### ANALISIS KEKRITISAN LAHAN DI DAS RAYA DAN UPAYA KONSERVASI DANAU SERANTANGAN MENGGUNAKAN PROGRAM AVSWAT 2000 DI KOTA SINGKAWANG PROVINSI KALIMANTAN BARAT

### **SKRIPSI**

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ANGGA AGASI** 

NIM. 115060400111055 - 64

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

# BRAWIJAYA

### PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK/Strata-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

(Peraturan Menteri Pendidikan Nasioanl RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang, Mahasiswa,

Materai Rp. 6.000,-

Nama: Angga Agasi

NIM : 115060400111055

Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN



## UNDANG – UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 20 TAHUN 2003 SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL

### Pasal 25 Ayat 3:

Lulusan Perguruan Tinggi Yang Karya Ilmiahnya Digunakan Untuk Memperoleh Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Terbukti Merupakan Jiplakan Dicabut Gelarnya.

### **Pasal 70:**

Lulusan Yang Karya Ilmiah Yang Digunkan Untuk Mendapatkan Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Sebagaimana Dimakud Dalam Pasal 25 Ayat (2) Terbukti Merupakan Jiplakan Dipidana Penjara Paling Lama Dua Tahun Dan/Atau Pidana Denda Paling Banyak Rp. 200.000.000,00 ( Dua Ratus Juta Rupiah ).



### **RINGKASAN**

Angga Agasi, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, Analisis Kekritisan Lahan di DAS Raya dan Upaya Konservasi Danau Serantangan Menggunakan Program AVSWAT 2000 di Kota Singkawang Provinsi Kalimantan Barat, Dosen Pembimbing: Ir. Moch. Sholichin, MT., Ph.D. dan Dr.Ir Ussy Andawayanti, MS.

DAS Raya merupakan salah satu DAS yang mempengaruhi keadaan Danau Serantangan yang berada pada daerah Kota Singkawang Selatan dengan luas daerah tangkapan air 1979,21 Ha. Namun seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, pemenuham kebutuhan manusia yang selalu memanfaatkan kekayaan sumber daya alam sebagai bahan bakunya semakin meningkat dari hari ke hari. Akibatnya, hutan ataupun daerah hijau lainnya kini semakin sempit dan beralih fungsi menjadi daerah pertanian maupun daerah pertambangan, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap erosi lahan.

Penelitian dilaksanaan dengan menganalisis data hidrologi, melakukan pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*) melakukan pendugaan erosi dengan menggunakan *AVSWAT* 2000, melakukan simulasi secara vegetatif maupun mekanis untuk pengendalian erosi.

Hasil penelitian pada DAS Raya dengan luas 1979,21 ha, dengan model SWAT menunjukkan besarnya debit limpasan rata-rata pada DAS Raya mulai tahun 2001 sampai dengan 2010 adalah 20,84 m3/dt, laju erosi rata-rata sebesar 36,85 ton/ha/thn atau sebesar 2,457 mm/thn. Besarnya laju erosi pada DAS Raya mengakibatkan tingkat bahaya erosi sebagaian besar Sangat Berat (27,26%), Berat (12,75%), Sedang (30,32%), Ringan (10,07%) dan Sangat Ringan (19,6%). Dari peninjauan selanjutnya tingkat kekritisan lahan di DAS Raya yaitu potensial kritis (19,6%), semi kritis (40,38%) dan kritis (40,02%). Dan pada akhirnya arahan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (ARLKT) dibagi menjadi 3 (tiga) kawasan, yaitu Kawasan Lindung (24,41%), Kawasan Penyangga (42,18%) dan Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan (33,41%). Berdasarkan analisa usaha konservasi dengan metode vegetatif dan mekanis, didapat penurunan laju erosi rata-rata menjadi 27,06 ton/ha/thn atau sebesar 1,8 mm/thn.

Kata kunci: DAS Raya, Erosi, AVSWAT 2000, Konservasi



### **SUMMARY**

Angga Agasi, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, Land Critical Analysis in Raya Basin and Conservation of Serantangan Lake Using the AVSWAT 2000 Program in Singkawang City, West Kalimantan Province, Dosen Pembimbing: Ir. Moch. Sholichin, MT., Ph.D. dan Dr.Ir Ussy Andawayanti, MS.

Raya watershed is one that affects the state of the Serantangan Lake located in the Singkawang City and has watershed area 1979,21 Ha. However the increasing population, fulfillment of human needs that always use the wealth of natural resources as raw materials is increasing from day to day. As a result, forest and other green areas are now increasingly narrow and converted into agricultural areas and mine areas, that cause happened erosion land.

The research was conducted by analyzing hydrological data, doing processing DEM (Digital Elevation Model). And then prediction erosion with software AVSWAT 2000, also processing with method vegetative and mechanical to controlling erosion.

The research result in Raya watershed with area 1979,21 Ha. Using model SWAT indicate amount of the average runoff in the Raya watershed beginning 2001 until ear 2010 amounted to 20,84 m³/sec. the average erosion rate amounted to 36,85 ton/ha/yrs, or approximately 2,457 mm/yrs. Based on erosion hazard level, Raya watershed has very heavy (27,26%), heavy: (12,75%), medium (30,32%), light (10,07%) and very light (19,6%). While the critical level of land which, potential critical (19,6%), semi-critical (40,38%), dan critical (40,02%). In controlling the erosion rate required effort recommendation based Tutorial Land Rehabilitation and Soil Conservation (ARLKT). Landing area function in Bogel watershed consist of 3 (three) area, protected area (24,41%), cantilever zone (42,18%) and cultivation zone (33,41%). Based analysis land conservation efforts with method vegetative and mechanical, obtained the decreased erosion rate amounted to 27,06 ton/ha/yrs, or approximately 1,8 mm/yrs.

Key words: Raya watershed, Erosion, AVSWAT 2000, Conservation



### BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) ialah suatu kawasan yang terbagi oleh titik-titik tinggi seperti bukit atau gunung, sehingga air hujan yang jatuh akan mengalir dan terkumpul dalam daerah aliran sungai. Dalam sebuah DAS terdapat sebuah proses daur hidrologi yang menggambarkan interaksi diantara beberapa komponen di dalamnya yang beberapa diantaranya menghasilkan erosi, sedimentasi dan limpasan permukaan. Karakteristik lingkungan fisik DAS ditunjukan oleh respon hidrologinya terhadap curah hujan yang turun.

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. Air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau, dan di dalam tanah sehingga akan dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup.

Danau merupakan kumpulan air baik itu air tawar maupun air asin yang terkumpul dalam suatu cekungan yang berada di permukaan bumi dan dikelilingi oleh daratan. Terbentuknya sebuah danau bisa disebabkan oleh beberapa hal, antara lain karena adanya gletser yang mencair, adanya sumber mata air, dan juga karena adanya aliran sungai. Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai danau terbanyak. Danau merupakan asset Negara dan asset sumber daya air serta merupakan kekayaan alam yang sangat penting untuk dilestarikan keberadaannya. Danau berfungsi sebagai sumber air dan tempat parkir air sementara dalam upaya pengendalian banjir, serta merupakan potensi perikanan dan pariwisata yang luar biasa, dan sebagainya.

Keberadaan danau sangat bermanfaat dan merupakan sumber daya air yang perlu dilestarikan keberadaannya, serta perlu dikembangkan guna keperluan yang bermanfaat. Danau Serantangan terletak di Kota Singkawang, Provinsi Kalimantan Barat, saat ini berfungsi sebagai penyedia air baku, perikanan, pariwisata dan konservasi sumber daya air. Ironisnya kawasan perikanan Danau Serantangan di Singkawang Selatan merupakan areal "Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI)" yang telah menyebabkan Danau Serantangan tercemar.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Danau Serantangan terletak di Kelurahan Sagatani Kecamatan Singkawang Selatan dengan jarak 22 kilometer dari kota Singkawang dan memiliki luas area mencapat 400 hektar. Danau Serantangan pada mulanya merupakan salah satu asset wisata alam dan potensi perikanan yang sering dikunjing para wisatawan untuk memancing.

Kondisi Danau Serantangan sangat dipengaruhi oleh pemanfaatan ruang dan aktivitas penduduk yang terjadi di lingkungan DAS. Danau Serantangan merupakan bagian dari DAS Raya yang terdapat pada Kelurahan Sagatani. Secara umum kondisi lahan di wilayah DAS Raya merupakan lahan berupa hutan dan perkebunan.

Akan tetapi pada daerah Danau Serantangan sekarang terdapat banyak penambangan emas tanpa izin yang mengakibatkan berbagai macam dampak buruk. Dampak buruk yang terjadi diantaranya seperti semakin banyaknya sedimen yang masuk ke danau sehingga air danau semakin tercemar.

Pemerintah Kota Singkawang berencana untuk menyediakan sumber air bersih baru. Danau Serantangan merupakan salah satu pilihan untuk menjadi jalan keluar masalah tersebut. Untuk itu perlu diadakan studi dan penyelidikan lebih lanjut terhadap kondisi Danau Serantangan saat ini. Dengan adanya studi ini diharapkan dapat menentukan sedimen yang masuk dan erosi yang terjadi di danau sehingga dapat ditentukan layak tidaknya Danau Serantangan untuk menjadi sumber air bersih dan dilakukan perencanaan konservasi yang tepat.

### 1.3 Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah yang telah disusun maka dapat ditentukan rumusan pokok permasalahan yang ada sebagai berikut:

- 1. Berapa besar erosi yang terjadi di kawasan DAS Raya?
- 2. Bagaimana upaya konservasi yang bisa diterapkan di DAS Raya?
- 3. Bagaimana perubahan limpasan standar pada sungai sebelum dan sesudah konservasi?

### 1.4 Batasan Masalah

- 1. Daerah studi adalah DAS Raya, Kota Singkawang, Provinsi Kalimantan Barat.
- 2. Tiak membahas tentang penyusunan dasar program AVSWAT 2000
- 3. Batas DAS dan jaringan sungai yang digunakan dalam perhitungan adalah hasil permodelan menggunakan bantuan AVSWAT 2000. Model ini dianggap sudah mewakili keadaan yang sebenarnya di lokasi studi.
- 4. Titik utama outlet DAS Raya diidentifikasi pada Sungai.

### 1.5 Tujuan

Tujuan penyusunan skripisi ini adalah:

- a. Menentukan besarnya erosi dan laju erosi yang terjadi di DAS Raya.
- Dapat menentukan upaya konservasi yang bisa diterapkan untuk menanggulangi masalah yang terjadi.
- c. Menentukan laju sedimen

### 1.6 Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan skripsi ini adalah:

- a. Memberikan informasi kepada masyarakat dan pemerintah tentang kondisi DAS Raya Danau Serantangan Kota Singkawang terkait dengan besarnya erosi dan laju erosi.
- b. Memberikan informasi kepada masyarakat dan pemerintah tentang kondisi DAS Raya Danau Serantangan Kota Singkawang terkait dengan besarnya sedimen yang masuk ke Danau Serantangan Kota Singkawang.







### BAB II TINJAU PUSTAKA

### 2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

### 2.1.1 Pengeritan Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu bentang alam yang dibatasi oleh pemisah alami berupa puncak-puncak gunung dan bukit. Bentang alam tersebut menerima dan menyimpan curah hujan yang jatuh di atasnya dan kemudian mengatur dan mengalirkannya secara langsung maupun tidak langsung beserta muatan sedimen dan bahan-bahan lain ke sungai utama hingga bermuara ke danau atau ke laut.

Daerah Aliran Sungai adalah wilayah tangkapan air hujan yang akan mengalir ke sungai yang bersangkutan. Perubahan fisik yang terjadi di DAS akan berpengaruh langsung terhadap kemampuan retensi DAS terhadap banjir. Perubahan tata guna lahan, akan menyebabkan retensi DAS berkurang secara drastic. Maka inti yang dapat dirangkum tentang Daerah Aliran Sungai adalah suatu batasan pemisah alami yamg memisahkan tiap daerah sehingga memiliki wilayah tangkapan air hujan untuk disalurkan hingga ke laut.

Luas dan bentuk DAS beraneka macam, untuk mengetahui ukuran dan bentuk DAS dapat dikenali secara geografis. Sebuah sistem DAS yang besar umumnya terdiri dari beberapa subDAS sesuai dangan jumlah percabangan dari sungai utama.

### 2.1.2 Hidrologi

Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, Hydrologia, yang berarti "ilmu air". Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan.

Hidrologi diartikan sebagai suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerak air di alam. Hidrologi meliput berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-prubahan antara keadaan cair, padat dan gas. Termasuk didalamnya adalah penyebaran, daur, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungan dengan unsur-unsur hidup di dalam air.

Sedangkan hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah cabang dari ilmu hidrologi, yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu (*upper catchment*) terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir dan iklim di daerah hulu dan hilir (Chay Asdak, 2002, hal.4).

### 2.1.3 Siklus Hidrologi



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber: USGS, U.S. Geological Survey.

Siklus Hidrologi adalah siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfir melalui kendensasi, persipitasi, evaporasi dan transpirasi. Chay Asdak (2004, hal.7) menyatakan dalam daur hidrologi, energi panas dan faktor-faktor iklim lainya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut dan badan air lainnya. Uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan.

Sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan tersebut akan tertahan terlebih dahulu oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan yang sampai di permukaan tanah akan tersimpan di permukaan danau selama proses pembasahaan tajuk, dan sebagian lainya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui celah-celah daun dan mengalir ke bagian bawah melalui permukaan batang pohon. Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah melainkan terevaporasi kembali ke atmosfer. Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk dan terserap ke dalam tanah, dan sisanya akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah, untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah, apabila kelembaban tanah sudah cukup jenuh maka air hujan tersebut akan bergerak secara lateral untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan

keluar lagi ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke sungai. Air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut dapat pula bergerak vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah. Air tanah tersebut pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau, atau tempat penampungan alamiah lainya. Sbagian air infiltrasi yang tetap tinggal dalam lapisan tanah bagian atas kemudian ditiupkan kembali ke atmosfer

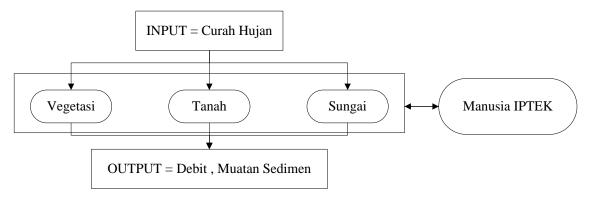
melalui permukaan tanah dan melalui permukaan tajuk vegetasi.

7

### 2.1.4 Ekosistem DAS

Daerah aliran sungai dapat dianggap sebagai suatu ekosistem, karena ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terjadi atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Ekosistem terdiri atas komponen biotis dan abiotis yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan yang teratur. Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah salah satu komponen yang paling dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan, dan dengan demikian akan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Chay Asdak (2002, hal.15) menyatakan pada sebuah ekosistem DAS terjadi hubungan timbal-balik antar komponen, maka apabila terjadi perubahan pada salah satu komponen lingkungan, ia akan mempengaruhi komponen-komponen yang lain. Perubahan komponen-komponen tersebut akan mempengaruhi keutuhan sistem ekologi di daerah tersebut.

Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini, antara lain dari segi fungsi tata air. Sehingga DAS hulu seharusnya menjadi focus perencaan pengolahan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik memaui daur hidrologi.



Gambar 2.2 Fungsi ekosisem DAS Sumber: Asdak (2002, hal.16)

Proses yang berlangsung dalam suatu ekosistem DAS, di mana input berupa curah hujan sedangkan output berupa debit aliran dan muatan sedimen. Curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, vegetasi, dan aktivitas manusia mempunyai peranan penting untuk berlangsungnya proses erosi dan sedimentasi.

Mohammad Bisri (2009, hal.184) menjelaskan secara teoritis, bahwa indikator utama keberhasilan pengelolaan DAS adalah keseimbangan siklus hidrologi pada DAS dan harus berlangsung secara alamiah. Dengan kata lain apabila pemanfaatan kawasan DAS, badan sungai empadan sungai oleh manusia tidak sesuai dengan pendekatan penataan alam, maka berhasil dan tidaknya pengelolaan DAS dapat terlihat.

Akibat ulah manusia dari tindakan pengelolaan DAS yang tidak sesuai akan berakibat buruk seperti timbulnya kekritisan lahan yang terdiri atas perubahan nilai tata guna lahan, erosi, sedimentasi, dan limpasan berlebih.

### 2.2 Analisa Hidrologi

### 2.2.1 Uji Konsistensi

Soewarno (1995, hal.15) menytakan uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya dilapangan harus konsisten. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain:

- a. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, misalnya pembangunan gedung-gedung, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus dan lain-lain.
- b. Pemindahan alat pengukur hujan
- c. Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Uji konsistensi dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) yaitu pengujian dengan menggunakan data dari stasiun itu sendri yang dikumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan terhadap nilai reratanya.

$$S_o * = 0, S_k * = \sum_{i=1}^{k=1} (Y_i - Y')$$
 (2-1)

$$S_k ** = \frac{S_k *}{D_y} \tag{2-2}$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y')^2}{n} \tag{2-3}$$

$$Q = \text{maks } |S_k **| \tag{2-4}$$

untuk nilai  $0 \le k \le n$ 

$$R = \text{maks } S_k^{**} - \min S_k^{**}$$
 (2-5)

untuk nilai  $0 \le k \le n$ 

Dengan melihat nilai statistic, maka dapat dicari nilai  $Q/(n^{0,5})$  dan  $R/(n^{0,5})$ . Hasil yang didapat selanjutnya dibandingkan dengan nilai dari  $Q/(n^{0,5})$  syarat dan  $R/(n^{0,5})$  syarat. Jika  $Q/(n^{0,5})$  dari hasil perhitung lebih kecil maka data masih dalam batas konsisten dan dapat diterima.

### 2.2.2 Uji Regresi dan analisis Korelasi Data Hidrologi

Suatu analisis yang membahas hubungan dua variabel atau lebih disebut dengan analisis regresi. Apabila dalam analisis regresi telah dapat detentukan model persamaan matematika yang cocok, persoalan berikutnya adalah menentukan berapa kuat hubungan antara variabel-variabel tersebut.

Derajat hubungan umumnya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi yaitu R dan koefisien determinasi yaitu  $R^2$ . Nilai koefisien berkisar antara  $-1 \le R \le 1$ , nilai ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

R = 1	hubungan positif sempurna
0.6 < R < 1	hubungan langsung positif baik
0 < R < 0.6	hubungan langsung positif lemah
R = 0	tidak terdapat hubungan linier
-0.6 < R < 0	hubungan langsung negatif baik
-1 < R < -0.6	hubungan langsung negatif lemah
R = -1	hubungan negatif sempurna

$$R = \frac{\sum_{n=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[ \left\{ \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}}$$
(2-6)

$$R^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{i} - \bar{x})^{2}}{\sum_{i=1}^{n} (y_{i} - \bar{y})^{2}}$$
(2-7)

### 2.2.3 Uji Homogenitas Data

Perlu dipastikan tentang kendala data sebelum dilakukan perhitungan dan analisis. Untuk itu perlu dilakukan pengujian secara statistik. Pengujian tersebut dilakukan untuk memastikan ketepatannya data agar hasil perhitungan dapat digunakan untuk proses lebih lanjut.

### • Uji T

Uji T termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Sampel dikatakan sebagai sampel kecil jika nilai n < 30. Untuk mengetahui apakah 2 sampel  $X_1$  dan  $X_2$  berasal dari populasi yang sama, maka dihitung T dengan rumus:

$$t = \frac{\left|\overline{X_1} - \overline{X_2}\right|}{\sqrt[4]{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \tag{2-8}$$

$$a = \sqrt{\frac{(N_1 - 1).S_1^2 + (N_2 - 1).S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$
(2-9)

dimana:

 $\overline{X_1}$  = rata-rata dari sampel  $X_1$ 

 $\overline{X_2}$  = rata-rata dari sampel  $X_2$ 

 $S_1$  = simpangan baku dari sampel  $X_1$ 

 $S_2$  = simpangan baku dari sampel  $X_2$ 

 $N_1$  = ukuran sampel dari sampel  $X_1$ 

 $N_2$  = ukuran sampel dari sampel  $X_2$ 

Untuk harga T tabel dapat dicari pada tabel distribusi *student's* untuk derajat bebas  $V = N_1 + N_2 - 2$  dan  $a = (Level \ of \ significance)$  missal 5%. Apabila nilai T score < T tabel maka hasil uji Ho diterima, dan jika hasil menunjukan sebaliknya maka Ho ditolak.

### 2.2.4 Uji Kualitas Data Hujan

Data Hujan yang diperoleh dan dikumpulkan dari masing-masing institusi pengelolanya. Selanjutnya perlu dilakukan uji kualitas data terhadap data tersebut. Hal ini dikarenakan informasi yang diperoleh tentang masing-masing unsur tersebut mengandung ketidaktelitian dan ketidakpastian yang disebabkan oleh berbagai faktor.

Faktor yang menyebabkan rendahnya tingkat konsistensi data adalah:

- Stasiun pengukur hujan tertutup oleh rindangnya pepohonan.
- Stasiun pengukur hujan yang terletak berdekatan dengan gedung tinggi
- Kesalahan pencatatan (humman error)

Dikarenakan faktor-faktor tersebut untuk itu perlu dilakukan uji konsistensi data dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode ini digunakan untuk menguji konsisten atau tidak data suatu stasiun dengan cara mendeteksi nilai rata-rata (*mean*) data dari stasiun itu sendiri. Untuk lebih jelasnya dapa dilihat dalam rumus, nilai statistik O dan R.

Q	=	maks $ S_k^{**} $ untuk $0 \le k \le n$	(2-10)
R	=	maks $S_k^{**}$ - min $S_k^{**}$	(2-11)
$S_k*$	=	$(X-\overline{X})$	(2-12)
$\mathrm{D}\mathrm{y}^2$	= //	$S_k^2/n$	(2-13)
Dy	ŧ(	$\sqrt[n]{\mathrm{Dy2}}$	(2-14)
$S_k**$	=	$\frac{Sk^*}{Dv}$	(2-15)

Dengan:

Q = nilai statistik Q, atribut dari besarnya sebuah nilai statistik, didapat dari perhitungan dengan rumus seperi pada persamaan di atas.

R = nilai statistik (range), atribut dari besarnya sebuah nilai statistik, dari perhitungan dengan rumus seperti pada persamaan diatas

 $S_k^*$  = simpangan mutlak, data hujan (X) – data hujan rata-rata ( $\overline{X}$ ).

 $Dy^2$  = nilai kuadrat dari  $S_k$ \* dibagi dengan jumlah data.

 $Dy = simpangan rata-rata, hasil dari akar kuadrat nilai <math>Dy^2$ .

 $S_k^{**}$  = nilai konsistensi data, nilai  $Sk^*$  dibagi dengan Dy

n = jumlah data

Dengan menggunakan rumusan di atas maka dapat dicari nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$ . Selanjutnya hasil yang didapat dibandingkan dengan nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  tabel. Untuk syarat analisis diterima atau masih dalam batas konsisten jika nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  hitung lebih kecil dari nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  tabel. Berikut adalah tabel nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  yang menjadi pembatas.

