451.9	538.7	1803.8	1027.4	2484.6	3335.9	1228.8	1600.6
26	255.1	859.7	725.2	958.9	921.2	298.5	1088.2	612.78	1524.6	2189.3	730.0	990.8
27	66.1	671.4	590.4	755.0	701.9	244.1	887.8	471.5	1200.6	1631.8	610.7	776.5
28	40.4	671.4	590.4	754.9	701.8	244.0	887.7	471.5	1200.5	1631.7	610.6	776.5
29	55.0	512.8	466.5	531.5	507.2	214.7	702.7	377.4	912.7	1103.4	488.3	581.7
30	28.8	1217.3	1125.8	1259.9	1160.5	554.7	1663.9	940.0	2127.2	2527.3	1159.2	1373.6
31	39.0	1021.2	928.8	1059.0	1010.6	426.8	1397.7	750.9	1817.3	2200.5	971.3	1158.4
32	0.2	1212.3	1121.2	1255.5	1156.2	551.9	1655.5	936.4	2118.4	2519.4	1153.4	1368.0
33	5.4	1212.5	1121.3	1255.6	1156.5	552.0	1655.8	936.2	2118.7	2519.6	1153.6	1368.2
34	265.5	1185.5	1058.2	1287.6	1210.1	459.5	1592.5	850.0	2115.5	2737.0	1100.4	1359.6
35	156.3	1787.2	1661.7	1862.9	1708.1	817.1	2435.2	1385.7	3122.8	3699.9	1695.3	2017.6
36	260.8	1220.5	1128.7	1262.8	1163.2	556.5	1669.2	942.9	2132.8	2531.9	1162.9	1377.1
37	121.2	1216.9	1125.4	1259.6	1160.2	554.5	1663.2	940.0	2126.5	2526.6	1158.7	1373.1
38	1.5	1217.3	1125.8	1259.9	1160.5	554.7	1663.9	940.3	2127.2	2527.2	1159.2	1373.6
39	168.1	670.7	589.6	754.2	701.1	243.7	886.5	470.6	1199.1	1630.5	609.7	775.6
40	36.3	670.9	589.9	754.5	701.4	243.8	887.0	471.2	1199.6	1631.0	610.1	775.9
41	70.5	3130.7	2875.8	3312.2	3033.2	1381.7	4239.1	2389.4	5472.6	6739.1	2941.4	3551.5
42	54.1	2615.6	2407.0	2778.5	2523.9	1165.7	3532.9	2009.8	4555.6	5632.3	2450.6	2967.2
43	111.6	1184.6	1057.3	1286.8	1209.3	459.1	1591.1	849.4	2113.9	2735.6	1099.4	1358.7
44	76.0	670.5	589.5	754.1	701.0	243.6	886.3	470.5	1198.8	1630.3	609.6	775.4
45	184.0	1201.0	1110.6	1245.2	1146.3	545.4	1636.8	927.4	2098.3	2503.0	1138.9	1355.3
46	37.7	1047.7	1006.8	1121.7	994.4	485.0	1397.2	851.3	1802.7	2268.4	958.8	1193.4
47	95.6	1945.0	1817.6	2024.5	1823.0	922.1	2646.7	1539.3	3356.9	4002.2	1841.2	2191.9
48	45.6	1464.4	1368.2	1508.3	1351.6	712.6	1996.9	1173.2	2513.1	2921.4	1392.6	1640.2
49	63.7	1317.9	1237.6	1405.1	1282.9	582.4	1711.1	1062.4	2258.8	2960.3	1163.7	1498.2
50	61.8	1047.7	1006.8	1121.7	994.4	485.0	1397.2	851.4	1802.8	2268.5	958.7	1193.4
51	132.9	1465.5	1329.2	1533.2	1463.1	601.5	2009.2	1067.7	2607.5	3194.5	1399.5	1667.1
52	12.8	869.3	803.9	915.3	843.5	380.3	1116.5	699.1	1485.2	1963.3	760.3	983.7
53	22.63	1621.2	1175.7	1685.3	1488.7	1662.6	1970.9	1276.1	2604.7	2377.2	1215.2	1707.8

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.15 diatas adalah hasil simulasi untuk melihat berapa debit limpasan di DAS Logung pada periode 2006 -2015. Dari hasil Simulasi didapatkan bahwa Limpasan terbesar ada di SubDAS 17 dengan nilai 3066,72 mm/th.

4.6.3 Rata-rata Sedimen

Tabel berikut adalah hasil dari pengolahan (*tablesout*) dari *running program Swat HRU Output File (*.SBS)* yang menghasilkan rata-rata nilai debit yang masuk ke subDAS (SYLD). Untuk tahun-tahun berikutnya tertera pada lampiran.

Tabel 4. 16 Rata-rata sedimen tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
1	130.13	0.00	0.00	9.61	123.25	6.52	1.80	0.36	186.84	15.96	3.71	34.80
2	72.00	0.00	0.00	8.01	102.28	5.31	1.47	0.30	155.29	12.98	3.02	28.87
3	64.69	17.94	27.13	40.40	25.51	11.18	42.38	15.59	44.55	56.59	15.51	29.68
4	191.25	0.00	0.00	12.13	116.04	122.95	108.60	33.01	203.48	167.31	132.53	89.61
5	74.38	284.39	459.74	603.15	396.49	220.06	692.96	253.26	765.78	880.95	291.52	484.83
6	41.13	284.34	460.51	604.35	396.62	220.17	693.90	253.63	766.87	882.73	292.12	485.52
7	9.13	177.25	288.45	377.26	246.74	137.72	436.67	158.99	479.96	562.04	183.88	304.90
8	46.19	221.91	359.45	471.02	309.28	171.98	543.27	197.78	598.87	695.34	228.51	379.74
9	100.75	524.76	860.89	1130.9	738.27	391.02	1313.6	446.65	1442.8	1729.3	590.51	916.89
10	89.00	326.73	544.55	712.61	459.01	245.03	833.66	283.86	911.75	1111.2	380.52	580.90
11	215.31	498.11	591.24	777.51	749.64	280.94	883.74	323.82	1286.3	1126.9	386.17	690.44
12	63.00	315.79	510.69	669.96	440.59	243.60	766.28	280.46	849.90	974.96	322.77	537.50
13	76.94	523.01	814.94	1197.9	801.81	344.08	1247.1	393.03	1371.0	1697.1	507.21	889.73
14	105.25	494.31	792.34	1111.0	724.62	346.30	1208.0	399.86	1321.7	1618.0	516.75	853.31
15	123.56	677.35	1100.7	1505.7	982.33	481.42	1687.3	556.49	1844.0	2265.1	744.27	1184.4
16	123.69	571.55	933.46	1273.8	820.69	416.85	1420.1	482.41	1550.8	1874.1	611.75	995.57
17	392.00	1372.1	1954.8	2731.1	2068.5	859.99	2969.0	983.82	3603.6	3957.1	1274.9	2177.5
18	60.19	222.22	365.18	513.58	330.10	151.21	568.59	175.48	612.59	779.77	252.70	397.14
19	72.13	467.31	744.55	1065.9	703.35	320.30	1155.3	367.68	1248.2	1534.2	475.84	808.28
20	266.19	248.88	407.68	535.19	346.88	193.87	613.77	223.94	676.87	784.32	259.90	429.13
21	44.94	165.24	276.04	362.20	233.66	121.09	422.57	137.92	463.68	564.07	199.53	294.60
22	39.63	89.65	150.87	197.43	126.65	66.06	232.37	76.60	253.51	312.63	108.54	161.43
23	67.44	232.44	382.83	534.78	343.70	159.49	595.28	184.73	642.28	813.68	265.60	415.48
24	84.63	277.71	463.09	607.19	392.44	203.40	710.65	232.45	778.32	950.19	333.34	494.88
25	160.81	299.40	485.62	702.33	455.27	204.93	757.37	236.44	813.26	1024.2	312.27	529.11
26	255.13	430.14	657.46	1016.9	684.02	257.43	1011.2	294.77	1109.8	1419.0	416.07	729.70
27	66.19	93.18	154.87	227.01	143.25	61.37	243.67	72.68	259.25	337.81	101.90	169.50
28	40.44	96.28	156.61	233.59	149.18	61.43	247.51	72.31	262.33	344.09	101.30	172.46
29	55.06	194.60	324.43	425.87	275.19	142.40	498.25	164.40	544.67	659.34	233.81	346.29
30	28.88	180.20	295.23	386.01	252.53	130.17	450.87	149.16	493.69	593.37	208.36	313.96
31	39.06	267.51	444.07	583.17	378.87	194.58	680.84	221.97	746.95	914.73	319.15	475.19
32	0.25	89.61	154.27	204.22	134.29	66.25	235.63	76.28	263.95	321.77	105.36	165.16
33	5.44	156.05	254.83	334.74	220.28	112.34	390.67	128.03	428.10	519.50	179.98	272.45
34	265.50	188.06	311.96	439.95	280.45	128.40	486.64	150.22	523.03	667.47	211.63	338.78
35	156.38	148.34	232.00	302.27	207.81	102.17	354.42	118.55	402.54	464.89	161.62	249.46
36	260.88	235.15	388.07	506.63	328.86	170.95	594.18	199.79	646.96	770.07	273.37	411.40
37	121.25	238.02	395.23	518.22	335.52	173.24	605.08	201.82	660.77	792.57	281.22	420.17
38	1.56	120.84	198.66	258.96	169.32	87.42	304.20	101.24	332.02	403.17	139.77	211.56

Lanjutan Tabel 4. 16 Rata-rata sedimen tahunan DAS Logung

sub	Luas Area	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	rata rata
39	168.13	161.73	264.38	389.78	248.54	104.51	411.32	121.03	442.10	572.09	178.97	289.44
40	36.38	112.73	185.09	262.92	168.10	76.92	290.80	89.89	311.58	400.69	129.54	202.83
41	70.50	220.24	359.49	503.47	325.00	148.57	558.66	174.34	600.49	753.65	241.67	388.56
42	54.13	186.21	297.54	434.72	281.64	117.42	458.81	138.34	493.42	619.83	193.37	322.13
43	111.63	200.15	328.94	471.17	301.51	133.73	512.98	155.98	551.42	708.53	223.66	358.81
44	76.00	157.73	255.60	379.24	243.10	100.69	398.32	116.41	427.62	555.10	171.94	280.57
45	184.00	340.81	553.20	730.25	481.89	245.30	849.57	283.35	924.72	1096.5	383.09	588.87
46	37.75	1.54	1.56	1.97	2.10	0.60	2.24	0.97	3.63	2.53	1.08	1.82
47	95.63	35.15	53.52	63.93	44.00	22.98	77.11	30.17	83.28	74.78	27.57	51.25
48	45.69	32.82	51.00	61.49	39.88	23.26	74.08	30.65	77.74	74.91	27.78	49.36
49	63.75	8.79	12.61	18.96	12.84	4.96	18.91	7.02	21.63	32.86	7.69	14.63
50	61.81	2.14	2.04	2.56	2.94	0.78	2.91	1.26	5.04	3.30	1.39	2.44
51	132.94	477.73	786.89	1052.3	684.25	298.93	1089.4	325.69	1261.9	1378.4	463.85	781.95
52	12.88	7.68	11.75	17.75	11.24	4.62	17.63	6.52	19.08	31.02	7.17	13.44
53	22.63	14.26	15.98	35.49	25.42	23.98	27.52	8.75	34.34	45.03	16.16	24.69

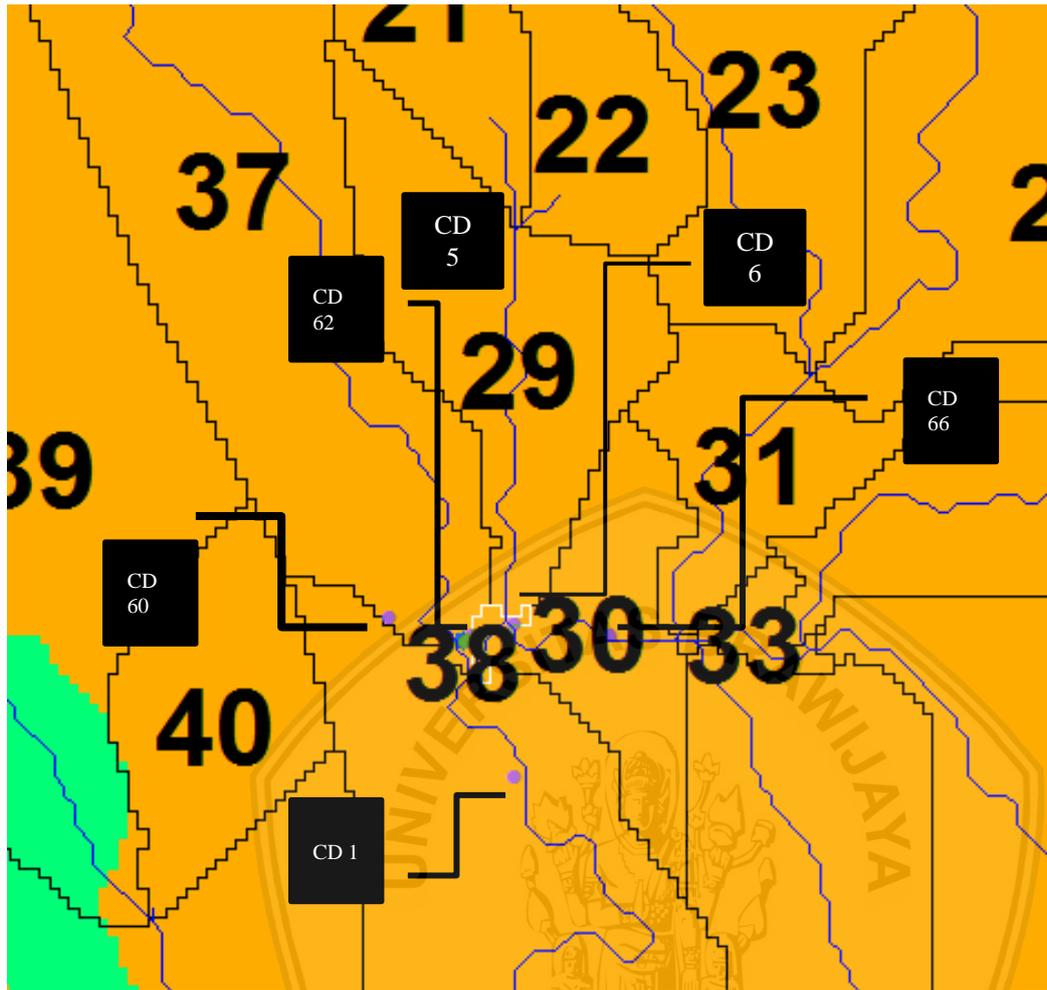
Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari hasil analisa AVSWAT 2000 diatas didapatkan hasil rata-rata Limpasan, erosi, dan Sedimen dengan hasil terbesar ada pada subDAS 17. Akan tetapi pada pengerjaan studi kali ini dilakukan Survey indentifikasi terlebih dahulu yang digunakan untuk menentukan lokasi yang memungkinkan untuk dibangun Bangunan Pengendali Sedimen. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.12

Tabel 4. 17 Rekap Hasil Sedimentasi, Erosi dan Limpasan di Lokasi rencana

Lokasi Check Dam	SubDAS	Koordinat		Sedimentasi	Erosi	Limpasan
		BT	LS			
1	45	110.92481	6.73293	588.8745	375.647	1355.35
5	37	1109238	672968	420.1689	243.627	1373.18
6	38	1109248	672942	211.5599	201.053	1373.64
60	37	11092193	672924	420.1689	243.627	1373.18
62	37	11092365	672982	420.1689	243.627	1373.18
66	30	11092699	672969	313.9603	213.558	1373.61

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 4. 12 Peta Lokasi Rencana CheckDam

Sumber : Hasil Analisa AVSWAT 2000

Gambar 4.12 menjelaskan hasil survey identifikasi lokasi bangunan pengendali sedimen yang telah diusulkan yang terbagi dalam beberapa subDAS seperti pada tabel 4.17

4.7 Kalibrasi

Proses kalibrasi digunakan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi nilai parameter-parameter yang digunakan dengan nilai parameter yang sebenarnya di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai dari sedimen pada DAS daerah studi, yaitu DAS Logung. Proses kalibrasi ini berdasarkan pada teori dalam *Soil and Water Assesment Tool User's Manual version 2000, 2002*

Tabel 4. 18 Hasil Running Sedimentasi harian tahun 2015

tgl	titik	SubDas	Sedimen
6-Sep-15	62	37	0.00001
8-Sep-15	62	37	0.00001
10-Sep-15	62	37	0.00001

Sumber : Hasil Analisa AVSWAT 2000

Tabel 4. 19 Perbandingan hasil Model dan Lapangan sebelum Kalibrasi

Tgl	MODEL	lapangan
6 september 2015	0.00001	0.00001
8 september 2015	0.00001	0.00002
10 september 2015	0.00001	0.00002

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari table 4.19 di atas nampak bahwa sedimentasi hasil simulasi lebih besar dari data pengukuran lapangan, untuk menangani masalah ini maka langkah-langkah kalibrasi yang dilakukan sesuai yang dianjurkan dalam *Soil and Water Assesment Tool User's Manual version 2000, 2002* adalah:

1. Langkah I (*calibrate HRU/SubBassin Loading*)

Untuk hasil sedimen pada model lebih besar dari kondisi lapangan adalah dengan mencoba coba mengganti nilai pada

- a. Menambah/mengurangi *USLE crop management factor* di file (*.sub)
- b. Menambah/mengurangi *USLE slope length factor* di file (*.sub)
- c. Menambah/mengurangi *slope* di file (*.sub)

Apabila hasil kurang memuaskan maka dilakukan dengan langkah berikutnya

2. Langkah II (*calibrate Channel Degradation*)

- a. Menambah/mengurangi *Channel Erodibility Factor* (*.rte)
- b. Menambah/mengurangi *Channel Cover Factor* (*.rte)

Setelah dilakukan coba-coba didapatkan hasil seperti table dibawah

Tabel 4. 20 Hasil Perbandingan Model dan Kondisi Lapangan setelah Kalibrasi

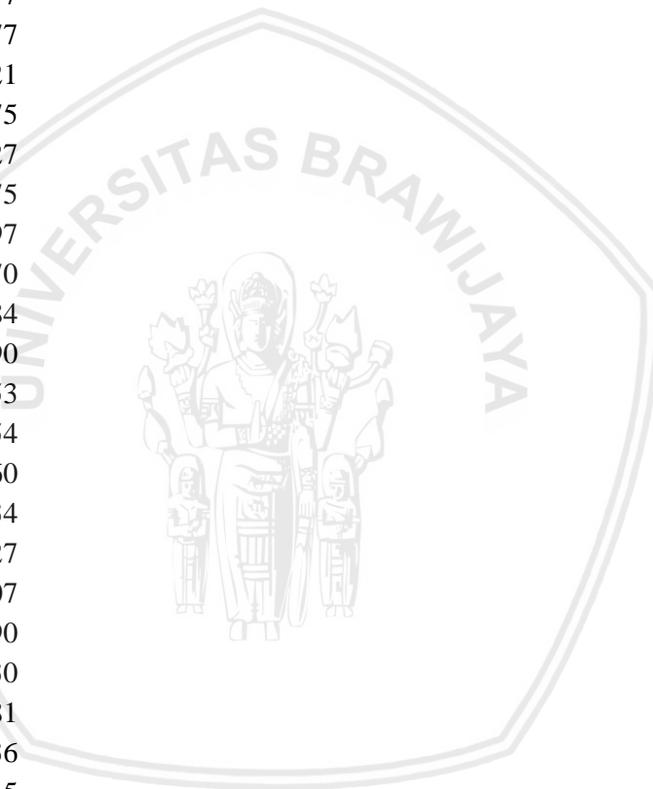
Tgl	MODEL	lapangan
6 september 2015	0.00001	0.00001
8 september 2015	0.00001	0.00002
10 september 2015	0.00001	0.00002

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pada table 4.18 disimpulkan setelah mencoba coba dengan scenario 1 dan 2 hasil setelah kalibrasi tidak berubah dikarenakan adanya keterbatasan data pada pengukuran lapangan sehingga hasil kalibrasi kurang detail.

Tabel 4. 21 Rata-rata sedimen tahun 2015 sebelum kalibrasi

subbasin	Luas Area	2015
1	130.13	3.71
2	72.00	3.02
3	64.69	15.51
4	191.25	132.53
5	74.38	291.52
6	41.13	292.12
7	9.13	183.88
8	46.19	228.51
9	100.75	590.51
10	89.00	380.52
11	215.31	386.17
12	63.00	322.77
13	76.94	507.21
14	105.25	516.75
15	123.56	744.27
16	123.69	611.75
17	392.00	1274.97
18	60.19	252.70
19	72.13	475.84
20	266.19	259.90
21	44.94	199.53
22	39.63	108.54
23	67.44	265.60
24	84.63	333.34
25	160.81	312.27
26	255.13	416.07
27	66.19	101.90
28	40.44	101.30
29	55.06	233.81
30	28.88	208.36
31	39.06	319.15
32	0.25	105.36
33	5.44	179.98
34	265.50	211.63
35	156.38	161.62
36	260.88	273.37
37	121.25	281.22
38	1.56	139.77
39	168.13	178.97
40	36.38	129.54
41	70.50	241.67
42	54.13	193.37



Lanjutan Tabel 4. 21 Rata-rata sedimen tahun 2015 sebelum kalibrasi

subbasin	Luas Area	2015
43	111.63	223.66
44	76.00	171.94
45	184.00	383.09
46	37.75	1.08
47	95.63	27.57
48	45.69	27.78
49	63.75	7.69
50	61.81	1.39
51	132.94	463.85
52	12.88	7.17
53	22.63	16.16

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 22 Rata-rata sedimen tahun 2015 setelah kalibrasi

subbasin	Luas Area	2015
1	130.13	0.68
2	72.00	0.55
3	64.69	1.87
4	191.25	8.14
5	74.38	31.32
6	41.13	30.90
7	9.13	20.59
8	46.19	25.04
9	100.75	64.48
10	89.00	42.43
11	215.31	38.65
12	63.00	33.76
13	76.94	56.60
14	105.25	56.21
15	123.56	82.23
16	123.69	67.08
17	392.00	134.98
18	60.19	27.98
19	72.13	53.29
20	266.19	28.27
21	44.94	20.93
22	39.63	12.31
23	67.44	29.09
24	84.63	35.05
25	160.81	35.71
26	255.13	45.20
27	66.19	12.13
28	40.44	12.50
29	55.06	24.25



Lanjutan Tabel 4. 22 Rata-rata sedimen tahun 2015 setelah kalibrasi

subbasin	Luas Area	2015
30	28.88	22.57
31	39.06	34.16
32	0.25	11.95
33	5.44	19.79
34	265.50	25.50
35	156.38	17.76
36	260.88	28.17
37	121.25	29.43
38	1.56	15.26
39	168.13	19.67
40	36.38	14.39
41	70.50	27.59
42	54.13	21.32
43	111.63	25.20
44	76.00	18.94
45	184.00	40.08
46	37.75	0.12
47	95.63	3.36
48	45.69	3.35
49	63.75	0.85
50	61.81	0.15
51	132.94	58.47
52	12.88	0.79
53	22.63	1.74

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil tabel 4.20 dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan kalibrasi sedimentasi pada DAS Logung menurun dibandingkan dengan hasil sebelum dilakukan kalibrasi.

4.8. Indeks Bahaya Erosi

Analisa Indeks Bahaya Erosi dilakukan untuk mengetahui kelas bahaya erosi suatu lahan dengan melihat laju erosi yang terjadi. Penentuan indeks bahaya erosi ini menggunakan metode Hammer(1981) sedangkan untuk menentukan nilai T berdasarkan Arsyad (1989)

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Nilai T

No	Jenis Tanah	Nilai T
1	Podsolik	12 ton/ha/tahun
2	Mediteran	20 ton/ha/tahun
3	Latosol	20 ton/ha/tahun

Sumber : Thomson (1957) dalam Arsyad (1989,p.355)

Contoh analisa TBE :

Sub DAS : 37

Jenis Tanah : Latosol

Laju erosi yang terjadi : 243,63 ton/ha/tahun

T : 20

$$\text{Indeks Bahaya Erosi} = \frac{\text{Erosi Potensial (ton / ha / tahun)}}{T \text{ (ton / ha / tahun)}} \dots\dots\dots(2 - 56)$$

$$= \frac{243,63}{20}$$

$$= 12,18$$

Tingkat Bahaya Erosi : Sangat Tinggi

Tabel 4. 24 . hasil Tingkat Bahaya Erosi Sub DAS Logung

no	IBE	Harkat	Luas	Prosentase
1	<1	Rendah	176.19	3.40
2	1.00 - 4.0	Sedang	300.64	5.80
3	4.01 - 10	Tinggi	549.21	10.59
4	>10.0	Sangat Tinggi	4158.19	80.21

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan untuk Indeks bahaya erosi didapatkan bahwa pada DAS Logung di dominasi lahan dengan Indeks Bahaya Erosi yang sangat tinggi dengan prosentase sebesar 80,21%, sedangkan daerah dengan Indeks Bahaya Erosi dengan kelas rendah dan sedang hanya sebesar 3,4 % dan 5,8%.

4.9. Penentuan Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Untuk menentukan letak bangunan pengendali sedimen menggunakan cara membandingkan antara hasil pengamatan langsung di lapangan dan hasil analisa dari AVSWAT2000. Dari pengamatan lapangan seperti pada gambar 4.12 didapatkan beberapa alternatif lokasi sebagai berikut :

1. Lokasi 01



Gambar 4. 13 Lokasi CheckDam 01

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah 7.75 m

Ø Lebar atas 9.17 m

Ø Ketinggian Palung sungai 1.87 m

Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai +96.94 mdpl

Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan 4.24 m

Ø Elevasi Tebing +99.31 mdpl

Ø Slope Sungai Arah Ke hulu 0.014

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

2. Lokasi 05



Gambar 4. 14 Lokasi Checkdam 05

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah	5.31 m
Ø Lebar atas	18.75 m
Ø Ketinggian Palung sungai	2.28 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	+104.51 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	7.26 m
Ø Elevasi Tebing	+107.14 mdpl
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	0.024

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

3. Lokasi 06



Gambar 4. 15 Lokasi CheckDam 06

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah :	6.85 m
Ø Lebar atas	11.8 m
Ø Ketinggian Palung sungai	1.17 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	+104.42 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	4.6 m
Ø Elevasi Tebing	+107.85 mdpl
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	0.035

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

4. Lokasi 60



Gambar 4. 16 Lokasi CheckDam 60

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah :	4.65 m
Ø Lebar atas	12.82 m
Ø Ketinggian Palung sungai	3.37 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	+108.62 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	6.85 m
Ø Elevasi Tebing	+112.09 mdpl
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	0.020

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

5. Lokasi 62



Gambar 4. 17 Lokasi CheckDam 62

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah :	2.36 m
Ø Lebar atas	5.74 m
Ø Ketinggian Palung sungai	2.87 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	+105.6 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	5.58 m
Ø Elevasi Tebing	+106.86 mdpl
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	0.091

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

6. Lokasi 66



Gambar 4. 18 Lokasi CheckDam 66

Penampang Sungai

Ø Lebar Bawah :	9.85 m
Ø Lebar atas	18.34 m
Ø Ketinggian Palung sungai	1.46 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	+114.02 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	2.21 m
Ø Elevasi Tebing	+114.77 mdpl
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	0.012

Gambar denah lokasi dan potongan melintang terlampir

Berdasarkan hasil simulasi AVSWAT 2000 didapatkan sedimen pada usulan lokasi checkdam sebagai berikut :

Tabel 4. 25 Sedimentasi pada tiap titik Lokasi Checkdam

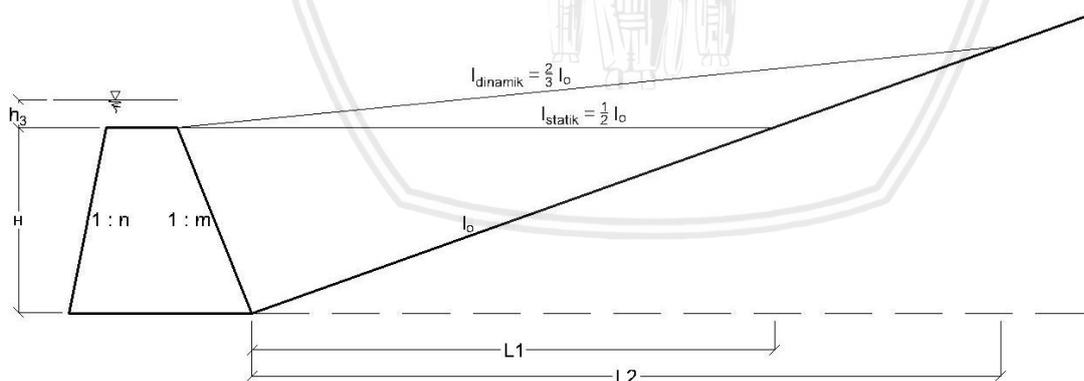
Lokasi	SubDAS	Koordinat		Sedimentasi
		BT	LS	
01	45	110.92481	6.73293	588.87
05	37	110,9238	6,72968	420.17
06	38	110,9248	6,72942	211.56
60	37	110,92193	6,72924	420.17
62	37	110,92365	6,72982	420.17
66	30	110,92699	6,72969	313.96

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari 6 hasil perhitungan lokasi sedimentasi terbesar terletak pada lokasi 1 yang berada pada SubDas 45. Akan tetapi pada Studi kali ini yang memungkinkan untuk dibangun checkdam berada di titik 60 yang terletak di SubDAS 37 karena memiliki sedimentasi kedua terbesar dan dari kondisi fisik dan karakteristik lokasi memungkinkan untuk dibangun *CheckDam*. Kondisi fisik Lokasi terlampir.