Tabel 2.1 Nilai	$Q/(n^{0.5})$	dan $R/(n^{0.5})$
-----------------	---------------	-------------------

		$Q/(n^{0,5})$				
N	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,48	1,40	1,50	1,70
40	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,85
	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber: Utomo (1994, hal.64)

### 2.2.5 Pengujian Abnormalitas Data (Uji Inler-Outlier Data)

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji Inlier-Outlier, dimana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah  $(X_L)$  dan ambang atas  $(X_H)$  akan dihilangkan. Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut sebagi berikut:

$$X_H = Exp. (X_{\text{rerata}} + K_n \cdot SD)$$
 (2-16)

$$X_L = Exp. (X_{\text{rerata}} - K_n \cdot SD)$$
 (2-17)

Dengan:

 $X_H$  = nilai ambang atas

 $X_L$  = nilai ambang bawah

 $X_{rerata} =$  nilai rata-rata

SD = standar deviasi atau simpangan baku dari logaritma terhadap data

K<sub>n</sub> = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data

n = jumlah sampel data

### Langkah perhitungan:

- 1. Data diurutkan dari besar ke kecil atau sebalikna
- 2. Mencari Log X
- 3. Mencari harga rerata dari Log X
- 4. Mencari nilai standart deviasi dari Log X
- 5. Mencari nilai Kn (Tabel 2.2.)
- 6. Menghitung nilai ambang atas  $(X_H)$
- 7. Menghitung nilai ambang bawah  $(X_L)$

Tabel 2.2. Nilai Kn untuk Uji Inlier-Outlier

Jumlah Data (n)	Kn						
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,7	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,71	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,390	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber: Chow (1988, hal.404)

### 2.3 Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan rerata curah hujan diperlukan untuk mendapatkan nilai koefisien kepencengan (Cs), koefisien kepuncakan (Ck), dan koefisien keseragaman (Cv). Penentuan curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu dihitung dengan menggunakan analisis frekuensi dalam hal ini dengan menggunakan metode Gumbel dan Log Pearson III. Untuk menguji diterima atau tidaknya distribusi, maka dilakukan pengujian simpangan horizontal yakni uji Smirnov Kolmogorov dan pengujian impangan vertikal, yakni Chi – Square.

### 2.4 Erosi

### 2.4.1 Pengertian Erosi

Erosi adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah yang disebabkan oleh pergerakan air. Sedangkan menurut Arsyad (2000, hal.30) erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terbawa yang kemudian diendapkan pada suatu tempat seperti sungai. Indonesia merupakan daerah lembab yang mana proses terjadi erosi disebabkan oleh penghanyutan air, dengan rata-rata curah hujan melebihi 1500 mm/tahun.

Erosivitas merupakan sifat curah hujan dengan intensitas rendah yang jarang menyebabkan erosi, tetapi jika terjadi hujan yang lebat dengan periode yang panjang atau pendek dapat menyebabkan adanya limpasan permukaan yang besar dan kehilangan tanah.

Sifat curah hujan yang mempengaruhi erosivitas dipandang sebagai energy kinetik butir-butir hujan yang menumbuk permukaan tanah (Soemarto, 1986, hal.385).

Limpasan permukaan (*Surface run off*) adalah jumlah air yang melimpas di atas permukaan tanah akibat curah hujan. Apabila jumlah hujan yang turun kelahan lebih banyak dibandingkan yang masuk ke dalam tanah, maka indikasi ini menjelaskan bahwa prosentasi tutupan lahan oleh tanaman yang menyerap air sangat rendah, atau tutupan lahan dengan bahan kedap air lebih luas disbanding tutupan lahan yang dapat menyerap atau tembus air ke dalam tanah. Keadaan ini menimbulkan limpasan yang lebih besar atau genangan yang lebih tinggi (Mohammad Bisri, 2009, hal.185). Suatu bagian tertentu curah hujan total menjadi limpasan langsung yang teriri atas limpasan langsung yang terjadi atas limpasan permukaan dan interflow (air yang masuk ke dalam lapisan tipis di bawah permukaan tanah dengan permeabilitas tinggi, yang keluar lagi di tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan) (Soemarto, 1986, hal.136)

Sedimentasi merupakan proses perpindahan dan pengendapan erosi tanah, khususnya sebagai hasil dari percepatan erosi embar. Sedimentasi menggambarkan material seperti butiran pasir yang tersuspensi dan diangkut oleh gerakan air sepanjang sungai ataupun danau. Dari proses sedimentasi, hanya sebagian dari sedimen yang diangkut melalui aliran sungai dan dibawa keluar dari DAS, sedangkan sebagian sedimen yang lain mengendap dilokasi tertentu dari sungai tersebut.

### 2.4.2 Proses Terjadinya Erosi dan Penyebabnya

Menurut Utomo (1994, hal.20) proses terjadinya erosi diawali dengan terjadinya proses penghancuran terhadap agregat-agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang memiliki energy yang lebih besar terhadap daya tahan tanah. Hancuran tanah ini selanjutnya akan menyumbat pori-pori pada tanah, maka kapasitas dari infiltrasi tanah akan menurun dan mengakibatkan air mengalir di permukaan tanah, hal ini yang disebut sebagai limpasan permukaan. Limpasan permukaan mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel tanah yang telah dihancurkan. Selanjutnya jika tenaga limpasan permukaan yang ada sudah tidak mampu lagi untuk mengangkut bahan-bahan hancuran tersebut, maka bahan-bahan ini akan diendapkan. Dengan demikian ada tiga proses yang bekerja secara berurutan dalam proses erosi yaitu diawali dengan penghancuran agregat-agregat, pengangkutan dan diakhiri dengan pengendapan.

Erosi terjadi melalui proses penghancuran atau pengikisan, pengangkutan dan pengendapan. Dengan demikian intensitas erosi ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi ketiga proses tersebut. Secara garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya laju erosi adalah:

### a. Ikim

Pengaruh iklim terhadap erosi dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung yaitu melalui tenaga kinetis air hujan, terutama intensitas dan diameter butiran air hujan yang jatuh. Untuk hujan yang memiliki intensif dan berlangsung dalam waktu pendek, erosi yang terjadi biasanya lebih besar daripada hujan dengan intensitas lebih kecil dengan waktu berlangsungnya hujan lebih lama. Pengaruh iklim tidak langsung ditentukan melalui pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetasi.

### b. Tanah

Dalam menentukan laju erosi, ketahanan tanah memiliki fungsi meliputi ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar (baik oleh pukulan air hujan maupun limpasan permukaan), dan kemampuan tanah untuk menyerap air hujan (Rahim, 2003, hal.33). Menurut Asdak (2002, hal.351) menyebutkan empat sifat tanah yang penting dalam menentukan erodibilitas tanah (mudah-tidaknya tanah tererosi) adalah:

- Tekstur tanah, berkaitan dengan ukuran dan porsi partikel-partikel tanah dan akan membentuk tipe tanah tertentu. Tiga tipe tanah tersebut adalah pasir, debu, dan liat.
- Unsur organik, terdiri atas limbah dari tanaman dan hewan sebagai hasil proses dekomposisi. Unsur organik umumnya memperbaiki struktur tanah dan bersifat meninggkatkan permabilitas tanah, kapasitas tampungan air tanah, kesuburan tanah.
- Struktur tanah, adalah susunan partikel-partikel tanah yang membentuk agregat. Struktur tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap air tanah.
- Permeabilitas tanah, menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Struktur dan tekstur tanah serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menentukan permeabilitas tanah. Tanah dengan permabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi, sehingga menurunkan laju air larian.

### c. Topografi

Faktor topografi umumnya dinyatakan dalam kemiringan dan panjang lereng. Secara umum erosi akan meningkat dengan meningkatnya kemiringan dan panjang lereng. Kombinasi dari kedua variabel lereng ini akan menyebabkan perubahan laju erosi tanah tidak sekedar proporsional dengan kemiringan lereng tetapi meningkat secara drastis dengan meningkatnya panjang dari lereng tersebut. Kecepatan air larian yang besar, umumnya ditentukan oleh kemiringan lereng yang tidak terputus dan panjang, serta terkonsentrasi pada saluran-saluran sempit yang mempunyai potensi besar untuk terjadinya erosi alur dan erosi parit. Kedudukan lereng juga menentukan besar kecilnya erosi. Lereng bagian bawah lebih mudah tererosi daripada lereng bagian atas karena momentum air larian dan kecepatan air larian lebih besar, dan juga lebih terkonsentrasi ketika mencapai lereng bagian bawah.

### d. Vegetasi

Vegetasi mempunyai pengaruh yang bersifat melawan terhadap faktor-faktor lain yang erosif seperti hujan, topografi, dan karakteristik tanah. Vegetasi atau tanaman memiliki pengaruh terhadap erosi antara lain:

- Melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan (menurunkan kecepatan terminal tanah dan memperkecil diameter air hujan)
- Menurunkan kecepatan dan volume air larian
- Menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya melalui sistem penakaran dan seresah yang dihasilkan
- Mempertahankan kemantapan kapsitas tanah dalam menyerap air.

### e. Kegiatan Manusia

Kegiatan manusia dikenal sebagai salah satu faktor paling penting terhadap terjadinya erosi tanah yang cepat dan intensif. Kegiatan tersebut kebanyakan berkaitan dengan perubahan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi, misalnya perubahan penutup tanah akibat penggundulan hutan untuk pemukiman, lahan pertanian, atau gembalaan. Kegiatan-kegiatan manusia di muka bumi sering mengganggu keseimbangan antara regenerasi (pembentukan) tanah dan laju erosi tanah. Oleh sebab itu, faktor kegiatan manusia menjadi peranan penting terutama dalam usaha-usaha pencegahan erosi, sebab manusia dapat mempengaruhi faktor-faktor penyebab erosi lainnya, kecuali iklim.

Dalam keadaan normal seperti di lapangan, proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yaitu:

- 1. Air hujan turun ke kulit bumi dengan energi yang besar sehingga agregat tanah terpecah menjadi partikel tanah.
- 2. Terjadi pemindahan atau pengangkutan partikel tanah atau butir-butir yang kecil sampai sangat halus
- 3. Partikel mengendap di tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk.

Secara umum proses erosi meliputi, pengelupasan (*detachment*), penghanyutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*). Pengelupasan yang terjadi adalah akibat timpaan-timpaan titik hujan yang terjadi secara terusmenerus di permukaan tanah. Iklim, tanah, topografi, waktu dan pendayagunaan tanah oleh manusia merupakan faktor-faktor utama yang mempengaruhi terjadinya errosi dan sedimentasi.

### 2.5 Perkiraan Tingkat Kekritisan Lahan

### 2.5.1 Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)

USLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu panjang dari suatu areal usaha tani dengan sistem pertanaman dan pengelolaan tertentu. Sementara itu untuk erosi yang dapat diprediksi adalah erosi alur, akan tetapi model ini tidak dapat memprediksi pengendapan yang ada dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi tersebut, tebing sungai dan dasar sungai. Wischmeier dan Smith (1978, hal.42) juga mengemukakan bahwa metode yang umumnya

$$A = R . K . L . S . C . P$$
 (2-18)

Dengan:

A: Banyaknya tanah tererosi.

R: Faktor dari curah hujan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum yang terjadi selama 30 menit.

K: Faktor erodibilitas tanah, ialah laju erosi per unit indeks erosi untuk suatu tanah yang diperoleh dari petak homogen percobaan standar, dengan panjang 22 meter yang terletak pada lereng 9% tanpa tanaman.

L: Faktor panjang lereng 9%, yaitu sesuatu yang mirip dengan erosi tanah yang memiliki panjang lereng dan erosi dari tanah dengan panjang lereng 22 meter.

S: Faktor kecuraman lereng, yaitu sesuatu yang mirip antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan lereng 9% yang tidak identik.

C: Faktor dari vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu sesuatu yang mirip antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman;

P: Faktor tindakan konservasi tanah, yaitu suatu yang mirip antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi tanah seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam kedaan yang identik.

Data curah hujan dari stasiun pengamatan hujan terdekat dengan lokasi penelitian, memiliki data minimal 10 tahun terakhir. Data curah hujan tersebut digunakan untuk mengetahui faktor erosivitas hujan (R) melalui persamaan Bols (1978). Untuk perhitungan faktor erosivitas hujan (R) yang lain dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = (0.41 \text{ x H})^{1.09} \tag{2-19}$$

dimana H = curah hujan (mm/th).

### 1. Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas yaitu kemampuan hujan untuk menimbulkan dan menyebabkan terjadinya erosi. Erosivitas hujan sebagian terjadi karena pengaruh jatuhnya butiran-butiran hujan yang langsung menuju ke atas permukaan tanah. Kemampuan air hujan sebagai penyebab terjadinya erosi ini bersumber dari laju dan distribusi tetesan air hujan, dimana kedua hal tersebut yang nantinya mempengaruhi besar energi kinetik air hujan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa erosivitas hujan sangat berkaitan langsung terhadap energi kinetis atau momentum, yaitu parameter yang berhubungan dengan laju curah hujan atau volume hujan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai erosivitas adalah persamaan yang dikemukakan oleh Bols (1978) dalam Hardjowigeno (1995) sebagai berikut:

$$El_{30} = 6,119 R^{1,21} x D^{-0,47} x M^{0,53}$$
 (2-20)

keterangan:

: Erosivitas curah hujan bulanan rata-rata EI30

 $R_{12}$ : Jumlah E130 selama 12 bulan

: Curah hujan bulanan (cm) R

D : Jumlah hari hujan

: Hujan maksimum pada bulan tersebut (cm) M

Cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang lain dapat menggunakan rumus yang dikemukakan sebagai berikut:

$$R = 2,221 P^{1,36}$$
 (2-21)

keterangan:

R : Indeks erosivitas

P : Curah Hujan Bulanan (cm)

Untuk cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang terakhir ini lebih sederhana karena hanya memanfaatkan data curah hujan bulanan.

### 2. Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah merupakan jumlah rata-rata tanah yang hilang setiap tahun per satuan indeks daya erosi pada sebidang tanah tanpa tanaman (lahan gundul), tanpa adanya usaha pencegahan erosi, dengan lereng 9% (5°), dan panjang lereng 22 meter (Hardjowigeno, 1995, hal.36). Faktor erodibilitas tanah menunjukan kekuatan dari suatu partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah oleh energi kinetik air hujan. Besarnya erodibilitas tanah ditentukan oleh karakteristik

BRAWIIAYA

tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, dan kandungan bahan organik serta bahan kimia tanah.

Faktor yang menentukan besarnya nilai K adalah tekstur, struktur, permeabilitas, dan bahan organik tanah. Penentuan nilai K ini dapat dilakukan dengan menggunakan nomograph atau dapat menggunakan rumus Wischmeier *et al* sebagai berikut:

$$100 \text{ K} = 1,292[2,1\text{M}^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)]$$
 (2-22)

### Keterangan:

M : parameter ukuran butir (% debu +% pasir sangat halus) (100 - % liat)

a : persentase bahan organik (% C x 1,724)

b : kode struktur tanah

c : kode kelas permeabilitas penampang tanah

Untuk Kadar bahan organik > 6% (agak tinggi – sangat tinggi), angka 6% tersebut digunakan sebagai angka maksimum. Penilaian struktur dan permeabilitas tanah masing – masing menggunakan Tabel 2.3 dan Tabel 2.4:

Tabel 2.3 Penilaian Struktur Tanah

No	Tipe struktur tanah	Kode penilaian
1	Granular sangat halus (very fine granular)	// 1
2	Granular halus (fine granular)	2
3	Granular sedang dan besar (medium, coarse granular)	3
4	Gumpal, lempeng, pejal (blocky, platty, massif)	4

Sumber: Wischmeier et al., 1971, hal.16

Tabel 2.4 Penilaian Kelas Permeabilitas Tanah

No.	Kelas permeabilitas tanah	Kode penilaian
1	Cepat (rapid)	1
2	Sedang sampai cepat (moderate to rapid)	2
3	Sedang (moderate)	3
4	Sedang sampai lambat (moderate to slow)	4
5	Lambat (slow)	5
6	Sangat lambat (very slow)	6

Sumber: Wichmeser et al. 1971, hal.16

### 3. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Faktor lereng (LS) merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu dengan petak baku (tanah gundul, lereng curam 9%, panjang 22 meter, dan tanpa usaha pencegahan erosi) yang mempunyai nilai LS = 1. Menurut Weismeier dan Smith (1978, hal.52) persamaan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$LS = \int m (0.065 + 0.045 S + 0.0065 S^{2})$$
 (2-23)

### keterangan:

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

L = Panjang lereng (meter)

S = Kemiringan lahan (%)

m = Nilai eksponensial yang tergantung dari kemiringan

S < 1% maka nilai m = 0,2

S = 1 - 3 % maka nilai m = 0.3

S = 3 - 5 % maka nilai m = 0.4

S > 5% maka nilai m = 0,5

Selain menggunakan rumus di atas, nilai LS dapat juga ditentukan menurut kemiringan lerengnya seperti ditunjukan pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Penilaian Kelas Kelerengan (LS)

	<u> </u>	1107
Kelas lereng	Kemiringan lereng (%)	Nilai LS
A	0 - 5	0,25
В	5 – 15	1,2
С	15 – 35	4,25
D	35 - 50	9,5
Е	> 50	12

Sumber: Petuntuk Pelaksanaan Penyusunan RTL-RLKT Jakarta (1986, hal.23)

### 4. Faktor Tanaman (C)

Faktor tanaman yaitu pengelolaan tanaman yang merupakan rasio dari tanah yang tererosi terhadap jenis pengelolaan tanaman dan juga dalam kondisi permukaan lahan yang sama tetapi tanpa pengelolaan tanaman atau dibedakan tanpa tanaman. Pada tanah yang gundul (tanpa tanaman/petak baku) untuk nilai C = 1. Untuk mendapatkan nilai C tahunan perlu diperhatikan perubahan-perubahan penggunaan tanah dalam setiap tahun.

Terdapat beberapa parameter sebagai faktor penentu besarnya nilai C, yaitu konsolidasi tanah, sisa-sisa dari tanaman, tajuk vegetasi, sistem perakaran, efek sisa perakaran dari kegiatan pengelolaan lahan, faktor kontur, kekasaran permukaan tanah, gulma, dan rumput-rumputan (Asdak, 1985, hal.28).

Tabel 2.6. Perkiraan Nilai Faktor C Berbagai Jenis Penggugaan Lahan

NO	Pengelolaan tanaman	Nilai C
1	Ubi kayu + kedelai	0,181
2	Ubi kayu + kacang tanah	0.195
3	Padi + sorgum	0,345
4	Padi + kedelai	0,417
5	Kacang tanah+ gude	0,495
6	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ ha	0,049
7	Kacang tanah +kacang tunggak	0,571
8	Padi + mulsa jerami 4 ton/ha	0,096
9	Kacang tanah + mulsa jagung 3 ton/ha	0,12
10	Kacang tanah+mulsa crotalaria 3 ton/ha	0.136
11	Kacang tanah+mulsa kacang tanah	0,259
12	Kacang tanah + mulsa jerami	0,377
13	Padi + mulsa crotalaria 3 ton / ha	0.387
14	Pola tanam numpang gilir 1 + mulsa jerami 6 ton /ha	0,079
15	Pola tanam berurutan 2 + mulsa sisa tanam	0,347
16	Pola berurutan	0,498
17	Pola tanaman tumpang gilir + mulsa sisa tanaman	0.357
18	Pola tanam tumpang gilir	0,588

Sumber: Abdukrahman, dkk. (1981) di dalam Hardjoamidjojo dan Sukartaatmadja (1992, hal.14)

### 5. Faktor Usaha Pencegahan Erosi atau Konservasi (P)

Faktor praktik konservasi tanah yaitu suatu rasio tanah yang hilang jika terdapat usaha konservasi tanah dilakukan tanpa adanya usaha konservasi tanah. Dengan tapa adanya konservasi tanah maka nilai P = 1. Bila dibuat teras, nilai P dianggap sama dengan nilai P, untuk strip cropping, sedangkan nilai P didapat dengan menganggap panjang lereng sebagai jarak horizontal dari masing-masing teras. Konservasi dilakukan secara mekanis dan vegetatif, tetapi juga usaha-usaha yang bertujuan untuk mengurangi erosi tanah yang terjadi. Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah jika digabungkan dengan faktor P.

Tabel 2.7. Perkiraan Nilai Faktor Berbagai Jenis Penggunaan Lahan

	./. Perkiraan Nilai Faktor Berbagai Jenis Penggunaan Lanan	
No.	Teknik Konserfasi Tanah	Nilai p
1	Teras bangku	
	a. Sempurna	0,04
	b. Sedang	0,15
	c. Jelek	0,35
2	Teras tradisional	0,4
3	Padang rumput (permant grass field)	
	a. bagus	0,04
	b. jelek	0,4
4	Hill side ditch atau field pits	0,3
5	Countur croping	
	a. kemiringan 0-8%	0,5
	b. kemiringan 9-20%	0,75
	c. kemiringan 20%	0,9
6	Limbah jerami yang digunakan	
	a. 6 ton/ha/tahun b. 3 ton/ha/tahun c. 1 ton/ha/tahun	0,3
	b. 3 ton/ha/tahun	0,5
	b. 3 ton/ha/tahun c. 1 ton/ha/tahun	0,8
7	Tanaman perkebunan	
	a. Penutupan tanah rapat	0,1
	b. Penutupan tanah sedang	0,5
8	Reboisasi dengan penutupan pada tahun awal	0,3
9	Strip cropping jagung- kacang tanah,sisa tanaman dijadikan mulsa	0.5
10	Jagung-kedelai, sisa tanaman dijadikan mulsa	0,087
11	Jagung- mulsa jerami padi	0,008
12	Padi gogo-kedelai. Mulsa jerami padi	0,193
13	Kacang tanah-kacang hijau	0,73

Sumber: Abdukrahman, dkk. (1981) di dalam Hardjoamidjojo dan Sukartaatmadja (1992, hal.15)

### 2.5.2 Erosi Diperbolehkan (Edp)

Untuk penetapan batas tertinggi dari laju erosi yang masih dapat diperbolehkan atau ditoleransikan sangat diperlukan, karena tidak mungkin menekan laju erosi hingga menjadi nol dari tanah-tanah yang diusahakan untuk pertanian terutama pada tanah-tanah yang berlereng. Erosi yang diperbolehkan adalah kecepatan erosi yang masih berada dibawah laju pembentukan tanah. Terjadinya erosi pada suati lahan tidak dapat dihentikan sehingga tidak terjadi erosi sama sekali. Pengendalian erosi yang dilakukan dimaksutkan agar erosi yang terjadi tidak menggangu keseimbangan alam. Erosi di lahan pertanian dibatasi pada tingkat dimana erosi tidak menggangu prodiktivitas tanaman.