4.9.1 Penentuan Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Estimasi tampang check dam tipe tertutup dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 4.19 Tampang Sedimen Pada Check Dam

Sumber : Hasil Perhitungan

Check dam 01 :

$$H = 2 ; \quad I_0 = 0.014$$

$I_{\text{statik}} = 1/2 \cdot I_0 = 0,007$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{\text{dinamik}} = 2/3 \cdot I_0 = 0,009$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{statik}} = \frac{4}{0.037 - 0.019} = 285.71 \text{ m} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 12 \times 216.22}{2} = 2214.29 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{dinamik}} = \frac{4}{0.037 - 0.025} = 428.47 \text{ m} \dots\dots\dots(2- 61)$$

$$V_{tot} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 12 \times 324.32}{2} = 3321.43 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 1 sebesar 3321.43 m³

Tabel 4. 26 Hasil Volume Sedimen Checkdam 01

SubDAS	tahun	ton
45	2006	340.81
45	2007	553.20
45	2008	730.25
45	2009	481.89
45	2010	245.30
45	2011	849.57
45	2012	283.35
45	2013	924.72
45	2014	1096.56
45	2015	383.09
rata rata		588.87

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 45 adalah sebesar $588.87/1.2 = 490.72 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 1 adalah sebesar 3321.23 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 490.72 m³, maka tampungan akan penuh dalam 6,7 tahun.

Check dam 05 :

$$H = 2.5 ; \quad I_o = 0.024$$

$I_{statik} = 1/2 \cdot I_o = 0,012$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{dinamik} = 2/3 \cdot I_o = 0,016$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{statik}} = \frac{4}{0.021 - 0.011} = 208.33 \text{ m} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 15 \times 380.95}{2} = 1432.29 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{dinamik}} = \frac{4}{0.021 - 0.014} = 312.50 \text{ m} \dots\dots\dots (2- 61)$$

$$V_{tot} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571.43}{2} = 2148.44 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 2 sebesar 2148.44 m³.

Tabel 4.27 Hasil Volume Sedimen Checkdam 05

SubDAS	Tahun	ton
37	2006	238.02
37	2007	395.23
37	2008	518.22
37	2009	335.52
37	2010	173.24
37	2011	605.08
37	2012	201.82
37	2013	660.77
37	2014	792.57
37	2015	281.22
rata rata		420.17

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 12 adalah sebesar $420.17/1.2 = 350.14 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 05 adalah sebesar 2148.44 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 420.17 m³, maka tampungan akan penuh dalam 6,1 tahun.

Check dam 06 :

$$H = 1.2 ; \quad I_o = 0.035$$

$I_{statik} = 1/2 \cdot I_o = 0,0175$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{dinamik} = 2/3 \cdot I_o = 0,023$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{statik}} = \frac{4}{0.021 - 0.011} = 68.57 \text{ m} \dots\dots\dots (2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 15 \times 380.95}{2} = 279.77 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{dinamik}} = \frac{4}{0.021 - 0.014} = 102.86 \text{ m} \dots\dots\dots(2- 61)$$

$$V_{tot} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571.43}{2} = 419.66 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 06 sebesar 419.66 m³.

Tabel 4. 28 Hasil Volume Sedimen Checkdam 06

SubDAS	Tahun	ton
38	2006	120.84
38	2007	198.66
38	2008	258.96
38	2009	169.32
38	2010	87.42
38	2011	304.20
38	2012	101.24
38	2013	332.02
38	2014	403.17
38	2015	139.77
rata rata		211.56

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 38 adalah sebesar 211.56/1.2 = 176.3 m³

Jadi, Volume tampungan check dam 06 adalah sebesar 419.66 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 176.3 m³, maka tampungan akan penuh dalam 2.3 tahun.

Check dam 60 :

$$H = 3.5 ; \quad I_o = 0.02$$

$I_{statik} = 1/2 \cdot I_o = 0,01$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{dinamik} = 2/3 \cdot I_o = 0,013$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{statik}} = \frac{4}{0.021 - 0.011} = 350 \text{ m} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 15 \times 380.95}{2} = 2848.13 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{dinamik}} = \frac{4}{0.021 - 0.014} = 525 \text{ m} \dots\dots\dots(2- 61)$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571.43}{2} = 4272.19 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 60 sebesar 4272.19 m³.

Tabel 4.29 Hasil Volume Sedimen Checkdam 60

SubDAS	Tahun	ton
37	2006	238.02
37	2007	395.23
37	2008	518.22
37	2009	335.52
37	2010	173.24
37	2011	605.08
37	2012	201.82
37	2013	660.77
37	2014	792.57
37	2015	281.22
rata rata		420.17

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 37 adalah sebesar $420.17/1.2 = 350.14 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 60 adalah sebesar 4272.19 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 350.14 m³, maka tampungan akan penuh dalam 12.2 tahun.

Check dam 62 :

$$H = 2.8 ; \quad I_o = 0.091$$

$I_{\text{statik}} = 1/2 \cdot I_o = 0,045$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{\text{dinamik}} = 2/3 \cdot I_o = 0,060$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{\text{statik}}} = \frac{4}{0.021 - 0.011} = 61.5 \text{ m} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 15 \times 380.95}{2} = 206.77 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{\text{dinamik}}} = \frac{4}{0.021 - 0.014} = 92.3 \text{ m} \dots\dots\dots(2- 61)$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571.43}{2} = 103.38 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 62 sebesar 103.38 m³.



Tabel 4.30 Hasil Volume Sedimen Checkdam 62

SubDAS	Tahun	ton
37	2006	238.02
37	2007	395.23
37	2008	518.22
37	2009	335.52
37	2010	173.24
37	2011	605.08
37	2012	201.82
37	2013	660.77
37	2014	792.57
37	2015	281.22
rata rata		420.17

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 37 adalah sebesar $420.17/1.2 = 350.14 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 62 adalah sebesar 103.38 m^3 diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 420.17 m^3 , maka tampungan akan penuh dalam 0.8 tahun.

Check dam 66 :

$$H = 1.5 ; \quad I_o = 0.012$$

$I_{\text{statik}} = 1/2 \cdot I_o = 0,006$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

$I_{\text{dinamik}} = 2/3 \cdot I_o = 0,008$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$L_1 = \frac{H}{I_o - I_{\text{statik}}} = \frac{4}{0.021 - 0.011} = 250 \text{ m} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

$$V_s = \frac{H \times B \times L_1}{2} = \frac{4 \times 15 \times 380 .95}{2} = 1837.50 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 58)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_o - I_{\text{dinamik}}} = \frac{4}{0.021 - 0.014} = 375 \text{ m} \dots\dots\dots(2- 61)$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571 .43}{2} = 2756.25 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2- 60)$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 66 sebesar 2756.25 m^3 .

Tabel 4.31 Hasil Volume Sedimen Checkdam 66

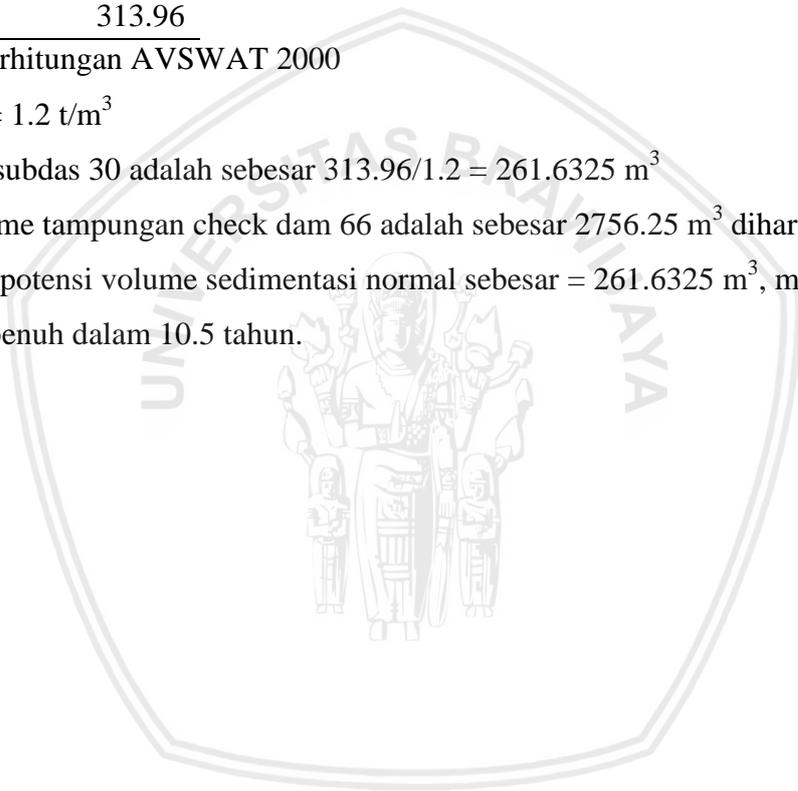
SubDAS	Tahun	ton
30	2006	180.20
30	2007	295.23
30	2008	386.01
30	2009	252.53
30	2010	130.17
30	2011	450.87
30	2012	149.16
30	2013	493.69
30	2014	593.37
30	2015	208.36
rata rata		313.96

Sumber : Hasil Perhitungan AVSWAT 2000

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 30 adalah sebesar $313.96/1.2 = 261.6325 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 66 adalah sebesar 2756.25 m^3 diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar $= 261.6325 \text{ m}^3$, maka tampungan akan penuh dalam 10.5 tahun.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Waduk merupakan bangunan rekayasa sungai yang dibangun melintang pada sungai, yang memiliki fungsi sebagai penampung air pada saat musim hujan dan mensuplai air pada musim kemarau agar stabilitas distribusi air merata sesuai dengan keperuntukannya. Waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai Irigasi, PLTA, penyediaan air baku, dan menampung sedimen atau disebut waduk suplesi.

Masalah utama penurunan fungsi waduk adalah karena sedimentasi. Sedimentasi pada waduk disebabkan adanya sedimentasi yang terbawa oleh aliran sungai yang masuk ke dalam waduk. Sedimentasi yang masuk ke dalam waduk dapat menimbulkan bahaya terhadap waduk mengingat sedimen berpengaruh terhadap usia guna waduk tersebut.

Masalah lain akibat pembangunan waduk adalah terganggunya keseimbangan alam, yang antara lain adalah berubahnya karakteristik debit aliran sungai dan transportasi sedimen, serta adanya masalah agradasi dan degradasi pada hulu dan hilir struktur bangunan tersebut, sedangkan masalah lain yang sering muncul dalam pengelolaan waduk adalah terjadinya erosi di bagian hulu yang menyebabkan sedimentasi di tubuh waduk.

Sedimen merupakan hasil akhir dari suatu proses erosi yang mengendap atau diam pada suatu tempat sehingga menghasilkan suatu tanah sendiri. Sedimentasi sendiri adalah proses pengangkutan dan pengendapan material tanah/ kerak bumi yang disebabkan oleh penurunan kualitas lahan. Sedimentasi menyebabkan pendangkalan, mengurangi umur efektif waduk, dan dapat merusak penampang sungai serta bangunan air di sepanjang sungai.

Kabupaten Kudus merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah dimana sebagian besar masyarakatnya adalah hidup dari pertanian dan industri (BPS Kudus, 2017). Pada waktu musim penghujan Kabupaten Kudus sering mengalami bencana banjir akibat meluapnya Sungai Juana dan Sungai Logung (anak Sungai Juana) dan pada waktu musim kemarau terjadi pula bencana kekeringan.

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang sering terjadi pada DAS (Daerah Aliran Sungai) adalah sedimentasi dan erosi yang sangat berpengaruh pada berubahnya karakteristik DAS tersebut dan

terganggunya fungsi dari sungai tersebut seperti terjadinya gagal panen dan perubahan lebar sungai sehingga air meluap menggenangi sebagian wilayah pada sekitar sungai.

Alih fungsi lahan di Pegunungan Muria menyebabkan terjadinya erosi pada bagian hulu dan menyebabkan sedimentasi pada sungai-sungai di daerah hilir sehingga pada waktu musim hujan tiba akan terjadi banjir di wilayah Kabupaten Kudus karena berkurangnya luas penampang sungai sehingga air meluap dan menggenangi sebagian besar wilayah Kabupaten Kudus

Sehubungan dengan hal tersebut, maka Pemerintah melakukan upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan membuat waduk Logung. Untuk itu dibangunlah Waduk Logung yang telah dimulai pada Desember 2014. Dengan adanya Waduk Logung maka diharapkan masalah banjir dan ketersediaan air di wilayah Kabupaten Kudus akan berkurang sehingga secara tidak langsung akan meningkatkan pula perekonomian masyarakat setempat

Salah satu faktor yang mempengaruhi berkurangnya ketersediaan air adalah adanya sedimen yang mengendap pada dasar waduk. Pola penyebaran sedimen tergantung dari topografi waduk, ukuran butiran dan pola operasional waduk tersebut. Endapan sedimen pada dasar waduk menyebabkan berkurangnya volume efektif waduk yang selanjutnya akan mengurangi usia guna waduk. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya upaya konservasi untuk mengendalikan besarnya sedimen yang akan masuk ke waduk.

Dalam upaya melindungi dan menjaga kelestarian bangunan waduk Logung dilakukan analisa untuk memprediksi erosi dan sedimentasi pada DAS Logung, termasuk di dalamnya jenis tanah, tata guna lahan, dan kelerengan. Analisa erosi dan sedimentasi di DAS Logung ini menjadi pendekatan hasil besar sedimen yang bermuara di muara Sungai Logung. Sedimen tersebut akan berpotensi berpengaruh terhadap kelestarian waduk Logung itu sendiri

Analisa ini akan mengkaji besarnya limpasan, debit limpasan, erosi, dan sedimentasi di DAS Logung dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT (*Arc View Soil And Water Assessment Tool*) 2000 yang telah banyak digunakan pada beberapa DAS di Indonesia.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan-batasan masalah diatas, maka perumusan masalah dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapakah besarnya debit limpasan, erosi dan sedimentasi pada DAS Logung dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT 2000?

2. Bagaimana penentuan letak lokasi bangunan pengendasi sedimen untuk menanggulangi masalah erosi dan sedimentasi ?

1.4. Batasan Masalah

Dalam bahasan studi ini diperlukan batasan-batasan masalah agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang akan dikaji. Berikut adalah batasan-batasan masalah yang akan dikaji:

1. Data hujan yang digunakan diambil dari wilayah DAS Logung.
2. Tidak membahas perencanaan bangunan pengendali sendimen.
3. Tidak membahas tentang penyusunan dasar program AVSWAT 2000. Namun teori akan dijelaskan.
4. Tidak membahas aspek analisa dampak lingkungan, analisa ekonomi dan sosial budaya masyarakat.

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengetahui besarnya limpasan, erosi, dan sedimentasi pada DAS Logung.
2. Mengetahui penentuan letak lokasi Bangunan Pengendali Sedimen (BPS) untuk menanggulangi masalah erosi dan sedimentasi.

Manfaat dari studi ini adalah :

1. Menjaga kelestarian waduk Logung dari pengaruh erosi dan sedimentasi sungai di DAS Logung.
2. Menyelesaikan masalah pengelolaan sumber daya air khususnya masalah erosi dan sedimentasi di DAS dan di dalam sungai dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT (*Arc View Soil And Water Assessment Tool*) 2000

Halaman Sengaja Dikosongkan



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai disingkat DAS ialah suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Guna dari DAS adalah menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya melalui sungai.

Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alamiah. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah

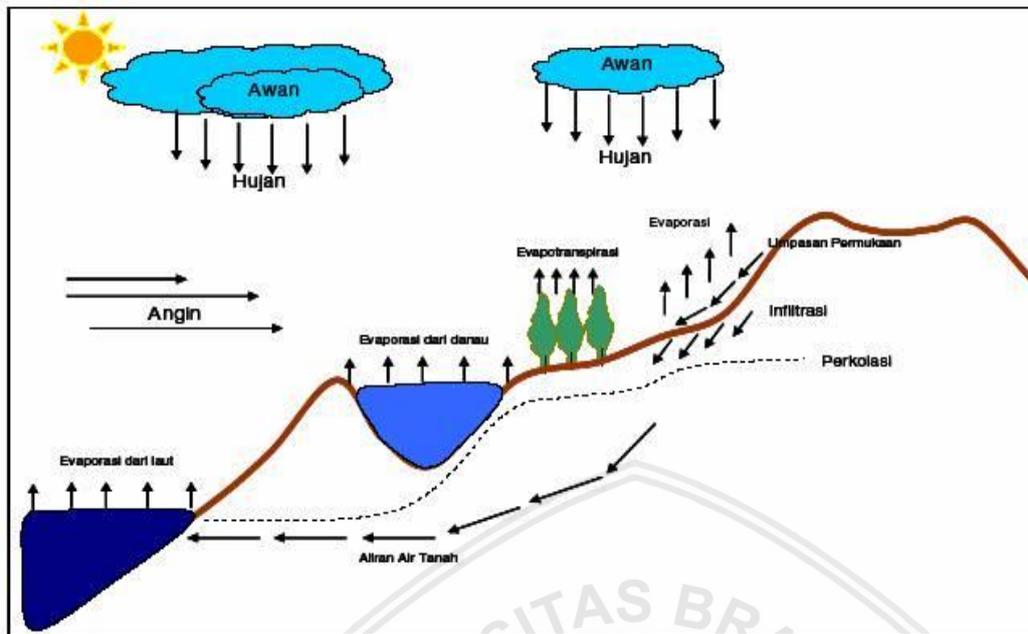
2.2. Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus Hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut.

Siklus hidrologi diberi batasan sebagai suksesti tahapan-tahapan yang dilalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer : evaporasi dari tanah atau laut maupun air pedalaman, kondensasi untuk membentuk awan, presipitasi, akumulasi di dalam tanah maupun dalam tubuh air, dan evaporasi-kembali.

Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut.

Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sisten Daerah Aliran Sungai (DAS). Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi

2.3. Analisa Hidrologi

2.3.1. Presipitasi

Presipitasi adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berupa padat disebut salju (*snow*) (Suripin, 2007, p.22).

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi (Suripin, 2007, p.23) :

1. Intensitas i adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu.
2. Lama waktu (durasi) t , adalah panjang waktu di mana hujan turun dalam menit atau jam.
3. Tinggi hujan d , adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm.
4. Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) T .
5. Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Hubungan antara intensitas, durasi dan tinggi hujan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$d = \int_0^t i dt = \sum_0^t i \cdot \Delta t \dots\dots\dots(2 - 1)$$

Sedangkan intensitas rata-rata \bar{i} dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{i} = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(2-2)$$

2.3.2. Letak Stasiun Hujan

Stasiun hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan yang digunakan dalam pekerjaan ini diambil stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi dan diasumsi mempunyai karakteristik hujan dan kondisi klimatologi yang mendekati kondisi lokasi studi.

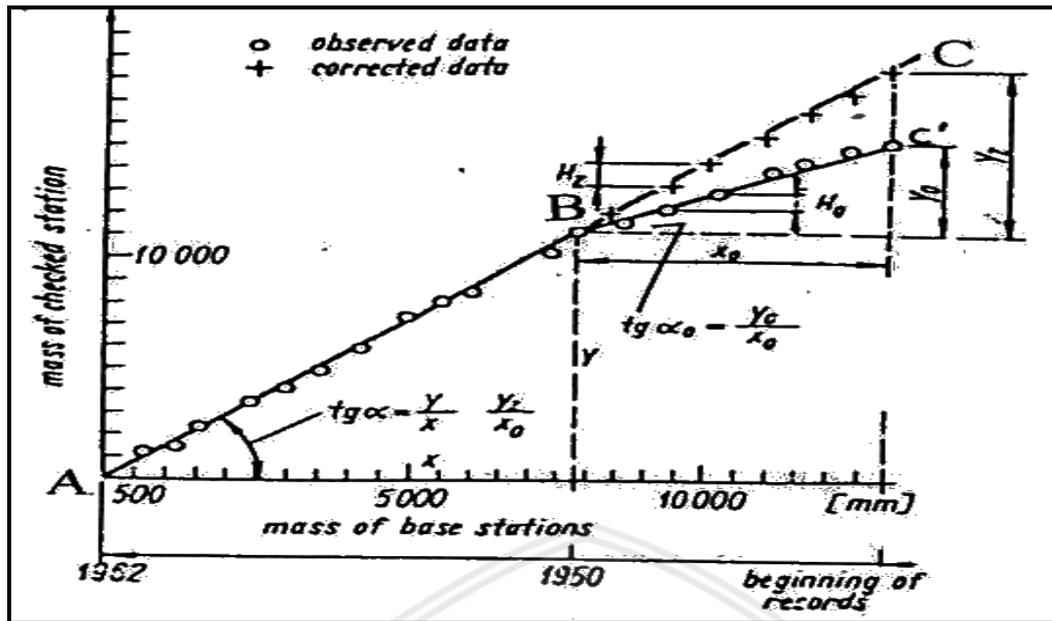
2.3.3. Uji Konsistensi Data Hujan

2.3.3.1. Lengkung Masa Ganda

Data hujan yang diambil dari berbagai stasiun hujan diuji untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten atau tidak. Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Di dalam suatu array data pengamatan hujan bisa terdapat nonhomogenitas dan ketidaksesuaian yang dapat mengakibatkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Nonhomogenitas bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti (Subarkah, 1980, p.28) :

1. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, antara lain adanya pembangunan gedung-gedung baru, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus, dan lain-lain.
2. Pemindehan alat pengukur hujan.
3. Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Konsistensi data hujan dari suatu tempat pengamatan dapat diselidiki dengan teknik garis masa ganda (*double mass curve*). Dengan metode ini dapat dilakukan koreksi untuk data hujan yang tidak konsisten. Langkah yang dilakukan adalah membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rerata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Jaringan ini dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan dengan stasiun yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji (Subarkah, 1980, p.28).



Gambar 2. 2 Lengkung Massa Ganda

Sumber : Nemeč (1973,p.179)

Dari gambar di atas akan diperoleh garis ABC bila tidak ada perubahan terhadap lingkungan. Tetapi bila pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan, maka didapat garis patah ABC'. Apabila terjadi penyimpangan (ABC'), maka dikoreksi dengan rumus (Nemeč, 1973:179) :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_z}{X_z} \quad \text{.....(2- 1)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{Y_0}{X_0} \quad \text{.....(2- 2)}$$

$$BC = \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} \right) BC' \quad \text{.....(2- 3)}$$

dengan :

BC = data hujan yang diperbaiki (mm)

BC' = data hujan hasil pengamatan (mm)

Tg α = kemiringan sebelum ada perubahan

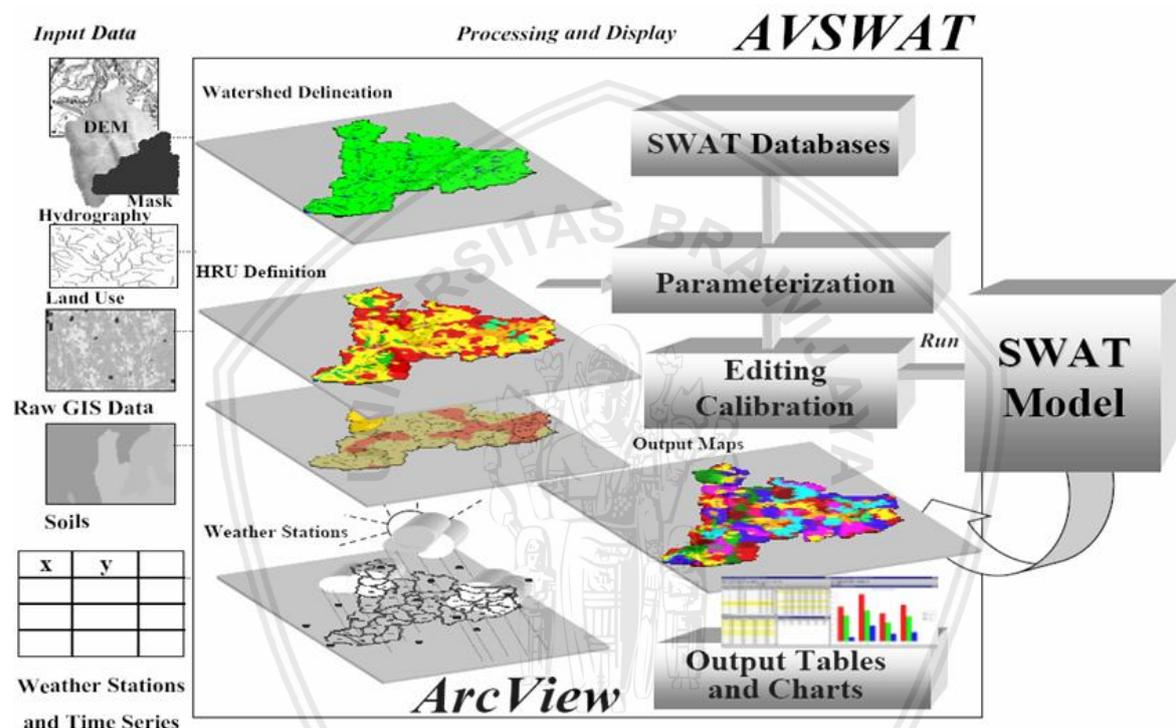
Tg α = kemiringan setelah ada perubahan

2.4. AVSWAT 2000

AVSWAT 2000 (*Arc View Soil and Water Assessment Tool*) adalah sebuah software yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) ArcView 3.2 atau 3.3 (ESRI) sebagai ekstensi (*graphical user interface*) di dalamnya. Program ini di keluarkan oleh Texas

Water Resources Institute, College Station, Texas, USA. ArcView sendiri adalah satu dari banyak program yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)

AVSWAT dirancang untuk memprediksi pengaruh manajemen lahan pada aliran air, sedimen, dan lahan pertanian dalam suatu hubungan yang kompleks pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) termasuk di dalamnya jenis tanah, tata guna lahan dan manajemen kondisi lahan secara periodik. Untuk tujuan pemodelan, program AVSWAT memudahkan pengguna (*user*) dengan melakukan pembagian suatu wilayah DAS yang luas menjadi beberapa bagian sub DAS-sub DAS untuk memudahkan dalam perhitungan.



Gambar 2. 3 Model struktur data dalam AVSWAT

Model AVSWAT 2000 ini, telah banyak digunakan untuk berbagai studi pengelolaan DPS yaitu diantaranya :

- TMDL Sungai Bosque Propinsi Texas, yaitu analisa tentang prediksi jumlah sedimen, nitrogen, dan unsur phospor yang akan tertampung di Waduk Waco dari berbagai sumber : pembuangan limbah dari perusahaan industri susu, limbah hasil pengolahan pertanian, daerah pemukiman/perkotaan, dengan metode perhitungannya menggunakan metode simulasi dan analisa.
- TMDL Sungai Poteau Oklahoma Arkansas. Studi ini berisikan pekerjaan meliputi menentukan jumlah sedimen, nitrogen, *phospor* yang akan tertampung di Waduk Wister dan kandungan oksigen, temperatur, alga, dan CBOD pada aliran sungai.

Dalam skenario perhitungannya juga meliputi besarnya hasil limbah peternakan unggas.

- c. Nilai DDT di wilayah DPS Sungai Yakima, Whosington. SWAT digunakan untuk mensimulasikan kondisi eksisting dan kedepan tentang besar konsentrasi sedimen yang terkontaminasi oleh DDT di Sungai Yakima tersebut.
- d. Kantor EPA urusan pestisida telah mengevaluasi dengan menggunakan model AVSWAT untuk menganalisa tingkat pemakaian Peptisida.

Model program SWAT ini dalam simulasi perhitungan tentang kejadian hidrologi maupun hidrolis pada suatu DPS, yaitu menggunakan konsep dasar kesetimbangan / *Water balance*. Untuk tingkat keakuratan hasil : penyebaran pestisida, sedimen atau nutrient, siklus hidrologi, simulasi dari model haruslah memiliki kesesuaian dengan kondisi yang terjadi dilapangan.

Simulasi hidrologi pada suatau areal Daerah Pengaliran Sungai, secara umum dapat dibagi menjadi 2 pokok bahasan, yaitu :

1. Siklus hidrologi pada fase/tahap terjadi di satu luasan lahan, sebagai kontrol jumlah air, sedimen, nutrisi dan pestisida yang akan masuk ke sistim jaringan sungai.
2. Siklus hidrologi pada fase/tahap pada Aliran Sungai yang dapat didefinisikan sebagai pergerakan air, sedimen, nutrisi dan pestisida melalui aliran sungai menuju ke outlet masing-masing Sub DPS.

2.4.1 Fase Pada Lahan

Siklus hidrologi seperti yang disimulasikan oleh SWAT adalah menjadi dasar perumusan persamaan *Water Balance* :

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad \dots\dots\dots(2- 6)$$

dengan :

SW_t = kandungan air dalam tanah (mm H₂O)

SW_0 = kandungan air dalam tanah pada awal periode (mm H₂O)

t = waktu (hari)

R = besaran hujan yang terjadi pada hari ke i (mm H₂O)

Q_{surf} = tinggi limpasan permukaan pada periode waktu ke i ((mm H₂O)

E_a = besar evapotranspirasi pada periode waktu ke i (mm H₂O)

W_{seep} = jumlah air yang masuk zona lapisan tanah keras pada periode waktu ke i (mm H₂O)

W_{gw} = jumlah air pada aliran air tanah pada periode waktu ke i (mm H₂O)

2.4.2 Fase Pada Sungai

SWAT dalam menentukan kandungan air, sedimen, nutrisi dan pestisida menuju sungai, kandungan tersebut ditelusuri melalui jaringan sungai pada masing-masing Sub DPS. Pada tahap ini pencarian rotting masa pada sungai, SWAT juga memodelkan transformasi dari kimia-kimia yang terkandung dalam aliran sungai.

Routing pada sungai-sungai utama dapat dibagi menjadi 4 komponen :

1. *Routing Banjir*. Seperti aliran pada daerah *downstream*, besar kehilangan air yang berkaitan dengan proses evapotranspirasi dan transmisi melewati dasar sungai atau disebabkan penggunaan air sungai untuk pertanian dan kebutuhan penduduk. Jumlah air pada sungai dapat bersumber dari besaran hujan yang jatuh ke permukaan bumi mengalir kesungai dan atau bersumber dari debit-debit keluaran sumber lain. Besarnya aliran yang mengalir melewati sungai, dicari menggunakan metode *Muskingum*.
2. *Sedimen Rotting*. Transpor sedimen sungai memiliki 2 proses yang terkandung yaitu Degradasi dan Deposisi. Pada model SWAT ini persamaan yang digunakan lebih simpel, yaitu nilai maksimum sedimen yang dapat terangkut dari setiap sekmen sungai adalah memakai persamaan kecepatan puncak yang dapat terjadi pada sungai.
3. *Nutrient Rotting*. Transformasi nutrient pada aliran sungai adalah dikontrol dengan komponen kualitas air pada model, yang persamaannya dengan mengadopsi dari model *QUAL2E*. Model penjarangan nutrient terlarut dalam air sungai dan nutrient terkandung dalam sedimen. Larutan nutrient terangkut dengan air sementara itu yang terkandung dalam sedimen jumlahnya tetap hingga proses pengendapan sedimen pada dasar sungai.
4. *Pestisida Rotting*. Sementara Pestisida yang nilainya dalam jumlah besar, dalam model sebagai data input dimasukkan pada input data HRU (*Hidrology Response Units*). Seperti nutrient, total pestisida yang masuk ke sungai adalah yang terlarut dan yang melekat pada material sedimen.

Sementara itu dalam studi ini, pengolahan data dan simulasi model (AVSWAT 2000) dijalankan untuk mencari :

- a. Analisa Potensi Aliran Debit Harian Outlet DPS-DPS dalam *catchment area*
- b. Analisa Laju Limpasan Permukaan DPS-DPS dalam *catchment area*

- c. Erosi lahan DPS-DPS dalam *catchment area*
- d. Laju sedimentasi DPS-DPS dalam *catchment area*

2.4.3 Input Data AVSWAT 2000

AVSWAT 2000 membutuhkan informasi mengenai komponen-komponen suatu DAS antara lain hujan yang terjadi di DAS, tataguna lahan, kandungan air tanah, dsb. Informasi-informasi itu dihimpun dalam basis data masukan yang dinamakan input data.

Input data pada AVSWAT untuk setiap sub DAS diatur menurut : data iklim dan cuaca, data *Hydrologic Response Unit* (HRU), data air tanah, dan data saluran utama. HRU adalah lahan yang dikaji pada sub DAS, termasuk didalamnya adalah penutup lahan atau tata guna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Dalam AVSWAT data curah hujan harian selama 14 tahun dimasukkan dalam file (*.wgn) (*Weather Generation*). Dalam *Weather Generation* berisi data statistik yang dibutuhkan untuk membangkitkan data curah hujan harian dalam suatu subbasin. Idealnya data yang tersedia paling sedikit 10 tahun yang digunakan untuk menghitung parameter dalam file (*.wgn) (*Weather Generation*). Data curah hujan akan membangkitkan dalam dua hal, dimana digunakan dalam simulasi dan untuk menelusuri data yang salah.

Adapun penjelasan dalam mengolah input data *Weather Generation* adalah sebagai berikut :

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepencengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)
7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

AVSWAT 2000 dapat menyimulasikan sekian banyak proses-proses fisika dan kimia yang terjadi pada suatu DAS. Input data-data spasial pada AVSWAT untuk setiap sub DAS diatur menurut : data cuaca, data *Hydrologic Response Unit* (HRU), data air tanah, dan data saluran utama. HRU adalah daerah lahan yang dikaji pada sub DAS, termasuk didalamnya adalah penutup lahan/ tata guna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Program ini menganalisis semua masalah yang terjadi pada suatu DAS dengan prinsip dasar pola keseimbangan aliran. Untuk memperkirakan pergerakan pestisida,

sedimen, dan nutrisi tanaman dengan akurat. AVSWAT menyimulasikan proses-proses yang terjadi dalam siklus hidrologi, yang selanjutnya digunakan dalam pemodelan.

Simulasi hidrologi pada suatu DAS dibedakan menjadi dua fase. Pertama adalah fase penelusuran siklus hidrologi di darat (jumlah air tanah, sedimen, nutrisi, dan kandungan pestisida yang bergerak menuju aliran sungai), dan yang kedua adalah fase penelusuran siklus hidrologi aliran (pergerakan air, sedimen, dsb di dalam aliran).

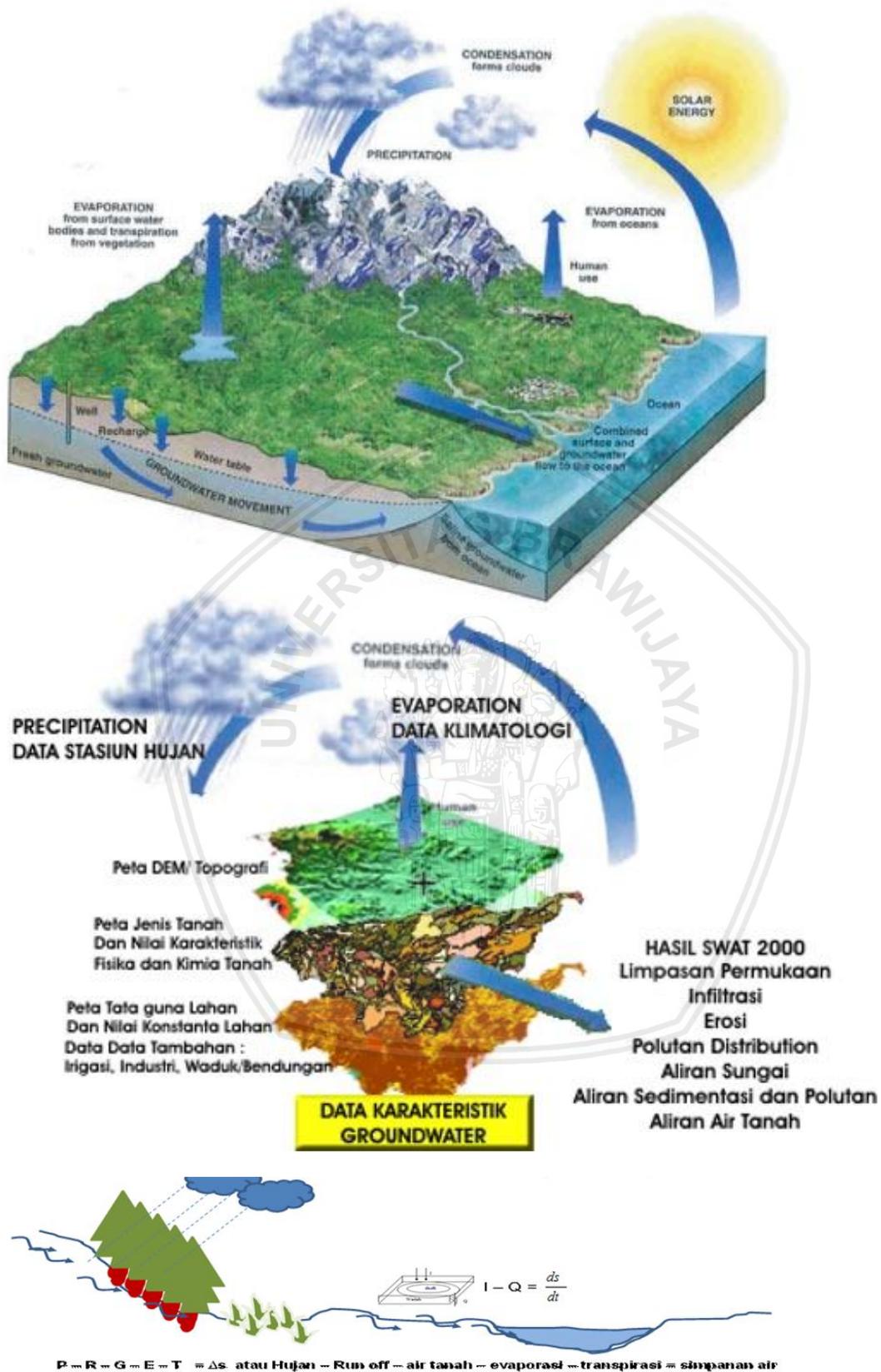
Untuk memudahkan memahami pola kerja AVSWAT 2000 ini yakni dengan cara membandingkan dan memahami antara pola data yang di butuhkan oleh SWAT dengan siklus hidrologi di alam ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Siklus Hidrologi dengan Pola Data SWAT

Siklus Hidrologi	Pola Data SWAT
1. Kejadian Hujan	1. Data Hujan dan Lokasi Stasiun Hujan
2. Hujan jatuh kepermukaan bumi, sebagai aliran permukaan yang mengalir di atas permukaan dengan jenis lahan yang berbeda-beda yaitu tataguna lahannya/ <i>land cover/land use</i> , dan jenis tanahnya. Dimana pergerakan tersebut mengalir dan menggerus material material yang dilewatinya.	2. Peta Topografi : Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai nilai <i>slope</i> lahan/kelerengan. Dengan nilai tersebut maka dapat ditentukan arah dan besar aliran yang akan mengalir di atasnya. (ingat : besaran aliran air dipengaruhi oleh kemiringan/ <i>slope</i>)
3. Pada proses aliran permukaan juga terdapat proses lainnya yang terjadi secara bersamaan yaitu sering disebut dengan proses infiltrasi yaitu meresapnya air kedalam tanah, dan mengisi kapasitas tampung tanah hingga akhirnya kapasitas tanah tersebut mencapai tingkat jenuh, sehingga terjadi limpasan di permukaan (<i>run off</i>), pergerakan air tersebut juga akan mengisi cekungan cekungan permukaan alam yang di lewatinya.	3. Peta Tataguna Lahan : Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai nilai konstanta penutup lahan, dimana nilai tersebut menjadi factor parameter hambatan aliran atau sering disebut sebagai angka kekasaran dapat berupa nilai <i>n</i> manning atau koefisien lahan lainnya

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan Siklus Hidrologi dengan Pola Data SWAT

Siklus Hidrologi	Pola Data SWAT
4. Pergerakan air tersebut akan berakhir pada suatu tampungan yaitu laut dengan diawali mengalir pada jaringan jaringan sungai.	4. Peta Jenis Tanah : Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai nilai konstanta untuk perhitungan kemampuan resapan/infiltrasi dan nilai nilai konstanta erodibilitas tanah/ kemampuan tahan terhadap erosi nilai K, nilai nilai kandungan tanahnya seperti sifat kimia tanah dan tekstur fisik tanah.
5. Sumber <i>inflow</i> daripada aliran yang ada di sungai adalah hujan, limpasan permukaan dan simpanan air tanah.	5. Peta Jaringan Sungai dan Dimensi Sungai
6. Semua proses pergerakan air baik itu di permukaan maupun di dalam tanah akan mengalami proses yang di namakan evapotranspirasi/penguapan yaitu proses terangkatnya air dari daratan maupun tampungan ke udara. Dan pada akhirnya kembali proses hujan akibat proses kondensasi	6. Data <i>Ground Water</i> /Air Tanah 7. Data Klimatologi (suhu, penyinaran matahari, angin) dan Lokasi Stasiun Klimatologi Data Tambahan a. Data Manajemen Lahan/PPT b. Data Statistik Pembangunan Data Hidroklimatologi



Gambar 2. 4 Siklus Hidrologi Pemodelan AVSWAT

2.4.4 Pembangkit Cuaca (*Weather Generation*)

AVSWAT membutuhkan data presipitasi harian, temperatur maksimum dan minimum, radiasi sinar matahari, kelembapan relatif, dan kecepatan angin untuk simulasi program. Data-data ini didapatkan dari pengukuran pada stasiun-stasiun meteorologi dan stasiun hujan. AVSWAT juga mampu membangkitkan data-data yang hilang dari pengukuran. Untuk hal ini AVSWAT menggunakan model pembangkit cuaca *WXGEN* (Sharpley & Williams, 1990)

Kejadian hujan pada suatu hari berhubungan langsung dengan kelembapan relatif, temperatur dan radiasi sinar matahari. Data hujan terlebih dahulu dibangkitkan untuk memperoleh nilai-nilai pembangkitan data kelembapan relatif, temperatur, dan radiasi sinar matahari. Sehingga data kecepatan angin dapat dibangkitkan.

- **Presipitasi**

Pembangkitan data presipitasi dalam AVSWAT menggunakan model Markov *Chain-Skewed* (Nicks, 1974) dan model Markov *Chain-Exponential* (Williams, 1995). Dalam studi ini digunakan pembangkitan data presipitasi model Markov *Chain-Skewed* (Nicks, 1974). Ketika hari basah (hujan) dibangkitkan, distribusi kepengcengan hujan digunakan untuk membangkitkan jumlah presipitasi yang terjadi.

Dalam model Markov *Chain-Exponential*, peluang hujan pada suatu hari hujan dikondisikan pada hari basah (hujan) atau hari kering (tidak hujan) di hari sebelumnya. Hari basah (hujan) ditentukan dengan angka hujan 0,1 atau lebih. Peluang kejadian hujan dan tidak hujan dalam model ini dibagi menjadi dua data masukan dengan rumus seperti berikut ini :

1. Probabilitas hari basah pada hari i hari basah pada hari sebelum i ,

$$P_1(D/W) = 1 - P_1(W/W)$$

2. Probabilitas hari basah pada hari i hari kering pada hari sebelum i ,

$$P_1(D/D) = 1 - P_1(W/D)$$

dengan :

$$P_1(D/W) = \text{Peluang hari kering pada hari } i \text{ hari basah pada hari } i - 1$$

$$P_1(D/D) = \text{Peluang hari kering pada hari } i \text{ hari kering pada hari } i - 1$$

Untuk menghitung jumlah presipitasi yang terjadi pada suatu hari, AVSWAT menggunakan model distribusi kepengcengan (*skewed distribution*) (Nicks, 1974) dengan rumus sebagai berikut :

$$1. R_{day} = \mu_{mon} + 2 \cdot \sigma_{mon} \left[\frac{\left[\left(\frac{SDN_{day}}{g_{mon}} - \frac{g_{mon}}{6} \right) \cdot \left(\frac{g_{mon}}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1}{g_{mon}} \right] \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan :

R_{day} = Jumlah hujan pada suatu hari (mm H₂O)

μ_{mon} = Rata-rata hujan harian bulanan (mm H₂O)

σ_{mon} = Standar deviasi hujan harian bulanan (mm H₂O)

SDN_{day} = Standar normal deviasi terhitung untuk hari hujan

g_{mon} = Koefisien kepengcengan untuk hujan harian bulanan

2. Standar normal deviasi dihitung dengan rumus :

$$SDN_{day} = \cos(6,283 \cdot rnd_2) \cdot \sqrt{-2 \ln(rnd_1)} \dots\dots\dots(2-8)$$

dengan :

SDN_{day} = Standar normal deviasi terhitung untuk hari hujan

rnd_1 dan rnd_2 adalah bilangan acak antara 0,0 dan 1,0

Untuk input data-data pembangkit cuaca, data-data disusun dalam susunan data statistik dengan rumus-rumus sebagai berikut :

1. TMPMX adalah rata-rata temperatur udara maksimum dalam bulanan.

$$\mu_{mx_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx, mon}}{N} \dots\dots\dots(2-9)$$

dengan :

$\mu_{mx_{mon}}$ = Rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan *mon* (°C)

$T_{mx, mon}$ = Temperatur maksimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)

N = Jumlah temperatur maksimum pada bulan *mon*

2. TMPMN adalah rata-rata temperatur udara minimum dalam bulanan.

$$\mu_{mn_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mn, mon}}{N} \dots\dots\dots(2-10)$$

dengan :

$\mu_{mn_{mon}}$ = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan *mon* (°C)

$T_{mn, mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)

N = Jumlah temperatur minimum pada bulan *mon*

3. TMPSTDMX adalah standar deviasi temperatur harian maksimum dalam bulanan.



$$\sigma_{mx_{mon}} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mx, mon} - \mu_{mx_{mon}} \right)^2}{N - 1}} \quad (2-11)$$

dengan :

$\sigma_{mx_{mon}}$ = Standar deviasi temperatur harian maksimum bulan *mon* (°C)

$T_{mx, mon}$ = Temperatur maksimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)

$\mu_{mx_{mon}}$ = Rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan *mon* (°C)

N = Jumlah temperatur maksimum pada bulan *mon*

4. TMPSTDMN adalah standar deviasi temperatur harian minimum dalam bulanan.

$$\sigma_{mn_{mon}} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mn, mon} - \mu_{mn_{mon}} \right)^2}{N - 1}} \quad (2-12)$$

dengan :

$\sigma_{mn_{mon}}$ = Standar deviasi temperatur harian minimum bulan *mon* (°C)

$T_{mn, mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)

$\mu_{mn_{mon}}$ = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan *mon* (°C)

N = Jumlah temperatur minimum pada bulan *mon*

5. PCPMM adalah rata-rata total presipitasi dalam bulanan.

$$\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day, mon}}{yrs} \quad (2-13)$$

dengan :

\bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi bulan *mon* (mm H₂O)

$R_{day, mon}$ = Presipitasi harian untuk hari ke-*d* pada bulan *mon* (mm H₂O)

N = Jumlah presipitasi harian pada bulan *mon*

yrs = Jumlah tahun presipitasi harian

6. PCPSTD adalah standar deviasi presipitasi harian dalam bulanan.

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N R_{day, mon} - \bar{R}_{mon} \right)^2}{N - 1}} \quad (2-14)$$

dengan :

- σ_{mon} = Standar deviasi presipitasi harian bulan *mon* (mm H₂O)
 $R_{day, mon}$ = Jumlah presipitasi harian untuk hari ke-*d* pada bulan *mon* (mm H₂O)
 \bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi harian dalam bulan *mon* (mm H₂O)
 N = Jumlah presipitasi harian pada bulan *mon*

7. PCPSKW adalah koefisien kepengengan presipitasi harian bulanan.

$$g_{mon} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N (R_{day, mon} - \bar{R}_{mon})^2}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{mon})^2} \dots\dots\dots(2-15)$$

dengan :

- g_{mon} = Koefisien kepengengan presipitasi harian bulan *mon*
 N = Jumlah presipitasi harian pada bulan *mon*
 $R_{day, mon}$ = Jumlah presipitasi harian untuk hari ke-*d* pada bulan *mon* (mm H₂O)
 \bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi bulanan (mm H₂O)
 σ_{mon} = Standar deviasi presipitasi harian bulan *mon* (mm H₂O)

8. PR_W(1, *mon*) adalah probabilitas hari hujan/hari basah (*wet day*) yang mengikuti hari tidak hujan/hari kering (*dry day*), artinya apabila hari ini hujan maka kemarin tidak hujan.

$$P_1(W/D) = \frac{days_{W/D, i}}{days_{dry, i}} \dots\dots\dots(2-16)$$

dengan :

- $P_1(W/D)$ = Probabilitas hari basah yang mengikuti hari kering di bulan *i*
 $days_{W/D, i}$ = Jumlah hari basah yang mengikuti hari kering
 $days_{dry, i}$ = Jumlah hari kering selama periode pengukuran

9. PR_W(2, *mon*) adalah probabilitas hari hujan/hari basah (*wet day*) yang mengikuti hari hujan/hari basah (*wet day*), artinya apabila hari ini hujan maka kemarin juga hujan.

$$P_1(W/W) = \frac{days_{W/W, i}}{days_{wet, i}} \dots\dots\dots(2-17)$$

dengan :

- $P_1(W/W)$ = Probabilitas hari basah yang mengikuti hari basah di bulan *i*
 $days_{W/W, i}$ = Jumlah hari basah yang mengikuti hari basah
 $days_{wet, i}$ = Jumlah hari basah selama periode pengukuran

10. PCPD(*mon*) adalah rata-rata jumlah hari terjadinya presipitasi dalam bulanan.

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} \dots\dots\dots(2-18)$$

dengan :

$\bar{d}_{wet,i}$ = Rata-rata jumlah hari terjadinya presipitasi dalam bulan *i*

$days_{wet,i}$ = Jumlah hari basah selama periode pengukuran

yrs = jumlah tahun pengukuran

11. SOLARAV(*mon*) adalah rata-rata radiasi sinar matahari harian dalam bulanan.

$$\mu rad_{mon} = \frac{\sum_{d=i}^N H_{day,mon}}{N} \dots\dots\dots(2-19)$$

dengan :

μrad_{mon} = Rata-rata radiasi sinar matahari harian untuk bulan *mon* (MJ/M²/day)

$H_{day,mon}$ = Jumlah radiasi sinar matahari pada permukaan bumi pada hari ke-*d* dalam bulan *mon* (MJ/M²/day)

N = Jumlah angka radiasi sinar matahari untuk bulan *mon*

12. WND_{AV}(*mon*) adalah rata-rata kecepatan angin dalam bulanan.

$$\mu wnd_{mon} = \frac{\sum_{d=i}^N \mu_{wdn,mon}}{N} \dots\dots\dots(2-20)$$

dengan :

μwnd_{mon} = Rata-rata kecepatan angin harian untuk bulan *mon* (m/s)

$H_{wdn,mon}$ = Jumlah kecepatan angin pada hari ke-*d* bulan *mon* (m/s)

N = Jumlah angka kecepatan angin harian untuk bulan *mon*

2.4.5 Limpasan Permukaan

2.4.5.1 Volume Limpasan Permukaan

Untuk menentukan besarnya volume limpasan permukaan dengan menggunakan model SWAT (*Soil And Water Assessment Tool*), metode yang digunakan adalah metode SCS (*Soil Conservation Service*) Curve Number (SCS, 1972). *The Soil Conservation Service* (1972) atau metode SCS adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa rasio dari abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa rasio dari abstraksi langsung dengan simpanan air permukaan (*retention*) sama dengan rasio nilai limpasan permukaan

langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potensial runoff*) (Chow, 1988,p.147)

Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tata guna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Asdak, 2004,p.182). Secara terinci perumusan dari metode ini adalah sebagai berikut :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \dots\dots\dots(2-21)$$

dengan :

- Q_{surf} = Kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)
 - I_a = Abstraksi awal (*initial abstraction*)
 - R_{day} = Kedalaman hujan harian (mm)
 - S = Volume dari total simpanan permukaan (*retention parameter*) (mm)
- Dimana di atas merupakan persamaan yang dipakai untuk menentukan kedalaman dari curah hujan berlebih (*depth excess rainfall*) atau limpasan permukaan.

Korelasi antara nilai I_a dengan S adalah (Chow, 1988, p.148) :

$$I_a = 0,2 S$$

Untuk memudahkan perhitungan kelembaban awal (*antecedent moisture condition*), tata guna lahan, dan konservasi tanah, Dinas Konservasi Tanah Amerika menentukan besarnya S sebagai berikut :

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots\dots\dots(2-22)$$

dengan :

- CN = Bilangan kurva air larian, bervariasi dari hingga 100

Dengan mengplotkan nilai dari R_{day} dan Q_{surf} pada kurva SCS maka nilai CN dapat ditentukan. Metode SCS mengelompokkan jenis tanah dalam 4 (empat) jenis yaitu berdasar tipe tanah dan tata guna lahannya (*hydrology soil group*).

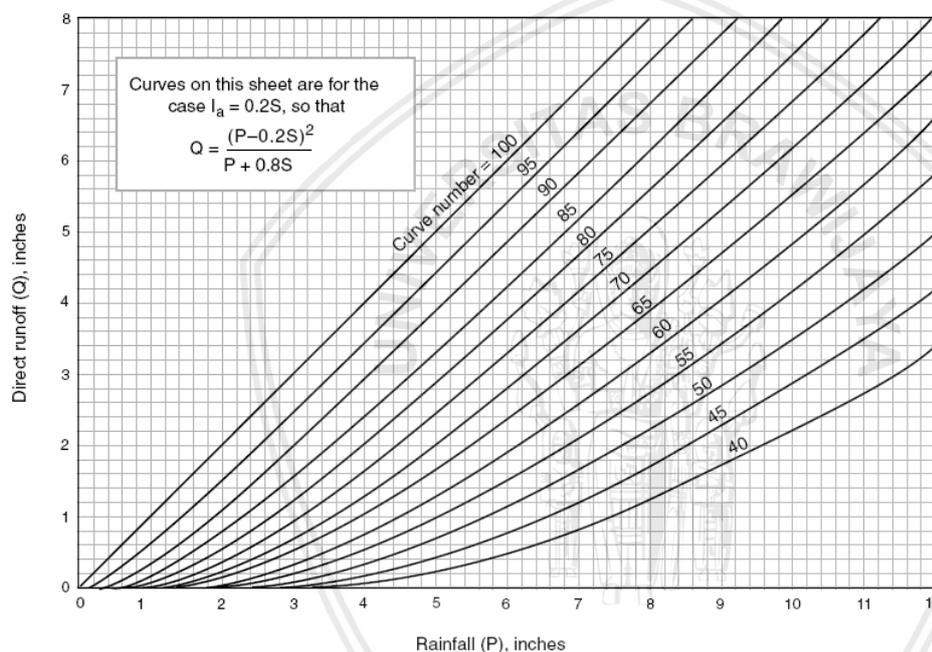
Pada abstraksi awal, I_a biasanya menggunakan pendekatan $0.2 S$ sehingga persamaan (2-68) menjadi :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2 S)^2}{(R_{day} + 0.8 S)} \dots\dots\dots(2-23)$$

Limpasan permukaan akan terjadi bila $R_{day} > I_a$. Grafik penyelesaian dari rumus (2-7) untuk nilai CN yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.5.

2.4.5.2 SCS Curve Number

Nilai CN pada Tabel 2.2. dan Tabel 2.3. berasal dari daerah beriklim sedang, namun demikian tabel tersebut cukup memadai untuk digunakan sebagai pengganti apabila nilai CN untuk daerah setempat belum tersedia (Asdak, 2002, p.183). Nilai CN pada tabel tersebut hanya berlaku untuk keadaan kelembaban awal II, yaitu nilai rata-rata untuk banjir tahunan. Faktor korelasi untuk keadaan kelembaban awal yang lain dapat diperoleh antara lain dalam (Schwab et al, 1982).



Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Limpasan Permukaan dengan Curah Hujan Pada Metode *SCS Curve Number*

Sumber : USDA

Tabel 2. 2 Bilangan Kurva Air Larian (CN) Untuk Kondisi Hujan Awal II Pada Tanah Pertanian Yang Ditanami (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tata Guna Lahan	Cara bercocok tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok tanah				
			A	B	C	D	
Tidak dikerjakan	Gundul/Kosong	-	77	86	91	94	
	Tanah kosong bekas dikerjakan	Buruk	76	85	90	93	
		Baik	74	83	88	90	
		Buruk	72	81	88	91	
	Tanaman Berjajar	Larikan Lurus	Baik	67	78	85	89
			Buruk	71	80	87	90
Larikan lurus ada bekas ditanami		Baik	64	75	82	85	

Lanjutan Tabel 2. 2 Bilangan Kurva Air Larian (CN) Untuk Kondisi Hujan Awal II Pada Tanah Pertanian Yang Ditanami (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tata Guna Lahan	Cara bercocok tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok tanah			
			A	B	C	D
Padi, Gandum	Kontur ada bekas ditanami	Baik	65	75	82	86
		Buruk	69	78	83	87
	Kontur dan teras	Baik	64	74	81	85
		Buruk	66	74	80	82
	Kontur dan teras ada bekas ditanami	Baik	62	71	78	81
		Buruk	65	73	79	81
	Larikan Lurus	Baik	61	70	77	80
		Buruk	65	76	84	88
	Larikan lurus ada bekas ditanami	Baik	63	75	83	87
		Buruk	64	75	83	86
	Kontur	Baik	60	72	80	84
		Buruk	63	74	82	85
	Kontur ada bekas ditanami	Baik	61	73	81	84
		Buruk	62	73	81	84
	Kontur dan teras	Baik	60	72	80	83
		Buruk	61	72	79	82
	Kontur dan teras ada bekas ditanami	Baik	59	70	78	81
		Buruk	60	71	78	81
	Larikan lurus	Baik	58	69	77	80
		Buruk	66	77	85	89
Tanaman Legum	Kontur	Baik	58	72	81	85
		Buruk	64	75	83	85
	Kontur dan teras	Baik	55	69	78	83
		Buruk	63	73	80	83

Sumber : AVSWAT *Theoretical Documentation 2000*, (2002,p.95)

Tabel 2. 3 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan Awal II Pada Tanah Pertanian Yang Lain (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tata guna lahan	Keadaan Hidrologi	Kelompok tanah			
		A	B	C	D
Padang rumput terus-menerus untuk tempat penggembalaan ternak	Buruk	68	79	86	89
	Cukup	49	69	79	84
	Baik	39	61	74	80
Padang rumput terlindung dari ternak, untuk Dipanen		30	58	71	78

Lanjutan Tabel 2. 3 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan Awal II Pada Tanah Pertanian Yang Lain

Tata guna lahan	Keadaan Hidrologi	Kelompok tanah			
		A	B	C	D
Tanaman kayu kombinasi rumput dan Perkebunan	Cukup	35	56	70	77
	Baik	30	48	65	73
	Buruk	57	73	82	86
	Cukup	43	65	76	82
	Baik	32	58	72	79
	Buruk	45	66	77	83
Tegakan hutan tidak rapat	Cukup	36	60	73	79
	Baik	30	55	70	77
Tanah Pertanian		59	74	82	86

Sumber : AVSWAT *Theoretical Documentation* 2000, (2002, p.96)

2.4.5.3 Soil Hydrologic Groups

U.S Natural Resource Conservation Service (NRCS) mengklasifikasikan tanah menjadi empat kelompok hidrologi berdasarkan pada karakteristik infiltrasi tanah tersebut.