Di indonesia, Hammer (1981) serang ahli konservasi tanah dari Australia yang bekerja di Pusat Penelitian Tanah Bogor, mengusulkan agar menghitung nilai erosi yang diperbolehkan berdasarkan kedalaman ekuivalen tanah dan kelestarian sumber daya tanah (umur) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Edp = \underbrace{Kedalaman Tanah Ekuivalen}_{Kelestarian Tanah}$$
(2-24)

dengan:

Kedalaman tanah ekuivalen(mm) = kedalaman tanah x faktor kedalaman (0,75-1)

Kelestarian tanah: 400 tahun (Hammer, 1981, dalam Utomo, 1994, hal.26)

Nilai Edp dapat didapatkan dengan melihat kedalaman efektif tanah dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 2.8 Nilai Edp Berdasarkan Kedalaman Daerah Perakaran

Kedalaman Solum Tanah	Edp (ton/ha/tahun)			
Redaraman Solum Tanan	Tanah Terbaharui	Tanah Tidak Terbaharui		
< 25	2,2	2,2		
25-51	4,5/1	2,2		
51-102	6,7	4,5		
102-152	9,6	6,7		
>152	11,2	11,2		

Sumber: Utomo (1994, hal 26)

### 2.5.3 Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Tingkat bahaya erosi merupakan suatu perkiraan maksimum dari jumlah tanah yang akan hilang pada sebidang lahan akibat dari erosi, jika pengelolaan dan konservasi tanah tidak dilakukan dan tidak mengalami perubahan dalam jangka panjang. Dalam pelaksanaan program konservasi tanah salah satu informasi penting yang perlu diketahui adalah tingkat dari bahaya erosi (TBE) dalam suatu DAS atau subDAS. Dengan mengetahui tingkat bahaya erosi (TBE) suatu DAS atau masing-masing subDAS maka prioritas tingkat kemampuan lahan dapat ditentukan. Untuk menentukan TBE, Dirjen RLKT (Departemen Kehutanan) pada umumnya menggunakan pendekatan terhadap tebal solum tanah yang sudah ada dan besarnya erosi sebagai dasar. Makin dangkal solum tanah berarti makin sedikit tanahnya yang tererosi, sehingga tingkat TBEnya sudah cukup besar meskipun tanah yang hilang belum terlalu banyak (Hardjowigeno, 2003, hal.203). Klasifikasi tingkat bahaya erosi dapat dilihat pada tabel berikut:

Solum Tanah		Kelas Bal	haya Erosi	(ton/ha/thn)	)
(cm)	I	II	III	IV	V
	<15	15 – 60	60 -180	180 - 480	> 480
a. Dalam (> 90)	SR	R	S	В	SB
b. Sedang (60-90)	R	S	В	SB	SB
c. Dangkal (30-60)	S	В	SB	SB	SB
d. Sangat dangkal (<30)	В	SB	SB	SB	SB

Sumber: Utomo, 1994, hal.59

Keterangan: 
$$SR = Sangat Ringan$$
  $B = Berat$   $R = Ringan$   $SB = Sangat Berat$ 

S = Sedang

### 2.5.4 Tingkat Kekritisan Lahan

Berdasarkan dari Dokumen Standar dan Kriteria Rehabilitasi Hutan dan Lahan Lampiran SK Menteri Kehutanan No. 20/Kpts-II/2001 (Dokumen Standar dan Kriteria Rehabilitas Hutan dan Lahan), klasifikasi lahan kritis dapat dibagi menjadi lima kelas. Dalam studi ini kekritisan lahan dikelompokkan menjadi 3 dengan kriteria sebagai berikut:

### 1. Potensial Kritis

Tanah yang bebas dari erosi (masih tertutup oleh vegetasi), atau erosi tergolong ringan, tetapi apabila kegiatan konservasi tidak dilaksanakan dan tanah dibiarkan terbuka maka erosi dapat terjadi. Tanah umumnya mempunyai solum yang tebal denganketebalan horizon A > 15 cm. Persentase tutupan tanah cukup rapat (>75%), lereng dan kesuburan tanah bervariasi. Ciri-ciri lain adalah:

- a. Tanah masih mempunyai fungsi produksi, hidrologi, hidroorologi cukup baik, tetapi bahaya untuk menjadi kitis sangat besar bila tanah tersebut dibuka atau tidak dikelola dengan usaha konservasi.
- b. Tanah masih tertutup oleh vegetasi, tetapi karena kondisi topografi atau keadaan lereng yang curam (>45%), sangat tertoreh dan kondisi tanah yang mudah longsor, maka bila vegetasi dibuka akan terjadi erosi berat.
- c. Tanah karena keadaan topografi dan bahan induknya, bila terbuka atau vegetasinya rusak akan cepat menjadi rusak karena erosi atau longsor, misalnya tanah berbahan induk batuan sedimen, bahan vulkanik atau bahan kapur.
- d. Tanah yang produktivitasnya masih baik, tetapi penggunaannya tidak sesuai dengan kemampuannya dan belum dilakukan usaha konservai, misalnya hutan yang baru dibuka.

### 2. Semi Kritis

Tanah semi kritis mempunyai ciri-ciri antara lain:

- a. Tanah telah mengalami erosi ringan sampai sedang, antara lain erosi permukaan (*sheet erosion*) dan erosi alur (*riil erosion*), tetapi produktivitasnya rendah, karena tingkat kesuburannya rendah.
- b. Tanah masih subur tetapi tingkat bahaya erosi tinggi sehingga fungsi hidrologi telah menurun. Bila tidak ada usaha perbaikan maka dalam waktu relatif singkat akan menjadi kritis.
- c. Tebal solum sedang (60-90 cm) dengan ketebalan horizon A umumnya berukuran < 15 cm.
- d. Persentase vegetasi permanen (penutup lahan) 50-75 %, vegetasi dominan biasanya alang-alang, rumput, semak belukar dan hutan jarang.

### **3.** Kritis

Tanah kritis mempunyai ciri-ciri antara lain:

- a. Tanah telah mengalami erosi berat, tingkat erosi umumnya adalah erosi parit
- b. Tebal solum sedang-dangkal (< 60 cm) dengan ketebalan horizon A < 5 cm.
- c. Persentase vegetasi permanen (penutup lahan) 25-50 %.
- d. Kemiringan lereng 15 sampai > 30 %
- e. Kesuburan tanah rendah.

### 2.6 Ruang Lingkup Konservasi

### 2.6.1 Umum

Tanah dan air merupakan sumber daya yang paling fundamental yang dimiliki oleh manusia. Tanah merupakan media utama dimana manusia dapat memperoleh bahan pangan, sandang, papan, dan merupakan tempat dilaksanakannya berbagai aktivitas. Kekhawatiran akan semakin kuat apabila dikaitkan dangan keberadaan di mana siklus hidrologinya sudah mulai terganggu. Banjir besar sering terjadi, lalu di waktu yang lain terjadi kekeringan. Selama kita tidak mampu mengolah sumber daya tanah dan air dengan baik, maka banjir dan kekeringan akan terus berulang. Hal ini tidak hanya akan merubah kualitas tanah dan air itu sendiri, tetapi juga akan berakibat pada penurunan produktivitas bahan makanan.

Berdasarkan tinjauan hal tersebut, maka muncul satu istilah konservasi, yang kemudian pengerian konservasi di Negara Indonesia dijelaskan dalam Undang-Undang Sumber Daya Air. Arti konservasi adalah upaya memelihara keberadaan serta sifat dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan mahluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan

datang. Terlihat memang adanya suatu pengakuan bahwa konservasi sangatlah dibutuhkan untuk diterapkan di Indonesia, yaitu sebagai alat kendali berjalannya pembangunaan bangsa ini. Secara langsung maupun tidak langsung, pembangunan akan berpengaruh terhadap ekosistem.

Untuk konsep pembangunan yang berkelanjutan membuat konservasi sumber daya alam sebagai pusat perhatian. Kegiatan konservasi merupakan bagian dari program nasional yang lebih luas yaitu program penyelamaatan hutan, tanah, dan air. Kesimpulan dari sasaran kegiatan konservasi antara lain memperbaiki fungsi hidrologi DAS, meningkatkan produktivitas sumber daya alam, meningkatkan kesadaran masyarakat atas pemakai lahan terhadap prinsip-prinsip konservasi tanah dan air, serta meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

### Arahan Kebijakan 2.6.2

Kebijakan konservasi di Indonesia dalah bentuk upaya melalui berbagai aktivitas pemulihan dan peningkatan ketersediaan serta kualitas air dan pemeliharaan daya dukung lingkungan sumber daya air. Arah kebijakan ini adalah:

- a) Meningkatkan dan memulihkan ketersediaan air untuk kemanfaatan bagi generasi sekarang maupun akan datang.
- b) Meningkatkan dan memulihkan kualitas air untuk memenuhi kebutuhan baik bagi generasi sekarang maupun akan datang
- c) Memulihkan dan mempertahankan daya dukung lingkungan sumber daya air untuk menjamin ketersediaan air untuk kebutuhan sekarang maupun akan datang.

### Arahan Penggunaan Lahan 2.6.3

Arahan penggunaan lahan ditetapkan berdasarkan kriteria dan tata cara penetepan hutan lindung dan hutan produksi yang berkaitan dengan karakteristik fisik DAS yaitu kemiringan lereng, jenis tanah dan kepekaannya terhadap erosi dan curah hujan harian ratarata. Kemiringan lereng dapat ditentukan dengan melihat garis-garis kontur pada peta topografi. Hasil interpretasi kemiringan ini kemudian dipetakan. Jenis tanah diperoleh dari interpolasi peta jenis tanah ditinjau dari DAS atau SubDAS yang menjadi kajian.

Untuk karakteristik DAS yang terdiri dari kemiringan, jenis tanah dan curah hujan harian rata-rata pada setiap satuan lahan perlu diklasifikasi dan diberi bobot (skor) sebagai berikut:

Tabel 2.10 Nilai Skor Untuk Karakteristik DAS

1 WO 01 2010 1 (11 WI 2010) 1 CHOWN 12 WI 2011 2011 2011	
Kemiringan Lereng	Nilai Skor
Kelas 1: 0-8% (datar)	20
Kelas 2: 8-15% (landai)	40
Kelas 3: 15-25% (agak curam)	60
Kelas 4: 25-45% (curam)	80
Kelas 5: ≥ 45% (sangat curam)	100
Tanah menurut kepekaan terhadap erosi	Nilai Skor
Kelas 1: alluvial, planosol, hidromof, laterik (tidak peka)	15
Kelas 2: latosol (agak peka)	30
Kelas 3: tanah hutan cokelat, tanah mediteran (peka sedang)	45
Kelas 4: andosol, laterik, grumosol, podsol (peka)	60
Kelas 5: regosol, litosol, organosol (sangat peka)	75
Intensitas hujan harian rata-rata	Nilai Skor
Kelas 1: ≤ 13,6 mm/hari (sangat rendah)	10
Kelas 2: 13,6-20,7 mm/hari (rendah)	20
Kelas 3: 20,7-27,7 mm/hari (sedang)	30
Kelas 4: 27,7-34,8 mm/hari (tinggi)	40
Kelas 4: 27,7-34,8 mm/hari (tinggi) Kelas 5: ≥ 34,8 mm/hari (sangat tinggi)	50
0 1 DDD 10	·

Sumber: BPDAS

Penetapan dari penggunaan lahan setiap satuan kedalaman suatu kawasan fungsional dilakukan dengan menjumlahkan nilai skor ketiga diatas dengan mempertimbangkan keadaan setempat. Dengan cara demikian di dapatkan hasil kawasan lindung, kawasan penyangga, dan kawasan budidaya. Berikut ini adalah kriteria yang digunakan BRKLT (Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, Departemen Kehutannan) untuk menentukan statsu kawasan berdasarkan berdasarkan fungsinya, sebagai berikut:

### • Kawasan Lindung

Satuan lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisiknya sama dengan atau lebih besar dari 175 dan memenuhi salah satu beberapa syarat dibawah ini:

- a. Mempunyai kemiringan > 45%
- b. Tanah degan klasifikasi sangat peka dan mempunyai kemiringan lereng > 15%
- c. Merupakan jalur pengaman aliran sungai, minimal 100 m di kiri-kanan alur sungai.
- d. Merupakan pelindung mata air, yaitu 200 m dari pusat mata air.
- e. Berada pada ketinggian ≥2000m dpl
- f. Hanya kepentingan khusus dan ditetapkan oleh pemerintah sebagai kawasan lindung

### • Kawasan Penyangga

Satuan lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisik antara 125-174 serta memenuhi kriteria umum sebagai berikut:

- a. Keadaan fisik areal memungkinkan untuk dilakukan budidaya pertanian secara ekonomis.
- b. Lokasi secara ekonomis mudah dikembangkan sebagai kawasan penyangga.
- c. Tidak merugikan dari segi ekologi/lingkungan hidup.

# • Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan

Suatu lahan dengan jumlah skor ketiga faktor fisik  $\leq 124$  serta sesuai untuk dikembangkan usaha tani tanaman tahunan (tanaman perkebunan, tanaman industri). Selain itu areal tersebut harus memenuhi kriteria umum untuk kawasan penyangga.

### • Kawasan Budidaya Tanaman Musiman

Satuan lahan dengan kriteria seperti dalam penetapan kawasan budidaya tanaman tahunan serta terletak di tanah milik, tanah adat, dan tanah negera yang seharusnya dikembangkan usaha tani.

### 2.6.4 Usaha Konservasi

Konservasi tanah adalah usaha yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanah, pada umumnya konservasi tanah ini dimasukkan untuk:

- a. Melindungi tanah dari curahan langsung air hujan,
- b. Meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah,
- c. Mengurangi limpasan permukaan, dan
- d. Meningkatkan stabilitas agregat tanah.

Metode konservasi tanah yang umum digunakan antara lain:

## 1. Metode Vegetatif

Cara vegetatif dalam usaha pengendalian erosi didasarkan pada peranan dan sisasisanya untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh, mengurangi jumlah dan daya rusak aliran permukan dan erosi. Usaha konservasi menggunakan metode ini memiliki beberapa cara diantaranya:

- a. Penghijauan, yaitu penanaman kembali hutan-hutan gundul dengan jenis tanaman tahunan seperti akasia, angsana, flamboyant. Fungsinya untuk mencegah erosi, mempertahankan kesuburan tanah, dan menyerap debu dan kotoran di udara lapisan bawah.
- b. Reboisasi, yaitu penanaman kembali hutan gundul dengan jenis tanaman keras seperti pinus, jati, rasamala, cemara. Fungsinya untuk menahan erosi.
- c. Penanaman secara kontur (*contour strip cropping*), yaitu menanami lahan searah dengan garis kontur. Fungsinya untuk menghambat kecepatan aliran air dan

- memperbesar resapan air ke dalam tanah. Cara ini sangat cocok dilakukan pada lahan dengan kemiringan 3 - 8%.
- d. Penanaman tumbuhan penutup tanah (buffering), yaitu menanam lahan dengan tumbuhan keras seperti pinus, jati, cemara. Fungsinya untuk menghambat penghancuran tanah permukaan oleh air hujan, memperlambat erosi dan memperkaya bahan organik tanah.
- e. Penanaman tanaman secara berbaris (strip cropping), yaitu melakukan penanaman berbagai jenis tanaman secara berbaris (line up). Penanaman berbaris tegak lurus terhadap arah aliran air atau arah angin. Pada daerah yang hampir datar jarak tanaman diperbesar, pada kemiringan lebih dari 8% jarak tanaman dirapatkan. Fungsinya untuk mengurangi kecepatan erosi dan mempertahankan kesuburan tanah.

### 2. Metode Mekanis

Metode mekanis adalah semua perlakuan fisik mekanis yang diberikan terhadap tanah dan pembuatan bangunan untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi, dan meningkatkan kemampuan penggunaan lahan. Beberapa cara dengan metode ini adalah:

- a. Pengolahan tanah menurut garis kontur, yaitu pengolahan tanah sejajar garis kontur. Fungsinya untuk menghambat aliran air, dan memperbesar resapan air.
- b. Pembuatan tanggul, guludan, atau pematang, yaitu dalam pembuatan tanggul sejajar dengan kontur. Berfungsi agar air hujan dapat tertampung dan meresap ke dalam tanah.
- c. Pembuatan terasering, yaitu membuat teras-teras pada lahan miring. Berfungsi untuk memperpendek panjang lereng, memperbesar resapan air dan mengurangi erosi.
- d. Pembuatan saluran air (drainase). Saluran pelepasan air ini dibuat untuk memotong lereng panjang menjadi lereng yang pendek, sehingga aliran dapat diperlambat dan mengatur aliran air sampai ke sungai.

### 2.6.5 Rekomendasi Konservasi Tanah

Untuk penentuan rekomendasi konservasi tanah yang berdasarkan pada arahan rehabilitas lahan dan konservasi tanah (RLKT), maka dapat dilihat dari tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Kegiatan RLKT yang Direkomendasikan

Lereng	Kedalaman Tanah	Tingkat Bahaya erosi	Fungsi Kawasan					
Lereng			Lindung	Penyangga	Tanaman Tahunan	Tanaman Semusim		
0 - 15	> 30 cm	S, B, SB	T (1,2,6,7,8)	T (1,2,3,6,7,8)	T (1,2,3,6,7,8,9)	T (1,2,6,7,8,9)		
0 - 13	> 30 cm	З, Б, ЗБ	V (1,2,4,9,10,14)	V (4,6,12,16)	V (2,3,4,5,6,7,12)	V (2,3,4,5,6,7)		
15 - 25	20	c p cp	T(1,2,4,6,7)	T (1,2,3,4,6,7,8)	T (1,2,3,4,6,7,8,9)	T (1,2,3,6,7,8,9)		
	> 30 cm	S, B, SB	V (4,9,10,11,12,14,16)	V (4,6,10,12,16)	V (2,3,4,5,6,7,12)	V (2,3,4,5,6,7)		
25 - 40	> 30 cm	S. B. SB	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,3,6,7,8)	T (1,2,3,4,6,7,8,9)	T (1,3,6,7,8,9)		
23 - 40	> 50 CIII	3, D, 3D	V (4,9,10,11,12,14,16)	V (4,6,10,12,16)	V (2,3,4,6,7,12)	V (2,3,4,6,7)		
- 10	> 30 cm	C D CD	T (1,4,6)	T (1,4,6,9)	T (1,4,6,9)	T (1,4,6,9)		
> 40	> 50 cm	S, B, SB	V (4,9,10,11,12,14)	V (6,9,10,12,16)	V (2,3,6,7,12)	V (2,3,6,7)		
0 15		S, B, SB	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8,9)	T (1,2,4,6,7,8,9)		
0 - 15	15 - 30 cm		V (4,10,11,12,14)	V (1,4,6,9,10,12,16)	V (1,2,3,4,5,6,7,12,16)	V (2,3,4,5,6,7)		
15 - 25	15 - 30 cm	S, B, SB	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8,9)	T (1,2,4,6,7,8,9)		
			V (4,10,11,12,14)	V (1,4,6,9,10,12,16)	V (1,2,3,4,5,6,7,12,16)	V (1,2,3,4,5,6,7,12,10		
	15 - 30 cm	S, B, SB	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8)	T (1,2,4,6,7,8,9)	T (1,4,6,9)		
25 - 40			V (4,10,11,12,14,16)	V (1,4,6,9,10,12,16)	V (1,2,3,4,5,6,7,12,16)	V (1,2,3,4,5,6,7,12,16		
	15 - 30 cm	cm S, B, SB	T (1,4,6)	T (1,4,6,9)	T (1,4,6,9)	T (1,4,6,9)		
> 40			V (9,10,11,12,14,16)	V (1,6,9,10,12,16)	V (1,2,3,5,6,7,12,16)	V (1,2,3,5,6,7,12,16)		
> 40	Semua	Tanah Longsor	V (9,10,17)	V (9,10,11,12,14,17)	V (11,12,16)	V (12,16)		
Semua	Semua	Tebing	T 12	T 12	T 12	T 12		
Semaa	Scinaa	Sungai	V17	V 17	V 17	V 17		
Camana	Commo	Tunana	T 11	T-11	T 11	T 11		
Semua	Semua	Jurang	V 17	V 17	V 17	V 17		
> 1.5	Semua	Pemukiman	T 15	T 15	T 15	T 15		
>15	Semua	Femukiman	V 5	V 5	V 5	V 5		

Sumber: Utomo, WH 1994

Dengan:

T1: Teras guludan termasuk pemotong kontur

T2: Teras kredit

T3: Teras bangku

T4: Teras Individu

T5: Teras gunung atau saluran pengelak

T6: saluran pembuangan air

T7: barisan sisa tanaman

T8: rorak, mulsa vertical

T9: bangunan terjunan dari batu atau bambu

V1 : Penanaman rumput

V2 : Pertanaman campuran, tumpang gilir, tumpang sari

V3: penanaman menurut kontur, strip rumput, pertanaman lorong

V4: pengolahan tanah minimum dan tanpa olah tanah

V5 : strip rumput

V6: penanaman penutup tanah

V7: manajemen bahan organik, mulsa, kompas, pupuk

V8: tanaman pagar, pagar hidup

V9: hutan lindung, hutan kemasyarakatan, suaka alam dan wisata

T10: kontrol sedimen pengendali dan penahan

T11: gully head structure

T12: Tebing sungai

T13: Kakija/kakiju

T15 : Sumur resapan

V10 : hutan produksi

V11: vegetasi permanen, kebun,industri

V12 : agroforestry

V13: penanaman kembali tanaman

V14 : suksesi alami

V15 : perlindungan sungai dan mata air

V16: silvopasture

V17: penanaman pohon dan rumput

# 2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang memberi 4 (empat) kemampuan untuk menangani data bersifat geografi, yaitu meliputi pemasukan, pengolahan, atau manajemen data, manipulasi dan analisis serta keluarannya. SIG adalah sebuah rangkaian sistem yang memanfaatkan teknologi digital untuk melakukan analisis spasial. Di dalam SIG data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal.

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah seperangkat komputer yang berfungsi untuk menyimpan, menampilkan teks dan interkasi dengan pengguna serta *digitizer* yang berfungsi untuk merubah data analog kedalam data digital. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah ArcView versi 10.1 yang dikeluarkan oleh *Environmental System Research Institute* (ESRI).

Informasi yang dihasilkan dari analisa dengan menggunakan SIG merupakan representasi informasi secara visual dengan mengintergrasikan basis data spasial (peta digital) dan basis data no-spasial yang akan mempermudah dalam melakukan analisa dan kajian dalam usaha perencanaan dan pengelolaan suatu DAS.

Dalam SIG terdapat berbagai peran dari berbagai unsur, baik manusia sebagai ahli sekaligus operator, perangkat alat maupun obyek permasalahan. Perkembangan teknologi digital sangat besar peranannya dalam perkembangan penggunaan SIG dalam berbagai bidang, salah satunya membantu dalam memperkirakan kualitas air (BOD, DO, Nitrogen, Fosfor, Pestisida), erosi, dan sedimentasi yang kemudian dapat dilakukan analisa terhadap tingkat kekritisan lahan pada DAS yang menjadi obyek studi.

### 2.7.1 Subsistem SIG

Berdasarkan definisi di atas, maka SIG diuraikan menjadi 4 subsistem yaitu:

### 1. Data input (Pemasukan data)

Subsistem data input berfungsi untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber yang relevan untuk kepentingan analisa. Subsistem ini mengkonversi atau mentransformasikan dari format data aslinya ke dalam format digital yang sesuai dengan format SIG. pemasukkan data dapat ilakukan dengan digitasi, dimana digitasi adalah proses pengubahan data grafis analog menjadi data grafis

digital, dalam struktur vektor. Hasil suatu proses digitasi adalah himpunan segmen maupun poligon.