Kelompok tanah rangkap diberikan untuk lahan basah tertentu yang mendapatkan cukup aliran, initial pertama merupakan kondisi adanya aliran air, sedangkan yang kedua merupakan kondisi tanpa aliran.

Tabel 2. 4 Kelompok Tanah Menurut *NRCS*

Kelompok Tanah	Keterangan	Laju Infiltrasi (mm/jam)
A	Potensi air larian paling kecil, termasuk tanah pasir dalam dengan unsur debu dan liat. Laju infiltrasi tinggi	8 – 12
B	Potensi air larian kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Tekstur halus sampai sedang. Laju infiltrasi sedang.	4 – 8
C	Potensi air larian sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. Tekstur sedang sampai halus.	1 – 4
D	Laju infiltrasi rendah Potensi air larian tinggi, kebanyakan tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah. Infiltrasi paling rendah	0 - 1

Sumber : Asdak (2002, p.184)

2.4.6 Debit Puncak Limpasan (*Peak Runoff Rate*)

Debit puncak limpasan adalah aliran limpasan maksimum yang terjadi pada saat terjadinya hujan. Debit puncak limpasan merupakan indikator dari kekuatan hujan yang digunakan untuk memprediksi besarnya sedimentasi yang terjadi. Perhitungan debit limpasan puncak menggunakan modifikasi dari metode rasional.

Metode rasional berdasarkan pada asumsi bahwa intensitas curah hujan (i) dimulai pada saat $t = 0$ dan berlangsung terus sampai dengan jangka waktu yang tidak terbatas, sehingga debit limpasan puncak akan terus meningkat samapai pada waktu konsentrasinya $t = t_{conc}$ dimana luas wilayah sub DAS akan mempengaruhi aliran sampai pada titik keluaran sub DAS (*outlet*). Persamaan rasional tersebut adalah sebagai berikut:

$$q_{peak} = \frac{C \cdot I \cdot Area}{3.6} \dots\dots\dots(2-24)$$

dengan :

q_{peak} = Debit puncak limpasan (*Peak Runoff Rate*) (m^3/dt)

i = Intensitas hujan (mm/jam)

$Area$ = Luas wilayah sub DAS (km^2)

C = Koefisien aliran

3.6 = Faktor konversi

2.4.6.1 Waktu Konsentrasi (*Time of Consentration*)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dihitung dari mulai jatuhnya hujan pada suatu sub DAS sampai air tersebut mengalir ke *outlet* dari sub DAS tersebut. Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang dibutuhkan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu sub DAS) sampai ke *outlet* sungai dari sub DAS tersebut. Waktu konsentrasi dihitung dengan menjumlahkan lamanya waktu yang dilalui oleh air hujan yang jatuh pada suatu titik kemudian mengalir di lahan sampai ke sungai dan akhirnya mengalir di sungai sampai ke *outlet* sungai dari sub DAS tersebut. Persamaannya sebagai berikut :

$$t_{conc} = t_{ov} + t_{ch} \dots\dots\dots(2-25)$$

dengan :

t_{conc} = Waktu konsentrasi di sub DAS jam (jam)

t_{ov} = Waktu konsentrasi untuk aliran di lahan (jam)

t_{ch} = Waktu konsentrasi untuk aliran di sungai (jam)

1. Waktu konsentrasi di lahan (*overland flow time of concentration*)

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}}{3600 \cdot V_{ov}} \dots\dots\dots(2-26)$$

dengan :

t_{ov} = Waktu konsentrasi untuk aliran di lahan (jam)

L_{slp} = Panjang lereng di sub DAS (m)

V_{ov} = Kecepatan aliran di lahan (*overland flow velocity*) (m/dt)

3600 = Faktor konservasi (*unit conservation factor*)

Kecepatan aliran di lahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* untuk setiap 1 meter panjang sepanjang garis miring permukaan lahan :

$$V_{ov} = \frac{V_{ov}^{0.4} \cdot slp^{0.3}}{n^{0.6}} \dots\dots\dots(2-27)$$

dengan :

V_{ov} = Kecepatan aliran di lahan (*overland flow velocity*) (m/dt)

q_{ov} = Debit aliran rata-rata di lahan (*average overland flow rate*) (m³/dtk)

slp = Kemiringan rata-rata di sub DAS (m/m)

n = Angka kekasaran *manning*

2. Waktu konsentrasi aliran di sungai/saluran (*channel flow time of concentration*)

$$T_{ch} = \frac{l_c}{3,6 \cdot v_c} \dots\dots\dots(2-28)$$

dengan :

t_{ch} = Waktu konsentrasi untuk aliran di sungai (jam)

L_c = Panjang rata-rata di sub DAS (km)

V_c = Kecepatan aliran di sungai (*channel flow velocity*) (m/dt)

3,6 = Faktor konservasi (*unit conversion faktor*)

Tabel 2. 5 Angka Kekasaran *Manning* (N) Untuk Aliran Di Lahan (*Engman,1983*)

Karakteristik Permukaan Lahan	Median	Range
Tanah kosong, gundul-tanpa sisa tanaman	0.010	0.008-0.012
Pengolahan tanah konvensional-tanpa sisa tanaman	0.090	0.060-0.120
Pengolahan tanah konvensional-ada sisa tanaman	0.190	0.160-0.220
Pengolahan tanah dengan dibajak-tanpa sisa tanaman	0.090	0.060-0.120
Pengolahan tanah dengan dibajak-ada sisa tanaman	0.130	0.100-0.160
Tanaman musiman-ada sisa tanaman	0.400	0.300-0.500

Lanjutan Tabel 2. 5 Angka Kekasaran *Manning* (*N*) Untuk Aliran Di Lahan
(Engman,1983)

Karakteristik Permukaan Lahan	Median	Range
Tanah tidak dikerjakan-tanpa sisa tanaman	0.070	0.040-0.100
Tanah tidak dikerjakan-ada sisa tanaman 0.5-1 ton/ha	0.120	0.070-0.170
Tanah tidak dikerjakan-ada sisa tanaman 2-9 ton/ha	0.300	0.170-0.470
Tanah berteras, 20 % ditanami	0.600	
Padang rumput pendek yang luas	0.150	0.100-0.200
Rumput tebal	0.240	0.170-0.300
Rumput bermuda	0.410	0.300-0.480

Sumber : Engman dalam AVSWAT *Theoretical Documentation* 2000 (2002, p.105)

Panjang rata-rata saluran dihitung dengan persamaan :

$$L_c = \sqrt{L \cdot L_{cen}} \dots\dots\dots(2-28)$$

dengan :

L_c = Panjang rata-rata saluran di sub DAS (km)

L = Panjang saluran dari titik terjauh sampau ke *outlet* sub DAS (km)

L_{cen} = Jarak antara sepanjang saluran dengan titik tengah sub DAS (km)

Diasumsikan $L_{cen} = 0,5 L$, maka panjang rata-rata saluran di sub DAS adalah :

$$L_c = 0,71 \cdot L$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan rumus *manning*, dengan asumsi penampang melintang saluran terbentuk trapesium, kemiringan tebing saluran 2:1, dan rasio perbandingan lebar dasar saluran dengan tinggi saluran adalah 10:1, sehingga akan di dapatkan persamaan :

$$V_c = \frac{0,489 \cdot q_{ch}^{0,25} \cdot slp_{ch}^{0,375}}{n^{0,75}} \dots\dots\dots(2-29)$$

dengan :

V_c = Kecepatan rata-rata aliran saluran (*average channel velocity*) (m/dt)

q_{ch} = Debit rata-rata di saluran (*average channel rate*) (m³/dt)

slp_{ch} = Kemiringan saluran (m/m)

n = Koefisien kekasaran *manning* di saluran

Untuk menghitung debit rata-rata aliran di saluran menggunakan rumus :

$$q_{ch} = \frac{q_{ch} \cdot Area}{3,6} \dots\dots\dots(2-30)$$

dengan :

$Area$ = Luas sub DAS (km²)

q_{ch} = Debit rata-rata di saluran (mm/jam)

q_{ch} merupakan debit yang terjadi pada unit satuan luas (unit satuan luas = 1 ha), dihitung dengan persamaan :

$$q_{ch} = q_0 \cdot (100 \cdot Area)^{-0,5} \dots\dots\dots(2-31)$$

dengan :

q_0 = Debit pada satu unit satuan luas (mm/jam)

100 = Faktor konversi

2.4.6.2 Koefisien Aliran

Angka koefisien aliran (C) merupakan bilangan perbandingan laju debit puncak dengan intensitas hujan dan merupakan bilangan tanpa satuan. Dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{Q_{surf}}{R_{day}} \dots\dots\dots(2-32)$$

dengan :

Q_{surf} = Kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)

R_{day} = Jumlah hujan pada suatu hari (mm H₂O)

2.4.6.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan persatuan waktu, dihitung dengan rumus :

$$i = \frac{R_{tc}}{t_{conc}} \dots\dots\dots(2-33)$$

dengan :

i = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{tc} = Tinggi hujan selama waktu konsentrasi (mm)

t_{conc} = Waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

Suatu analisa data curah hujan yang dikumpulkan oleh *Hershfield* (1961) dalam jangka waktu dan frekwensi yang berbeda-beda menunjukkan bahwa jumlah hujan yang jatuh sepanjang waktu konsentrasinya sebanding dengan hujan yang jatuh selama periode 24 jam.

$$R_{tc} = \alpha_{tc} \cdot R_{day} \dots\dots\dots(2-34)$$

dengan :

α_{tc} = Fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

R_{day} = Jumlah hujan yang terjadi dalam 1 hari (mm)

Untuk durasi hujan pendek, semua hujan yang jatuh sepanjang waktu konsentrasinya menyebabkan α_{tc} mendekati batas atasnya 1. Nilai minimum α_{tc} terjadi jika intensitas hujan yang terjadi seragam ($i_{24} = i$).

Nilai minimum ini dapat didefinisikan dengan mensubstitusikan persamaan (2-33) dan $i_{24} = i$ ke dalam persamaan (2-35) :

$$\alpha_{tc, \min} = \frac{R_{tc}}{R_{day}} = \frac{i \cdot t_{conc}}{i_{24} \cdot 24} = \frac{t_{conc}}{24} \quad \dots\dots\dots(2-35)$$

dengan besarnya α_{tc} adalah $t_{conc} / 24 \leq \alpha_{tc} \leq 1,0$

AVSWAT memperkirakan fraksi dari curah hujan yang terjadi dalam waktu konsentrasi tertentu sebagai fungsi fraksi dari durah hujan harian dengan waktu setengah jam dari intensitas hujan maksimumnya :

$$\alpha_{tc} = 1 - \exp[2 \cdot t_{conc} \cdot \ln(1 - \alpha_{0.5})] \quad \dots\dots\dots(2-36)$$

dengan :

t_{conc} = Fraksi curah hujan harian selama waktu setengah jam dari intensitas hujan tertingginya.

$\alpha_{0.5}$ = Waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

2.4.6.4 Modifikasi Rumus Rasional

Modifikasi rumus rasional digunakan untuk memperkirakan besarnya debit puncak limpasan, didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3.6 \cdot t_{conc}} \quad \dots\dots\dots(2-37)$$

dengan :

q_{peak} = Debit puncak limpasan (*peak runoff rate*) (m^3/dt)

α_{tc} = Fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

$Area$ = Luas wilayah sub DAS (km^2)

t_{conc} = Waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

3.6 = Faktor konversi

Q_{surf} = Kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)

2.4.7 Analisis Erosi Dan Sedimentasi

Analisa Hidrologi mengenai potensi Erosi dan Sedimentasi yang terjadi di Lahan dan sungai DAS Logung di lakukan simulasi pemodelan AVSWAT 2000, dimana pembahasannya terpisahkan menjadi :

1. Fase Di Lahan → Besar Potensi Erosi Lahan DAS Logung

2. Fase Di Sungai → Besar Potensi Sedimen sungai di tiap Outlet Sub DAS dan Sedimen *Inflow* pada DAS Logung

2.4.7.1. Analisa Hidrologi Fase di Lahan Erosi

Erosi adalah suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air ataupun angin. Proses erosi bermula dengan terjadinya penghancuran agregat-agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah.

Begitu air hujan mengenai kulit bumi, maka secara langsung hal ini akan menyebabkan hancurnya agregat tanah. Pada keadaan ini, penghancuran agregat tanah dipercepat dengan adanya daya penghancuran dan daya urai dari air itu sendiri. Hancuran dari agregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga kapasitas infiltrasi akan berkurang. Sebagai akibat lebih lanjut, akan mengalir di permukaan tanah, yang disebut sebagai limpasan permukaan tanah (*run off*). Air yang mengalir pada permukaan kulit bumi ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel yang telah hancur, baik oleh air hujan maupun oleh adanya limpasan permukaan itu sendiri.

Pada studi ini besaran erosi dihitung berdasarkan rumus Modifikasi USLE :

$$\text{sed} = 11.8 (Q_{\text{surf}} \times Q_{\text{peak}} \times A) K \times C \times P \times LS \times \text{CFRG} \dots\dots\dots(2-38)$$

dengan :

sed = Sediment yied (ton)

Q_{surf} = Volume limpasan permukaan (mm/ha)

Q_{peak} = Debit puncak (m^3/det)

A = Luas DAS (ha)

K = Erodibilitas tanah

C = Faktor tanaman

P = Faktor pengelolaan lahan

LS = Faktor lereng

CFRG = Faktor kekasaran material tanah

2.4.7.1.1. Faktor Erodibilitas Tanah

Beberapa tanah tererosi lebih mudah daripada yang lain meskipun faktor-faktor lainnya memiliki kesamaan. Perbedaan ini dinamakan sebagai Erodibilitas tanah dan yang disebabkan oleh propertis tanah itu sendiri. Wischmeier dan Smith mendefinisikan faktor erodibilitas tanah adalah besar kehilangan tanah per unit indeks

erosi untuk tanah yang telah terspesifikasi melalui pengukuran pada satuan unit plot. Satu unit plot adalah sepanjang 22.1 m, dengan keseragaman kemiringan sebesar 9 %, tanah kosong tanpa penutup, dengan diberikan perlakuan peninggian dan penurunan kemiringan. Perlakuan pada tanah kosong ini dimaksudkan sebagai lahan dalam kondisi yang telah diolah dan terjaga dari vegetasi selama lebih dari 2 tahun. Satuan faktor erodibilitas tanah *USLE* dalam *MUSLE* adalah ekuivalen secara numerik terhadap satuan Inggris sebesar 0.01 (*ton acre hr*) atau (*acre ft-inch*).

Wischmeier dan Smith mencatat bahwa beberapa tipe tanah umumnya memiliki erodibilitas yang kecil seiring dengan menurunnya kandungan *silt*, yang berhubungan dengan peningkatan kandungan pasir dan lempung. Sehubungan dengan pengukuran faktor erodibilitas tanah sangat membutuhkan waktu dan biaya yang tinggi, maka Wischmeier dan Smith (1971) mengembangkan persamaan umum untuk menghitung faktor erodibilitas adalah sebagai berikut :

$$K_{USLE} = \frac{0.00021 \cdot M^{1.14} \cdot (12 - OM) + 3.25 \cdot (c_{soilstr} - 2) + 2.5 \cdot (c_{perm} - 3)}{100} \quad (2-39)$$

dengan :

K_{USLE} = Faktor erodibilitas tanah USLE

M = Persentase ukuran partikel (% debu + pasir sangat halus) \times (100 - % liat)

OM = Persen unsur organik

$c_{soilstr}$ = Kode klasifikasi struktur tanah (*granular, platy, massive*, dll)

c_{perm} = Kelas permeabilitas tanah

Perhitungan M dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M = (m_{silt} + m_{vfs}) \cdot (100 - m_c) \quad (2-40)$$

dengan :

m_{silt} = Persentase debu (silt) (diameter partikel 0.002-0.05 mm)

m_{vfs} = Persentase pasir sangat halus (very fine sand)
(diameter partikel 0.05-0.10 mm)

m_c = Persentase liat (clay) (diameter partikel < 0.002 mm)

OM dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$OM = 1.72 \cdot orgC \quad (2-41)$$

dengan :

$orgC$ = Persentase karbon organik

Pembagian kelas tanah berdasarkan kriteria ukuran partikel tanahnya dapat berbeda-beda sesuai dengan struktur tanahnya, kode yang dimaksud pada faktor $c_{soilstr}$ adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 6 Klasifikasi Struktur Tanah

Kelas	Keterangan
1	Granuler sangat halus (<i>very fine granular</i>)
2	Granuler halus (<i>fine granular</i>)
3	Granuler sedang-kasar (<i>medium or coarse granular</i>)
4	Massif kubus, lempeng (<i>blocky, platy, prislmlike or massive</i>)

Sumber : SWAT *Theoretical Documentation* 2000, (2002,p. 219)

Tabel 2. 7 Klasifikasi Ukuran Partikel Struktur Tanah

Klasifikasi Ukuran	Bentuk Struktur			
	Platy	Prismatic dan Columnar	Blocky	Granular
Very fine	< 1 mm	< 10 mm	< 5 mm	< 1 mm
Fine	1-2 mm	10-20 mm	5-10 mm	1-2 mm
Medium	2-5 mm	20-50 mm	10-20 mm	2-5 mm
Coarse	5-10 mm	50-100 mm	20-50 mm	5-10 mm
Very coarse	> 10 mm	> 100 mm	> 50 mm	> 10 mm

Sumber : SWAT *Theoretical Documentation* 2000 (2002, p.218)

Kode yang dimaksud pada faktor c_{perm} adalah sebagi berikut :

Tabel 2. 8 Klasifikasi Permeabilitas

Kelas	Keterangan	Permeabilitas (cm/jam)	Permeabilitas (mm/jam)
		(Utomo, 1987)	(SWAT 2000, 2003)
1	Cepat	> 12,5	> 150
2	Agak cepat	6,25 – 12,5	50-150
3	Sedang	2,00 – 6,25	15-50
4	Agak lambat	0,50 – 2,00	5-15
5	Lambat	0,125 – 0,50	1-5
6	Sangat lambat	< 0,125	< 1

Sumber : SWAT *Theoretical Documentation* 2000, (2002, p.219)

Williams (1995) melakukan perubahan persamaan dalam melakukan perhitungan erodibilitas tanah sebagai berikut :

$$K_{USLE} = f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand} \dots\dots\dots(2-42)$$

dengan :

- f_{csand} =Faktor untuk erodibilitas tanah yang tergantung pada besarnya kadar *coarse-sand* dan akan bernilai tinggi pada tanah yang sedikit berpasir
- f_{cl-si} =Faktor yang akan berpengaruh terhadap rendahnya nilai erodibilitas tanah untuk tanah dengan perbandingan *clay* lebih tinggi daripada *silt*
- f_{orgc} =Faktor penurun erodibilitas tanah, untuk tanah dengan kadar karbon organik yang tinggi
- f_{hisand} =Faktor penurun erodibilitas tanah, untuk tanah dengan kadar pasir (*sand*) yang sangat tinggi

Faktor-faktor tersebut dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 \cdot \exp \left[- 0.256 \cdot m_s \cdot \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0.25 \cdot orgC}{orgC + \exp [3.72 - 2.95 \cdot orgC]} \right)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[- 5.51 + 22.9 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right)$$

dengan :

- m_s = Persentase pasir (*sand*) (diameter butiran 0.05-2.00 mm)
- m_{silt} = Persentase debu (*silt*) (diameter butiran 0.002-0.05 mm)
- m_c = Persentase liat (*clay*) (diameter butiran < 0.002 mm)
- $orgC$ = Persentase *karbon organik*

2.4.7.1.2. Faktor Pengolahan Tanaman

Faktor C menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Oleh karenanya, besarnya angka C tidak selalu sama dalam kurun waktu satu tahun. Meskipun kedudukan C dalam persamaan USLE ditentukan sebagai faktor independen, nilai sebenarnya dari faktor C ini kemungkinan besar tergantung pada faktor-faktor lain yang termasuk dalam persamaan USLE.

Faktor C yang merupakan salah satu parameter dalam rumus USLE saat ini telah dimodifikasi untuk dapat dimanfaatkan untuk menentukan besarnya erosi di daerah berhutan atau lahan dengan dominasi vegetasi berkayu. Sembilan parameter telah ditentukan sebagai faktor yang berpengaruh dalam menentukan besarnya erosi di daerah bervegetasi kayu tersebut. Kesembilan unsur tersebut adalah konsolidasi tanah, sisa-sisa tanaman, tajuk vegetasi, sistem perakaran, efek sisa perakaran dari kegiatan pengelolaan lahan, faktor kontur, kekasaran permukaan tanah, gulma dan rumput-rumputan.

Vegetasi yang tumbuh pada suatu lahan dapat bervariasi sesuai dengan pola tata tanam dan masa pertumbuhan tanaman, sehingga SWAT merubah *CUSLE* dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_{USLE} = \exp \left(\left[\ln(0.8) - \ln(C_{USLE, mn}) \right] \cdot \exp \left[-0.00115 \cdot rsd_{surf} \right] + \ln[C_{USLE, mn}] \right) \quad (2-43)$$

dengan :

$C_{USLE, mn}$ = nilai minimum faktor pengelolaan tanaman

rsd_{surf} = jumlah *residue* (mulsa, sisa-sisa tanaman) di permukaan tanah (kg/ha)

Nilai minimum faktor pengelolaan tanaman dapat dihitung dari nilai rata-rata tahunan faktor C dengan menggunakan persamaan (Arnold and Williams, 1995) :

$$C_{USLE, mn} = 1.463 \cdot \ln[C_{USLE, aa}] + 0.1034 \quad (2-44)$$

dengan :

$C_{USLE, aa}$ = Nilai rata-rata tahunan faktor C

Pada Tabel di bawah ini ditunjukkan beberapa angka C yang diperoleh dari hasil penelitian Pusat Penelitian Tanah, Bogor di beberapa daerah di Jawa. Pada penelitian tersebut, pengelolaan tanaman, pemilihan bibit, pengolahan tanah, waktu tanam, dan pemeliharaan semuanya sesuai dengan anjuran Dinas Pertanian.

Tabel 2. 9 Nilai C Untuk Berbagai Jenis Tanaman dan Pengolahan Tanaman

Jenis Tanaman / Tata Guna Lahan	Nilai C
Tanaman rumput (<i>Brachiaria sp.</i>)	0,290
Tanaman kacang jogo	0,161
Tanaman Gandum	0,242
Tanaman ubi kayu	0,363
Tanaman kedelai	0,399

Lanjutan Tabel 2. 9 Nilai C Untuk Berbagai Jenis Tanaman dan Pengolahan Tanaman

Jenis Tanaman / Tata Guna Lahan	Nilai C
Tanaman serai wangi	0,434
Tanaman padi lahan kering	0,560
Tanaman padi lahan basah	0,010
Tanaman jagung	0,637
Tanaman jahe, cabe	0,900
Tanaman kentang ditanam searah lereng	1,000
Tanaman kentang ditanam searah kontur	0,350
Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami (6ton/ha/th)	0,079
Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,347
Pola tanam berurutan	0,398
Pola tanam tumpang gilir + mulsa sisa tanaman	0,357
Kebun campuran	0,200
Ladang berpindah	0,400
Tanah kosong diolah	1,000
Tanah kosong tidak diolah	0,950
Hutan tidak terganggu	0,001
Semak tidak terganggu	0,010
Alang-alang permanen	0,020
Alang-alang dibakar	0,700
Sengon disertai semak	0,012
Sengon tidak disertai semak dan tanpa seresah	1,000
Pohon tanpa semak	0,320

Sumber : Asdak (2002, p.373)

2.4.7.1.3. Faktor Pengolahan Lahan

Pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) terhadap besarnya erosi dianggap berbeda dari pengaruh yang ditimbulkan oleh aktivitas pengelolaan tanaman (C), oleh karenanya, dalam rumus USLE faktor P tersebut dipisahkan dari faktor C. Tingkat erosi yang terjadi sebagai akibat pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) bervariasi, terutama tergantung pada kemiringan lereng.

Faktor 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 limpasan permukaan dan yang memberikan kecenderungan bagi limpasan permukaan untuk mengalir langsung ke tempat yang lebih rendah dapat memperkecil nilai P. Di ladang pertanian, besarnya harga faktor P menunjukkan jenis aktivitas pengolahan tanah (pencangkulan dan persiapan tanah lainnya). Dalam pemakaian di bidang konstruksi, besarnya P menunjukkan kekasaran permukaan tanah sebagai akibat cara kerja traktor dan mesin-mesin pertanian lainnya. Besarnya faktor P yang telah berhasil ditentukan berdasarkan penelitian adalah seperti tersebut pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 10 Nilai Faktor P Pada Berbagai Aktifitas Konservasi Tanah

Teknik Konservasi Tanah	Nilai P
Teras bangku :	
a. baik	0,20
b. jelek	0,35
Teras bangku : jagung-ubi kayu/kedelai	0,06
Teras bangku : sorghum-sorghum	0,02
Teras tradisional	0,40
Teras gulud : padi-jagung	0,01
Teras gulud : ketela pohon	0,06
Teras gulud : jagung-kacang + mulsa sisa tanaman	0,01
Teras gulud : kacang kedelai	0,11
Tanaman dalam kontur :	
a. kemiringan 0-8 %	0,50
b. kemiringan 9-20 %	0,75
c. kemiringan >20 %	0,90
Tanaman dlm. jalur-jalur : jagung-kacang tanah + mulsa	0,05
Mulsa limbah jerami :	
a. 6 ton/ha/tahun	0,30
b. 3 ton/ha/tahun	0,50
c. 1 ton/ha/tahun	0,80
Tanaman perkebunan :	
a. disertai penutup tanah rapat	0,10
b. disertai penutup tanah sedang	0,50
Padang rumput :	
a. baik	0,04
b. jelek	0,40

Sumber : Asdak (2002, p.375)

2.4.7.1.4. Faktor Topografi Panjang Lereng (L) Kemiringan Lahan (S)

Faktor indeks topografi L dan S, masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Panjang lereng mengacu pada aliran air permukaan, yaitu lokasi berlangsungnya erosi dan kemungkinan terjadinya deposisi sedimen. Pada umumnya, kemiringan lereng diperlakukan sebagai faktor yang seragam. Besarnya nilai LS (faktor topografi) dihitung dengan menggunakan rumus :
SWAT Theoretical Documentation 2000, (2002,p.222)

$$LS_{USLE} = \left(\frac{L_{hill}}{22.1} \right)^m \cdot (65.41 \cdot \sin^2(\alpha_{hill}) + 4.56 \cdot \sin \alpha_{hill} + 0.065) \dots\dots\dots(2-45)$$

dengan :

- L_{hill} = Panjang lereng (m)
- m = Syarat eksponensial
- α_{hill} = Sudut lereng

Syarat eksponensial m dihitung dengan :

$$m = 0.6 \cdot (1 - \exp[-35.835 \cdot slp]) \dots\dots\dots(2-46)$$

dengan :

- slp = Kemiringan lereng HRU (*Hydrologic Response Unit*) = $\tan \alpha_{hill}$

2.4.7.1.5. Faktor Kekerasan Material Tanah

Faktor pecahan batuan kasar ini dihitung dengan persamaan :

$$CFRG = \exp(-0.053 \cdot rock) \dots\dots\dots(2-47)$$

dengan :

- $rock$ = Persentase batuan pada lapisan tanah

2.4.7.2. Hasil Sedimen

Transportasi sedimen pada jaringan saluran adalah merupakan fungsi dari dua proses, yaitu deposisi dan degradasi (penggerusan), yang beroperasi secara simultan pada pias. SWAT akan menghitung deposisi dan degradasi dengan menggunakan dimensi saluran yang sama untuk seluruh simulasi. Sebagai alternatif lain, SWAT akan mensimulasikan pemotongan dan pelebaran dari saluran pada sungai dan memperbaiki dimensi saluran di seluruh simulasi.

2.4.7.2.1. Penelusuran Sedimen Pada Saluran

Versi sebelumnya dari SWAT menggunakan energi sungai untuk memprediksi degradasi dan kecepatan jatuh untuk memperkirakan deposisi pada saluran (Arnold et

al, 1995). (Williams,1980) menggunakan definisi dari (Bagnold's, 1977) dari energi sungai untuk mengembangkan metode untuk menentukan degradasi sebagai fungsi dari kemiringan saluran dan kecepatan. Pada versi ini, perhitungan telah disederhanakan dan jumlah maksimum dari sedimen yang dapat diangkut dari bentangan pias adalah fungsi dari kecepatan puncak saluran. Kecepatan puncak saluran, $v_{ch,pk}$, dihitung dengan :

$$v_{ch,pk} = \frac{q_{ch,pk}}{A_{ch}} \quad \dots\dots\dots(2-48)$$

dengan :

$q_{ch,pk}$ = Debit puncak aliran (m^3/s) dan

A_{ch} = Luas penampang melintang aliran pada saluran (m^2).

Debit puncak aliran ditentukan dengan :

$$q_{ch,pk} = prf \cdot q_{ch} \quad \dots\dots\dots(2-49)$$

dengan :

prf = Faktor penyesuaian debit puncak, dan

q_{ch} = Debit aliran rata-rata (m^3/s).

Perhitungan dari debit aliran rata-rata, q_{ch} , dan luas penampang melintang aliran, A_{ch} dijelaskan dalam Sub Bab 3.3.1. Jumlah maksimum dari sedimen yang dapat diangkut dari pias dihitung dengan :

$$CONC_{sed, ch, mx} = C_{sp} \cdot v_{ch, pk}^{spexp} \quad \dots\dots\dots(2-50)$$

dengan :

$CONC_{sed, ch, mx}$ = Konsentrasi maksimum sedimen yang dapat diangkut oleh air (ton/m^3 atau kg/l),

C_{sp} = Koefisien yang ditentukan oleh user,

$v_{ch, pk}$ = Kecepatan puncak saluran (m/s), dan

$spexp$ = Normalnya bervariasi antara 1,0 sampai 2,0 dan ditentukan sebesar 1,5 pada persamaan energi sungai orisinil Bagnold (Arnold et al., 1995).

Konsentrasi maksimum sedimen yang dihitung dengan persamaan Konsentrasi maksimum sedimen dibandingkan dengan konsentrasi sedimen di pias pada awal periode waktu, $concsed, ch, i$. Jika $concsed, ch, i > concsed, ch, mx$, maka deposisi adalah proses dominan pada pias tersebut dan jumlah sedimen bersih yang disimpan dihitung dengan :

$$sed_{dep} = (conc_{sed, ch, i} - conc_{sed, ch, mx}) \cdot V_{ch} \quad \dots\dots\dots(2-51)$$

dengan :

sed_{dep} = Jumlah sedimen tersimpan pada pias (metric tons),

$conc_{sed, ch, i}$ = Konsentrasi sedimen awal pada pias (kg/l atau ton/m³),

$conc_{sed, ch, mx}$ = Konsentrasi maksimum sedimen yang dapat diangkut oleh air (kg/l atau ton/m³), dan

V_{ch} = Volume air pada pias (m³ H₂O).

Jika $conc_{sed, ch, i} < conc_{sed, ch, mx}$, degradasi adalah proses yang dominan pada pias dan jumlah sedimen bersih yang disimpan dihitung dengan :

$$sed_{deg} = (conc_{sed, ch, mx} - conc_{sed, ch, i}) \cdot V_{ch} \cdot K_{CH} \cdot C_{CH} \quad \dots\dots\dots(2-52)$$

dengan :

sed_{deg} = Jumlah sedimen yang dimasukkan kembali pada pias (metric tons),

$conc_{sed, ch, mx}$ = Konsentrasi maksimum sedimen yang dapat diangkut oleh air (kg/l atau ton/m³),

$conc_{sed, ch, i}$ = Konsentrasi sedimen awal pada pias (kg/l atau ton/m³),

V_{ch} = Volume air pada pias (m³H₂O),

K_{CH} = Faktor kelongsoran saluran (cm/hr/Pa), dan

C_{CH} = Faktor penutup saluran.

Ketika jumlah deposisi dan degradasi telah dihitung, jumlah akhir sedimen pada pias ditentukan dengan :

$$sed_{ch} = sed_{ch, i} - sed_{dep} + sed_{deg} \quad \dots\dots\dots(2-53)$$

dengan :

sed_{ch} = Jumlah sedimen melayang pada pias (metric tons),

$sed_{ch, i}$ = Jumlah sedimen melayang pada pias di awal periode waktu (metric tons),

sed_{dep} = Jumlah sedimen tersimpan pada pias (metric tons), dan

sed_{deg} = Jumlah sedimen yang diangkut kembali pada pias (metric tons).

Jumlah sedimen terangkut di luar pias dihitung dengan :

$$sed_{out} = sed_{ch} \cdot \frac{V_{out}}{V_{ch}} \quad \dots\dots\dots(2-54)$$

dengan :

sed_{out} = Jumlah sedimen terangkut di luar pias (metric tons),

sed_{ch} = Jumlah sedimen melayang pada pias (metric tons),

V_{out} = Volume outflow periode waktu tertentu ($m^3 H_2O$), dan

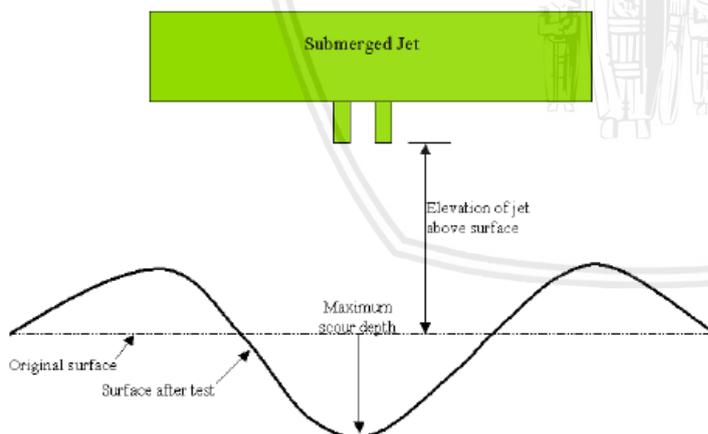
V_{ch} = Volume air pada pias ($m^3 H_2O$).

2.4.7.2.2. Faktor Erodibilitas Saluran

Faktor erodibilitas saluran memiliki konsep yang sama dengan faktor erodibilitas tanah yang digunakan dalam persamaan USLE. Erodibilitas saluran adalah fungsi dari properti material dasar.

Erodibilitas saluran dapat diukur dengan peralatan jet yang dicelupkan secara vertikal. Pernyataan yang mendasari tes ini adalah bahwa erosi dari suatu vegetasi atau saluran gundul dan gerusan lokal di bawah jet yang dilewati adalah jumlah dari tekanan hidrolis, batas geometri, dan properti dari material yang tererosi. Hanson (1990) mengembangkan suatu metode untuk menentukan koefisien erodibilitas saluran in situ dengan jet tenggelam vertikal. Allen et.al (1999) memakai metode ini untuk menentukan faktor erodibilitas saluran selama 30 tahun di Texas.

Jet vertikal yang ditenggelamkan dalam air disusun tegak lurus pada dasar saluran yang menyebabkan erosi pada material dasar di sekitar area tumbukan jet. Variabel penting pada proses erosi antara lain: volume material yang dipindahkan selama kejadian dengan jet, elevasi jet dari permukaan tanah, diameter dari moncong jet, kecepatan jet, waktu, massa berat jenis air dan koefisien erodibilitas.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Penampang Melintang pada Submerged Jet Test

(Hanson, 1991) menentukan indeks jet, J_i , untuk menghubungkan erodibilitas dengan gerusan yang disebabkan oleh jet. Indeks jet tersebut adalah fungsi dari kedalaman gerusan di bawah jet per satuan waktu dan kecepatan jet. Indeks jet ditentukan dengan perhitungan kuadrat terkecil yang memenuhi sesuai dengan prosedur pada ASTM standar D 5852-95.

Ketika indeks jet telah ditentukan, koefisien erodibilitas saluran dapat dihitung:

$$K_{CH} = 0.003 \cdot \exp[385 \cdot J_i] \quad \dots\dots\dots(2-55)$$

dengan :

K_{CH} = Koefisien erodibilitas saluran (cm/hr/Pa), dan

J_i = Indeks jet.

Secara umum, nilai untuk erodibilitas saluran adalah besaran orde yang lebih kecil daripada nilai erodibilitas tanah.

2.5. Teori dalam AVSWAT 2000

2.5.1 *Automatic Deliniation*

Automatic Deliniation digunakan untuk mendapatkan sungai sintesis dan definisi outlet yang ada pada suatu DAS. Sungai sintesis didapat dari pengolahan input data peta kontur yang sudah dikonversi dalam bentuk *grid* dengan metode *TIN (Triangulated Irregular Network)*. Di dalam menu ini terdapat perintah untuk membangkitkan sungai sintesis lengkap dengan dimensinya (panjang, lebar, kedalaman sungai) dan menentukan lokasi *outlet* secara otomatis oleh program berdasarkan percabangan anak sungai sintetis untuk membagi DAS kedalam sub-sub DAS. Program melambangkan lokasi outlet dengan titik. Titik-titik *outlet* dapat ditentukan secara manual oleh pengguna. Pengguna dapat memodifikasi (menambah atau mengurangi) titik outlet bahkan menghapus titik *outlet* yang tidak dikehendaki dalam gambar. Pengguna dapat pula mendefinisikan suatu titik *outlet* sebagai *point source* (waduk/dam/bendungan), atau dapat pula juga didefinisikan sebagai *inlet*.

Untuk mempresentasikan bentuk permukaan bumi, *software AVSWAT 2000* menggunakan model DEM (*Digital Elevation Model*). DEM atau DTM (*Digital Terrain Model*) adalah salah satu metode pendekatan yang biasa dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi. Penggunaan model permukaan digital dalam proses analisis limpasan permukaan merupakan langkah yang tepat dimana model permukaan digital yang mempresentasikan permukaan relief bumi akan membantu ketelitian dalam mengidentifikasi kemiringan lahan, arah aliran, akumulasi aliran, panjang lintasan aliran, dan penentuan daerah aliran. Terdapat beberapa metode untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam model permukaan digital, yaitu model *grid* dalam bentuk persegi, model *TIN (Triangulated Irregular Network)* dalam bentuk segitiga yang tidak beraturan dan yang terakhir adalah *CA (Cellular Automata)* yaitu dalam bentuk segitiga, segi empat atau segi enam beraturan. Dari berbagai metode yang ada, metode persegi merupakan metode yang paling banyak digunakan, (Laurini 1992, dalam

Sutan Haji) hal ini dikarenakan bentuk persegi mempunyai kemudahan dalam perhitungan dan visualisasinya apabila dibandingkan dengan bentuk lainnya.

2.5.2 *Land Use and Soil Definition*

Dalam *Land Use & Soil Definition*, program akan mengklasifikasi dan mendefinisikan kombinasi dan distribusi penggunaan lahan dan jenis tanah dengan meng-overlay-kan peta tata guna lahan dan peta jenis tanah untuk menentukan daerah dan parameter hidrologi setiap kategori lahan-tanah yang ada pada setiap sub-sub DAS. Program ini akan meminta input data peta digital tata guna lahan dan peta jenis tanah beserta data-data spasialnya.

2.5.3 *HRU Distribution*

HRU (*Hydrologic Respon Unit*) digunakan untuk menghitung evapotranspirasi pada lahan di DAS. Lahan DAS yang dimaksud adalah penutup lahan/tanaman dan jenis tanah.

Pembagian DAS kedalam sub-sub DAS mengakibatkan setiap sub-sub DAS mempunyai informasi tata guna lahan dan klasifikasi tanah yang berbeda-beda. Hal ini memudahkan program untuk merefleksikan perbedaan evapotranspirasi dan kondisi-kondisi hidrologi lainnya untuk setiap tanaman/penutup lahan dan jenis tanah pada setiap sub-sub DAS.

2.6. Hasil Simulasi Program AVSWAT 2000

Terdapat 3 file utama untuk *output running simulation AVSWAT* yang masing-masing mempunyai penjelasan yang berbeda-beda. File-filenya adalah :

1. *Subbasin Output File (*.BSB)*

File ini berisi tentang informasi yang ada pada masing-masing sub DAS atau juga ringkasan pada *HRU* pada setiap sub DAS. Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah :

- SUR Q = Limpasan permukaan sub DAS yang masuk ke badan saluran.
- SYLD = Sedimen yang tertransportasi selama periode tertentu.

2. *Main Channel Output File (*.RCH)*

File ini berisi ringkasan informasi muatan komponen-komponen DAS yang masuk dan keluar saluran. Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah :

- FLOW_IN = Rata-rata debit perhari yang masuk.

- FLOW_OUT = Rata-rata debit perhari yang keluar.
- SED_IN = Jumlah sediment yang tertransport masuk selama periode waktu tertentu.
- SED_OUT = Jumlah sediment yang tertransport keluar selama periode waktu tertentu.
- SEDCONC = Konsentrasi sediment selama periode waktu tertentu.

3. HRU Output File (*.SBS)

Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah:

- SUR Q = Limpasan permukaan sub DAS yang masuk ke badan.
- SYLD = Sedimen yang tertransport selama periode tertentu.
- USLE = Erosi yang dihitung dengan rumus USLE selama periode tertentu.

2.7. Normal Ratio Method

Data hujan yang digunakan dalam studi ini pada stasiun hujan Rehtawu tahun 2008 tidak ditemukan, maka perlu dibangkitkan datanya. Linsley, Kohler dan Pulhus (1958) menyarankan satu metode yang disebut "Normal Ratio Method" sebagai berikut :

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \frac{A_n}{A_i} \quad \text{.....(2- 56)}$$

Dengan :

- D_x = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun x
- n = jumlah stasiun di sekitar x untuk mencari data x
- d_i = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun i
- A_n = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun x
- A_i = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar x

2.8. Kalibrasi AVSWAT 2000

Proses kalibrasi didalam suatu perhitungan pemodelan seperti yang dilakukan oleh AVSWAT ini sangatlah penting. Kalibrasi ini dimaksudkan untuk melakukan proses pengecekan output dari AVSWAT terhadap data-data yang tersedia di lapangan. Proses kalibrasi juga digunakan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi nilai parameter-parameter yang kita gunakan dengan nilai parameter yang sebenarnya di lapangan.

Dalam proses kalibrasi ini, kita diharapkan dapat menentukan nilai parameter-parameter dari karakteristik DAS daerah studi seperti nilai CN (*Curve Number*), GW (*Ground Water*), atau nilai *baseflow* sehingga akhirnya mendapatkan hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai debit banjir pada outlet dari DAS daerah studi. Nilai debit banjir yang biasanya kita dapatkan dari pencatatan AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) atau alat pencata debit otomatis ini akan kita cek dengan nilai debit banjir yang dihasilkan oleh perhitungan AVSWAT. Sebaran dari kedua nilai inilah yang perlu diperhatikan. Semakin kecil sebenarnya, maka semakin baik kualitas pemodelan yang telah kita lakukan.

2.7.1 Kalibrasi Sedimen

Ada dua sumber sedimen dalam simulasi SWAT: pemuatan dari HRU / subbasins dan degradasi / deposisi saluran. Setelah rasio limpasan permukaan terhadap kontribusi aliran dasar untuk aliran sungai disimulasikan dengan benar, kontribusi sedimen (pemuatan dari HRUs / subbasins) harus mendekati nilai yang terukur. Dalam sebagian besar situasi, pengguna mungkin akan memiliki sedikit informasi tentang degradasi / deposisi saluran. Teori dalam AVSWAT 2000 (*Soil and Water Assessment Tool User's Manual version 2000, 2002*

Sediment Calibration

Model consistently over predicts the sediment

✦ **High sediment yield**

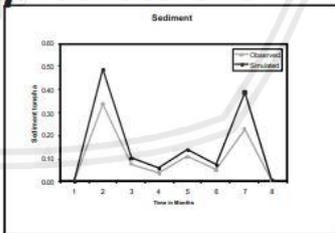
Solutions

✦ **Calibrate HRU/Subbasin Loadings**

- Adjust USLE crop management factor (P) (USLE_P in .sub)
- Adjust USLE slope length factor (LS) (SLSUBBSN in .sub)
- Adjust the slope of HRUs (SLOPE in .sub)
- Adjust crop practice factor (C) for land use (USLE_C in crop.dat)
- Verify tillage operations in *.mgt files and adjust crop residue coefficient (RSDCO) and bio-mixing efficiency (BIOMIX) in .bsn

✦ **Calibrate Channel degradation/deposition**

- Linear and exponential parameters used for channel sediment routing (SPCON and SPEXP in .bsn)
- Channel erodibility factor (CH_EROD in .rte)
- Channel cover factor (CH_COV in .rte)






Gambar 2. 7 Langkah-langkah Proses Kalibrasi pada AVSWAT 2000

Sumber : SWAT *User's Manual* 2000

2.9. Indeks Bahaya Erosi

Indeks bahaya erosi merupakan petunjuk besarnya bahaya erosi pada suatu lahan. Tujuan menentukan indeks bahaya erosi sebenarnya sama dengan tujuan menentukan tingkat bahaya erosi yaitu untuk mengetahui sejauh mana erosi yang terjadi akan membahayakan kelestarian produktivitas tanah yang bersangkutan. Perbedaan kedua istilah tersebut terletak dalam metode menentukan nilainya masing-masing. Tingkat bahaya erosi ditentukan berdasar atas perbandingan antara jumlah tanah tererosi dengan kedalaman efektif tanah. Indeks bahaya erosi dapat ditentukan dengan membandingkan jumlah tanah yang tererosi dan besarnya erosi yang diperbolehkan.

Nilai Indeks Bahaya Erosi ditetapkan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Indeks Bahaya Erosi} = \frac{\text{Erosi potensial (ton/ha/ta hun)}}{T \text{ (ton/ha/ta hun)}} \dots\dots\dots(2-57)$$

dengan T adalah besarnya erosi yang masih dibiarkan.

Tabel 2. 11 Klasifikasi Indeks Bahaya Erosi

Indeks Bahaya Erosi (IBE)	Harkat
$\leq 1,0$	Rendah
1,01 – 4,0	Sedang
4,01 – 10,0	Tinggi
$\geq 10,1$	Sangat tinggi

Sumber : Arsyad, 2000

2.10. Bangunan Pengendali Sedimen

Tujuan pembuatan pengendali sedimen ialah untuk menahan erosi dasar, menampung dan mengontrol aliran sedimen agar debit puncak aliran sedimen dapat direduksi. Manfaat pembuatan pengendali sedimen ialah sediment mengalir ke hilir terkendali secara bertahap sedikit demi sedikit sehingga tidak merusak bangunan sungai maupun daerah hilir.

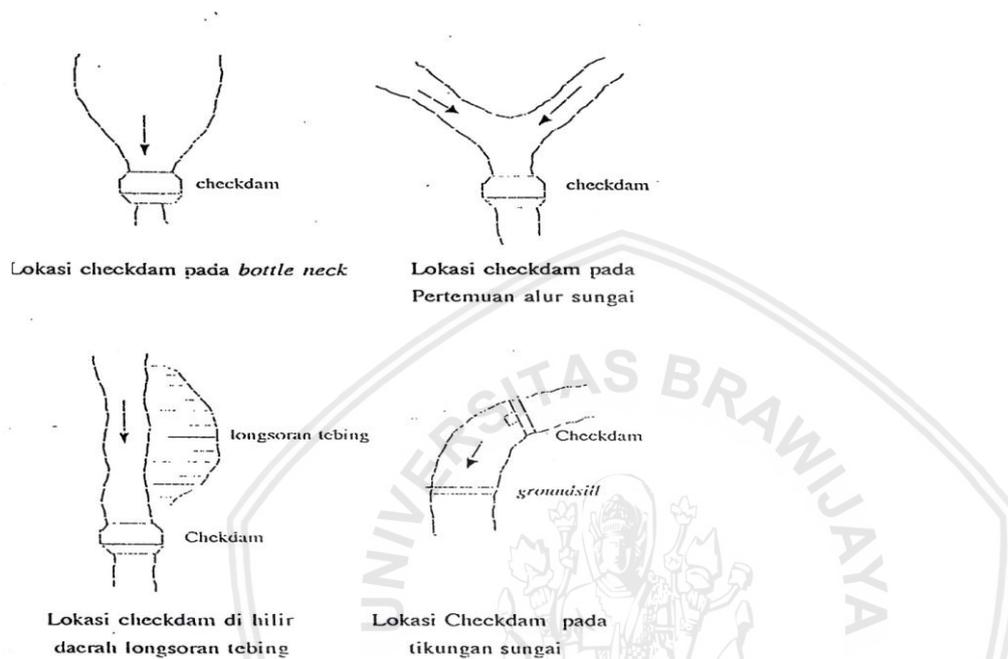
2.9.1 Tata Letak Pengendali Sedimen

Bangunan, pengendali sedimen sedapat mungkin diletakkan pada tanah dasar dan atau tebing yang keras. Jika pengendali sedimen diletakkan pada tanah endapan,

bangunan chechk dam harus dilengkapi dengan subdam dan lantai lindung (apron).

Pemilihan lokasi pengendali sedimen didasarkan atas pertimbangan:

1. Efektifitas terhadap volume tampung dan volume kontrol sedimen.
2. Efisiensi yaitu nilai ekonomis atas lokasi pengendali sedimen
3. Keamanan lokasi pengendali sedimen terhadap limpasan.



Gambar 2. 8 Lokasi Lokasi Bangunan Pengendali Sedimen
Sumber : Pd T-12-2004-A

2.9.2 Tipe Bangunan Pengendali Sedimen

1. Chekdam tertutup

Tipe sabodam tertutup sangat efektif untuk menahan, menampung dan mereduksi aliran sedimen. Aliran sedimen mengisi ruang tampung secara cepat maupun lambat tergantung skala dan interval banjir. Namun apabila volume tampung sudah penuh sedimen, fungsi utama sabodam hanya sebagai penahan dari pereduksi debit puncak sedimen karena fungsi tampung sudah nol. Phenomena pengisian ruang tampung pengendali sedimen berpengaruh terhadap proses penurunan dasar sungai dibagian hilir karena suplai sedimen dibagian hilir berkurang menyebabkan keseimbangan aliran sedimen terganggu.

2. Sabodam terbuka

Tipe sabodam terbuka pada umumnya mempunyai dua macam bentuk yaitu beral: "*Slit*" (celah) dan bentuk "*grid*". Prinsip sabodam terbuka ialah

tubuh "maindam" diberi lubang sesuai dengan persyaratan agar mampu mengalirkan sedimen kehilir secara perlahan dan bertahap pada saat banjir besar maupun banjir kecil.

2.9.3 Volume Tampungan Pengendali Sedimen

Estimasi tampungan check dam tipe tertutup dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Penerapan Teknologi Sabo untuk Pengendalian Aliran Debris, 2007, pp.15-16):

$$V_s = \frac{H \cdot B \cdot L_1}{2} \dots\dots\dots (2- 58)$$

$$L_1 = \frac{H}{I_0 - I_s} \dots\dots\dots (2- 59)$$

$$V_{tot} = \frac{H \cdot B \cdot L_2}{2} \dots\dots\dots (2- 60)$$

$$L_2 = \frac{H}{I_0 - I_d} \dots\dots\dots (2- 61)$$

$$V_c = V_{tot} - V_s \dots\dots\dots (2-62)$$

Pada kondisi statis : $I_s = \frac{1}{2} \cdot I_0$ (2-63)

Pada kondisi dinamis : $I_d = \frac{2}{3} \cdot I_0$ s.d $\frac{3}{4} \cdot I_0$ (2- 64)

V_s adalah volume tampungan statis/mati.

V_{tot} merupakan total volume tampungan.

V_c adalah volume kontrol, B adalah lebar sungai, dan H adalah tinggi check dam.

Halaman Sengaja Dikосongkan



BAB III METODOLOGI STUDI

3.1. Lokasi Studi

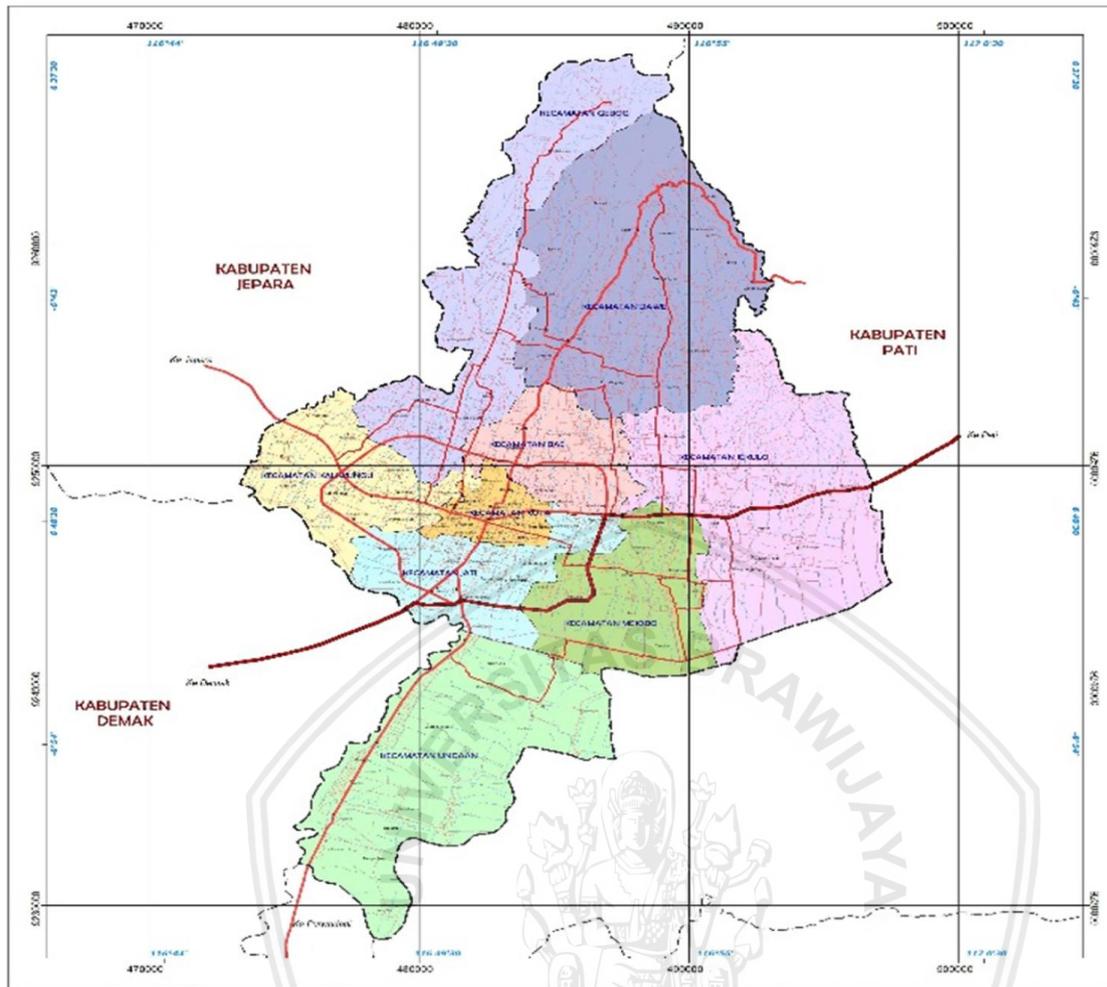
Kabupaten Kudus sebagai salah satu Kabupaten di Jawa Tengah yang terbagi menjadi 9 Kecamatan yaitu : Kecamatan Kaliwungu, Kecamatan Kota, Kecamatan Jati, Kecamatan Undaan, Kecamatan Mejobo, Kecamatan Jekulo, Kecamatan Bae, Kecamatan Gebog, Kecamatan Dawe. Ditinjau dari topografinya, Kabupaten Kudus memiliki ketinggian terendah 5 meter diatas permukaan laut yang berada di Kecamatan Undaan dan ketinggian tertinggi 1600 meter diatas permukaan laut yang berada di Kecamatan Dawe.

- Kelerengan 0–8% : Kecamatan Undaan (Desa Undaan Kidul, Undaan Lor, Undaan Tengah), Kecamatan Kaliwungu (Desa Blimbing Kidul, Desa Sidorekso, Desa Kaliwungu) Kecamatan Gebog, Kecamatan Dawe (Desa Margorejo, Desa Samirejo, Desa Karangrejo, Desa Cendono), Kecamatan Jekulo (Desa Jekulo)
- Kelerengan 8-15% : Kecamatan Jekulo, Kecamatan Dawe sebelah selatan, Kecamatan Gebog (Desa Gribig) dan Kecamatan Mejobo (Desa Jepang)
- Kelerengan 15-25% : Kecamatan Dawe (Desa Kajar) dan Gunung Patiayam bagian timur
- Kelerengan 25-45% : Gunung Patiayam sebelah utara, Kecamatan Gebog (Desa Padurenan)
- Kelerengan 25-45% : Kecamatan Dawe (desa Ternadi), Kecamatan Gebog (Desa Rahtawu, Desa Menawan) dan daerah Puncak Muria bagian selatan.