### 2. Manajemen data

32

Subsistem manajamen data berfungsi untuk mengorganisasikan data spasial maupun atribut ke dalam basis data sedemikian rupa sehingga muda dipanggil, di update dan di edit. Basis data adalah himpunan dari beberapa berkas data atau tabel yang disimpan dengan suatu struktur tertentu, sehingga saling keterkaitan yang ada di antara anggota-anggota himpunan tersebut dapat diketahui, dimunculkan dan dimanipulasi oleh perangkat lunak manajemen basis data untuk keperluan tertentu. SIG adalah manajemen basis data spasial yang mampu memadukan informasi dalam bentuk tabel dengan informasi spasial berupa peta-peta dengan tingkat otomasi yang tinggi.

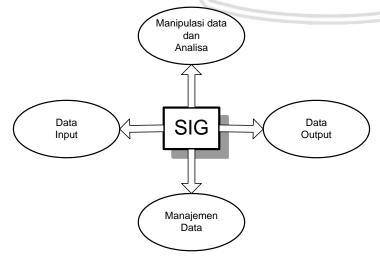
## 3. Manipulasi data dan analisis

Subsistem ini berfungsi untuk menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG, selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk keperluan informasi yang diharapkan.

### 4. Data output (Keluaran data)

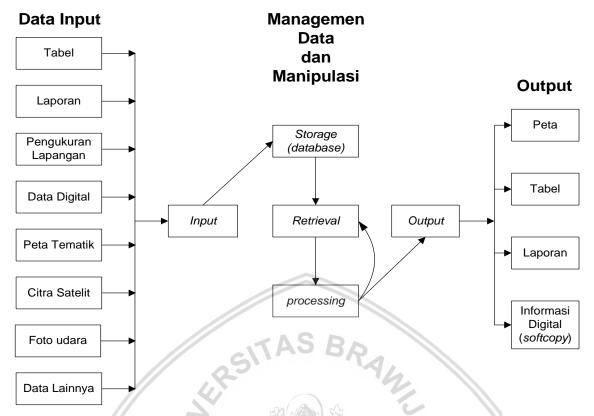
Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan keinginan pengguna. Subsistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk hardcopy seperti tabel, grafik, peta, dan lain lain.

Apabila subsistem-subsistem SIG diperjelas berdasarkan uraian jenis masukan, proses, dan jenis keluaran yang ada didalamnya maka subsistem SIG dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Uraian Subsistem-Subsistem SIG.

Sumber: Prahasta (2002, hal.59).



Gambar 2.5 Managemen Data dan Manipulasi (Sumber: Prahasta, 2001, hal.59)

# 2.7.2 Komponen SIG

SIG merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari beberapa komponen seperti di bawah ini (Prahasta, 2001, hal.60):

### 1. Perangkat Keras

SIG tersedia untuk beberapa *platform* perangkat keras mulai PC *desktop*, *workstation*, hingga *multiuser host*. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), *mouse*, *digitizer*, *pointer*, *plotter* dan *scanner*.

### 2. Perangkat Lunak

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap data *input*, data *output*, data *management*, data manipulasi dan analisis diimplementasikan dengan menggunakan beberapa modul.

### 3. Data dan Informasi Geografi (Basis Data)

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dengan menggunakan *keyboard* 

### 4. Manajemen (Sumber Daya Manusia/*Brainware*)

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dimanajemen dengan baik dan dikerjakan oleh orang-oroang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

### 2.7.3 Struktur Data

Basis data yang digunakan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) meliputi data spasial dan non-spasial ditinjau dari segi penyimpanan data, Sistem Informasi Geografis terdiri dari dua jalur konseptual yaitu:

- 1. Sistem vektor (vector based systemi)
- 2. Sistem raster (raster based system)

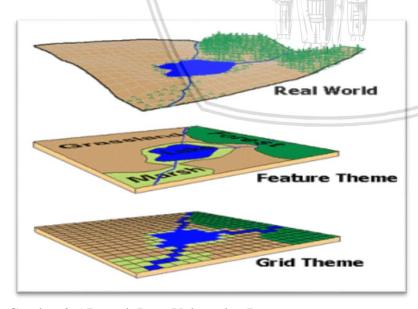
Kedua sistem tersebut merupakan fungsi posisi yang menunjukkan salah satu karakteristik dari data geografi. Tetapi masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri.

# > Data Vektor

Pada sistem vektor, semua unsur-unsur geografi disajikan dalam 3 konsep topologi yaitu: titik (point), garis (arc), dan area (polygon). Unsur-unsur geografi tersebut disimpan dalam bentuk pasangan koordinat, sehingga letak titik, garis, dan area dapat digambar sedemikan akurat. Bentuk kenampakkan (*feature*) titik, garis, dan area dihubungkan dengan data atribut dengan menggunakan suatu pengenal (*identify/user-ID*).

### Data Raster

Pada sistem raster, fenomena geografi disimpan dalam bentuk pixel (*grid*) yang sesuai dengan kenampakkan. Setiap pixel mewakili satu fenomena geografi. Pada sistem ini titik dinyatakan dalam bentuk *grid* atau sel tunggal, garis dinyatakan dengan beberapa sel yang mempunyai arah dan poligon dinyatakan dalam beberapa sel.



Gambar 2.5 Bentuk Data Vektor dan Raster Sumber: diambil dari Makaryo Ing Paran

- Alfanumerik dan angka-angka.
- 2. Laporan lengkap, dengan format: kata, kalimat, dan keterangan lain.

- 3. Keterangan gambar (grafik), dengan format: kata, angka.
- 4. Keterangan penunjuk liputan area, keterangan symbol.

Struktur database didalam sistem informasi geografis yang umum digunakan sekarang ini adalah struktur *relational*.

# > Relational

Dapat melakukan hubungan item yang sama pada tabel yang berbeda yang tidak disatukan. Dimana aplikasi praktis dari konsep relational ini tidak terbatas untuk tetap mengacu pada koordinat atribut-atributnya. Dengan menggunakan struktur relational dua tabel manapun akan dapat disatukan apabila memiliki item relasi yang sama.

### 2.7.4 Cara Keria SIG

Dalam SIG peta merepresentasikan dunia nyata di atas monitor komputer sebagaimana lembaran peta mereprensentasikan dunia nyata di atas kertas. Obyek-obyek yang direpresentasikan di atas peta disebut unsur peta atau map features (sungai, sawah, jalan, dan lain-lain). Peta dapat dengan baik memperlihatkan hubungan antar unsurunsurnya.

Titik, garis, dan poligon digunakan dalam SIG untuk merepresentasikan obyekobjek dunia nyata. Sungai ditampilkan sebagai garis, sawah sebagai poligon dan lain-lain. Unsur-unsur dalam peta tersebut mempunyai koordinat di bumi sehingga dapat digunakan sebagai data spasial. Skala peta menentukan ukuran dan bentuk representasi unsur-unsurnya. Semakin menignkat skala peta, semakin besar pula ukuran unsur-unsurnya.

Dalam basis data SIG, semua informasi deskriptif unsur peta disimpan sebagai data atribut. SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel, kemudian SIG menghubungkan unsur-unsur peta dengan tabel data atribut yang bersangkutan sehingga atribut-atribut ini dapat ditampilkan melalui unsur-unsur peta dan sebaliknya unsur-unsur peta dapat ditampilkan melalui atribut-atributnya.

Untuk memudahkan pemahaman tentang tahapan-tahapan pengerjaan dalam program Sistem Informasi Geografis SIG, berikut ini diberikan langkah-langkah pengerjaan menggunakan SIG.

### 2.7.5.1 Pemasukkan Data

Pemasukkan data dilakukan dengan cara proses digital. Digitasi dilakukan dengan cara menelusuri delienasi yang dibuat pada peta analog sehingga seluruhnya dipindahkan ke dalam komputer dengan perantara meja *digitizer*. Proses digitasi dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas ADS (*Arc Digitize System*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1. Menentukan titik-titik control dengan maksud agar koordinat pada peta dapat dipindahkan pada sistem koordinat yang memiliki *digitizer*.
- 2. Digitasi dilakukan dengan menelusuri kenampakkan di peta yang berupa titik, garis dan area dengan alat penelusur pada meja *digitizer*. Setiap kenampakkan diberikan kode/ID berbeda. Perbedaan kode/ID ini diberikan untuk mempermudah pemanggilan salah satu penampakkan atau obyek. Setelah proses ini selesai, setiap kenampakkan di peta disimpan dalam bentuk segmen.

# 2.7.5.2 Manipulasi dan Analisis Data

Satuan pemetaan harus ditentukan nilainya (*score*) agar dapat dipadukan dengan peta yang lain untuk tujuan analisis. Kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum terdapat dua jenis fungsi analisis dalam SIG yang meliputi fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut (basis data atribut).

Fungsi analisis data atribut terdiri dari operasi dasar sistem pengelolaan basis data/Database Management System (DBMS) dan perluasannya meliputi:

- 1. Operasi dasar basis data yang mencakup:
- Membuat basis data baru (*create database*)
- Menghapus basis data (*drop database*)
- Membuat tabel basis data (*create table*)
- Menghapus tabel basis data (*drop table*)
- Mengisi dan menyisipkan data (record) ke dalam tabel (insert)
- Membaca dan mencari data (field atau record) dari tabel basis data
- Mengubah atau mengedit data yang ada di dalam tabel basis data (*update edit*)
- Membuat indeks untuk setiap basis data.
- 2. Perluasan operasi basis data
- Membaca dan menulis basis data ke dalam basis data yang lain (*export/import*).
- Dapat berkomunikasi dengan sistem basis data yang lain
- Dapat menggunakan bahasa basis data standar SQL (Structure Query Language)
- Operasi atau fungsi analisis lain yang rutin digunakan dalam sistem basis data.

BRAWIJAY

Fungsi analisis spasial dari SIG terdiri dari:

## 1. Klasisfikasi (reclassify)

Fungsi ini mengklasifikasikan atau mengklasifikasi kembali suatu sata spasial atau atribut menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan criteria tertentu.

### 2. Jaringan (*network*)

Fungsi ini menunjuk kepada data-data yang berupa titik-titik atau garis-garis sebagai suatu jaringan yang tidak terpisahkan.

# 3. Tumpang susun (*overlay*)

Fungsi ini menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya.

- Union: tumpang susun poligon dan menyimpan semua area dari kedua peta
- *Identify:* tumpang susun titik, garis, atau poligon pada poligon dan menyimpan semua jenis *input*
- *Intersect*: tumpang susun titik, garis, atau poligon pada poligon tetapi hanya menyimpan bagian *input* yang berada dalam tumpang susun

# 4. Buffering

Fungsi ini akan menghasilkan data spasial baru yang berbentuk poligon atau zone dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya

### 5. 3D analysis

Fungsi ini terdiri dari sub-sub fungsi yang berhubungan dengan presentasi data spasial dalam ruang tiga dimensi.

6. Digital Image Processing

Fungsi ini dimiliki oleh SIG yang berbasiskan raster.

### 2.7.5.3 Keluaran Data (*Output*)

Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan pengguna. Keluaran data terdiri dari tiga bentuk yaitu cetakan, tayangan, dan data digital. Subsistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

Bentuk cetakan dapat berupa peta maupun tabel yang dicetak dengan media kertas, film atau media lain. Bentuk tayangan berupa tampilan gambar dimonitor komputer. Keluaran data dalam bentuk data digital berupa file yang dibaca oleh komputer yang lain ataupun untuk menghasilkan cetakan lain ditempat.

# 2.7.6 Analisa Tumpang Susun (Overlay)

Tumpang susun merupakan proses penggabungan dua buah peta untuk membentuk peta baru. Operasi tumpang susun merupakan operasi menggabungkan dua peta berikut jenis atributnya untuk menghasilkan peta yang ditumpang susun. Operasi yang sering digunakan ada tiga macam, yaitu:

### 1. Intersect two themes

Operasi ini memotong suatu *theme input* sesuai dengan bentuk dari *theme overlay* untuk menghasilkan suatu *theme output* dengan bentuk tersebut yang mempunyai data atribut dari *theme* kedua-duanya.

### 2. Union two themes

Operasi ini merupakan penggabungan antara dua *theme* tersebut berikut dengan data atribut dari kedua *theme* tersebut.

3. Clip one theme based on another
Operasi ini biasanya digunakan untuk memotong theme menjadi bagian atau daerah
yang lebih kecil sesuai dengan keperluan

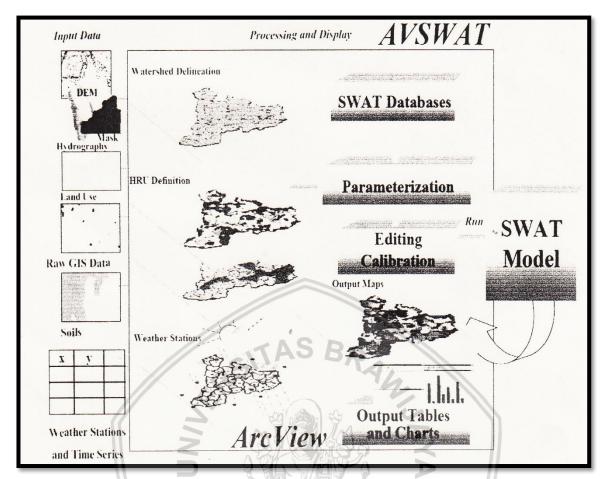
# 2.8 Program AVSWAT 2000

AVSWAT 2000 (Arc View Soil and Water Assessment Tools) adalah sebuah software yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Arcview 10.1 sebagai ekstensi di dalamnya. Program ini dikeluarkan oleh Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, USA. ArcView sendiri adalah salah satu dari sekitar banyak program yang berbasis SistemInformasi Geografis.

Program AVSWAT 2000 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, tataguna lahan dan manajemen kondisi lahan secara periodic. Untuk tujuan pemodelan, program AVSWAT memudahkan pengguna (*user*) dengan melakukan pembagian suatu wilayah DAS yang luas menjadi beberapa bagian sub DAS untuk memudahkan dalam perhitungan.

Struktur data yang digunakan sebagai representasi dari kondisi asli kenamapkan objek yang ada di bumi. Di dalam pengolahan data base, AVSWAT 2000 dibagi dalam dua kelompok data base, yakni jenis data spasial yaitu basis data dalam struktur vektor dan basis data dalam struktur *grid/raster*.

Berbagai aplikasi yang sering memanfaatkan struktur data dalam bentuk *grid* antara lain representasi kondisi elevasi (*Digital Elevation Model*/DEM), kemiringan (*slope*), atau juga sebaran dari distribusi curah hujan. Secara skematik struktur data dari AVSWAT dapat digambarkan seperti Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Model Struktur Data dalam AVSWAT Sumber: AVSWAT 2000 –*User*'s *Guide* (2002, hal.3).

### **2.8.1** *Input* Data AVSWAT 2000

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

Input data pada AVSWAT untuk setipa 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 tataguna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

### 2.8.2 Fase Penelusuran Siklus Hidrologi

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 HRU, data air tanah, dan data saluran utama. HRU adalah daerah lahan yang dikaji pada sub DAS, termasuk didalamnya adalah penutup lahan/tataguna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

Program ini mengalaisis semua masalah yang terjadi pada suatu DAS dengan prinsip dasar pola keseimbangan aliran. Untuk memperkirakan pergerakan pestisida, sedimen, dan tanaman dengan akurat. AVSWAT menyimulasikan proses-proses nutrisi yang

terjadi dalam siklus hidrolgi 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 bergereak menjuju aliran sungai sungai), dan yang kedua adalah fase penelesuran siklus hidrologi aliran (pergerakan air, sedimen, dsb di dalam aliran).

### Fase Penelusuran Siklus Hidrologi di Lahan 2.8.3

hidrolgi yang disimulasikan AVSWAT berdasarkan rumus pola keseimbangan air:

$$SW_1 = SW_0 + \sum_{i=1}^{t} (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$
 (2-25)

Dengan:

= Jumlah air yang keluar dalam tanah (mm H<sub>2</sub>O)  $SW_1$ 

 $SW_0$ = Inisial kandungan air dalam tanah pada hari ke-i (mmH<sub>2</sub>O)

= Waktu (Hari) t

= Jumlah presipitasi pada hari ke-i (mmH<sub>2</sub>O)  $R_{day}$ 

= Jumlah evapotranspirasi pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O)  $E_{\alpha}$ 

 $W_{seep}$ = Jumlah air dari profil tanah masuk area vados pada hari ke-i (mmH<sub>2</sub>O)

= Jumlah air pada aliran kembali pada hari ke-i (mmH<sub>2</sub>O)  $Q_{aw}$ 

Pembagian DAS menjadi beberapa sub DAS memudahkan model untuk merefleksikan perbedaan-perbedaan evapotranspirasi pada tanaman dan tanah. Limpasan dihitung tersendiri untuk setiap HRU pada masing-masing sub DAS untuk memperoleh limpasan total DAS. Hal ini meningkatkan akurasi perhitungan dan penjelasan pola keseimbangan air yang lebih baik.

### Fase Penelusuran Siklus Hidrologi Aliran 2.8.4

Siklus hidrologi pada aliran dimodelkan dalam AVSWAT 2000, mirip dengan prinsip pemodelan HYMO (Williams & Hann, 1972). AVSWAT 2000 menyimulasikan kandungan air, sedimen, nutrisi, dan pestisida yang masuk dalam aliran. AVSWAT 2000 juga memodelkan transformasi kimia yang terjadi di saluran dan di dasar saluran.

### 2.9 Teori Dasar AVSWAT 2000

### **2.9.1** Pembangkit Cuaca (Weather Generator)

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

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

## • Hujan

Pembangkit data hujan dalam AVSWAT 2000 menggunakan model Markov *chain-skewed* dan model Markov *chain-exponential*. Dalam studi ini digunakan pembangkitan data hujan model Markov *chain-skewed*. Ketika hari basah (hujan) dibangkitkan, distribusi kepencengan hujan digunakan untuk membangkitkan jumlah hujan yang terjadi.

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

1. Probalitas hari basah pada hari i hari basah pada hari sebelumnya i,

$$P_i(D/W) = 1 - P_i(W/W)$$
 (2-26)

2. Probalitas hari basah pada hari i hari kering pada hari sebelumnya i,

$$P_{i}(D/D) = 1 - P_{i}(D/W)$$
 (2-27)

dengan:

 $P_i(D/W)$  = peluang hari kering pada hari i hari basah pada hari i -1

 $P_i(D/D)$  = peluang hari kering pada hari i hari kering pada hari i-1

BRAWIJAYA

Untuk menghitung jumlah hujan yang terjadi pada suatu hari, AVSWAT 2000 menggunakan model distribusi kepencengan (*skewed distribution*) (Nick, 1974) dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{day} = \mu_{mon} + 2.\sigma_{mon} \left( \frac{\left[ \left( SND_{day} - \frac{g_{mon}}{6} \right) \cdot \left( \frac{g_{mon}}{6} \right) + 1 \right]^2 - 1}{g_{mon}} \right)$$
(2-28)

dengan:

 $R_{day}$  = jumlah hujan pada suatu hari (mm H<sub>2</sub>O)

 $\mu_{mon}$  = rata-rata hujan harian bulan (mm H<sub>2</sub>O)

 $\sigma_{mon}$  = standart deviasi hujan harian bulan (mm H<sub>2</sub>O)

SND<sub>day</sub> =standart normal deviasi terhitung untuk hari hujan

 $g_{mon}$  = koefisien kepencengan untuk hujan harian bulan

Standart normal deviasi dihitung dengan rumus:

$$SND_{day} = cos(6,283.rnd_2).\sqrt{-2\ln(rnd_1)}$$
 (2-29)

dengan:

rnd<sub>1</sub> dan rnd<sub>2</sub> adalah bilangann acak antara 0,0 dan 1,0.

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

TMPMX adalah rata-rata temperatur udara maksimum dalam bulan

$$\mu m x_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^{N} T_{\text{max},mon}}{N}$$
 (2-30)

dengan:

 $\mu$ mx<sub>mon</sub> = rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan ( $^{0}$ C)

 $T_{\text{max mon}}$  = temperatur maksimum harian pada hari ke-d bulan ( ${}^{0}$ C)

N = jumlah temperatur maksimum pada bulan

$$\mu m n_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^{N} T_{\text{max},mon}}{N}$$
 (2-31)

 $\mu$ mn<sub>mon</sub> = rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan ( $^{0}$ C)

 $T_{mn, mon}$  = temperatur maksimum harian pada hari ke-d bulan ( ${}^{0}$ C)

N = jumlah temperatur minimum pada bulan

TMPSTDMX= adalah standart deviasi temperatur harian maksimum dalam bulan.

$$\sigma m x_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^{N} T_{max,mon} - \mu m x_{mon}\right)^{2}}{N-1}}$$
(2-32)

dengan:

 $omx_{mon}$  = standart deviasi temperatur harian maksimum bulan ( ${}^{0}C$ )

 $T_{\text{max, mon}}$  = temperatur maksimum harian pada hari ke-d bulan ( ${}^{0}$ C)

 $\mu$ mx,  $_{mon}$  = rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan ( $^{0}$ C)

N = jumlah temperatur maksimum pada bulan (<sup>0</sup>C)

TMPSTDMN adalah standart deviasi temperatur harian minimum dalam bulan

$$\sigma mn_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^{N} T_{max,mon} - \mu mx_{mon}\right)^{2}}{N-1}}$$
(2-33)

dengan:

 $\sigma$ mn<sub>mon</sub> = standart deviasi temperatur harian minimum bulan ( $^{0}$ C)

 $T_{max mon}$  = temperatur minimum harian pada hari ke-d bulan ( ${}^{0}$ C)

 $\mu$ mn<sub>mon</sub> = rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan ( $^{0}$ C)

N = jumlah temperatur maksimum pada bulan  $(^{0}C)$ 

$$\overline{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^{N} R_{day,mon}}{yrs}$$
 (2-34)

dengan:

 $\bar{R}_{\text{mon}}$  = rata-rata hujan bulan (mm H<sub>2</sub>0)

 $R_{day, mon}$  = hujan harian untuk hari ke-d pada bulan (mm  $H_20$ )

N = jumlah hujan hariann pada bulan

yrs = jumlah tahun hujan harian

PC PSTD adalah standart deviasi hujan harian dalam bulan

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\left(\sum_{d=1}^{N} R_{day,mon} - \bar{R}_{mon}\right)^{2}}{N - 1}\right)}$$
(2-35)

dengan:

 $\sigma_{mon}$  = standart deviasi hujan harian bulan (mm H<sub>2</sub>0)

 $R_{day mon}$  = jumlah hujan harian untuk hari ke-d pada bulan (mm  $H_20$ )

 $R_{mon}$  = rata-rata hujan harian dalam bulan (mm  $H_2O$ )

N = jumlah hujan harian pada bulan

PC PSKW adalah koefisien kepencengann hujan harian bulan

$$g_{mon} = \frac{N.\sum_{d=1}^{N} \left(R_{day,mon} - \overline{R}_{mon}\right)^{3}}{(N-1).(N-2).(\sigma_{mon})^{3}}$$
(2-36)

dengan:

g<sub>mon</sub> = koefisien kepencengan q harian bulan

N = jumlah hujan harian bulan

 $R_{\text{day mon}}$  = jumlah hujan harian untuk hari ke-d pada bulan (mm H<sub>2</sub>O)

PR\_W adalah probalitas hari hujan/hari basah yang mengikuti hari tidak hujan/hari kering, artinya apabila hari ini hujan maka kemarin tidak hujan.

$$Pi (W/D) = \frac{days_{W/D.i}}{day_{dry.i}}$$
 (2-37)

dengan:

Pi(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

PR\_W adalah probalitas hari hujan/hari basah yang mengikuti hari hujan/hari basah, artinya apabila hari ini hujan maka kemarin juga hujan.

$$Pi(W/W) = \frac{days_{W/W.i}}{day_{wat.i}}$$
 (2-38)

dengan:

Pi(W/W) = probalitas 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

PCPD adalah rata-rata jumlah hari terjadinya hujan dalam bulan.

$$d_{wet.i} = \frac{days_{wet.i}}{vrs}$$
 (2-39)

dengan:

d = -rata-rata jumlah hari terjadinya hujan dalam bulan i

 $days_{wet. i}$  = jumlah hari basah selama periode pengukuran

yrs = jumlah tahun pengukuran

### 2.9.2 Bagian Penting Dalam AVSWAT 2000

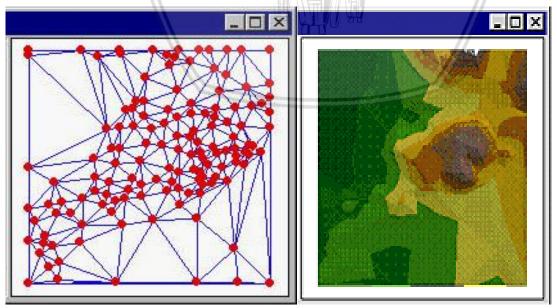
### • Automatic Delineation

Tool ini 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 Irreguler 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 sintesis, 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

ataupun mengurangi) titik-titik outlet bahkan menghapus titik outlet yang tidak dikehendaki dalam gambar. Pengguna dapat pula mendefinisikan suatu titik *outlet* sebagai *point source* (waduk/dam/bendungan/pabrik), atau dapat juga didefinisikan sebagai inlet.

Untuk merepresentasikan bentuk permukaan bumi, software AVSWAT 2000 menggunakan model DEM (Digital Elevation Model). DEM atau juga biasa disebut DTM (Digital Terrain Model) adalah salah satu metode pendekatan yang biasa dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk tiga dimensi. Penggunaan model permukaan digital dalam proses analisis limpasan permukaan merupakan langkah yang tepat. Dengan model permukaan digital yang merepresentasikan 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 antara lain model grid dalam bentuk bujur sangkar, model TIN dalam bentuk segitiga yang dan yang terakhir adalah Cellular Automata (CA) yaitu dalam bentuk segitiga, segiempat atau segienam beraturan. Dari berbagai metode yang ada, metode bujursangkar merupakan metode yang paling banyak digunakan (Laurini 1992, dalam Sutan Haji), hal ini dikarenakan bujursangkar mempunyai kemudahan dalam perhitungan dan visualisasinya apabila dibandingkan dengan bentuk yang lain.

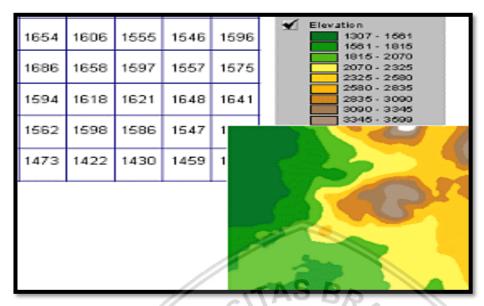
Secara skematik bentuk dari berbagai model permukaan digital dapat digambarkan seperti berikut ini:



Gambar 2.7 Tipe Model Permukaan Digital.

Sumber: Neitsch et al (2000, hal.17)

DEM sebenarnya terdiri dari data array yang mereprensentasikan elevasi dengan jarak interval yang teratur seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.8 Tipe Data *Array* pada DEM Mempresentasikan Elevasi. Sumber: *GIS-Hydrology*, Dokumentasi *Automated Geospatial Watershed Assessment* 

Sebelum DEM diolah lebih lanjut untuk keperluan pemodelan karakteristik fisik permukaan lahan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan ukuran dari agregasi DEM. Penentuan ukuran ini penting dilakukan dengan dengan pertimbangan sejauh mana kedetailan informasi yang ingin diperoleh dari pemodelan serta pertimbangan pada kemampuan perangkat komputer untuk membantu mengolah pemprosesan data dan perhhitungan yang akan dilakukan.

# • Land Use & Soil Definiton

Dalam tool ini program akan mengklasifikasi dan mendefinisikan kombinasi dan distribusi penggunaan lahan dan jenis tanah dengan meng-overlay-kan peta tataguna lahan dan peta jenis tanah untuk menentukan daerah dan parameter hidrologi setiap kategori lahan tanah yang ada pada setiap sub-sub DAS. Program akan meminta input data peta ditigal tataguna lahan dan peta jenis tanah beserta data-data spasialnya.

### • HRU Distribution

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

Pembagian DAS kedalam sub-sub DAS mengakibatkan setiap sub-sub DAS mempunyai informasi tataguna 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.

# Output Hasil Simulasi AVSWAT 2000

Terdapat 2 file utama untuk output running simulation avswat yang masing-masing mempunyai penjelasan yang berbeda-beda. File-file itu adalah:

1. Sub basin output file (.bsb)

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

a. PRECIP = Jumlah air hujan yang jatuh pada subbasin selama periode tertentu

b. PET = Evapotranspirasi potensial pada Sub DAS

c. Et = Evapotranspirasi pada Sub DAS

= Limpasan permukaan Sub DAS yang masuk ke badan saluran d. SUR Q

e. SYLD = Sedimen yang tertranspor selama periode tertentu

2. Main Channel Ouput File (.rch)

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

a. FLOW\_IN = Rata-rata debit yang masuk

b. *FLOW\_OUT* = Rata-rata debit yang keluar

= Rata-rata air yang hilang akibat Evaporasi selama periode tertentu c. EVAP

d. TLOSS = Rata-rata air yang hilang oleh transmisi melalui dasar sungai selama

periode tertentu



# BAB III METODE

### **3.1** Umum

Kota Singkawang adalah salah satu kota yang berada di Provinsi Kalimantan Barat, terletak pada 0°44'55,85" - 01°01'21,51" Lintang Utara dan 108°51'47,6" - 109°10'19" Bujur Timur. Adapun batas-batas administrasi Singkawang adalah:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Selakau Kabupaten Sambas.
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang.
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Samalantan Kabupaten Bengkayang.
- Sebelah Barat berbatasan dengan Laut Natuna.

Kota Singkawang terdiri dari 5 (lima) Kecamatan, 26 (dua puluh enam) Kelurahan dengan luas 50.400 Ha atau 0,34% dari luas wilayah Provinsi Kalimantan Barat. Sedangkan luas masing-masing kecamatan adalah Kecamatan Singkawang Selatan 22.448 Ha, Kecamatan Singkawang Timur 16.626 Ha, Kecamatan Singkawang Utara 6.665 Ha, Kecamatan Singkawang Barat 1.806 Ha dan Kecamatan Singkawang Tengah 2.855 Ha.

Ketinggian Kota Singkawang terdiri dari wilayah datar seluas 31.904 Ha dan wilayah bukit dan gunung 18.496 Ha. Dengan penggunaan tanah untuk pemukiman 358 Ha, industri 10 Ha, sawah irigasi non teknis 6.512 Ha, hutan belukar 3.280 Ha, kebun campuran 2.629 Ha, perkebunan 22.980 Ha, padang/semak 5.408 Ha dan lain-lain 250 Ha.

Tabel 3.1 Luas Kota Singkawang Menurut Ketinggian

No	Kecamatan	Luas Area (Ha)	Wilayah Datar (Ha)	Wilayah Bukit dan Gunung (Ha)
1	Singkawang Selatan	22.448	15.348	7.100
2	Singkawang Utara	16.626	6.126	10.500
3	Singkawang Timur	6.665	6.665	-
4	Singkawang Barat	1.806	1.206	600
5	Singkawang Tengah	2.855	2.559	296
	Total	50.400	31.904	18.496

Sumber: Kota Singkawang Dalam Angka Tahun 2014

Secara umum wilayah Kota Singkawang Beriklim tropis dengan suhu rata – rata berkisar antara 21,8 °C sampai dengan 30,05 °C. Iklim tropis di wilayah Kota Singkawang termasuk klasifikasi iklim tropis basah dengan curah hujan rata-rata 2.819 mm/tahun atau 235 mm/bulan. Jumlah rata-rata hari hujan 157 hari/tahun atau rata-rata 13 hari hujan/bulan. Rata-rata kelembaban udara di kota Singkawang adalah 70%.

Curah hujan yang tertinggi terjadi pada bulan September sampai dengan Januari dan curah hujan terendah antara bulan Juni sampai dengan Agustus. Kota Singkawang memiliki wilayah datar dan sebagian besar merupakan dataran rendah antara 50 meter s/d 100 meter diatas permukaan laut. Kota Singkawang yang terletak pada 0° LS dan 109° BT, wilayahnya merupakan daerah hamparan dan berbukit serta sebelah Barat berada pada pesisir laut.

### 3.3 Jenis Tanah

Di wilayah Kota Singkawang terdapat lima jenis tanah yaitu Orgonosol, Aluvial, Latosol, Podsol, dan Podsolik Merah Kuning (PMK). Tanah aluvial dan podsol merupakan jenis tanah yang memiliki proporsi terbesar. Kedua jenis tanah tersebut hampir meliputi 80% wilayah Kota Singkawang. Berikut uraian mengenai jenis-jenis tanah yang ada di wilayah Kota Singkawang:

- Orgonosol, yaitu tanah yang berasal dari bahan induk organik seperti dari hutan rawa atau rerumput rawa, dengan ciri dan sifat: tidak terjadi deferensiasi horizon secara jelas, ketebalan lebih dari 0.5 meter, warna coklat hingga kehitaman, tekstur debu lempung, tidak berstruktur, konsistensi tidak lekat-agak lekat, kandungan organik lebih dari 30% untuk tanah tekstur lempung dan lebih dari 20% untuk tanah tekstur pasir, umumnya bersifat sangat asam (umumnya pH ini antara 4,0-4,5), kandungan unsur hara rendah, mudah terbakar bila kering, dan sangat peka terhadap erosi. Berdasarkan SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/1980, skor tanah ini adalah 75. Luas lahan yang berjenis tanah organosol ini sekitar 3.752 ha atau sekitar 6,15% dari luas wilayah kota. Tanah ini umumnya terdapat pada daerah yang memiliki lereng 0-3%.
- Aluvial, disebut juga sebagai tubuh tanah endapan. Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami perkembangan, berasal dari bahan induk aluvium. Secara keseluruhan tanah alluvial mempunyai sifat fisika dari kurang baik sampai sedang, tekstur beraneka ragam, struktur tanahnya pejal atau tanpa struktur, serta konsistensinya keras waktu kering dan teguh waktu lembab. Tanah ini tergolong

tidak peka terhadap erosi (skor = 15). Sifat kimia tanah aluvial ini adalah reaksinya dari masam sampai netral, kandungan bahan organiknya rendah, kandungan unsur haranya relatif kaya dan banyak tergantung pada bahan induknya, kesuburan tanahnya sedang sampai tinggi. Penyebarannya di daerah dataran aluvial sungai (hasil dari lumpur yang mengendap), dataran aluvial pantai, dan daerah cekungan (depresi). Tanah yang cocok digunakan untuk budidaya pertanian ini luasnya sekitar 36.214 ha atau 59,37 % dari luas wilayah kota yang tersebar pada daerah yang memiliki lereng 0-8%.

- Latasol, yaitu jenis tanah yang telah berkembang atau terjadi diferensiasi horizon, memiliki solum tanah yang tebal antara 130-180 cm, berwarna coklat, merah hingga kuning, tekstur lempung, struktur remah hingga gumpal, konsistensi gembur hingga agak teguh, kandungan bahan organiknya 3–9%, pH tanah antara 4,5–6,5 (masam sampai agak masam), dan tergolong kurang peka terhadap erosi (skor = 30). Tanah yang mempunyai keadaan fisik yang lebih baik dari podsolik dan potensial dikembangkan untuk pertanian ini (memiliki produktivitas lebih rendah dari aluvial) memiliki luas 2.988 ha atau 4,9% dari luas wilayah kota.
- Podsol, yaitu tanah yang telah mengalami perkembangan profil, susunan horizon terdiri dari horizon albic (A2) dan spodic (B2H) yang jelas, tekstur lempung hingga pasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, kandungan pasir kuarsanya yang relatif tinggi, batuan induknya batuan pasir dengan kandungan kuarsa, batuan lempung, dan tuf vulkan masam. Penyebarannya di daerah beriklim basah, curah hujan lebih dari 2000 mm/tahun tanpa bulan kering, topografi pegunungan, dan sering dijumpai di atas bahan induk pasir kuarsa yang miskin unsur hara. Tanah podsol pada umumnya sangat masam, kapasitas pertukaran kation sangat rendah, dan kesuburan rendah sehingga tingkat produktifitasnya sangat rendah. Tanah ini tergolong peka terhadap erosi (kelas IV; skor = 60), karenanya kawasan-kawasan di wilayah Kota Singkawang yang memiliki jenis tanah ini pada lerengnya 40% atau lebih perlu ditetapkan menjadi kawasan hutan lindung karena memiliki skor 180. Sedangkan pada lereng antara 15-25% perlu diarahkan pemanfaatannya untuk pertanian tanaman keras. Tanah jenis ini memiliki luas 14.000 ha atau 22,95 % dari wilayah kota.

Podsolik Merah Kuning (PMK), yaitu jenis tanah yang berwarna merah hingga kuning, solum (kedalaman) dalam, berasal dari batuan pasir kuarsa dan tuf vulkanik, tekstur lempung hingga berpasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, bersifat agak asam (pH kurang dari 5,5) dengan tingkat kejenuhan basa rendah, kesuburan rendah hingga sedang. Tanah ini tergolong peka terhadap erosi (skor

= 60). Tanah yang sebagian telah dibudidayakan untuk perkebunan karet dan

ladang ini seluas 4.046 ha atau 6,63 % dari total luas wilayah kota.

Tabel 3.2 Luas Wilayah Kota Singkawang Menurut Jenis Tanah

No	W	Luas Area	Jenis Tanah				
	Kecamatan	(Ha)	Organosol	Alluvial	Podsol	Latosol	PMK
1	Singkawang Selatan	22.448	1.052	11.784	2.880	2.988	3.744
2	Singkawang Timur 16.62		2.200	3.926	10.500	-	-
3	Singkawang Utara	6.665	500	6.165	1	-	-
4	Singkawang Barat	1.806	TAO	904	-	-	392
5	Singkawang Tengah	2.855	-	2.559	7 -	-	-
Kota Singkawang		50.400	3.752	25.338	14.276	2.988	4.136

Sumber: Kota Singkawang Dalam Angka 2014

# 3.4 Topografi

Kota Singkawang merupakan kota pantai yang memiliki morfologi mulai dari datar, landai, berombak, bergelombang, berbukit, hingga bergunung. Gunung besar yang berada di sebelah barat daya kota langsung menyentuh bibir pantau Laut Natuna yang membentuk rangkaian kea rah timur dengan G. Besi, G. Jamthang, G. Sijangkung, G. Pasi, dan G. Raya. Puncak tertinggi berada di Gunung Raya (947 m) dan Gunung Pasi (770 m). Berjarak sekitar 1,5 km dari kawasan permukiman utama kota terdapat Gunung Sari (305 m) di sebelah selatan dan Gunung Roban (212 m) di sebelah timur. Ini merupakan perpaduan topografi yang sangat unik untuk perkotaan yang ada di wilayah Kalimantan Barat – selain kota Singkawang, hanya Kota Sukadana (ibukota Kabupaten Kayong Utara) yang memiliki topografi seperti ini.

Topografi yang cukup dominan (lebih dari 80%) di wilayah Kota Singkawang adalah daerah dengan kemiringan antara 0-8% pada ketinggian antara 0-12 meter di atas permukaan laut. Daerah relatif datar hingga landai ini sebagian besar terhampar di bagian utara kota yakni di seluruh wilayah Kecamatan Singkawang Utara serta di sebagian besar wilayah kecamatan Singkawang Timur, Tengah, dan Barat. Di Kecamatan Singkawang Selatan, kawasan dengan kemiringan rendah ini umumnya terletak di daerah selatan perbatasan Kecamatan Singkawang Selatan mulai dari perba-

tasannya dengan Kecamatan Sungai Raya Kepulauan (dengan Desa Karimunting, Sungai Raya, dan Rukmajaya) hingga dengan Kecamatan Monterado (Desa Goa Boma dan Rantau).

Tabel 3.3 Luas Wilayah Kota Singkawang Berdasarkan Kelas Lereng

Kelas	Lereng	Kesesuaian Untuk	Luas		skor
Keias	(%)	Pemanfaatan Lahan	(Ha)	%	SKOI
Doton	0-3	bandara, perdagangan, perkotaan,			
Datar		dan pemukiman kepadatan tinggi	49.829	81,69	20
Landai 3-<8 per		pemukiman kepadatan sedang			
Bergelombangan	gelombangan 8-<15 pemukiman kepadatan rendah		2.154	3,53	40
Agak curam	15-<25	taman,tempat rekeyasi, pertanian	2.637	4,32	60
Curam	25-<40	pertanian tanaman dan perkebunan	4.440	7,28	80
Sangat Curam 40-lebih hutan lindung, cagar alam		1.940	3,18	100	

Sumber: Kota Singkawang Dalam Angka Tahun 2014

Wilayah bergelombang dengan kemiringan 8-15% sebagian besar terdapat di wilayah Kecamatan Singkawang Selatan dan Kecamatan Singkawang Timur. Ketinggian di kawasan ini bergradasi meninggi ke antara 10 hingga 60 meter dari permukaan laut. Adapun kawasan dengan kemiringan lebih dari 15% hampir semuanya berada di wilayah Kecamatan Singkawang Selatan dan di bagian selatan Kecamatan Singkawang Timur. Di Kecamatan Singkawang Barat hanya terdapat di kaki G. Sari, sedangkan di Kecamatan Singkawang Tengah terdapat di kaki G. Roban.

### 3.5 Pembagian Daerah Aliran Sungai (DAS)

Wilayah Sungai (WS) adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km². dalam hal ini, daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsu menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Wilayah Kota Singkawang terbagi menjadi dua wilayah sungai. Sebagai pembatas-nya adalah G. Sari, G. Sijangkung, G. Pasi, G. Apui, dan G. Raya. Bagian utara wilayah kota (59,65%) termasuk dalam WS Sambas (kodefikasi nasional: B-35), sedangkan bagian selatan (40,35%) termasuk dalam WS Mempawah (B-34). Sungai

Selakau merupakan satu-satunya sungai yang termasuk dalam kategori sungai besar yang melintasi Kota Singkawang oleh karena luas DAS (daerah aliran sungai) sungai tersebut dari lebih dari 500 km². Sungai Selakau dan anak sungainya mengaliri wilayah Kota Singkawang, Kabupaten Sambas, dan Kabupaten Bengkayang.

Wilayah Kota Singkawang terdiri dari enam DAS (daerah aliran sungai) yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Di WS Sambas (sekitar 363,85 km²) yang terdiri dari DAS Selakau dan DAS Singkawang.
- 2. Di WS Mempawah (sekitar 246,15 km²) yang terdiri dari DAS Jamthang, DAS Sedau, DAS Merah, dan DAS Raya.

Tabel 3.4 Luas Wilayah Kota Singkawang Berdasarkan DAS

No	DAS	WS	Sungai-sungai penting yang	Luas	
No	DAS		merupakan saluran drainase primer	(Ha)	%
1	Selakau	Sambas	S.Raasau, S.Setapuk Kecil, S.Setapuk Besar, S.Semelagi Kecil, S.Senggang S.Ait Hitam, S.Air Putih	26.256	43,04
2	Singkawang	Sambas	S.Cabang tiga, S.Singkawang S.Wie, S.Garam, S.Bulan	10.129	16,6
3	Jamthang	Mempawah	S.Jamthang, S.Sakok	2.016	3,31
4	Sedau	Mempawah	S.Sedau	9.192	15,07
5	Merah	Mempawah	S.Merah	1.666	2,73
6	Raya	Mempawah	S.Adung, S.Air Mati, S.seluang, S.Raya	11.741	19,25

Sumber: Kota Singkawang Dalam Angka Tahun 2014

Sungai Raya merupakan sungai yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam masa rencana oleh karena sungai tersebut merupakan satu-satunya sungai yang melayani pengaliran limpasan air dari DAS yang luasnya hampir sama dengan DAS Singkawang yaitu hampir mencapai 92 km².

### 3.6 Tata Guna Lahan

Berdasarkan penggunaan tanah, sebagian besar luas tanah di Kota Singkawang adalah perkebunan campuran (45,07%), hutan (16,47%), dan sawah (13,27%). Areal untuk permukiman hanya 303 Ha (0,62%), sementara areal untuk industri merupakan areal yang paling kecil yaitu hanya sekitar 10 Ha (0,02%). Areal-areal yang lain adalah berupa padang/semak (7,28%), hutan belukar (8,03%), kebun campuran (5,14%), pertambangan (2,61%), lain-lain (1,93%), dan perairan darat (0,11%).

# 3.7 Data-Data yang Dibutuhkan

Dalam penulisan skripsi ini dibutuhkan data-data yang mendukung guna memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang ada, dan berikut adalah data-data yang dibutuhkan:

- a. Data peta topografi wilayah DAS Raya
- b. Data tataguna lahan wilayah DAS Raya
- c. Data peta jenis tanah wilayah DAS Raya
- d. Data hujan dan klimatologi wilayah DAS Raya tahun 2001-2010

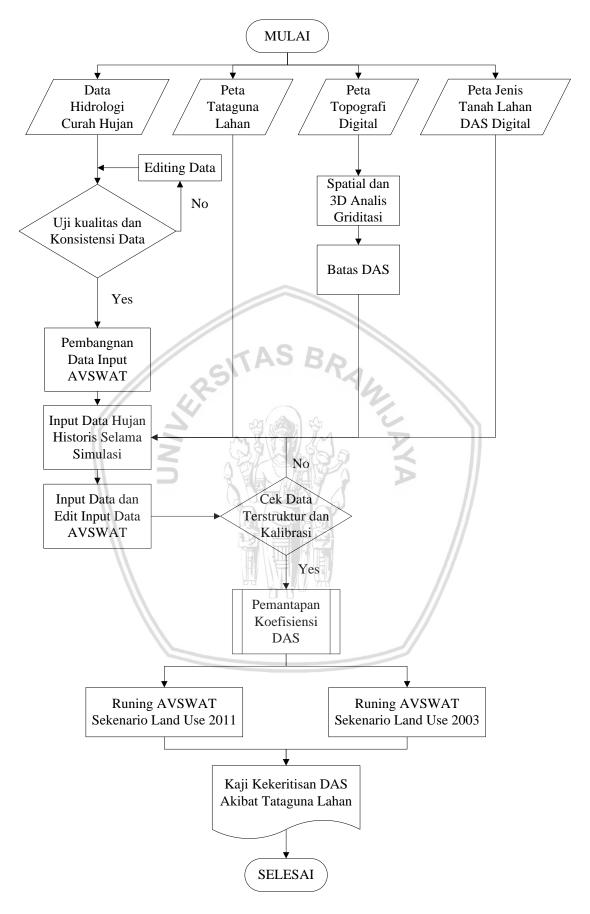
# 3.8 Langkah-Langkah Pengerjaan

 Menyiapkan data-data untuk disajikan dan diolah sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWAT 2000 agar dapat bekerja dengan baik pada saat menjalankan program simulasinya.