Keberadaan Kabupaten Kudus terletak antara terletak diantara 6 51' – 7 16' Lintang Selatan dan 110 36' – 110 50' Bujur Timur, dengan batas wilayah :

- Sebelah Utara : Kabupaten Jepara dan Pati
- Sebelah Selatan : Kabupaten Grobogan dan Pati
- Sebelah Timur : Kabupaten Pati
- Sebelah Barat : Kabupaten Demak dan Kabupaten Jepara

Batas-batas administrasi wilayah Kabupaten Kudus dapat terlihat pada gambar sebagai berikut



Gambar 3. 1 Peta Administrasi Kabupaten Kudus

Kekhususan daerah wilayah studi pekerjaan ini adalah pada Daerah Aliran Sungai Bendungan Logung yaitu seluas : 47,96 km², dimana sebaran ketinggian wilayah adalah sebagai berikut :

1. Daerah Pegunungan Ketinggian wilayah + 1029,87 m – + 1518,2 m
2. Daerah Perbukitan dengan ketinggian wilayah sekitar + 541,5 m hingga +1029,87m
3. Daerah dataran dengan ketinggian wilayah sekitar + 215,97 m hingga +541,54 m

Sedangkan kelerengan lahan DAS bendungan logung adalah sebagai berikut :

Kelerengan dengan kemiringan 0o sampai dengan 6,2o seluas 2341.67 ha atau 48.82 % luas DAS. Kemiringan terjal 24,78o – 54,96 adalah dengan luas 202,18 ha atau 4,22 % luas DAS, dimana sebaran kelerengan dan ketinggian lahan DAS Bendungan Logung adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Sebaran Kemiringan lahan Wilayah DAS Bendungan Logung

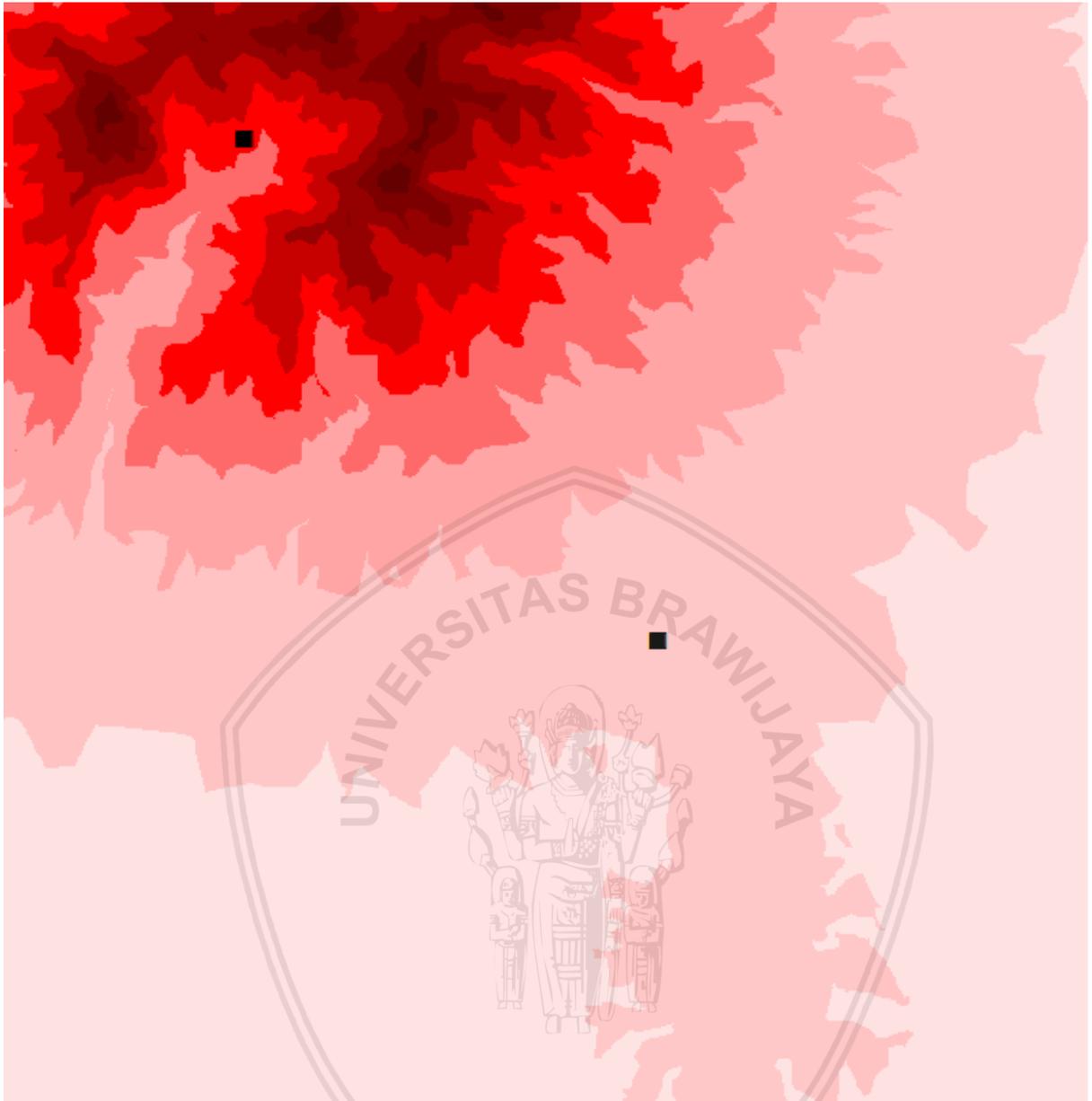
Kemiringan lahan (derajat)	Luas (Ha)	Luas (%)
0,087 - 6,185	2341,67	48,82
6,185 - 12,283	1429,57	29,81
12,283 - 18,381	517,65	10,79
18,381 - 24,478	305,07	6,36
24,478 - 30,576	87,01	1,81
30,576 - 36,674	69,27	1,44
36,674 - 42,772	36,66	0,76
42,772 - 48,87	8,53	0,18
48,87 - 54,968	0,71	0,01

Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS

Tabel 3. 2 Sebaran Ketinggian lahan Wilayah DAS Bendungan Logung

No	Ketinggian wilayah (+ m)	Luas Ha	% Luas
1	53.19 - 215.977	1743.91	36.36
2	215.97 - 378.76	1793.18	37.39
3	378.76 - 541.54	506.87	10.57
4	541.54 - 704.31	247.09	5.15
5	704.31 - 867.09	163.43	3.41
6	867.09 - 1029.87	166.08	3.46
7	1029.87 - 1192.6	105.37	2.20
8	1192.65 - 1355.4	56.82	1.18

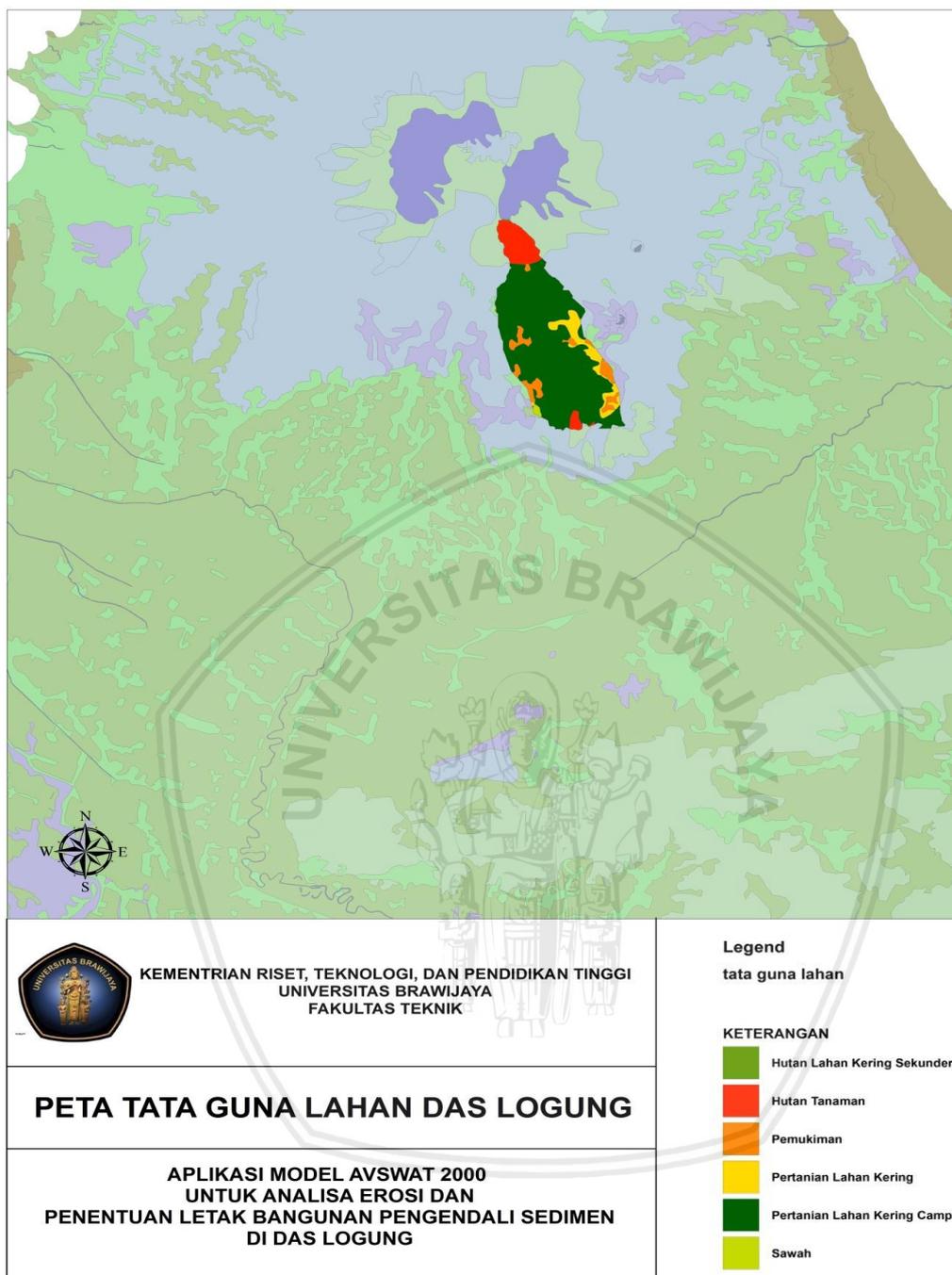
Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS



Gambar 3. 2 Peta DEM Logung

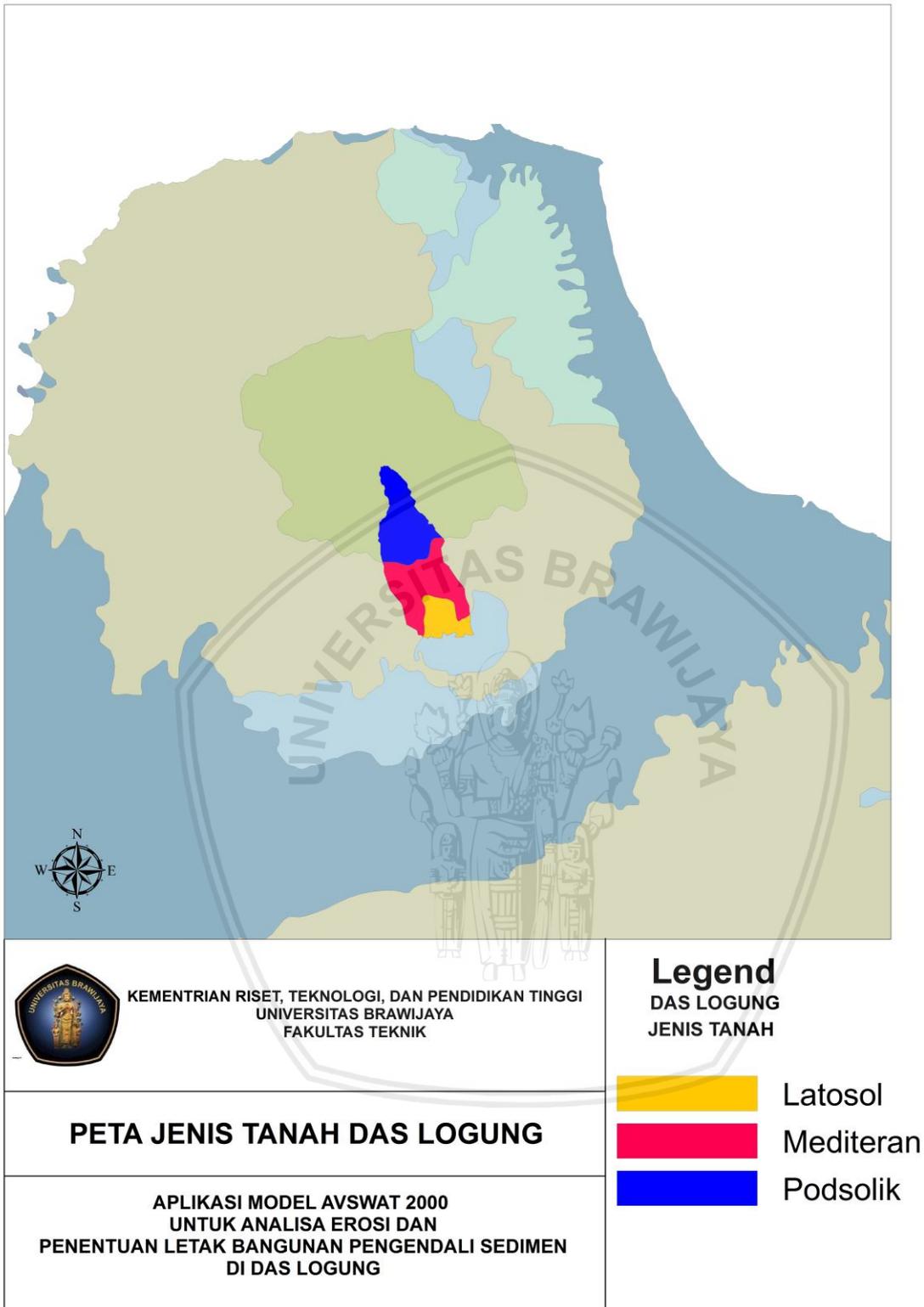
Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS

Peta DEM seperti gambar 3.2 diatas dalam Studi ini digunakan sebagai *input data* untuk program AVSWAT 2000



Gambar 3. 3 Peta Tata Guna Lahan Provinsi Jawa Tengah
Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS

Peta tata guna lahan dalam Studi ini menggunakan peta tata guna lahan provinsi Jawa Tengah. Peta ini digunakan sebagai *input data* untuk program AVSWAT 2000.



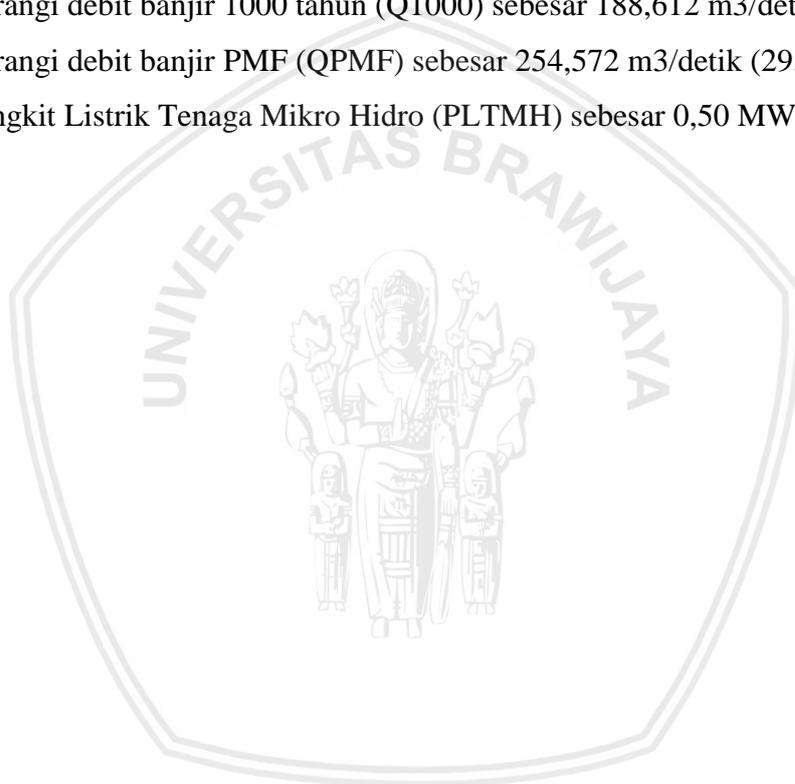
Gambar 3. 4 Peta Jenis Tanah DAS Logung
Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS

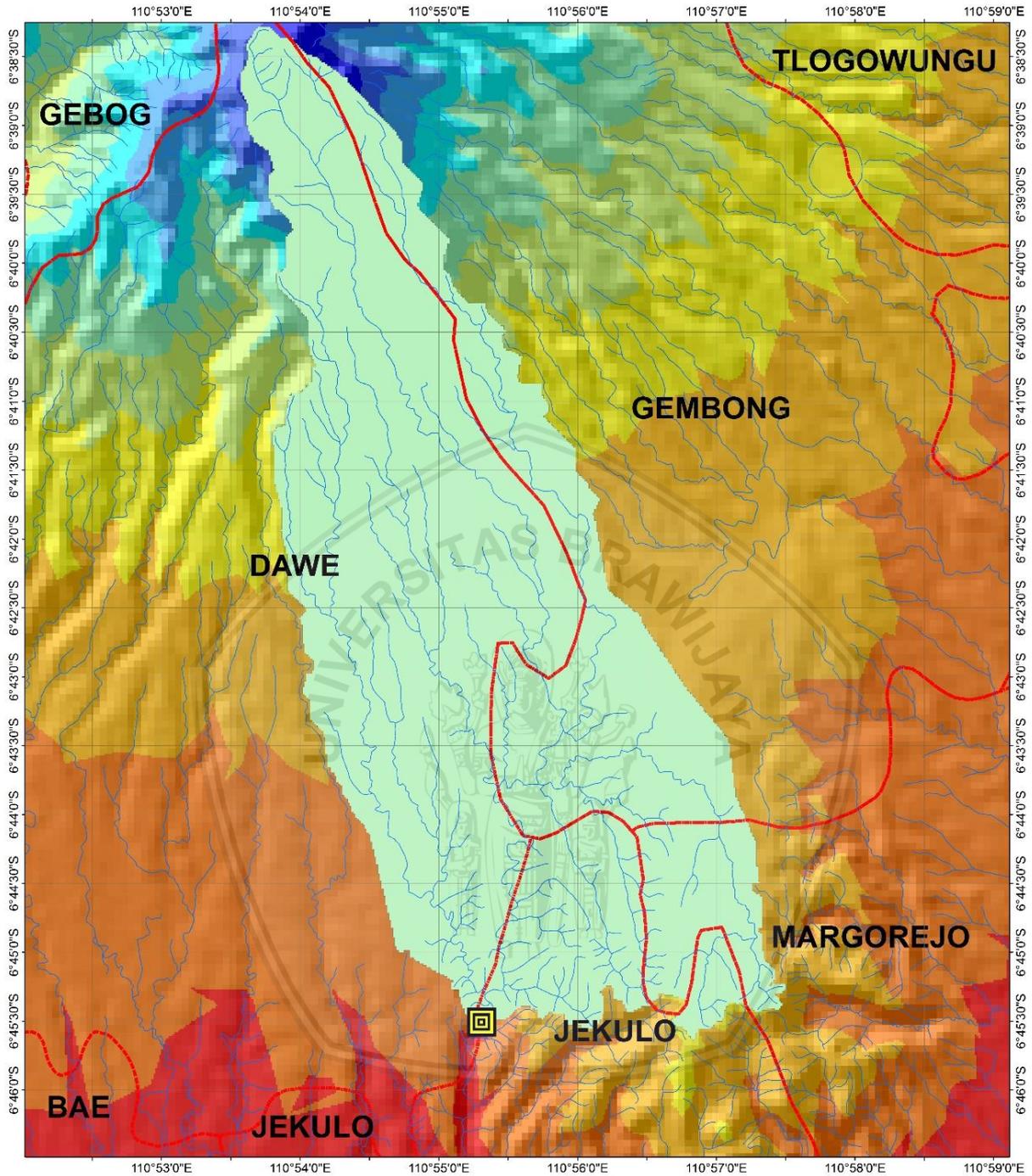
Peta sebaran jenis tanah dalam Studi ini menggunakan peta tata guna lahan provinsi Jawa Tengah. Peta ini digunakan sebagai *input data* untuk program AVSWAT 2000.

Lokasi waduk bendungan Logung adalah di desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo dan Kecamatan Dawe Kabupaten Kudus. Koordinat sungai Logung $110^{\circ}54'24.92''$ BT dan $6^{\circ}40'6.14''$ LS pada bagian hulu dan $110^{\circ}55'30.23''$ BT dan $6^{\circ}44'17.37''$ LS untuk bagian hilirnya. Bendungan Logung untuk saat ini masih dalam proses pembangunan yang direncanakan akan selesai pada tahun 2017 mendatang.

Kegunaan bendungan logung adalah sebagai berikut :

1. Penyediaan air irigasi : 2.163 Ha, intensitas tanam 300 %, padi-padi-polowijo
2. Penyediaan air baku : 200 liter/detik
3. Mengurangi debit banjir 100 tahun (Q100) sebesar 109,954 m³/detik (41,78 %)
4. Mengurangi debit banjir 1000 tahun (Q1000) sebesar 188,612 m³/detik (33,16 %)
5. Mengurangi debit banjir PMF (QPMF) sebesar 254,572 m³/detik (29,71 %)
6. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebesar 0,50 MW





Gambar 3. 5 Peta DAS Waduk Logung

Sumber : Peta dasar Bakosurtanal dan pengolahan GIS

Peta DAS Bendungan Logung ini digunakan sebagai penentu batasan-batasan DAS Bendungan Logung.

3.2. Sistematika Pengerjaan Studi

3.2.1. Pengumpulan Data-Data

Data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan studi adalah sebagai berikut :

A. Peta digital, meliputi :

1. Peta topografi
2. Peta batas DAS dan sungai DAS Logung
3. Peta tata guna lahan DAS Logung
4. Peta jenis tanah DAS Logung

B. Data hidrologi, meliputi :

1. Data curah hujan harian stasiun penakar hujan yang ada di DAS Logung dari tahun 1991-2015 diperoleh dari Badan Klimatologi Dan Geofisika Stasiun setempat.

Tabel 3. 3 Rerata Hujan wilayah studi stasiun Tanjungrejo

Tahun	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1991	15,55	29,50	7,03	6,13	0,06	0,33	0,00	0,00	0,23	3,65	6,63	16,03
1992	9,77	8,14	5,35	12,03	4,77	0,33	0,77	4,06	4,23	6,19	9,07	11,42
1993	21,65	16,14	4,16	9,07	3,81	2,30	0,74	0,26	1,30	3,61	5,07	5,74
1994	13,16	7,93	16,13	8,47	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	2,50	12,00
1995	14,71	17,18	7,06	3,97	4,48	2,90	0,61	0,00	0,20	5,81	6,40	7,94
1996	12,00	13,48	7,94	4,57	0,23	0,83	2,23	0,10	1,17	5,58	10,03	14,74
1997	13,13	7,29	4,84	3,60	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,63	16,32
1998	6,97	13,25	8,06	4,97	1,42	2,73	3,48	0,65	2,03	6,03	11,53	8,74
1999	8,77	19,29	12,32	8,47	0,42	6,63	0,42	0,97	0,93	9,97	9,00	18,58
2000	16,42	9,66	10,68	11,07	2,68	1,80	0,00	0,10	1,73	3,58	19,50	3,10
2001	11,77	15,89	1,19	4,23	1,19	2,60	0,16	0,00	6,90	4,77	9,57	6,58
2002	16,35	30,96	4,48	9,40	2,84	1,70	0,00	0,13	0,13	0,97	7,37	6,71
2003	5,97	15,64	3,58	1,67	1,55	0,00	0,00	0,00	0,37	2,19	4,53	4,53
2004	8,48	8,00	9,61	4,77	3,81	1,53	0,71	0,00	0,00	0,19	4,50	8,94
2005	5,56	2,96	5,03	4,17	1,13	0,43	0,71	0,97	0,83	7,94	3,23	17,26
2006	24,23	11,75	9,03	7,53	5,29	0,03	0,00	0,00	0,00	1,55	0,47	3,36
2007	4,58	12,61	7,16	22,00	0,81	2,10	0,55	0,42	0,57	3,26	8,20	15,39
2008	15,61	31,00	6,03	4,53	0,23	0,60	0,00	0,97	1,47	3,35	3,00	8,00
2009	19,32	12,61	7,55	5,67	3,39	0,13	0,00	0,68	0,17	2,32	4,23	6,58
2010	20,26	9,57	7,52	5,60	8,58	3,47	3,48	2,32	6,37	6,16	6,67	11,00
2011	13,94	9,86	13,65	10,67	3,77	0,20	0,06	0,00	3,17	1,90	13,73	17,65
2012	16,74	11,52	7,39	2,70	0,06	0,43	0,03	0,00	0,20	2,26	6,23	9,19
2013	22,26	11,29	13,45	10,13	5,77	5,07	4,94	0,00	0,27	4,32	4,80	26,35
2014	40,48	8,71	3,81	8,87	1,52	2,13	2,68	1,03	0,47	0,10	1,77	12,81
2015	16,48	11,04	6,39	10,13	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	5,73	10,32
Rerata	14,97	13,81	7,58	7,38	2,34	1,53	0,86	0,51	1,31	3,46	6,66	11,17

Sumber : Pengolahan data

2. Data lokasi Stasiun Hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan tiga stasiun hujan di daerah Kudus. Ketiga stasiun tersebut adalah :

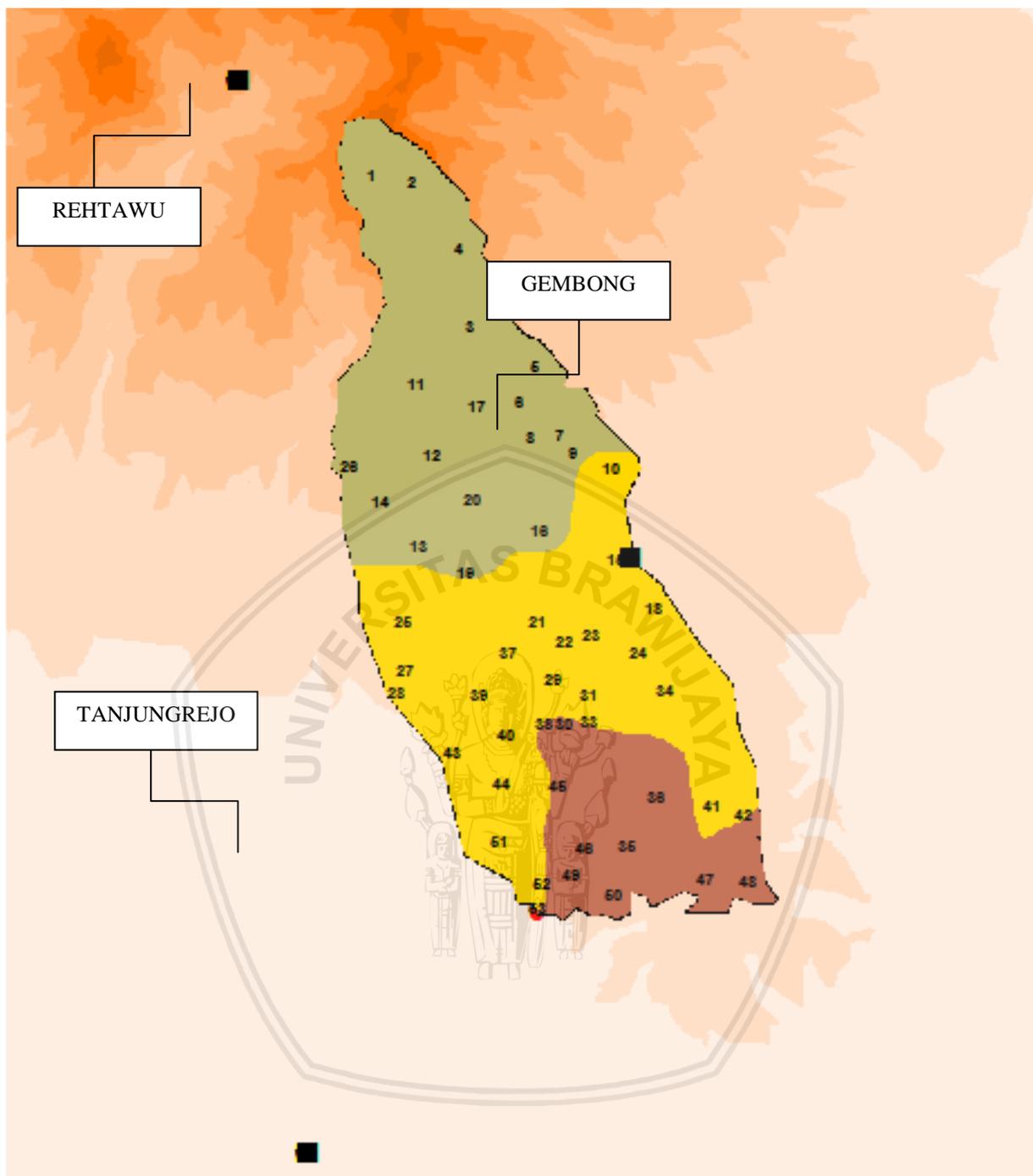
1. Tanjungrejo ± 19
2. Rehtawu ± 789
3. Gembong ± 260

Tabel 3. 4 Lokasi Stasiun Hujan

NAME	XPR	YPR
REHTAWU	486498.92314	9266715.55618
TANJUNGREJO	487628.24191	9248960.15563
GEMBONG	492961.13607	9258810.32484

Sumber : Pengolahan data





Gambar 3. 6 Lokasi Stasiun Hujan

Sumber : Pengolahan data

Stasiun Hujan yang digunakan pada studi ini ada tiga yaitu stasiun hujan Rehtawu, stasiun hujan gembong, dan stasiun hujan Tanjungrejo seperti terlihat pada gambar 3.7 dengan koordinat lokasi pada table 3.4

C. Data Sedimen dan Kecepatan (Pengukuran Lapangan)

Dalam pemodelan AVSWAT diperlukan beberapa data lapangan yang dapat digunakan sebagai data pembanding untuk dikalibrasikan dengan hasil pemodelan yang telah dihasilkan oleh pemodelan AVSWAT dan juga untuk kebutuhan input data dalam software ini. Pada studi ini data sedimen adalah data lapangan yang dapat digunakan sebagai data kalibrasi dan data untuk kebutuhan input software. Berikut adalah gambar pengukuran situasi sedimen