Data-data yang digunakan dalam program adalah:

- a. Data curah hujan
- b. Data temperature udara
- c. Data jenis tanah
- d. Data tataguna lahan
- Menampikan Peta Lokasi Studi
  - a. Peta topografi
  - b. Peta tataguna lahan
  - c. Peta jenis tanah
  - d. Peta jaringan sungai inflow Danau Sagatani
- Membuat peta dalam bentuk *DEM* (*Digital Elevation Model*) dari peta topografi untuk merepresentasikan karakteristik fisik atau relief dari wilayah DAS Raya.
- Membagkitkan jaringan sungai sintetis dari DEM.
- Membuat daerah tangkapan sungai
- Pengolahan peta tataguna lahan untuk mendapatkan peta grid tataguna lahan menurut AVSWAT 2000
- Pengolahan peta jenis tanah untuk mendapatkan peta grid jenis tanah menurut AVSWAT 2000
- Menjalankan menu HRU (Hydrologic Response Unit) distribusi dari toolbar
   AVSWAT 2000 untuk memproses distribusi HRU dari setiap subDAS, sehingga

- akan dihasilkan database table berupa informasi data sebaran tataguna lahan dan jenis tanah pada tiap subDAS di DAS Raya.
- Pengolahan database AVSWAT 2000 meliputi pembuatan database curah hujan dan klimatologi:
  - a. Membuat koordinat-koordinat unsur titik stasiun curah hujan dan database curah hujan hariannya.
  - b. Membuat koordinat lokasi stasiun klimatologi meliputi data temperatur, dan database klimatologi.
  - c. Menjalankan menu Weather Stations dari menu input pada toolbar AVSWAT 2000, untuk melakukan import tabel database.
- Input AVSWAT dengan menjalankan Write All yang akan melakukaninput dari hasil proses data-data yang telah didefinisikan sebelumnya.
- Pengecekan data-data dari menu sub basins data pada menu toolbar edit input ACSWAT 2000
- menjalankan menu run SWAT dari menu Simulation pada toolbar AVSWAT 2000
- Pengujian keakuratan hasil simulasi.
- Memberikan rekomendasi upaya konservasi untuk menanggulangi masalah kekritisan DAS sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah setempat.



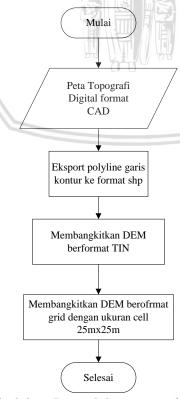
Gambar 3.1 Diagram Pengerjaan Skripsi

## 3.8.1 Pengolahan DEM (Digital Elevation Model)

Pengolahan DEM dalam studi ini bertujuan untuk mendapatkan representasi topologi bumi dalam bentuk DEM berformat grid/cell atau juga bisa disebut grid elevasi yang selanjutnya akan digunakan dalam pemodelan DAS dan analisa kemiringan lereng (grid kemiringan lereng). DEM berformat grid bisa diperoleh dari proses konversi topologi bumi dengan data dassar peta topografi digital yang diperoleh dari BAKOSURTANAL dengan skala 1 : 25.000

Kualitas grid elevasi yang dihasilkan akan sangat ditentukan oleh skala peta topografi dan skala grid yang digunakan. Dengan pertimbangan kemampuan komputer, skala grid yang digunakan dalam studi ini adalah 25 m x 25 m atau 1 cell mewakili luasan sebesar 25 m x 25 m dipermukaan bumi. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan DEM adalah sebagai berikut:

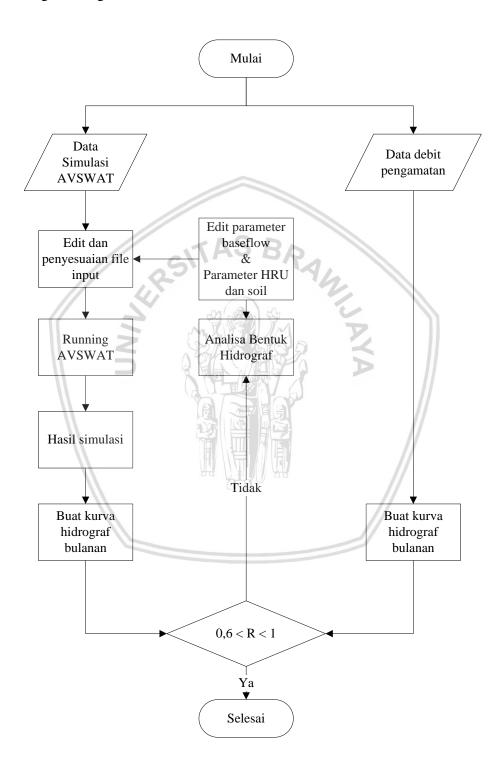
- 1. Mempersiapkan peta topografi digital yang mencakup daerah studi dalam format CAD.
- 2. Mengekspor *polyline* kontur peta topograi tersebut ke dalam format file program ArcView dengan atribut elevasi masing-masing garis kontur.
- 3. Membangkitkan DEM dalam bentuk 3 dimensi dengan format TIN (Triangular Irregular Network).
- 4. Konversi DEM dari format TIN ke dalam format Grid skala cell 25 m x 25 m.



Gambar 3.2 Langkah-langkah dalam Pengolahan Digital Elevation Model

### 3.8.2 Kalibrasi Aliran atau Debit Model AVSWAT 2000

Teknik kalibrasi dalam model AVSWAT 2000 difokuskan pada kalibrasi aliran yaitu perbandingan antara hasil model AVSWAT 2000 dengan pengukuran di lapangan. Berikut langkah-langkah melakulan kalibrasi.



Gambar 3.3 Langkah-langkah dalam Kalibrasi simulasi Debit menggunakan Model AVSWAT 2000

Gambar 3.4 Diagram aliran pengerjaan AVSWAT 2000

# BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

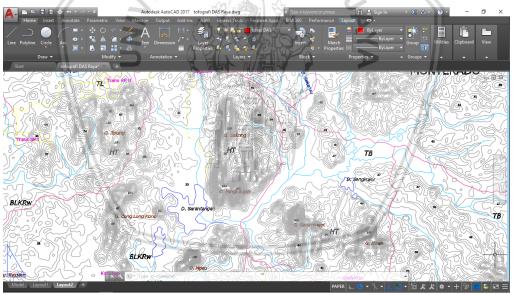
## 4.1 Tahapan Pengolahan Data

Studi analisis erosi pada DAS Raya diawali dengan identifikasi wilayah yang akan dikaji, baik berdasarkan batas administrasi atau berdasarkan daerah aliran sungai. Dalam studi ini yang dikaji menggunakan konsep daerah aliran sungai.

## 4.1.1 Pembuatan Batas DAS dan Pemebuatan DEM pada AVSWAT 2000

Untuk menentukan batas DAS pada studi ini digunakan software Arcview GIS 3.3 yang membutuhkan beberapa extension sebagai alat bantu antara lain *Geoprocessing Wizard*, *Spatial Analyst*, *Hydrology Modelling*, *3D Analyst*, Xtools dan AVSWAT 2000. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penggambaran batas DAS:

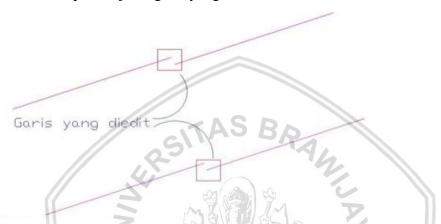
1. Mempersiapkan peta topografi digital dengan skala 1:25000 yang diperoleh dari BAPEDA yang meliputi wilayah DAS Raya. Format *file* yang digunakan adalah (\*.*dwg*) yang dapat dibuka dalam program Autocad.



Gambar 4.1 Tampilan Peta Topografi Digital Dalam Autocad

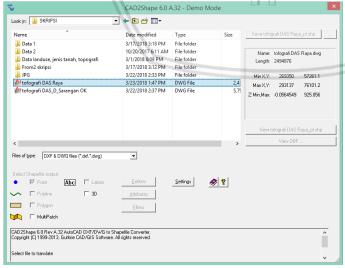
- 2. *Site* peta disesuaikan dengan koordinat pertemuannya yaitu koordinat *universal transfer mercator* (UTM). Hal ini dibutuhkan agar pada saat menggabungkan peta topografi dengan peta lain dapat sesuai.
- 3. Melakukan proses pemeriksaaan dan perbaikan terhadap peta yaitu dengan *editing*. Hal yang perludiperhatikan adalah:

- digabung. Apabila jenis garis berupa *polyline*, maka garis tersebut tidak perlu diedit. Sedangkan bila terdapat jenis garis berupa 3d *polyline*, maka garis tersebut harus dipisah (*explode*) agar jenis garisnya berubah menjadi *line*.
- b. Pada daerah pertemuan peta gabungan, terdapat garis yang tidak tersambung secara sempurna. Garis ini perlu diperbaiki agar tergabung secara sempurna.
- c. Selanjutnya semua garis dapat digabungkan (*joint*), agar pada semua garis kontur didapatkan jenis garis yang sama.



Gambar 4.2 Tampilan Proses Editing

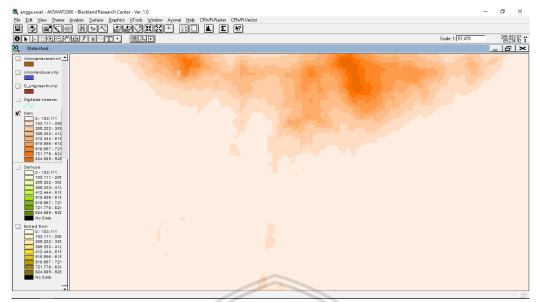
4. Format *file* dalam program autocad (.dwg). setelah diolah dengan Autocad, selanjutnya *file* tersebut disimpan dalam format (dwg). Selanjutnya dilakukan *eksport polyline* kontur ke dalam format *file* program ArcView (.shp) dengan bantuan program CAD 2 Shape 1.0 Contoh tampilan program ini pada gambar.



Gambar 4.3 Tampilan CAD 2 Shape

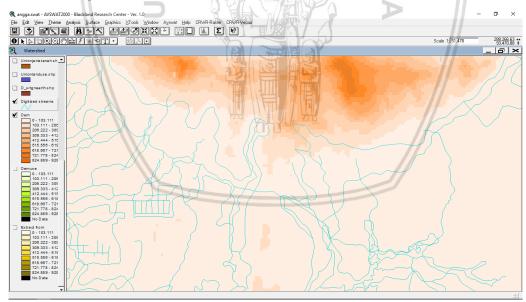
Proses pemilihan *polyline* kontur peta topografi pada program *CAD2Shape* 1.0 tersebut didasarkan pada kode unsur topografi, dimana setiap kode mewakili satu layer dan satu unsur topografi sebagai berikut:

- 3212 : garis kontur (12,5m)
- 3222 : garis kontur (50m)
- 3232 : garis kontur antara (6,25m)
- 3242 : garis kontur depresi (12,5m)
- 3282 : garis kontur depresi, indeks (50m)
- 3292 : garis kontur depresi, garis antara (6,25m)
- 3512 : garis kontur garis kontur (12,5m)
- 3522 : garis kontur indeks (50m)
- 3532 : garis kontur antara (6,25m)
- 3542 : garis kontur depresi (12,5m)
- 3582 : garis kontur depresi, indeks (50m)
- 3592 : garis kontur depresi, garis antara (6,25m)
- 5. Hasil *file* yang didapatkan pada program CAD2Shape 1.0 adalah berformat (.shp), sesuai dengan *layer* yang dipilih. Dalam hal ini *layer* yang dieksport polyline yaitu *layer* topografi.
- 6. Selanjutnya menjalankan program *ArcView* GIS 3.2 dan membuat *view* untuk batas DAS. Kemudian mengatur sistem proyeksi yang digunakan pada *view propertis*. Kontur dan sungai yang sudah dalam format *file* (.shp) tersebut dapat dimasukan (*input*).
- 7. Hasil gabungan peta, dibangkitkan ke dalam DEM dalam bentuk 3 dimensi dengan format TIN (*Triangular Irregular Network*) dari *tollbar surface* dengan pilihan *option* adalah *create* TIN *from feature*.
- 8. DEM dikonversi dari format TIN ke dalam struktur format *grid* dengan ukuran sel 25m x 25m. Perintah yang digunakan adalah *convert to grid*.



Gambar 4.4 Tampilan DEM dalam format Grid

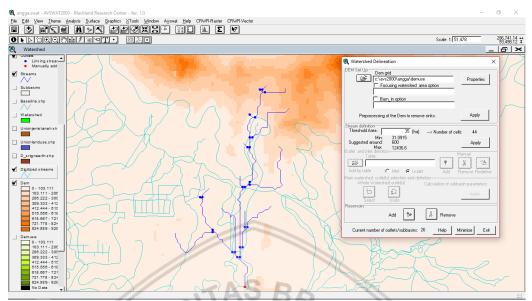
9. Deliniasi DAS atau bisa disebut penelusuran batas DAS dilakukan dengan bantuan extension AVSWAT 2000. Pada tahapan ini theme grid yang sudah diidentifikasi dimasukan ke dalam DEM setup. Selanjutnya sungai.shp dimasukan (input) ke dalam pembuatan DEM, sehingga dengan tombol apply dapat diperoleh them DEM dan them Digitized Stream Network.



Gambar 4.5 Tampilan DEM dan Sungai dalam format Grid

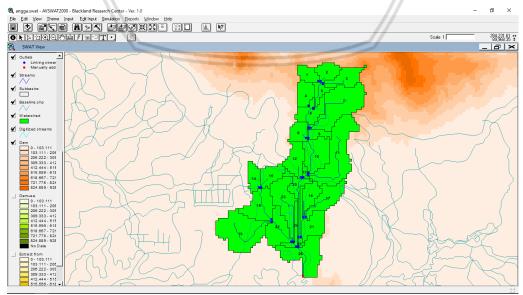
10. Tahapan selanjutnya pada deliniasi DAS adalah mendefinisikan sungai dan *outlet* dalam DEM. Proses ini akan menghasilkan *theme stream* (sungai) dan theme *outlet* (*outlet* subDAS), dengan menginputkan nilai *threshold area* (daerah yang akan di definisikan sebagai sub DAS). Nilai *threshold area* ini coba-coba, hingga didapatkan sungai, anak sungai dan outlet sub DAS hampir sama dengan peta sungai dari

BAPEDA. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan hasil sungai digital yang hampir sama dengan kondisi di lapangan.



Gambar 4.6 Tampilan hasil pendefinisian sungai dan outlet

11. Tahapan terakhir pada deliniasi DAS adalah mendefinisikan batas DAS dan batas SubDAS dalam DEM. Pemilihan *outlet* DAS dengan tombol *select*, maka akan didapatkan *theme watershed* (batas DAS). Hal yang perlu diperhatikan adalah apabila terdapat *outlet* yang tidak terdapat pada *theme outlet*, maka perlu penambahan titik *outlet* dengan tombol *add* pada *toolbar watershed delineation*. Namun bila terdapat *outlet* yang tidak diinginkan maka dapat dilakukan penghapusan titik *outlet* dengan tombol *remove* (hapus). Tampilan tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 4.7 dimana terlihat sungai dan juga subDAS.



Gambar 4.7 Tampilan DAS dan SubDAS

66

- 12. Data *spasial* dan *atribut* yang didapatkan dalam semua proses pembangkitan DEM dan deliniasi DAS dengan *extensions* AVSWAT 2000, akan digunakan pada tahapan analisa data spasial dan data atribut selanjutnya.
- 13. Tabel-tabel (*atribut*) hasil dari pembangkitan DEM dan deliniasi DAS dengan *extensions* AVSWAT 2000, perlu dipindahkan ke dalam *worksheet* program *excel* agar dapat diolah maupun diubah. Adapun proses yang perlu dilakukan sebagai berikut:
  - a. Aktifkan tabel yang ingin ditransfer dalam ArcView 3.2
  - b. Pada *toolbar file* dipilih *export*, kemudian pilih *format* yang diinginkan. *Format export* yaitu berada di dalam *dBASE*.
  - c. Simpan *file* tersebut dan beri nama *file*, maka *file* ini dapat dibuka pada program *excel* untuk diedit.
  - d. Selanjutnya proses *exsport* ini digunakan seterusnya pada kondisi yang sama.

## 4.1.2 Uji Konsistensi Data

Data-data hujan harian pada stasiun selama 10 tahun terlebih dahulu diuji konsistensinya dengan menggunakan metode RAPS dan Inler-Outliner.

## • Uji RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums)

Uji ini bertujuan untuk menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Tabel 4.1 menunjukan hasil perhitungan curah hujan selama 10 tahun yang dikumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulaif rerata penyimpangan terhadap nilai rerata dan selanjutnya ditabelkan seperti gambar berikut:

Tabel 4.1 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Simalar

No.	Tahun	Curah Hujan	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	Sk**
1	2001	26,00	-19,400	37,636	-0,680	0,680
2	2002	·	-19,400	37,636	-0,680	·
3	2003	25,00	-20,400	41,616	-0,715	0,715
4	2004	25,00	-20,400	41,616	-0,715	0,715
5	2005	73,00	27,600	76,176	0,968	0,968
6	2006	43,00	-2,400	0,576	-0,084	0,084
7	2007	36,00	-9,400	8,836	-0,330	0,330
8	2008	34,00	-11,400	12,996	-0,400	0,400
9	2009	120,00	74,600	556,516	2,615	2,615
10	2010	46,00	0,600	0,036	0,021	0,021
Jumlah		454,00		813,640		
Rerata		45,40				

Sumber: Hasil Perhitungan

$$n = 10$$

Dy = 
$$28,52$$

$$Sk^{**}$$
 maks = 2,615

$$Sk^{**} min = -0.715$$

$$Q = |Sk^{**} maks| = 2,615$$

$$R = Sk^{**} maks - Sk^{**}min = 3,330$$

$$S_o * = 0, S_k * = \sum_{i=1}^{k=1} (Y_i - Y')$$

Dari perhitungan didapat nilai akhir yaitu  $Q/n^{0.5}=0.827$  dan  $R/n^{0.5}=1.053$ . Setelah mengetahui nilai perhitungan data statistiknya, maka selanjutnya adalah membandingkan nilai perhitungan dengan nilai  $Q/n^{0.5}$  dan  $R/n^{0.5}$  dari tabel 2.1. Berikut adalah hasil perbandingan dari uji RAPS.

Tabel 4.2 Hasil Uji RAPS

Item	а	Hitungan	Syarat	Hasil Uji	11
Q/n <sup>0.5</sup>	99%	0,827	1,290	Hit < Syarat	OK
R/n <sup>0.5</sup>	99%	1,053	1,380	Hit < Syarat	OK

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.2 menunjukan bahwa nilai  $Q/n^{0.5}$  dan  $R/n^{0.5}$  dari perhitungan berada dibawah atau lebih kecil dari nilai  $Q/n^{0.5}$  dan  $R/n^{0.5}$  tabel. Maka data hujan dari stasiun Simalar dinyatakan konsisten dan dapat diterima.

# • Uji Inler-Outlier

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji inlier-outlier. Uji ini digunakan untuk mengetahui data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Pada uji ini data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah  $(X_L)$  dan ambang atas  $(X_H)$  akan dihilangkan.

Dalam uji ini langkah pertama adalah mengurutkan data (x) dari kecik ke besar. Mencari nilai Log X dan menghitung rerata Log X. Selanjutnya mencari nilai standar deviasi dari nilai Log X. berikut adalah tabel hasil perhitungan:

68

Tabel 4.3 Hasil Uji Inler-Outlier

No	Tahun	X	P	Log X	Log X-LogXr	(Log X-LogXr)2	(Log X-LogXr)3
1	2003	25	8,33	1,398	-0,197	0,039	-0,008
2	2004	25	16,67	1,398	-0,197	0,039	-0,008
3	2001	26	25,00	1,415	-0,180	0,032	-0,006
4	2001	26	33,33	1,415	-0,180	0,032	-0,006
5	2008	34	41,67	1,531	-0,064	0,004	0,000
6	2007	36	50,00	1,556	-0,039	0,002	0,000
7	2006	43	58,33	1,633	0,038	0,001	0,000
8	2010	46	66,67	1,663	0,068	0,005	0,000
9	2005	73	75,00	1,863	0,268	0,072	0,019
10	2009	120	83,33	2,079	0,484	0,234	0,113
		X rerata	=	1,595			
		SD	=	0,226			
		Cs	=	1,267			

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan yang telah ditabelkan pada Tabel 4.3 diketahui jumlah data(n) adalah 10 selanjutnya digunakan Tabel 2.2 pada bab II sehingga diketahui nilai Kn yang digunakan adalah 2,036. Maka nilai ambang atas (X<sub>H</sub>) dan nilai ambang bawah (X<sub>L</sub>) adalah:

$$X_H = Exp. (X_{rerata} + K_n. SD) = 113,71 (dapat diterima)$$

$$X_L = Exp. (X_{rerata} - K_n . SD) = 13,636 (dapat diterima)$$

#### 4.2 Pengolahan Data Hujan dan Klimatologi

AVSWAT 2000 membutuhkan informasi mengenai karakteristik suatu DAS antara lain hujan, iklim, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Informasi tersebut dihimpun dalam basis data masukan yang dinamakan input data. Berikut ini merupakan input data yang akan digunakan pada AVSWAT 2000.

#### 4.2.1 Data Input Curah Hujan

Input data hujan dalam AVSWAT 2000 digunakan untuk memperoleh nilai-nilai statistik presipitasi, standart deviasi dan kepencengan, probabilitas, dan curah hujan maksimum. Untuk itu terlebih dahulu data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 10 tahun seperti dijelaskan pada gambar berikut ini:

#### DATA CURAH HUJAN HARIAN:

Koordinat : XPR = 280176.08259; YPR = 88649.23788

Nama stasiun : Similar Elevasi : +28 Bulan : Januari

Tanggal	2001	2002	2003	$\rightarrow$
1	16	4	0	<b></b>
2	20	0	0	$\uparrow$
3	22	0	0	$\rightarrow$
4	24	0	13	1
	1	1	1	

Gambar 4.8 Contoh Pengelompokan Data Hujan

Pada Gambar 4.8 menunjukan penyusunan data hujan yang nantinya akan dimaukan kedalam progam AVSWAT 2000. Pengelompokan untuk tanggal diurutkan secara vertical, sementara untuk tahun diurutkan secara horizontal.

Tabel 4.4 Format Lokasi Stasiun Hujan

ID	NAME	XPR	ASYPR	ELEVATION
1	SMLR	280176.08259	88649.23788	28

Sumber: Balai Wilayah Sungai

Tabel 4.5 Contoh Format Data Hujan Harian Stasiun Simalar

PCP
16
20
22
24
21
0
0
0
25
25
4
0
0

Sumber: Balai Wilayah Sungai

Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 merupakan contoh dari susunan data input. Yaitu data-data yang sudah disusunan yang nantinya dimasukan kedalam program AVSWAT 2000.

#### 4.2.2 Data Input Klimatologi

AVSWAT 2000 membutuhkan informasi tentang 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 temperatur udara lewat perintah *climate stations* dan data simulasi cuaca lewat *weather simulation*. Untuk data kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin tidak dimasukkan, dikarenakan ketersediaan data kurang lengkap. Meskipun demikian, AVSWAT 2000 mampu membangkitkan ketiga data tersebut mengacu pada data hujan yang ada. Berikut ini adalah format data temperatur yang nantinya akan digunakan dalam AVSWAT 2000 ditunjukan pada Tabel 4.6 dan 4.7

Tabel 4.6 Format Data Temperatur Harian

DATE	MAX	MIN
1/1/2001	35.00	24.00
1/2/2001	30.00	22.00
1/3/2001	34.00	24.00
1/4/2001	24.00	18.00
1/5/2001	29.00	20.00
1/6/2001	32.00	23.00
1/7/2001	36.00	25.00
1/8/2001	32.00	23.00
1/9/2001	30.00	22.00
1/10/2001	34.00	24.00

Sumber: Stasiun Klimatologi Supadio

Tabel 4.7 Format Data Lokasi Stasiun Temperatur Harian

ID	NAME	XPR	YPR	<b>ELEVATION</b>
1	SPDO	291899.71262	99482.66272	30

Sumber: Stasiun Klimatologi Supadio

## 4.3 Pengolahan Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Program permodelan 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 jenis 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 perta 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 secara otomatis mengkorversi 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.

## 4.3.1 Data Input Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan akan diolah dan dimasukan kedalam program untuk menunjukan berbagai kegunaan/fungsi yang dimiliki setiap lahan. Kondisi penggunaan lahan digambarkan secara spasial. Adapun kondisi sebaran penggunaan lahan pada DAS disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Contoh Data (\*dbf) Peta Tata Guna Lahan

VALUE	LANDUSE
1	HUTN
2	URMD
3	KBUN
4	LHTB
5	SWAH
6	RAWA
•	

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Keterangan:

HUTN = Hutan URMD = Pemukiman

KBUN = Kebun SWAH = Sawah

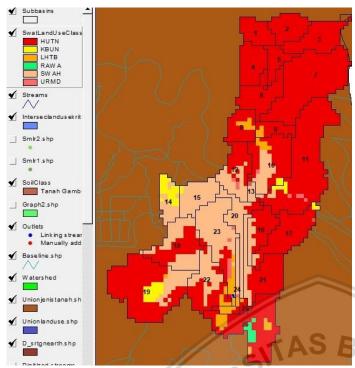
LHTB = Lahan Terbuka RAWA = Rawa

Tabel 4.9 Sebaran Tata Guna Lahan DAS Raya

No	Tata Guna Lahan	Km <sup>2</sup>	Ha	%Luas
1	Hutan	1.4091,93	1.409,193	70,67
2	Pemukiman	151,61	15,161	0,65
3	Lahan Terbuka	4.491,08	449,108	2,9
4	Kebun	452	45,2	2,41
5	Sawah	602,09	60,209	22,97
6	Rawa	79,01	7,901	0,41

Sumber: Analisa Spasial AVSWAT 2000

Setelah data tata guna lahan dipanggil atau diinput kedalam program AVSWAT 2000. Selanjutnya dapat di*overlay* sehingga memberikan hasil dan bentuk seperti gambar berikut:



Gambar 4.9 Tampilan Tata Guna Lahan DAS Raya

Sumber: Hasil Analisa

Dapat dilihat dari Gambar 4.9 bahwa sebagian besar tata guna lahan pada DAS Raya adalah hutan seluas 70,67% yang ditunjukan berwarna merah pada gambar dan sawah sebesar 22,97% yang ditunjukan pada gambar. Dari gambar tersebut juga terlihat subDAS yang hanya memiliki daerah hutan yaitu subDAS 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.

# 4.3.2 Data Input Jenis Tanah

Salah satu data yang dibutuhkan AVSWAT 2000 dalam menduga besarnya limpasan dan sedimen adalah jenis tanah. Jenis tanah digambarkan secara spasial dalam bentuk peta. Berikut ini adalah kondisi sebaran jenis tanah pada DAS Raya ditunjukan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 yang juga menunjukan format penulisan yang nantinya dimasukan (*input*) kedalam program AVSWAT 2000 berupa data berformat (\*.*dbf*).

Tabel 4.10 Contoh Data (\*.dbf) Peta Jenis Tanah

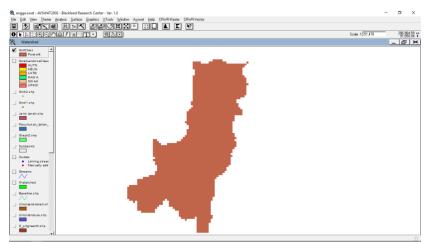
VALUE	NAME
1	Podsolik

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.11 Sebaran Jenis Tanah DAS Raya

No	Tata Guna Lahan	Km <sup>2</sup>	На	%
1	Podsolik	19792,12	1979,212	100

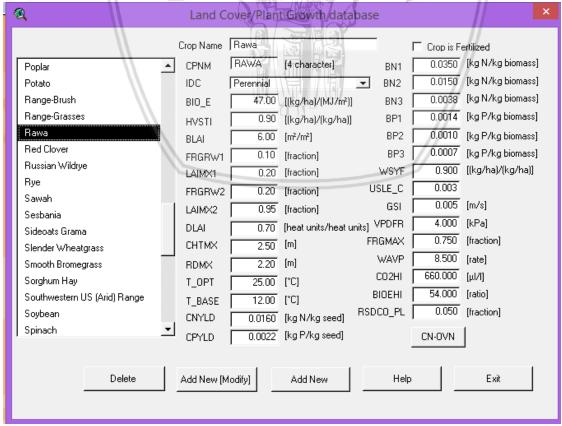
Sumber: Analisa Spasial AVSWAT 2000



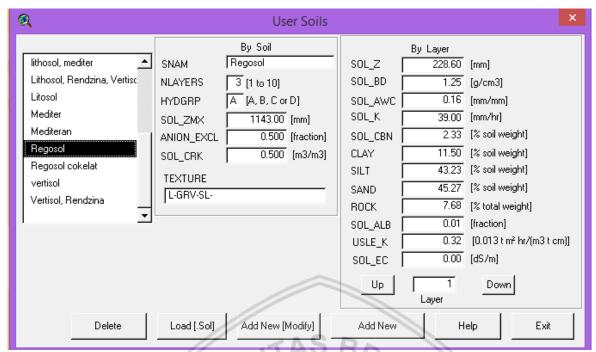
Gambar 4.10 Tampilan Jenis Tanah DAS Raya

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil analisa terhadap jenis tanah yang ditunjukan pada Gambar 4.10 bahwa DAS Raya hanya memiliki satu jenis tanah yaitu podsolik. Selanjutnya pembuatan database yang 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*. Berikut adalah contoh tampilan yang ditunjukan pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 Land Cover/Plant Growth Database



Gambar 4.12 Usersoils Database

# 4.4 Penentuan Klasifikasi Tanah dan *Curve Number* (CN)

Nilai *Curve Number* (CN) atau bilangan kurva air limpasan ditentukan berdasarkan dua parameter fisik dari sub DAS, yaitu kondisi jenis tanah dan jenis penutup lahan. Dari kondisi jenis tanah akan didapatkan klasifikasi kelompok tanah menurut SCS (*Hydrology Soil Group*). Kemudian nilai CN dicari menurut kelompok tanah pada keadaan kelembaban awal II sesuai dengan jenis penutup lahannya. Nilai CN pada keadaan kelembaban awal II untuk kelompok tanah untuk masing-masing jenis penutup lahan dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini. Nilai yang digunakan adalah nilai CN kelas C.

Tabel 4.12 Nilai CN II untuk masing-masing penutup lahan

No	Tata Guna		Nila	ii CN	
NO	Lahan	A	В	<u>C</u>	D
1	Hutan	36	60	<u>73</u>	79
2	Pemukiman	49	69	<u>79</u>	84
3	Kebun	43	65	<u>76</u>	82
4	Lahan Terbuka	67	77	<u>83</u>	87
5	Sawah	58	69	<u>77</u>	80
6	Rawa	39	61	<u>74</u>	80

Sumber: Analisa Spasial AVSWAT 2000

# 4.5 Angka Kekasaran Manning di Lahan dan Sungai

Koefisien kekasaran lahan dan sungai adalah salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan debit puncak limpasan yang terjadi pada fenomena limpasan permukaan yang terjadi dalam suatu kawasan DAS. Angka kekasaran manning di lahan merupakan masukan data untuk perhitungan waktu kosentrasi yang terjadi di lahan melalui database crop.dbf. Sedangkan angka kekasaran manning di sungai akan digunakan sebagai masukan data untuk perhitungan waktu kosentrasi aliran di sungai. Angka kekasaran manning di anak sungai dimasukkan melalui menu interface "Write Subbasin General Data (\*.sub)" pada toolbar input, sedangkan angka kekasaran manning di sungai utama melalui menu "Write Main Channel Data (\*.rte)".

Tabel 4.13 Angka kekasaran manning untuk aliran di sungai

No.	Jenis Sungai	Tipe Saluran	Angka Kekasaran Manning
1	Anak Sungai	Saluran alam : sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu atau ada tumbuhan bawah.	0,05
2	Sungai Utama	Saluran alam : sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu.	0,025

Sumber: Angka kekasaran manning untuk aliran di saluran (Chow, 1959, hal.26)

Tabel 4.14 Angka kekasaran manning untuk aliran di lahan

No.	Jenis Penutup Lahan	Angka Kekasaran Manning
1	Hutan	0,10
2	Rawa	0,15
3	Semak Belukar	0,15
4	Pemukiman	0,10
	- 11	

Sumber: Utomo (2002, hal.105)

# 4.6 Pengolahan HRU (Hydrologc 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 berfungs 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 respose unit*.

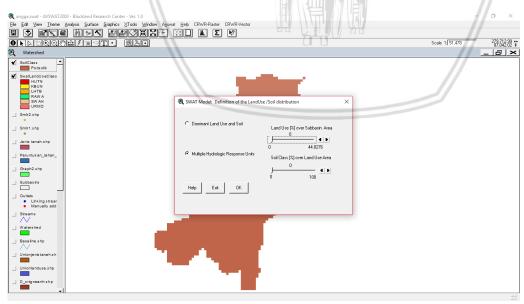
Pada Gambar 4.13 terlihat pilihan pertama, dominant land use and soil, program akan mengenali HRU yang dominan yang ada dalam suatu sub DAS. Program akan mengambil area penutup lahan atau tata guna lahan yang paling dominan saja yang akan dimodelkan.

<b>Q</b>	SWAT Model: Definition of the LandUse /Soil distribution	х
(	Dominant Land Use and Soil	
c	Multiple Hydrologic Response Units	
-	Help Exit OK	

Gambar 4.13 HRU Distribution (Dominant)

Pilihan kedua *mutiple hydrologic respose unit*, program akan mengenali semua HRU yang ada pada suatu sub DAS tergantung pada persentase cakupan luasan yang diberikan. Terdapat dua persentase 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 respose unit* dengan prosentase *land use* (%) *over sub basin area* sebesar 0 % dan *soil class* (%) *over land use area* sebesar 0 %. Gambar 4.14 menunjukan tamilan saat menjalankan program.



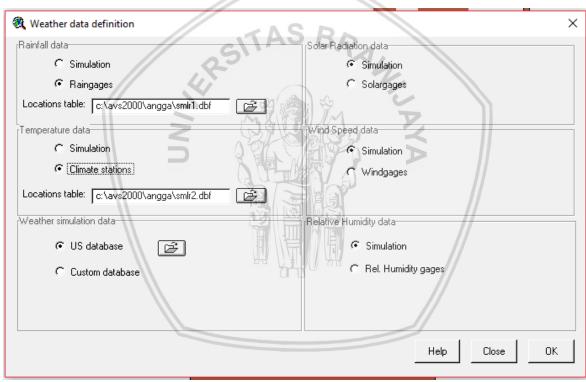
Gambar 4.14 HRU Distribution (Multiple)

Program ini akan mengeliminasi area tata guna lahan dan jenis tanah yang mempunyai luasan kurang dari 10 % dari luas keseluruhan peta tata guna lahan dan peta jenis tanah.

# 4.7 Pengolahan Data Stasiun Cuaca (Weather Station)

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

Semua data tersebut dirangkum dalam bentuk tabel untuk *input* data pada *AVSWAT* 2000. Input data hujan dapat dilakukan melalui dua cara, yakni melalui tampilan edit file database pada menu utama AVSWAT 2000 atau melalui file database userwgn (\*.wgn).



Gambar 4.15 Input Weather Station

### 4.8 Running Simulation

Simulasi dilaukan pada tiap periode per tahun, dimana pada kajian ini DAS Raya dibagi menjadi 26 *subbasin* dengan menggunakan Metode Penman. Simulasi in dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi dan validasi data debit model dan data debit hasil pengukuran lapangan selama 10 tahun.

Setelah semua data-data masukan selesai proses *input*, langkah selanjutnya adalah mencoba simulasi model dengan perintah *Run SWAT* pada menu *simulation* dalam tampilan *SWAT view*.

## Set Up and Run SWAT model simulation:

1. Period of simulation : 1 Januari 2001 – 31 Desember 2010

2. Rainfall/Runoff/Routing : Daily rain/CN/Daily

3. Rainfall distribution : Skewed normal

4. Potential ET method : Penman-Monteith method

5. Crack flow : Not active

6. Channel water routing method : Variable storange

7. Channel dimensions : Active

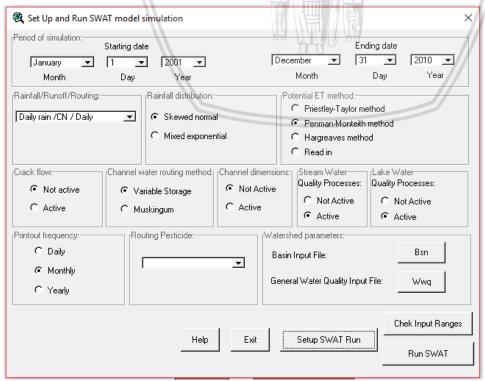
8. Stream water quality processes : Active

9. Lake water quality processes : Active

10. Printout frequency : Monthly

11. Routing Pesticide :--

Untuk periode simulasi 1 Januari 2001 – 31 Desember 2010 ini disesuaikan dengan data hujan yang tersedia selama 10 tahun. Pada Gambar 4.16 berikut menampilan *Set Up Running* yang telah disesuaikan berdasarkan data-data yang akan disimulasikan.

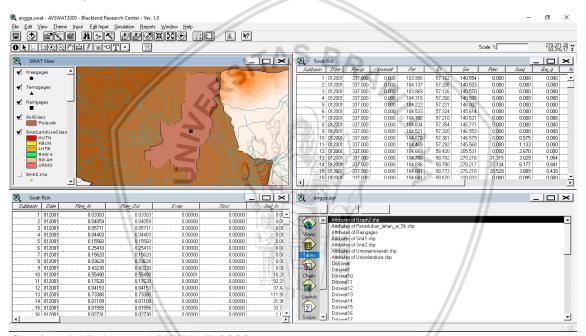


Gambar 4.16 Set Up Running SWAT Periode 1 Januari 2001 – 31 Desember 2010

# 4.9 Output Running Simulation AVSWAT 2000

Terdapat 3 *file* utama untuk *output running simulation* AVSWAT 2000 yang masing-masing mempunyai penjelasan yang berbeda-beda. File-file itu adalah:

- HRU outfit file (\*sbs)
   File ini berisi tentang informasi setiap HRU di dalam sub DAS
- Subbasin outfut file (\*bsb)
   File ini berisi tentang informasi yang ada pada masing-masing subDAS dan ringkasan pada HRU pada setiap subDAS
- Main channel output file (\*rch)
   File ini berisikan ringkasan informasi penelusuran sungai (water routing) dalam DAS



Gambar 4.17 Output AVSWAT 2000

Pada Gambar 4.17 berikut merupakan contoh-contoh tampilan outfile AVSWAT 2000. Tanda titik pada peta merupakan lokasi stasiun hujan. Tabel di kanan atas adalah hasil simulasi yang berformat (\*.bsb) yang berisikan tentang erosi, limpasan, dan lain-lain. Untuk tabel yang berada disebelah kiri bawah merupakan hasil yang berformat (\*.rch) yang menunjukan debit dan lain-lain. Hasil keseluruhan dapat dilihat di halaman lampiran.

#### 4.10 Teknik Kalibrasi

# 4.10.1 Kalibrasi Aliran atau Debit Model AVSWAT 2000

Pengkalibrasian model adalah pensimulasian model untuk tujuan pencarian koefisien dan initial kondisi nilai pemodelan, yang menghasilkan nilai simulasi pemodelan AVSWAT 2000, mendekati nilai lapangan. Kalibrasi model dan lapangan yang di terapkan untuk

80

penyesuaian pemodelan ini adalah data debit di lapangan yang dibandingkan dengan data debit hasil perhitungan model AVSWAT 2000.

Teknik kalibrasi dalam model AVSWAT 2000 difokuskan pada kalibrasi aliran yaitu perbandingan antara hasil model AVSWAT 2000 dengan pengukuran di lapangan. Teknik kalibrasi pada studi ini dimulai pada periode 1 Januari 2001 – 31 Desember 2010, sesuai dengan ketersediaan data pengukuran lapangan.

Tabel 4.15 Hasil Simulasi Debit AVSWAT 2000 Sebelum Kalibrasi Tahun 2001

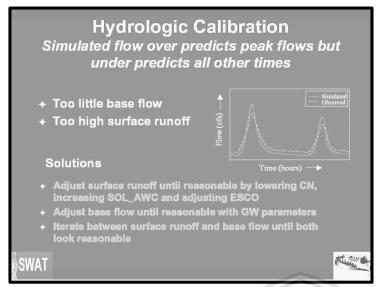
Bulan         Model         AWLR           Jan         1,564         1,057           Feb         1,342         0,605
, ,
Feb 1 3/12 0 605
1.00 1,3-2 0,003
Mar 0,789 0,235
Apr 0,765 0,144
May 0,855 0,216
Jun 0,524 0,053
Jul 0,434 0,035
Aug 0,652 0,028
Sep 1,117 0,18
Oct 1,529 0,96
Nov 1,75 1,267
Dec 1,287 1,722

Sumber: Hasil Analisa



Grafik 4.1 perbandingan debit model terhadap data terukur sebelum kalibrasi tahun 2001

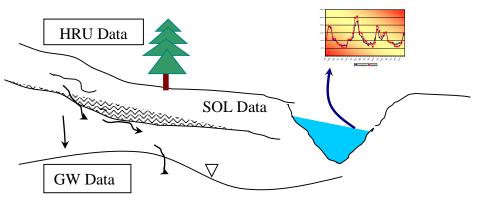
Grafik 4.1 adalah salah satu perbandingan yang terjadi di tahun 2001 dimana debit antara debit model dan debit terukur lapangan atau AWLR memiliki hasil simulasi model lebih besar dari data debit hasil pengukuran. Untuk menangani masalah ini maka dilakukan kalibrasi dengan langkah-langkah yang akan dilakukan sesuai dengan anjuran dalam buku petunjuk AVSWAT 2000.



Gambar 4.18 Langkah-Langkah Proses Kalibrasi

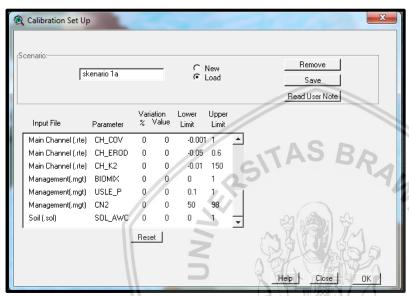
Dari Gambar 4.18 menunjukan teori *Hydrologic Calibration* yaitu jika hasil pemodelan hidrologi (*water balance*) menunjukkan terlalu kecil *base flow* dan terlalu besar *surface runoff*. Maka cara melakukan kalibrasinya sebagai berikut:

- Melakukan coba-coba menurunkan nilai CN yang berdampak besar terhadap nilai Surface runoff
- Melakukan coba-coba parameter dari ground water parameter.
   Proses kalibrasi dengan coba-coba parameter ini akan berpengaruh kepada hidrograf
   DAS Raya, oleh karena itu agar dapat ditelusuri dan terekam dengan baik maka skenario kalibrasi di tampilkan sebagai berikut:
  - 1. Coba-coba parameter GW, yaitu: GW\_DELAY, ALPHA\_BF, GWQMN, GW\_REVAP, REVAPMN
  - 2. Mengubah nilai parameter SOL, yaitu: SOL\_AWC
  - 3. Coba-coba mengubah parameter HRU yaitu: Lat. dan Esco Gambar 4.20 menunjukan posisi tiap parameter yang akan diubah nilainya di lahan.