Gambar 3. 5 proses pengukuran situasi sedimen pada sungai
Sumber : Survey identifikasi lapangan

Tabel 3. 5 Hasil Uji Laboraturium kegiatan pemboran di lapangan

NO.	Hole No.	Depth (m)	Description	Water	Unit Weight		Specific	Abrasi (Los Angeles)	Direct Shear Test	
				Content (%)	γ Wet gr/cm ³	γ Dry gr/cm ³	Gravity Gs		C kg/cm ³	ϕ degree
1	TP-0 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, lepas	18.33	1.950	1.650	2.74	0.218	23.23	
2	TP-0 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, lepas	16.43	1.870	1.610	2.68	0.137	33.29	
3	TP-1 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, lepas	34.75	1.940	1.440	2.71	0.122	22.20	
4	TP-1 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	26.51	1.930	1.530	2.73	0.173	14.97	
5	TP-2 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	9.80	1.900	1.730	2.72	0.147	27.19	
6	TP-2 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	-	-	-	-	-	-	
7	TP-3 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	41.36	1.930	1.360	2.70	0.152	0.31	
8	TP-3 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	-	-	-	-	-	-	
9	TP-4 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	28.65	1.890	1.470	2.68	0.203	15.72	

Lanjutan Tabel 3. 5 Hasil Uji Laboraturium kegiatan pemboran di lapangan

N O.	Hole No.	Depth (m)	Description	Water	Unit Weight	Spec ific	Abrasi (Los Angeles)	Direct Shear Test	NO .	Hole No.
				Conte nt (%)	γ Wet gr/cm ³	γ Dry gr/cm ³	Gravity Gs	%		
10	TP-4 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, padat	-	-	-	-	-	-	-
11	TP-5 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, mengandung krikil, coklat, padat	27.10	1.880	1.480	2.71	-	0.0 96	29.07
12	TP-5 (Kiri)	0.00-0.50	PASIR tufaan, mengandung krikil, coklat, padat	-	-	-	-	-	-	-
13	TP-6 (Kanan)	0.00-0.50	PASIR tufaan, coklat, lepas	30.12	1.930	1.490	2.68	-	0.0 96	27.19

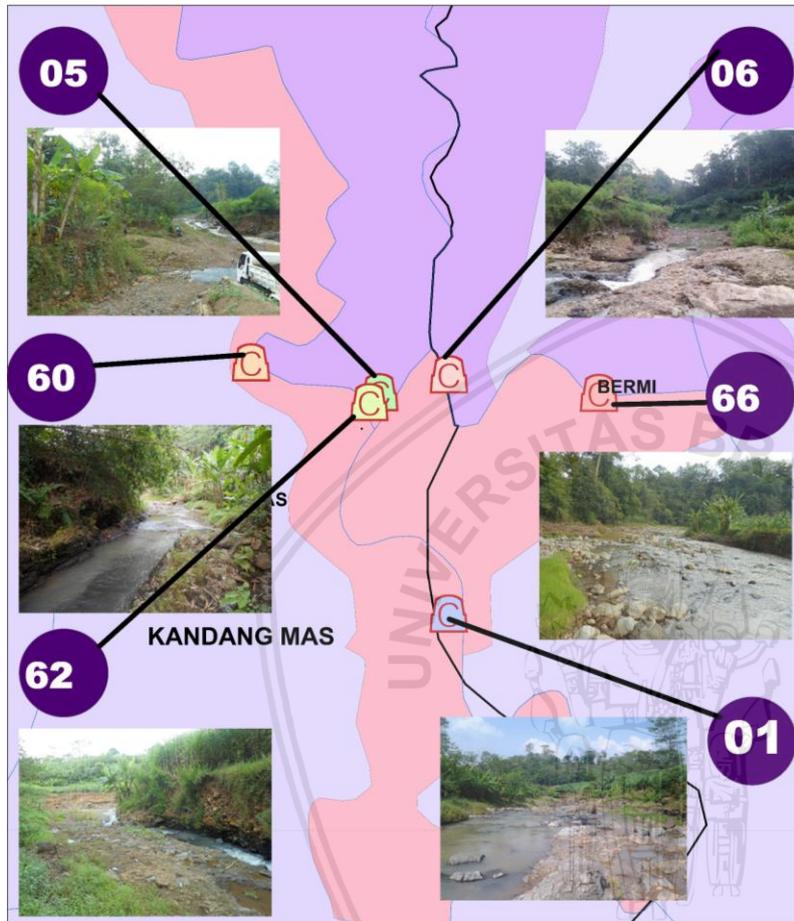
Sumber : Survey identifikasi lapangan

D. Data pengamatan lapangan

Untuk menentukan letak lokasi bangunan pengendali sedimen diperlukan data-data pengukuran lapangan untuk mendapatkan beberapa opsi pilihan lokasi untuk menentukan letak lokasi bangunan pengendali sedimen. Dengan dilakukannya peninjauan lapangan didapatkan beberapa opsi sebagai berikut beserta karakteristik lokasinya.

- a. Lokasi 01 adalah berada pada lokasi geografis 110.92481 BT dan 6.73293 LS, berada pada Kecamatan Dawe Desa Kandanas Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah.
- b. Lokasi 05 adalah berada pada lokasi geografis 110,9238 BT dan 6,72968 LS, berada pada Kecamatan Dawe Desa Kandangmas Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah.
- c. Lokasi 06 adalah berada pada lokasi geografis 110,9248 BT dan 6,72942 LS, berada pada Kecamatan Dawe Desa Kandangmas Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah.
- d. Lokasi 060 adalah berada pada lokasi geografis 110,92193 BT dan 6,72924 LS, berada pada Kecamatan Dawe Desa Kandangmas Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah.
- e. Lokasi 062 adalah berada pada lokasi geografis 110,92365 BT dan 6,72982 LS, berada pada Kecamatan Dawe Desa Kandangmas Kabupaten Kudus Propinsi Jawa Tengah

- f. Lokasi 066 adalah berada pada lokasi geografis 110,92699 BT dan 6,72969 LS, berada pada Kecamatan Gembong Desa Bermi Kabupaten Pati Propinsi Jawa Tengah



Gambar 3. 7 Usulan Lokasi Bangunan pengendali sedimen

Sumber : Survey identifikasi lapangan

Untuk menentukan letak lokasi bangunan pengendali sedimen diperlukan survey identifikasi di lapangan sehingga didapatkan enam usulan lokasi untuk bangunan pengendali sedimen seperti pada gambar 3.6

Tabel 3. 6 karakteristik lokasi terpilih

No titik	Foto	keterangan
01		<p>Lebar dasar sungai $\pm 15\text{m}$</p> <p>Kanan: $\pm 2\text{ m}$</p> <p>Kiri: $\pm 2\text{ m}$</p> <p>Ada aktivitas penambang pasir</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92481° BT, 6.73293° LS</p>
05		<p>Lebar dasar sungai $\pm 10\text{-}20\text{m}$</p> <p>Kanan: $\pm 3\text{ m}$</p> <p>Kiri: $\pm 2,5\text{ m}$</p> <p>Ada aktivitas penambang pasir</p> <p>Ada aktivitas penambang batu</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92380o BT, 6.72968o LS</p>
06		<p>Lebar dasar sungai $\pm 10\text{-}15\text{m}$</p> <p>Kanan: $\pm 1,5\text{ m}$</p> <p>Kiri: $\pm 2\text{ m}$</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92481o BT, 6.72942o LS</p>
066		<p>Lebar dasar sungai $\pm 15\text{ m}$</p> <p>Kanan: $\pm 1\text{ m}$</p> <p>Kiri: $\pm 3\text{ m}$</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92700o BT, 6.72969o LS</p>

Lanjutan Tabel 3.6 karakteristik lokasi terpilih

No titik	Foto	Keterangan
060		<p>Cekdam jebol</p> <p>Lebar dasar sungai ± 4 m</p> <p>Kanan: ± 3 m</p> <p>Kiri: ± 3 m</p> <p>Ada aktivitas penambang pasir</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92193° BT, 6.72925° LS</p>
062		<p>Lebar dasar sungai $\pm 6-7$ m</p> <p>Kanan: $\pm 3,5$ m</p> <p>Kiri: $\pm 3,5$ m</p> <p>Ada aktivitas penambang pasir</p> <p>Ada aktivitas penambang batu</p> <p>History: pernah di bangun checkdam 2x dan jebol, pondasi asal2an (sumber warga)</p> <p>Lokasi :</p> <p>110.92366o BT, 6.72983o LS</p>

Sumber : Survey identifikasi lapangan

3.2.2. Langkah-langkah Penyelesaian Studi

1. Menyiapkan data-data untuk input data yang diatur dan diolah sedemikian rupa sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWAT agar dapat bekerja dengan baik pada saat menjalankan program simulasinya. Data – data yang disesuaikan formatnya adalah :
 - a. Data curah hujan
 - b. Peta topografi
 - c. Peta tata guna lahan
 - d. Peta jenis tanah
2. Analisis hidrologi untuk menguji konsistensi data hujan yang diperoleh. Data curah hujan yang diperoleh harus terlebih dahulu di uji konsistensinya sebelum digunakan perhitungan selanjutnya, adapun langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Membuat rata-rata tahunan dan bulanan dari data hujan stasiun yang akan diuji
 - b. Membuat variasi sampel (debit bulanan dan tahunan) dari data hujan stasiun.
 - c. Membuat hipotesa dengan perbandingan antara kelompok sampel dengan seluruh kelompok.
3. Metode pengolahan DEM (Digital Elevation Model)
- a. Mempersiapkan peta topografi digital dengan skala 1:25.000 dari BAKOSURTANAL yang meliputi wilayah DAS Logung, dimana peta dalam format file program autoCAD (*.dwg).
 - b. Meng-*ekspor polyline* kontur peta topografi tersebut kedalam format file program ArcView (*.shp) dengan bantuan program CHAD2Shape 1.0.
 - c. Menggabungkan *theme* dari peta kontur yang sudah dalam format file (*.shp) tersebut dengan program ArcView 3.2 dari fasilitas *Geo Processing wizard* dengan pilihan option adalah *merge theme together*.
 - d. Membangkitkan hasil gabungan (*merge*) peta kedalam DEM dalam bentuk 3 dimensi pada menu file, setelah aktif pada menu *surface* pilih sub menu *create TIN (Triangular Irregular Network)*
 - e. Setelah berhasil membuat *TIN*, konservasi DEM dari format *TIN* kedalam struktur format *grid*. Identifikasi anomali atau yang disebut dengan *sink* dari DEM dengan memilih menu *Theme*, kemudian pilih sub menu *Convert to grid*.
 - f. Pilih menu AVSWAT, pilih menu *Automatic Delineation* yang kemudian akan muncul dialog box berjudul *watershed delineation*.
 - g. Dalam DEM *set up*, pilih gambar map terbuka untuk membuka file peta, kemudian pilih peta yang ingin dijadikan DEM.
 - h. Pilih perintah *properties* untuk memproyeksikan gambar DEM yang telah berhasil dibuat. Proyeksi dalam studi ini menggunakan metode UTM 1983 dengan zona 49.
 - i. Pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.
4. Membangkitkan jaringan sungai sintetis (*stream network*) dari DEM
- a. Pada *dialog box Watershed Delineation – Stream Defination*, pada baris *thereshold area*, isikan suatu angka untuk mendefinisikan jaringan sungai (aliran sungai utama dan anak sungai) pada gambar. Terdapat batas minimal danmaksimal angka yang akan diisikan. Semakin kecil angka, maka semakin banyak anak sungai yang didefinisikan.
 - b. Pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.

- c. Membandingkan/mengkoreksi peta jaringan sungai sentetis dengan peta sungai asli, apabila tidak terjadi perbedaan yang mencolok maka peta jaringan sungaisintetis dapat diterima.
5. Membuat daerah tangkapan sungai (*Catchment Area*).
 - a. Pada *dialog box Watershed Delineation – outlet and inlet definition*, pilih perintah *add/remove/redefine* untuk mendefinisikan *outlet* utama dari DAS daerah studi dari *point outlet* pada peta *outlet* jaringan irigasi.
 - b. Pilih perintah *select* pada baris *Main Watershed Outlet(s) Selection and Defination* untuk memilih satu atau lebih *outlet* yang mendefinisikan untuk *outlet* utama dari *outlet-outlet* yang telah dibuat.
 - c. Pilih perintah *apply* untuk memproses deliniasi DAS daerah studi.
 - d. Dari proses tersebut akan didapatkan peta batas DAS daerah studi dalam format vektor (*.shp).
 - e. Melakukan kalkulasi parameter DAS, untuk mendapatkan data topografi yang berisi data statistik distribusi luasan dan elevasi untuk setiap DAS dan sub DAS daerah studi.
 6. Pengolahan peta tata guna lahan
 - a. Klasifikasi *polygon* tata guna lahan menurut model klasifikasi AVSWAT.
 - b. Menjalankan *extention* AVSWAT 2000 dari perangkat lunak ArcView 3.3.
 - c. Menjalankan menu *Land Use and Soil Defination* dari menu toolbar AVSWAT 2000, untuk melakukan analisa spasial peta tata guna lahan.
 - d. Dari peta tata guna lahan yang sudah ditambahkan ke dalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi tata guna lahan AVSWAT sesuai dengan kategorinya.
 - e. Memproses klasifikasi ulang, sehingga akan didapatkan peta *grid* tata guna la.
 - f. han menurut AVSWAT (*AVSWAT Landuse class*).
 7. Pengolahan peta jenis tanah
 - a. Klasifikasi *polygon* tata guna lahan menurut model klasifikasi AVSWAT.
 - b. Menjalankan *extention* AVSWAT 2000 dari perangkat lunak ArcView 3.3.
 - c. Menjalankan menu *Land Use and Soil Defination* dari menu toolbar AVSWAT 2000, untuk melakukan analisa spasial peta jenis tanah
 - d. Dari peta tata guna lahan yang sudah ditambahkan ke dalam *view* didefinisikan menurut klasifikasi tata guna lahan AVSWAT sesuai dengan kategorinya.
 - e. Memproses klasifikasi ulang, sehingga akan didapatkan peta *grid* jenis tanah menurut AVSWAT (*AVSWAT Soil class*).

Setelah membuat AVSWAT *Landuse Class* dan AVSWAT *Soil Class*, dilakukan overlay antara peta grid tata guna lahan dengan peta grid jenis tanah. Dari hasil overlay tersebut akan menghasilkan *Landuse Soil Report* yang mendeskripsikan secara detail distribusi tata guna lahan dan jenis tanah pada DAS Sermo tersebut.

8. Menjalankan menu HRU (*Hydrologic Response Unit*)

Menjalankan menu HRU *Distribution* dari *toolbar* AVSWAT 2000 untuk memproses distribusi *Hydrologic Response Unit* dari setiap sub DAS, sehingga akan dihasilkan database tabel *Distrswat* yang berisi informasi penyebaran distribusi tata guna lahan dan jenis tanah pada DAS dan sub DAS.

9. Pengolahan *database* pada AVSWAT 2000, meliputi curah hujan dan klimatologi. Sedangkan pembuatan database curah hujan dan klimatologi meliputi :

- a. Membuat koordinat-koordinat unsure titik stasiun curah hujan dan database curah hujan hariannya.
- b. Menjalankan menu *Weather Stations* dari menu input pada *toolbar* AVSWAT 2000 untuk melakukan import data stasiun hujan dan data curah hujan harian.

10. Input AVSWAT dengan menjalankan *Write All* yang akan melakukan input dari hasil proses data-data yang telah didefinisikan sebelumnya.

11. Pengecekan data-data dari menu *sub basins data* pada menu *toolbar Edit input* AVSWAT 2000.

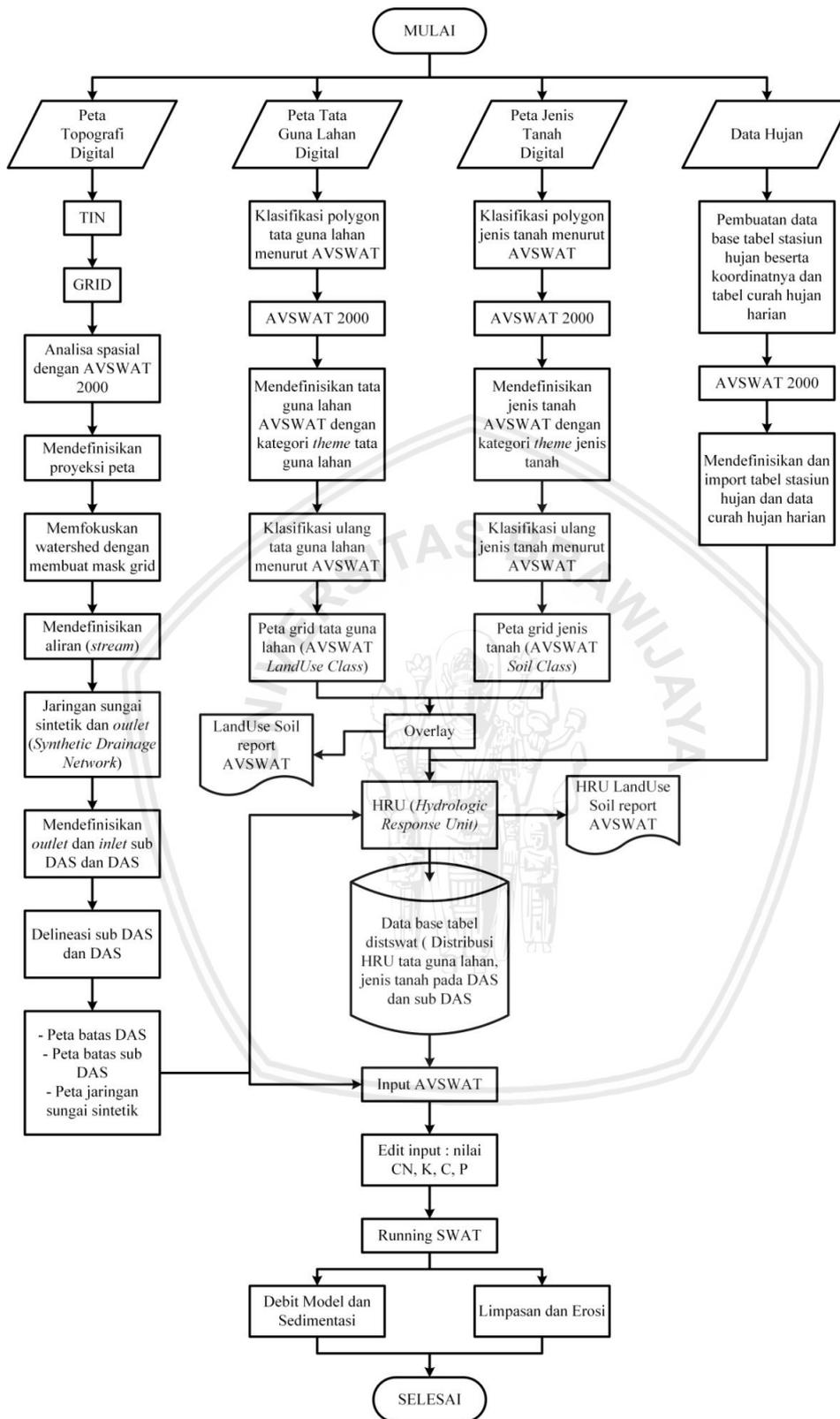
12. Menjalankan menu *Run SWAT* dari menu simulation pada *toolbar* AVSWAT 2000.

- a. Melakukan *Set Up* untuk periode waktu simulasi, dan frekuensi waktu hasil *running*.
- b. *Running SWAT* dari *tool setup SWAT Run*.

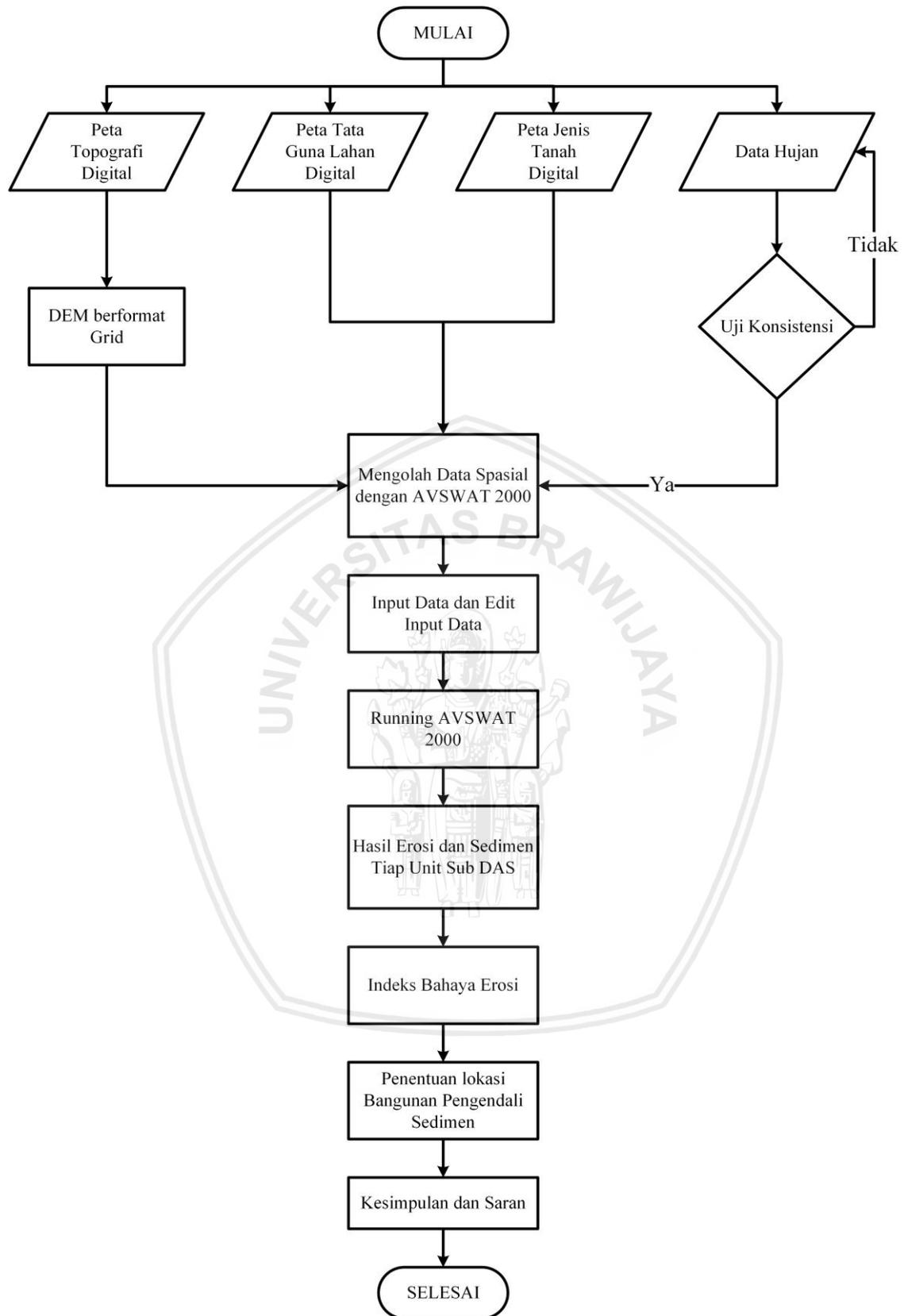
Dari hasil *running* tersebut akan didapatkan database tabel erosi dan hasil sedimentasi yang di presentasikan untuk setiap sub DAS sesuai dengan periode waktu simulasi dan frekuensi waktunya.

13. Menentukan beberapa lokasi yang memenuhi syarat untuk bangunan pengendali sedimen berdasarkan pengamatan di Lapangan

14. Membuat nilai Indeks Bahaya Erosi pada beberapa lokasi yang sudah terpilih untuk menentukan letak bangunan pengendali sedimen yang terbaik.



Gambar 3. 8 Diagram Alir Penyelesaian Perhitungan Limpasan, Debit Limpasan, Erosi, Sedimentasi Menggunakan Model AVSWAT 2000



Gambar 3. 9. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi

Halaman Sengaja Dikosongkan



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa erosi dan sedimentasi menggunakan AVSWAT 2000 di DAS Logung, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai laju erosi rata-rata pada DAS Logung mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 adalah sebesar 310,59 ton/ha/th , sedimen sebesar 412,1 ton/ha/th dan Limpasan sebesar 1376,5 m³/ha/th
2. Bangunan pengendali sedimen yang diusulkan terletak pada hulu sungai Logung. Lokasi bangunan pengendali sedimen berada pada outlet subdas 37 dengan kategori nilai IBE tinggi dan sangat tinggi. Rekapitulasi dimensi check dam

Check dam 60

Ø Lebar Bawah	: 4.65 m
Ø Lebar atas	: 12.82 m
Ø Ketinggian Palung sungai	: 3.37 m
Ø Elevasi Tertinggi Palung Sungai	: +108.62 mdpl
Ø Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan	: 6.85 m
Ø Elevasi Tebing	: +112.09 mdpl
Ø Potensi Ketinggian Pelimpah	: 5 m
Ø Slope Sungai Arah Ke hulu	: 0.020

Dengan volume tampungan sebesar sebesar 4272.19 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 350.14 m³, maka tampungan akan penuh dalam 12.2 tahun.

5.1. Saran

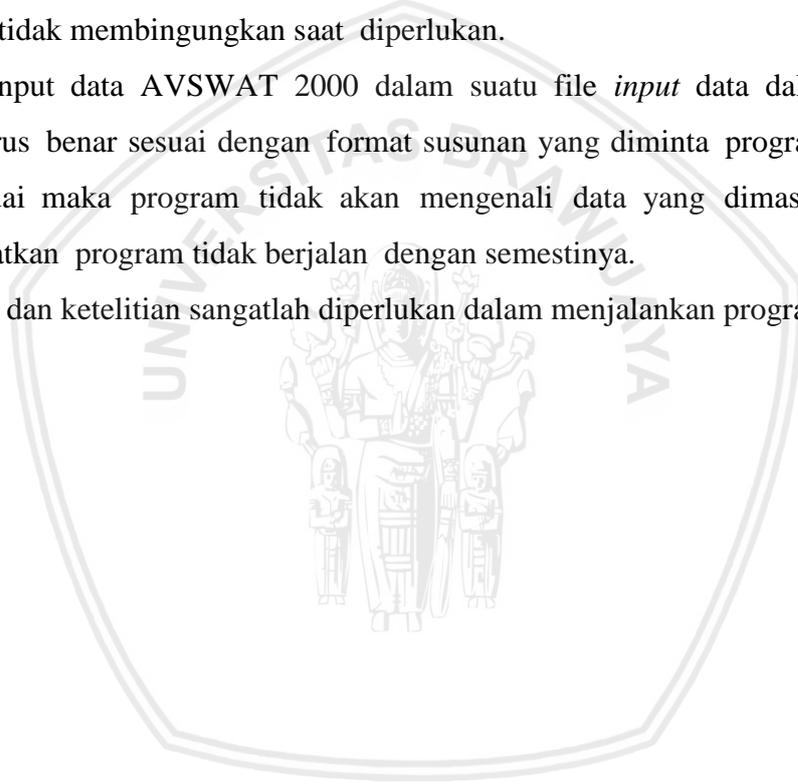
Adapun saran yang diberikan setelah analisa mengenai erosi dan sedimentasi, antara lain:

1. Studi analisa ini masih memiliki kekurangan dikarenakan data serta kelengkapan data penunjang keakuratan dengan lapangan masih terbatas sehingga sulit dilakukan kalibrasi antara hasil model dan hasil pengamatan lapangan. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat antara hasil model AVSWAT 2000 dengan kondisi lapangan, maka perlu dipasang alat AWLR dan pengambilan contoh



sedimen dimana hal itu akan mendukung dilakukannya studi dengan hasil yang mendekati kenyataan

2. *Software* AVSWAT 2000 mempermudah pengguna dalam melakukan permodelan fenomena-fenomena yang terjadi pada suatu DAS, namun demikian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan program AVSWAT 2000 agar tidak terjadi masalah dalam aplikasinya. Hal-hal itu adalah:
 1. Proses pembuatan peta digital harus diusahakan seteliti mungkin, karena semakin teliti maka akan semakin baik hasil analisa program.
 2. Penyimpanan file-file *input* data AVSWAT 2000 ini sebaiknya diorganisir dengan baik agar tidak membingungkan saat diperlukan.
 3. Susunan input data AVSWAT 2000 dalam suatu file *input* data dalam format (*.dbf) harus benar sesuai dengan format susunan yang diminta program, apabila tidak sesuai maka program tidak akan mengenali data yang dimasukkan dan mengakibatkan program tidak berjalan dengan semestinya.
 4. Kesabaran dan ketelitian sangatlah diperlukan dalam menjalankan program



**APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA
SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN
PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SULUH ERIAWAN

NIM. 125060400111063

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG

JURNAL

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SULUH ERIAWAN

NIM. 125060400111063

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Mohammad Taufiq, MT.
NIP. 19590703 198903 1 003

Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST.,MT.
NIP. 19770424 200312 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK ANALISA SEDIMENTASI DAN PENENTUAN LOKASI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI DAS LOGUNG

Suluh Eriawan¹, Mohammad Taufiq², Riyanto Haribowo²

¹Mahasiswa Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mail : eriawan13@gmail.com

ABSTRAK : Di Hulu DAS Logung akan Waduk Logung yang telah dimulai pada Desember 2014 yaitu di Kabupaten Kudus Provinsi Jawa Tengah. Dalam upaya melindungi dan menjaga kelestarian bangunan waduk Logung dilakukan analisa untuk memprediksi erosi dan sedimentasi pada DAS Logung, termasuk di dalamnya jenis tanah, tata guna lahan, dan kelerengan. Analisa ini akan mengkaji besarnya limpasan, debit limpasan, erosi, dan sedimentasi di DAS Logung dengan menggunakan aplikasi model AVSWAT (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000. Parameter-parameter dari DAS Logung selama 10 tahun akan digunakan untuk menghitung hasil erosi dan sedimentasi pada DAS Logung. Hasil erosi setiap subdas dapat digunakan untuk menganalisa besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) pada setiap subdas. Hasil dari besarnya Indeks Bahaya Erosi (IBE) akan digunakan sebagai letak penentuan bangunan pengendali sedimen. Hasil perhitungan menggunakan AVSWAT 2000 mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 didapatkan nilai laju erosi rata-rata pada DAS Logung adalah sebesar 310,59 ton/ha/th dan hasil sedimen rata-rata sebesar 412,1 ton/ha/th. Lokasi bangunan pengendali sedimen yang terbesar volume tampungannya berada pada check dam 66 berada pada outlet subdas 45 dengan nilai IBE sangat tinggi, dengan volume tampungan check dam 66 adalah sebesar 2756,25 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 261,63 sehingga diharapkan tampungan sedimen pada check dam 66 akan terisi penuh dalam waktu 10,5 tahun.

Kata Kunci : AVSWAT 2000, DAS Logung, erosi, sedimentasi, check dam

ABSTRACT : *In the Upper Logung Watershed, the Logung Reservoir, which began in December 2014, is in Kudus Regency, Central Java Province.. In an effort to protect and preserve the Logung reservoir building analysis is carried out to predict erosion and sedimentation in the Logung watershed. soil type, land use, and slope. This analysis will assess runoff, runoff, erosion and sedimentation in the Logung watershed using the AVSWAT model application (Arc View Soil And Water Assessment Tool) 2000. The parameters of the Logung watershed for 10 years will be used to calculate erosion and sedimentation results in Logung Watershed. The erosion results of each subdas can be used to analyze the Erosion Hazard Index (IBE) in each subdas. The results of the magnitude of the Erosion Hazard Index (IBE) will be used as a location for determining sediment control buildings. The calculation results using AVSWAT 2000 from 2006 to 2015 found that the average erosion rate in the Logung watershed was 310.59 tons / ha / yr and the sediment yield averaged 412.1 tons / ha / yr. The location of the largest sediment control building is at checkpoint 66 and at the subdas 45 outlet with a very high IBE value, with a check reservoir 66 volume of 2756.25 m³ expected to control the potential for normal sedimentation volume of 261.63 so that the reservoir is expected the sediment at check 66 will be fully filled within 10.5 years.*

Keywords: AVSWAT 2000, Logung watershed, erosion, sedimentation, check dam

PENDAHULUAN

Waduk merupakan bangunan rekayasa sungai yang dibangun melintang pada sungai, yang memiliki fungsi sebagai penampung air pada saat musim hujan dan mensuplai air pada musim kemarau agar stabilitas distribusi air merata sesuai dengan keperuntukannya. Waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai Irigasi, PLTA, penyediaan air baku, dan menampung sedimen atau disebut waduk suplesi.

Masalah utama penurunan fungsi waduk adalah karena sedimentasi. Sedimentasi pada waduk disebabkan adanya sedimentasi yang terbawa oleh aliran sungai yang masuk ke dalam waduk. Sedimentasi yang masuk kedalam waduk dapat menimbulkan bahaya terhadap waduk mengingat sedimen berpengaruh terhadap usia guna waduk tersebut.

Masalah lain akibat pembangunan waduk adalah terganggunya keseimbangan alam, yang antara lain adalah berubahnya karakteristik debit aliran sungai dan transportasi sedimen, serta adanya masalah agradasi dan degradasi pada hulu dan hilir struktur bangunan tersebut, sedangkan masalah lain yang sering muncul dalam pengelolaan waduk adalah terjadinya erosi di bagian hulu yang menyebabkan sedimentasi di tubuh waduk.

Sedimen merupakan hasil akhir dari suatu proses erosi yang mengendap atau diam pada suatu tempat sehingga menghasilkan suatu tanah sendiri. Sedimentasi sendiri adalah proses pengangkutan dan pengendapan material tanah/ kerak bumi yang disebabkan oleh penurunan kualitas lahan. Sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan mengurangi umur efektif waduk, dan dapat merusak penampang sungai serta bangunan air di sepanjang sungai.

Tujuan dari studi ini adalah untuk Mengetahui besarnya limpasan, erosi, dan sedimentasi pada DAS Logung dan Mengetahui penentuan letak lokasi Bangunan Pengendali Sedimen (BPS) untuk menanggulangi masalah erosi dan sedimentasi.

METODOLOGI

Data-data yang diperlukan di dalam studi ini adalah :

1. Peta digital, meliputi :
 - a. Peta topografi
 - b. Peta batas DAS Logung

- c. Peta tata guna lahan DAS Logung
- d. Peta jenis tanah DAS Logung
2. Data hidrologi, meliputi :
 - a. Data curah hujan harian stasiun penakar hujan yang ada di DAS Logung dari tahun 2006-2015 diperoleh dari Badan Klimatologi Dan Geofisika Stasiun setempat.

3. Data lokasi Stasiun Hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan tiga stasiun hujan di daerah Kudus. Ketiga stasiun tersebut adalah :

1. Tanjungrejo ± 19
2. Rehtawu ± 789
3. Gembong ± 260

4. Data Pengukuran Lapangan

Dalam pemodelan AVSWAT diperlukan beberapa data lapangan yang dapat digunakan sebagai data pembanding untuk dikalibrasikan dengan hasil pemodelan yang telah dihasilkan oleh pemodelan AVSWAT dan juga untuk kebutuhan input data dalam software ini. Pada studi ini data sedimen adalah data lapangan yang dapat digunakan sebagai data kalibrasi dan data untuk kebutuhan input software.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Data Hujan

Analisa data hujan bertujuan untuk mencari keseragaman data dan menilai keabsahan data yang diperoleh. Data hujan yang digunakan adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di DAS Logung. Jumlah stasiun hujan yang digunakan yaitu 3 stasiun hujan dengan jangka waktu 10 tahun yakni antara tahun 2006-2015

Ketiga Stasiun Hujan itu adalah :

1. Stasiun Hujan Tanjungrejo
2. Stasiun Hujan Rehtawu
3. Stasiun Hujan Gembong

2. Normal Ratio Method

Data hujan yang digunakan dalam studi ini pada stasiun hujan Rehtawu tahun 2008 tidak ditemukan, maka perlu dibangkitkan datanya. Linsley, Kohler dan Pulhus (1958) menyarankan satu metode yang disebut "Normal Ratio Method" sebagai berikut :
Tabel 1 Mencari data hujan pada stasiun Rehtawu tahun 2008

Tahun	Stasiun rehtawu	Gembong	Tanjungrejo
2008	???	1412	2248
2009	3772	1328	1897
2010	4568	934	2270
2011	4176	1879	2702
2012	2459	1200	1727
2013	3875	2270	3312
2014	4053	2325	2577
2015	3582	1352	1823
TOTAL	26,485	11,288	16,308

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada tabel diatas terlihat bahwa rata-rata hujan di stasiun rehtawu pada tahun 2008 tidak diketahui maka akan dicari dengan menggunakan perhitungan normal ratio. Dengan perhitungan normal ratio didapatkan

$$n = 2$$

$$D_x = 3481$$

Jadi data hujan tahunan pada tahun 2008 sebesar 3481

3. Uji Konsistensi

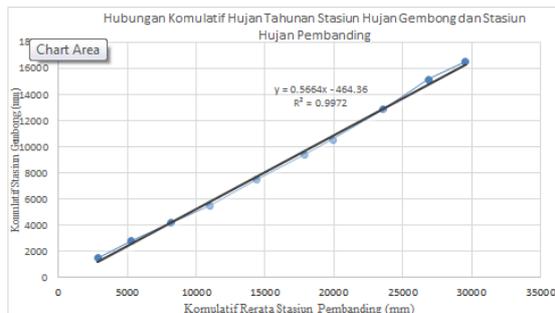
Uji ini dilakukan dengan analisa kurva massa ganda yang umumnya disusun menurut urutan kronologi mundur, dimulai dari tahun terakhir.

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gembong

Tahun	Curah Hujan Stasiun Gembong (mm)	Komulatif Stasiun Gembong (mm)	CH. Stasiun Lain (mm)		Rerata (mm)	Komulatif Rerata (mm)
			Rehtawu (mm)	Tanjungrejo (mm)		
2006	1506	1506	3545	2190	2867.5	2867.5
2007	1249	2755	3000	1891	2445.5	5313
2008	1412	4167	3481	2248	2864.5	8177.5
2009	1328	5495	3772	1897	2834.5	11012
2010	1979	7474	4568	2270	3419	14431
2011	1879	9353	4176	2702	3439	17870
2012	1200	10553	2459	1727	2093	19963
2013	2270	12823	3875	3312	3593.5	23556.5
2014	2325	15148	4053	2577	3315	26871.5
2015	1352	16500	3582	1823	2702.5	29574

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil analisa kurva massa ganda pada data hujan di Stasiun Gembong tidak ditemukan terjadi penyimpangan data, sehingga tidak diperlukann faktor koreksi data.



Gambar 1 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gembong

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4. Pengolahan Data Hujan untuk Input Data AVSWAT 2000

Untuk maksud diatas, terlebih dahulu data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 10 tahun seperti dijelaskan pada gambar 2 Setelah pengelompokan curah hujan harian menurut bulan selesai, dilakukan perhitungan-perhitungan statistik pada data hujan untuk mendapatkan :

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepencengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)
7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

DATA CURAH HUJAN BULANAN

Peta No :
 Koordinat : XPR = 487599.6 YPR = 751026.9
 Nama Stasiun : Tanjungrejo
 Elevasi : 19 Bulan : Januari

Tangg	2001	2002	2003	2004
1	0	5	21	0
2	0	6	28	0
3	0	0	3	0
4	25	0	5	0

Gambar 2 contoh pengelompokan data hujan
 Sumber : Hasil perhitungan 2018

5. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Kondisi sebaran tata guna lahan dan jenis tanah di wilayah DAS Logung disajikan dalam tabel dan gambar berikut ini

Tabel 3 Sebaran Tata Guna Lahan DAS Logung

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

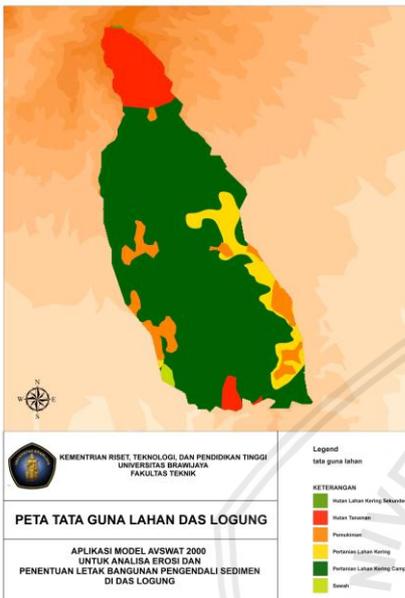
No	Tata Guna Lahan	Luas		% Luas
		Km ²	ha	
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.02	2	0.05
2	Hutan Tanaman	4.81	481	10.03
3	Pemukiman	3.28	328	6.84
4	Pertanian Lahan Kering	3.36	336	7.01
5	Pertanian Lahan Kering Campur	36.26	3626	75.6
6	Sawah	0.23	23	0.47



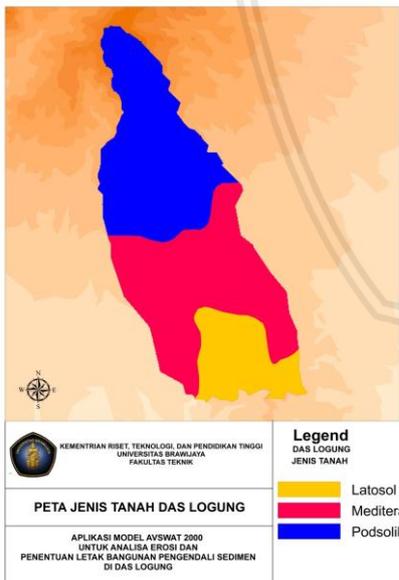
Tabel 4 Sebaran Jenis Tanah DAS Logung

No	Jenis Tanah	Luas		% Luas
		Km ²	ha	
1	Latosol	8.335	833.5	16.67
2	Podsolik	21.36	2136	42.72
3	Aluvial	20.3	2030	40.60

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 3 Peta Tata Guna Lahan DAS Logung



Gambar 4 Peta Sebaran Jenis Tanah DAS Logung

Dari hasil simulasi dengan menggunakan program avswat didapatkan pada gambar 3 didapatkan sebaran tata guna lahan yang didominasi oleh pertanian lahan campur sedangkan pada gambar 4 menjelaskan

tentang sebaran jenis tanah yang didominasi oleh podsolik sebesar 42,72%

6. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Program pemodelan siklus hidrologi seperti AVSWAT 2000 membutuhkan informasi mengenai data-data penutup lahan dan jenis tanah untuk mengenal unit lahan yang berparameter hidrologi yang akan dimodelkan. Dalam hal ini AVSWAT 2000 mempunyai tools yang disebut landuse and soil definition.

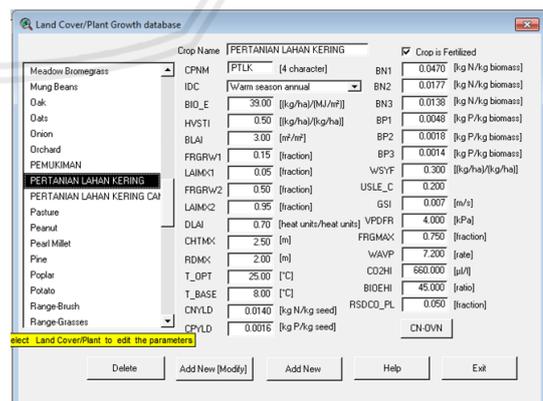
Pembuatan data dalam file (*.dbf) juga diperlukan sebagai tambahan untuk mendeskripsikan penutup lahan dan jenis tanah..

Tabel 5 Contoh Data (*.dbf) Peta Tata Guna Lahan

Value	Landuse
3	HLKS
5	HTTN
6	PMKM
8	PTLK
9	PLKC
10	SAWH

Keterangan :

1. HLKS = Hutan Lahan Kering Sekunder
2. PTLK = Pertanian Lahan Kering
3. HTTN = Hutan Tanam
4. PLKC = Pertanian Lahan Kering Campur
5. PMKM = Pemukiman
6. SAWH = Sawah



Gambar 5 Land Cover Database

Sumber : Analisa AVSWAT 2000

Data tata guna lahan dapat dimasukkan lewat land cover/plant growth database atau

kedalam file *avswatdb -crop-*, dan data tanah dimasukkan lewat *usersoils database*.

7. Pengolahan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

HRU adalah unit satuan lahan yang mendeskripsikan peta penutup lahan atau jenis tanah yang ada pada suatu sub DAS. Didalam program AVSWAT 2000, terdapat suatu *tool* yaitu *HRU distribution* yang berfungsi untuk menjelaskan luasan distribusi penutup lahan atau jenis tanah apa saja yang ada dalam suatu sub DAS yang akan dimodelkan. Terdapat dua pilihan dalam tool ini, yang pertama adalah *dominant land use and soil* dan pilihan kedua adalah *mutiple hydrologic respnose unit*.

Pilihan pertama, *dominant land use and soil*, program akan mengenali HRU yang dominan yang ada dalam suatu sub DAS. Contoh, apabila suatu sub DAS mengandung :

- Hutan Lahan Kering Sekunder 0.05
- Hutan Tanaman 10.03%
- Pemukiman 6.84%
- Pertanian Lahan Kering 7.01%
- Pertanian Lahan Kering Campur 75.6%
- Sawah 0.47%

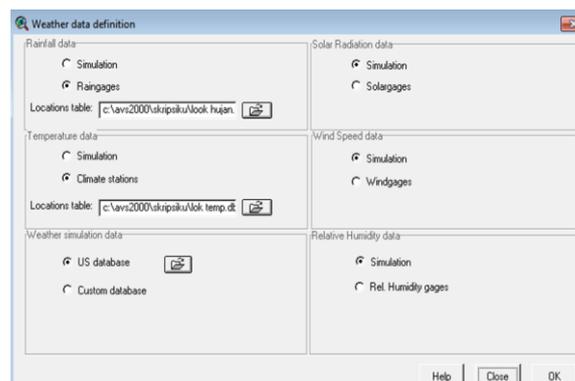
Program akan mengambil areal penutup lahan/tata guna lahan yang paling dominan saja yang akan dimodelkan, yakni jenis penutup lahan Hutan Tanaman (10.03%) dan jenis Pertanian Lahan Kering Campur (75.6%).

7. Pengolahan Data Stasiun Hujan

Program AVSWAT 2000 membutuhkan informasi tentang hujan harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi sinar matahari yang terdapat pada setiap stasiun cuaca. Data data ini dimasukkan melalui menu input sub menu weather station pada tampilan SWAT View.

. Untuk data kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin tidak dimasukkan, dikarenakan ketersediaan data kurang lengkap. Namun demikian program AVSWAT 2000 mampu membangkitkan ketiga data tersebut mengacu pada data hujan yang ada.

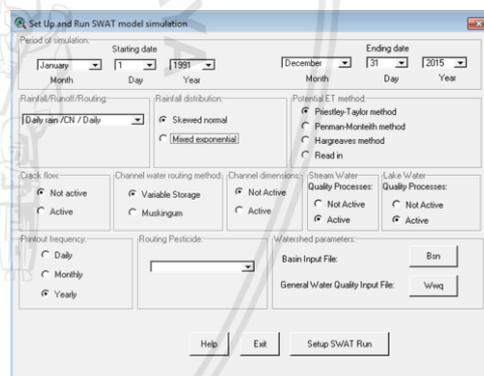
Pada kolom Rainfall data data yang di masukkan adalah data dari stasiun hujan yang telah didapatkan, sedangkan pada kolom Temperature data data yang dimasukkan adalah data iklim.



Gambar 6 *Input Weather Station*
Sumber : Analisa AVSWAT 2000

8. Running Simulation

Simulasi ini dimaksudkan untuk menduga berapa nilai erosi dan sedimen dari lahan per-tahun dengan periode simulasi dimulai pada tanggal 1 Januari 2006 hingga 31 Desember 2015, Setelah semua data-data masukan selesai dimasukkan, langkah selanjutnya adalah mencoba simulasi model dengan perintah RunSWAT pada menu simulation dalam tampilan SWATview.



Gambar 7 Running AVSWAT 2000 periode 1 januari 2006- 31 desember 2015
Sumber : Analisa AVSWAT 2000

9. Hasil Simulasi

Analisis besarnya erosi dan sedimentasi pada DAS Logung dilakukan dengan bantuan AVSWAT 2000 menggunakan dua data peta tata guna lahan, yaitu peta tata guna lahan . Dari hasil simulasi yang dilakukan pada periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2015 maka didapatkan besarnya erosi dan sedimen yang berubah-ubah tiap tahunnya sesuai dengan besarnya hujan yang terjadi.

10. Rata Rata Erosi, Sedimen, dan Limpasan

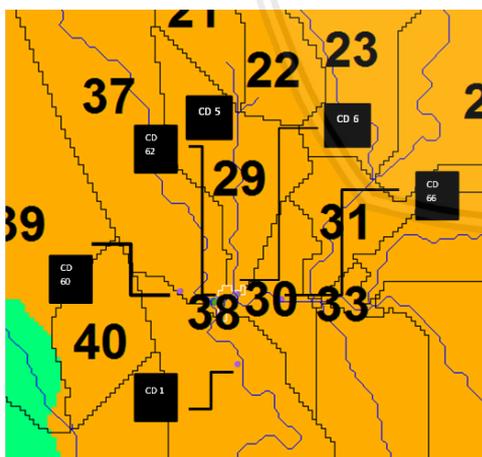
Dari hasil simulasi rata – rata erosi terbesar pada DAS Logung terjadi di SubDAS 17 dengan rata rata erosi dari tahun 2006 – 2015 sebesar 1704,70 ton/Ha/Th , sedangkan untuk rata – rata erosi terkecil terjadi pada SubDAS 46 sebesar 1,06 ton/Ha/Th., Limpasan terbesar ada di SubDAS 17 dengan nilai 3066,72 mm/th. Dan rata rata sedimen terbesar ada pada SubDAS 17 sebesar 2177,53 ton/Ha/th

Dari hasil analisa AVSWAT 2000 diatas didapatkan hasil rata-rata Limpasan, erosi, dan Sedimen dengan hasil terbesar ada pada sub-DAS 17. Akan tetapi pada pengerjaan studi kali ini dilakukan Survey indentifikasi terlebih dahulu yang digunakan untuk menentukan lokasi yang memungkinkan untuk dibangun Bangunan Pengendali Sedimen.

Tabel 6 Rekap Hasil Analisa pada Lokasi Rencana

Lokasi Check Dam	SubDAS	Koordinat		Sedimentasi	Erosi	Limpasan
		BT	LS			
1	45	110.92481	6.73293	588.8745	375.647	1355.35
5	37	1109238	672968	420.1689	243.627	1373.18
6	38	1109248	672942	211.5599	201.053	1373.64
60	37	11092193	672924	420.1689	243.627	1373.18
62	37	11092365	672982	420.1689	243.627	1373.18
66	30	11092699	672969	313.9603	213.558	1373.61

Sumber : Analisa AVSWAT 2000



Gambar 8 Peta Lokasi Rencana CheckDam

11. Kalibrasi

Proses kalibrasi digunakan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi nilai parameter-parameter yang digunakan dengan nilai parameter yang sebenarnya di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai dari sedimen pada

DAS Logung. Proses kalibrasi ini berdasarkan pada teori dalam *Soil and Water Assesment Tool User's Manual version 2000, 2002*

1. Langkah I (calibrate HRU/SubBassin Loading)

Untuk hasil sedimen pada model lebih besar dari kondisi lapangan adalah dengan mencoba coba mengganti nilai pada

- Menambah/mengurangi USLE crop management factor di file (*.sub)
- Menambah/mengurangi USLE slope length factor di file (*.sub)
- Menambah/mengurangi slope di file (*.sub)

Apabila hasil kurang memuaskan maka dilakukan dengan langkah berikutnya

2. Langkah II (calibrate Channel Degradation)

- Menambah/mengurangi Channel Erodibility Factor (*.rte)
- Menambah/mengurangi Channel Cover Factor (*.rte)

Setelah dilakukan coba-coba didapatkan hasil seperti table dibawah

Tabel 7 Hasil Perbandingan Model dan Lapangan Setelah Kalibrasi

tgl	MODEL	lapangan
6 september 2015	0.00001	0.00001
8 september 2015	0.00001	0.00002
10 september 2015	0.00001	0.00002

Sumber : Analisa AVSWAT 2000

12. Indeks Bahaya Erosi

Analisa Indeks Bahaya Erosi dilakukan untuk mengetahui kelas bahaya erosi suatu lahan dengan melihat laju erosi yang terjadi. Penentuan indeks bahaya erosi ini menggunakan metode Hammer(1981) sedangkan untuk menentukan nilai T berdasarkan Arsyad (1989)

Tabel 8 Rekap Indeks Bahaya Erosi DAS Logung

no	IBE	Harkat	Luas	Prosentase
1	<1	Rendah	176.19	3.40
2	1.00 - 4.0	Sedang	300.64	5.80
3	4.01 - 10	Tinggi	549.21	10.59
4	>10.0	Sangat Tinggi	4158.19	80.21

Sumber : Hasil Perhitungan 2018

Dari hasil perhitungan untuk Indeks bahaya erosi didapatkan bahwa pada DAS Logung di dominasi lahan dengan Indeks Bahaya Erosi yang sangat tinggi dengan prosentase sebesar 80,21%, sedangkan daerah dengan Indeks Bahaya Erosi dengan kelas rendah dan sedang hanya sebesar 3,4 % dan 5,8%.

13. Penentuan Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Untuk menentukan letak bangunan pengendali sedimen menggunakan cara membandingkan antara hasil pengamatan langsung di lapangan dan hasil analisa dari AVSWAT2000. Dari pengamatan lapangan didapatkan alternatif lokasi sebagai berikut Tabel 9 Koordinat Lokasi CheckDam

Lokasi	SubDAS	Koordinat	
		BT	LS
01	45	110.92481	6.73293
05	37	110.9238	6.72968
06	38	110.9248	6.72942
60	37	110.92193	6.72924
62	37	110.92365	6.72982
66	30	110.92699	6.72969

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil simulasi AVSWAT 2000 didapatkan sedimen pada usulan lokasi checkdam sebagai berikut :

Tabel 10 Rekap Sedimen untuk tiap Lokasi

Lokasi	SubDAS	Koordinat		Sedimentasi
		BT	LS	
01	45	110.92481	6.73293	588.87
05	37	110.9238	6.72968	420.17
06	38	110.9248	6.72942	211.56
60	37	110.92193	6.72924	420.17
62	37	110.92365	6.72982	420.17
66	30	110.92699	6.72969	313.96

Sumber : Hasil Perhitungan 2018

Dari 6 hasil perhitungan lokasi sedimentasi terbesar terletak pada lokasi 1 yang berada pada SubDas 45. Akan tetapi pada Studi kali ini yang memungkinkan untuk dibangun checkdam berada di titik 60 yang terletak di SubDAS 37 karena memiliki sedimentasi kedua terbesar dan dari kondisi fisik dan karakteristik lokasi memungkinkan untuk dibangun CheckDam

14. Penentuan Letak Bangunan Pengendali Sedimen

Tabel 11 Volume Sedimen CheckDam 60

SubDAS	Tahun	Ton
37	2006	238.02
37	2007	395.23
37	2008	518.22
37	2009	335.52
37	2010	173.24
37	2011	605.08
37	2012	201.82
37	2013	660.77
37	2014	792.57
37	2015	281.22
rata rata		420.17

Check dam 60 :

$$H = 3.5 ; \quad I_o = 0.02$$

Istatik = $1/2 \cdot I_o = 0,01$, kemiringan statik terjadi setelah dibangun bendung pengendali dasar sungai.

Idinamik = $2/3 \cdot I_o = 0,013$, kemiringan dinamik akan terbentuk setelah terjadi banjir.

$$V_{tot} = \frac{H \times B \times L_2}{2} = \frac{4 \times 15 \times 571.43}{2} = 4272.19 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan diperoleh volume tampungan check dam 60 sebesar 4272.19 m³.

$$\gamma_s = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$$

Volume sedimen subdas 37 adalah sebesar $420.17/1.2 = 350.14 \text{ m}^3$

Jadi, Volume tampungan check dam 60 adalah sebesar 4272.19 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 350.14 m³, maka tampungan akan penuh dalam 12.2 tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa erosi dan sedimentasi menggunakan AVSWAT 2000 di DAS Logung, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Nilai laju erosi rata-rata pada DAS Logung mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 adalah sebesar 310,59 ton/ha/th , sedimen sebesar 412,1 ton/ha/th dan Limpasan sebesar 1376,5 m³/ha/th

Bangunan pengendali sedimen yang diusulkan terletak pada hulu sungai Logung. Lokasi bangunan pengendali sedimen berada pada outlet subdas 37 dengan kategori nilai IBE tinggi dan sangat tinggi. Rekapitulasi dimensi check dam

Check dam 60

Lebar Bawah : 4.65 m

Lebar atas : 12.82 m

Ketinggian Palung sungai : 3.37 m

Elevasi Tertinggi Palung Sungai : +108.62 mdpl

Ketinggian Tebing / Tinggi Jagaan : 6.85 m

Elevasi Tebing +112.09 mdpl

Potensi Ketinggian Pelimpah : 5 m

Slope Sungai Arah Ke hulu : 0.020

Dengan volume tampungan sebesar 4272.19 m³ diharapkan dapat mengontrol potensi volume sedimentasi normal sebesar 350.14 m³, maka tampungan akan penuh dalam 12.2 tahun.

SARAN

Adapun saran yang diberikan setelah analisa mengenai erosi dan sedimentasi, adalah studi analisa ini masih memiliki kekurangan dikarenakan data serta kelengkapan data penunjang keakuratan dengan lapangan masih terbatas sehingga sulit dilakukan kalibrasi antara hasil model dan hasil pengamatan lapangan. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat antara hasil model AVSWAT 2000 dengan kondisi lapangan, maka perlu dipasang alat AWLR.

Dalam Pengerjaan diperlukan ketelitian dan pengarsipan file yang tepat dengan cara Proses pembuatan peta digital harus diusahakan seteliti mungkin, karena semakin teliti maka akan semakin baik hasil analisa program serta Susunan input data AVSWAT 2000 dalam suatu file input data dalam format (*.dbf) harus benar sesuai dengan format susunan yang diminta program,

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor.
- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- M. Di Luzio, R. Srinivasan, J. G. Arnold, S. L. Neitsch. (2002). *Soil and Water Assesment Tool Theoretical Document 2000*. Research and Extention Center. Texas Agricultural Experimentation.
- Pd.T-12-2004-A, *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai*.
- SNI 03-2951-1991, *Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen*.
- Suhartanto, E. (2008). *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang: CV. Asrori Malang.
- Utomo, W. H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP Malang.