Gambar 4.19 Posisi dari Parameter HRU Data, Sol Data, dan GW Data

Program AVSWAT memberikan kemudahan bagi para pengguna untuk melakukan kalibrasi melalui *calibration tool* dan *edit input Calibration tool* akan hidup setelah proses *run simulation* berjalan dengan sukses. *Calibration tool* terdapat pada menu *simulation*. Terdapat macam-macam parameter yang ada dalam *calibration tool*. Contoh Masingmasing parameter yang tersedia pada menu *calibration tool* dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut. Untuk melakukan kalibrasi parameter tersebut yang nantinya akan diubah



Gambar 4.20 Parameter pada calibration tool

# 4.10.2 Skenario I

Pada skenario pertama ini dilakukan coba-coba pada parameter GW terlebih dahulu. Untuk melakukan kalibrasi dapat digunakan tool dari AVSWAT 2000 yaitu *calibration tool* dan mengubah tiap parameter. Dilakukan simulasi dengan mengubah nilai parameter yang ada sesuai dengan nilai saat pengukuran hingga menghasilkan debit model baru yang paling mendekati dengan nilai AWLR. Untuk nilai parameter GW yang diubah disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Parameter GW yang dicoba-coba

No	Nama	Nilai Mininu m	Nilai Maximu m	Nilai Coba- Coba	Satuan	Definisi
1	GW_DELAY	0	500	30	Hari	Waktu air tanah menuju akar tanaman
2	ALPHA_BF	0	1	1	Hari	Faktor α dalam pengaliran
3	GWQMN	0	5000	100	mm	Cakupan kedalaman air tanah untuk arus kembalian
4	GW_REVAP	0,02	0,5	0,05		Koefisien air tanah dalam mengendalikan jumlah air
5	REVAPMN	0	500	1	mm	Cakupan kedalaman air tanah untuk REVAP

Sumber: User Manual AVSWAT 2000

Tabel 4.17 Perbandingan data debit model dengan lapangan untuk skenario I

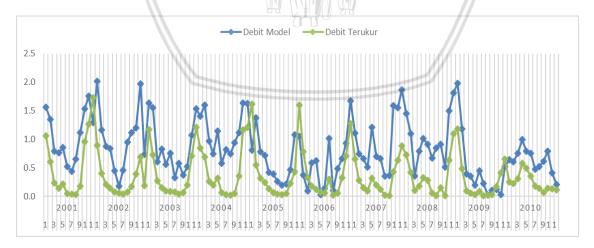
	Т	ahun 20	01	7	Tahun 20	02	Т	ahun 20	03	7	ahun 20	04	7	Γahun 20	05
Bulan	Debit	(m3/dt)	IZD (0/ )	Debit	(m3/dt)	I/D (0/ )	Debit	(m3/dt)	IZD (0/ )	Debit	(m3/dt)	VD(0/)	Debit	(m3/dt)	IZD (0/ )
	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)
Jan	1,56	1,06	32,42	2,02	0,89	55,88	1,64	1,17	28,38	1,41	0,85	39,79	0,81	1,62	99,38
Feb	1,34	0,61	54,93	1,16	0,4	65,72	1,55	0,72	53,26	1,6	0,69	57,16	1,37	0,55	60,16
Mar	0,79	0,23	70,29	0,87	0,2	76,68	0,61	0,27	54,91	0,97	0,27	72,51	0,78	0,32	59,67
Apr	0,76	0,14	81,23	0,84	0,14	83,26	0,83	0,15	81,47	0,74	0,19	73,98	0,71	0,24	66,14
May	0,86	0,22	74,74	0,45	0,08	82,91	0,56	0,1	82,58	1,14	0,32	72,39	0,42	0,13	68,22
Jun	0,52	0,05	89,97	0,18	0,06	66,38	0,75	0,09	88,34	0,58	0,06	89,07	0,39	0,07	83,11
Jul	0,43	0,04	91,93	0,46	0,04	92,39	0,33	0,08	75,31	0,82	0,03	96,16	0,26	0,04	85,29
Aug	0,65	0,03	95,7	0,94	0,08	91,52	0,58	0,04	92,78	0,74	0,02	97,16	0,20	0,03	85,84
Sep	1,12	0,18	83,89	1,11	0,17	85,16	0,38	0,07	82,27	0,94	0,05	94,77	0,22	0,05	77,54
Oct	1,53	0,96	37,21	1,20	0,39	67,62	0,52	0,19	63,02	1,11	0,36	67,92	0,47	0,22	52,18
Nov	1,75	1,27	27,6	1,97	0,69	65,11	1,06	0,71	33,65	1,63	1,16	29	1,08	0,43	60,39
Dec	1,29	1,72	33,84	0,74	0,19	74,83	1,53	1,20	21,51	1,62	1,21	25,34	1,05	1,6	52,57

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.18 Lanjutan Tabel 4.17

	Т	ahun 20	06		Γahun 20	07	7	ahun 20	08		ahun 20	09	7	Γahun 20	10
Bulan	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)
	Model	AWLR	KK(70)	Model	AWLR	KK(70)	Model	<b>AWLR</b>	KK(70)	Model	AWLR	KK(70)	Model	AWLR	KK( /0 )
Jan	0,37	0,78	52,76	1,1	0,65	68,37	1,45	0,72	50,24	1,98	1,18	68,6	0,64	0,26	60,17
Feb	0,1	0,33	70,48	0,75	0,28	62,52	1,09	0,42	61,61	1,18	0,48	59,39	0,6	0,22	63,3
Mar	0,58	0,18	68,87	0,66	0,15	76,59	0,36	0,1	71,44	0,39	0,09	76,84	0,75	0,31	59,45
Apr	0,63	0,12	80,41	0,51	0,09	81,39	0,79	0,18	77,22	0,36	0,06	84,26	0,99	0,58	72,1
May	0,03	0,07	49,02	1,21	0,32	73,44	1,01	0,33	67,46	0,20	0,03	84,24	0,79	0,5	60,53
Jun	0,14	0,06	60,26	0,7	0,2	71,49	0,91	0,28	69,12	0,44	0,09	80,32	0,75	0,35	53,46
Jul	1,01	0,3	70,27	0,66	0,12	81,71	0,67	0,06	91,07	0,22	0,01	95,31	0,48	0,18	62,34
Aug	0,1	0,02	80,75	0,35	0,02	93,02	0,85	0,01	98,76	0,02	0,02	29,8	0,52	0,14	73,1
Sep	0,48	0,06	88,62	0,36	0,01	96,11	0,91	0,15	83,54	0,1	0,03	68,81	0,61	0,07	88,59
Oct	0,66	0,33	50,32	1,59	0,43	72,9	0,51	0,01	98,63	0,12	0,16	25,47	0,79	0,14	82,32
Nov	0,93	0,71	30,51	1,55	0,63	59,46	1,49	0,63	57,8	0,03	0,41	91,7	0,41	0,13	68,55
Dec	1,67	1,27	31,81	1,86	0,88	52,63	1,81	1,1	64,96	0,52	0,65	20,02	0,2	0,11	77,62

Sumber: Hasil Analisa



Grafik 4.2 Perbandingan debit model dengan debit terukur untuk Skenario I

Pada Grafik 4.2 merupakan hasil perubahan nilai-nilai GW pada skenario I yang digrafikan. Pada umumnya nilai debit antara model dan AWLR memiliki pola yang mirip. Akan tetapi masih terlihat perbedaan yang ditunjukan pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18. Untuk

84

kesalahan relatif yang terkecil senilai 21,51% pada bulan Desember tahun 2003 dan yang terbesar senilai 99,38% yang terjadi pada bulan Januari tahun 2005. Maka sebagai analisa awal bahwa nilai parameter GW tidak berpengaruh langsung terhadap penurunan dan kenaikan debit untuk itu akan dilakukan skenario berikutnya.

#### 4.8.3 Skenario II

Untuk melaukan Skenario II parameter tanah yang akan diubah adalah SOL\_AWC yang merupakan kapasitas ketersediaan air di lahan. Nilai SOL\_AWC diubah menjadi 0,5. Mengubah nilai SOL\_AWC dilakukan pada *calibration tool*. Selanjutnya hasil perbandingan antara debit model dan AWLR disajikan pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20.

Tabel 4.19 Perbandingan data debit model dengan lapangan untuk skenario II

	П	Tahun 20	01	7	Tahun 20	02	1	ahun 20	03	3	ahun 20	04	1	ahun 20	05
Bulan	Debit	(m3/dt)	I/D (0/ )	Debit	(m3/dt)	VD(0/)	Debit	(m3/dt)	VD(0)	Debit	(m3/dt)	VD(0/)	Debit	(m3/dt)	I/D (0/ )
	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)
Jan	1,3	1,06	23,37	1,67	0,89	88,08	1,45	1,17	23,56	1,41	0,85	66,08	1,81	1,62	12
Feb	1	0,61	65,79	0,48	0,4	20,3	1,32	0,72	82,68	1,26	0,69	83,65	0,91	0,55	66,03
Mar	0,29	0,23	24,95	0,37	0,2	84,24	0,51	0,27	85,13	0,43	0,27	63,16	0,41	0,32	30,38
Apr	0,25	0,14	71,64	0,25	0,14	77,14	0,28	0,15	83,77	0,35	0,19	82,86	0,46	0,24	91,30
May	0,37	0,22	68,98	0,05	0,08	34,48	0,18	0,1	86,73	0,59	0,32	87,94	0,26	0,13	93,23
Jun	0,07	0,05	23,81	0,09	0,06	42,86	0,16	0,09	80,57	0,12	0,06	84,13	0,11	0,07	59,4
Jul	0,05	0,04	48,57	0,06	0,04	82,86	0,16	0,08	98,76	0,04	0,03	20,63	0,07	0,04	76,62
Aug	0,05	0,03	85,71	0,14	0,08	70	0,08	0,04	90,48	0,04	0,02	66,67	0,05	0,03	85,71
Sep	0,26	0,18	43,33	0,33	0,17	98,18	0,12	0,07	77,44	0,07	0,05	40,82	0,08	0,05	65,31
Oct	1,53	0,96	59,27	0,73	0,39	87,34	0,14	0,19	25,71	0,58	0,36	63,03	0,43	0,22	91,07
Nov	1,75	1,27	38,12	0,92	0,69	34,64	1,06	0,71	50,71	1,63	1,16	40,85	0,74	0,43	73,77
Dec	1,76	1,72	2,32	0,26	0,19	41,62	1,53	1,2	27,41	1,62	1,21	33,94	1,24	1,6	22,48

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.20 Lanjutan Tabel 4.19

	7	Tahun 20	06	7	Tahun 20	07	Т	ahun 20	08	7	ahun 20	09	7	ahun 20	10
Bulan	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)
	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(%)
Jan	0,52	0,78	33,88	1,1	0,65	68,37	1,15	0,72	59,9	1,98	1,18	68,6	0,43	0,26	67,91
Feb	0,58	0,33	79,3	0,51	0,28	83,57	0,72	0,42	72,38	0,75	0,48	56,88	0,38	0,22	73,24
Mar	0,16	0,18	9,52	0,25	0,15	61,04	0,19	0,10	90,15	0,15	0,09	68,13	0,59	0,31	93,14
Apr	0,18	0,12	48,57	0,18	0,09	92,59	0,31	0,18	72,22	0,11	0,06	94,64	0,99	0,58	72,1
May	0,03	0,07	49,02	0,61	0,32	91,88	0,63	0,33	90,3	0,06	0,03	84,13	0,79	0,5	60,53
Jun	0,11	0,06	94,55	0,39	0,2	95,5	0,53	0,28	89,64	0,16	0,09	79,43	0,69	0,35	97,71
Jul	0,58	0,3	94,33	0,24	0,12	98,33	0,11	0,06	78,33	0,02	0,01	52,38	0,33	0,18	81,28
Aug	0,04	0,02	85	0,04	0,02	67,35	0,02	0,01	90,48	0,02	0,02	29,8	0,21	0,14	47,71
Sep	0,1	0,06	83,64	0,02	0,01	50	0,29	0,15	90,67	0,05	0,03	52,38	0,13	0,07	89,43
Oct	0,57	0,33	72,12	0,84	0,43	95,58	0,01	0,01	85,71	0,12	0,16	25,47	0,19	0,14	36,77
Nov	0,93	0,71	30,51	1,19	0,63	88,1	1,06	0,63	68,41	0,23	0,41	42,44	0,04	0,13	67,57
Dec	1,67	1,27	31,81	1,59	0,88	80,5	1,57	1,1	42,36	0,87	0,65	33,46	0,00	0,11	97,82

Sumber: Hasil Analisa

Grafik 4.3 Perbandingan debit model dengan debit terukur untuk Skenario II

Pada Grafik 4.3 merupakan perbandingan antara debit model dengan debit AWLR terukur dari skenario II. Pada grafik ini menunjukan memiliki pola yang mirip dan garis antara debit moden dan AWLR semakin mendekat. Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 memperlihatkan hasil kesalahan relatif mengalami penurunan dan keningkatan nilai debit dimana untuk nilai terkecil 2,32% pada bulan Desember tahun 2001 dan terbesar 98,33% yang terjadi pada bulan Juli tahun 2007. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan skenario II telah mengalami penurunan dan berbeda dibanding skenario I. Akan tetapi karena masih terjadi kesalahan relatif yang besar untuk itu dilakukan tahapan berikutnya.

#### 4.10.4 Skenario III

Pada skenario III ini dilakukan perubahan parameter HRU.dbf yaitu parameter yang mengandung informasi yang berkaitan dengan dampak nilai pada hasil aliran air surface maupun sub surface, masing-masing tata guna lahan yakni Lat (*lateral fllow travel time* satuan hari) dan ESCO: *Soil Evapotranspiration Facktor* yaitu untuk hutan, tegalan, semak belukar, nilai Lat.: 180 hari Esco = 1. Hasil skenario III ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.21 Perbandingan data debit model dengan lapangan skenario III

		ahun 200			Cahun 200			ahun 200			ahun 200			05	
Bulan	Debit (	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)	Debit	(m3/dt)	KR(%)
	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(%)	Model	AWLR	KK(70)	Model	AWLR	KK(70)	Model	AWLR	KK(%)
Jan	1,16	1,06	10,12	0,91	0,89	1,86	1,35	1,17	15,45	1,06	0,85	25,65	1,81	1,62	12
Feb	0,78	0,61	29,31	0,51	0,4	28,75	0,90	0,72	23,53	0,95	0,69	39,11	0,71	0,55	29,4
Mar	0,3	0,23	26,4	0,26	0,2	29,31	0,38	0,27	37,51	0,3	0,27	14,17	0,41	0,32	30,38
Apr	0,2	0,14	39,65	0,11	0,14	22,71	0,21	0,15	35,71	0,25	0,19	31,95	0,31	0,24	29,73
May	0,3	0,22	39,86	0,05	0,08	34,48	0,14	0,1	38,01	0,42	0,32	32,38	0,19	0,13	39,1
Jun	0,07	0,05	38,29	0,08	0,06	29,41	0,12	0,09	37,94	0,09	0,06	36,54	0,09	0,07	38,05
Jul	0,05	0,04	39,74	0,05	0,04	36,29	0,11	0,08	31,8	0,02	0,03	38,73	0,03	0,04	32
Aug	0,04	0,03	34,11	0,06	0,08	28,28	0,05	0,04	28,57	0,03	0,02	32,86	0,02	0,03	29,36
Sep	0,2	0,18	13,33	0,19	0,17	16,36	0,08	0,07	21,8	0,07	0,05	37,78	0,02	0,05	55,47
Oct	1,07	0,96	10,94	0,51	0,39	32,74	0,21	0,19	7,01	0,42	0,36	16,25	0,31	0,22	37,68
Nov	1,25	1,27	1,34	0,83	0,69	20,5	0,93	0,71	32,29	1,61	1,16	39,12	0,58	0,43	35,36
Dec	1,76	1,72	2,32	0,25	0,19	37,03	1,53	1,20	27,41	1,62	1,21	33,94	1,24	1,60	22,48

Sumber: Hasil Analisa

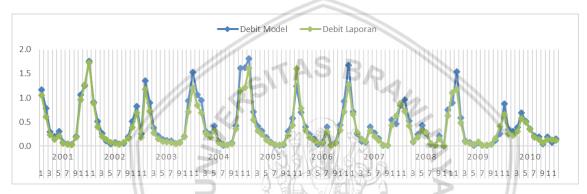
BRAWIJAYA

86

Tabel 4.22 Lanjutan Tabel 4.24

Tube		ahun 200			Cahun 200	07	1	ahun 200	)8	Т	ahun 200	)9	Tahun 2010		
Bulan	Debit (	(m3/dt)	IZD (0/ )	Debit	(m3/dt)	IZD(0/)	Debit	(m3/dt)	IZD(0/)	Debit	(m3/dt)	IZD (0/ )	Debit	(m3/dt)	IZD (0/ )
	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)	Model	AWLR	KR(%)
Jan	0,7	0,78	10,2	0,71	0,65	8,97	0,96	0,72	33,43	1,54	1,18	31,15	0,35	0,26	37,53
Feb	0,4	0,33	21,69	0,26	0,28	8,21	0,52	0,42	24,76	0,58	0,48	21,5	0,31	0,22	39,68
Mar	0,25	0,18	35,6	0,1	0,15	38,31	0,09	0,1	15,72	0,11	0,09	24,07	0,39	0,31	28,14
Apr	0,15	0,12	24,9	0,07	0,09	20,85	0,24	0,18	34,44	0,08	0,06	35,18	0,69	0,58	19,23
May	0,04	0,07	39,85	0,40	0,32	25,75	0,43	0,33	30,61	0,02	0,03	36,83	0,52	0,5	4,36
Jun	0,07	0,06	34,55	0,27	0,2	37	0,27	0,28	4,64	0,06	0,09	26,17	0,36	0,35	3,46
Jul	0,39	0,3	31,37	0,16	0,12	33,33	0,04	0,06	28	0,01	0,01	23,81	0,21	0,18	15,44
Aug	0,03	0,02	40	0,02	0,02	28,53	0,01	0,01	33,33	0,02	0,02	29,8	0,19	0,14	38,43
Sep	0,08	0,06	36,36	0,02	0,01	30,71	0,21	0,15	40	0,04	0,03	30,48	0,05	0,07	34,29
Oct	0,44	0,33	34,24	0,55	0,43	27,21	0,01	0,01	40	0,12	0,16	25,47	0,19	0,14	36,77
Nov	0,93	0,71	30,51	0,47	0,63	26,13	0,75	0,63	18,94	0,25	0,41	38,67	0,08	0,13	36,71
Dec	1,67	1,27	31,81	0,85	0,88	4,06	0,89	1,1	18,85	0,87	0,65	33,46	0,16	0,11	35,96

Sumber: Hasil Analisa



Grafik 4.4 Perbandingan debit model dengan debit terukur untuk Skenario III

Dari Gambar 4.4 yaitu hasil dari kalibrasi skenario III menunjukan perbandingan antara debit model dan debit AWLR telah mengalami perubahan hingga sebagian besar titik saling berdekatan. Pada Tabel 4.21 dan Tabel 4.22 menunjukan bahwa nilai kesalahan relatif yang terjadi memiliki nilai terkecil 1,34% dan untuk nilai terbesar adalah 40%. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa pada skenario III dengan mengubah nilai parameter HRU menghasilkan hasil berbandingan yang paling mendeati. Untuk itu pada skenario III dapat digunakan sebagai hasil akhir dari kalibrasi. Selanjutnya perlu dilakukan pengujian terhadap data untuk memastikan data layak atau tidak.

#### 4.11 Uji Konsistensi Hasil Simulasi

Uji konsistensi hasil simulasi dilakukan untuk menentukan apakah data konsisten. Uji yang akan digunakan adalah uji kolerasi.

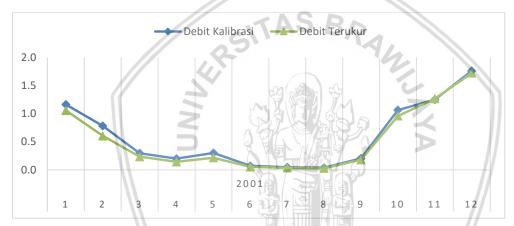
#### 4.11.1 Uji Korelasi

Uji kolerasi dilakaukan pada hasil kalibrasi selama 10 tahun. Berikut adalah salah satu pengujian pada tahun 2001. Untuk perhitungan simulasi lainnya akan dilampirkan pada laporan.

Tabel 4.23 Uji Konsistensi Debit Simulasi Hasil Kalibrasi Tahun 2001

Bulan	Debit	KR(%)	
Dulaii	Model	AWLR	KK(%)
Jan	1,164	1,057	10,12
Feb	0,782	0,605	29,31
Mar	0,296	0,235	26,4
Apr	0,2	0,144	39,65
May	0,302	0,216	39,86
Jun	0,073	0,053	38,29
Jul	0,049	0,035	39,74
Aug	0,038	0,028	34,11
Sep	0,204	0,18	13,33
Oct	1,065	0,96	10,94
Nov	1,25	1,267	1,34
Dec	1,762	1,722	2,32

Sumber: Hasil Analisa



Grafik 4.5 Perbandingan debit hasil terhadap data terukur setelah kalibrasi tahun 2001

Tabel 4.23 dan Grafik 4.5 merupakan nilai debit yang didapat dari hasil kalibrasi yang dibandingkan dengan debit terukur lapangan. Data ini akan dilakukan uji korelasi untuk melihat apakah debit model dari kalibrasi memiliki hubungan yang baik dengan debit hasil pengukuran lapangan. Uji korelasi ini akan dilakukan dengan Analisis Regresi untuk membahas hubungan dua variabel atau lebih. Derajat hubungan tersebut umumnya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi berkisar antara  $-1,0 \le R \le 1,0$ .

Nilai ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

R = 1: hubungan positif sempurna

0.6 < R < 1: hubungan langsung positif baik

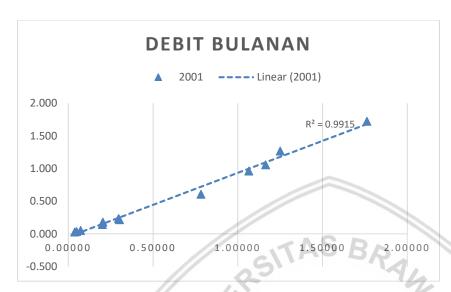
0 < R < 0.6: hubungan langsung positif lemah

R = 0 : tidak terdapat hubungan linier

-0.6 < R < 0: hubungan langsung negatif lemah

-1 < R < -0.6: hubungan langsung negatif baik

R = -1: hubungan negatif sempurna



Grafik 4.6 Uji konsistensi debit sesudah kalibrasi tahun 2001

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa derajat hubungan tersebut pada umumnya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi berkisar antara  $-1,0 \le R \le 1,0$ . Sehingga dari grafik hasil simulasi model debit AVSWAT 2000 selama 10 tahun dapat di analisa bahwa nilai koefisien korelasi sesudah kalibrasi mempunyai hubungan langsung positif baik yaitu 0,8 < R < 1, dengan nilai R rata-rata adalah 0.9915.

#### 4.11.2 Uji Homogenitas Data

Dalam uji homogenitas data ini, yang digunakan adalah uji T, adapun maksud dilakukan analisa uji ini adalah apakah data model *AVSWAT* 2000 mempunyai perbedaaan yang nyata atau tidak dengan data debit pengukuran di lapangan.

#### Uji T

Berdasarkan pola hujan pada Stasiun Simalar dilakukan pengujian statistik Uji T untuk melihat pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat apakah masih dalam populasi yang sama. Bila t score <  $t_{cr}$ , maka  $H_o$  diterima dan jika sebaliknya maka  $H_o$  ditolak.

Untuk pengujian dengan metode Uji T variable yang digunakan adalah debit hasil kalibrasi AVSWAT 2000 dengan debit dari hasil pengukuran di lapangan selama periode 10 tahun dari tahun 2001 – 2010.

Tabel 4.24 Pengujian Statistik Uji T tahun 2001-2010

	Model	AWLR
Mean	0,765	0,361
Variance	0,036	0,009
Observations	10	10
Pearson Correlation	0,491	
Hypothesized Mean		
Difference	0	
Df	9	
t Stat	7,7	
P(T<=t) one-tail	1,5E-05	
t Critical one-tail	1,833	
P(T<=t) two-tail	3E-05	
t Critical two-tail	2,262	

Sumber: Hasil Analisa

Dari Tabel 4.24 menunjukan nilai rata-rata debit model kalibrasi sebesar 0,765 m³/dt dan nilai rata-rata debit AWLR lapangan 0,361 m³/dt merupakan data yang akan dibandingkan. Selanjutnya simpangan baku dari model adalah 0,036 sementara simpangan baku untuk AWLR adalah 0,009. Masing-masing model dan AWLR sama-sama memiliki 10 sampel ya itu selama 10 tahun. Setelah dilakukan pengujian menghasilkan kesimpulan bahwa nilai T hitung < dari T table atau 1,833 < 2,262 maka hasil uji menyatakan dapat diterima.

#### 4.12 Analisa Perhitungan Hasil Simulasi

Dalam perhitungan analisa studi ini diperoleh nilai keluaran limpasan, erosi dan sedimen. Dimana faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tersebut berdasarkan input data jenis tanah, tata guna lahan, curah hujan, dan debit.

Perkiraan sedimen di DAS Raya dengan model *SWAT* diperhitungkan dari erosi yang terjadi di unit lahan *HRU*, kemudian erosi yang terjadi di setiap unit lahan *HRU* tersebut akan dibawa oleh limpasan permukaan sampai ke sungai utama sebagai erosi masing-masing sub DAS, dimana sebagian akan terdeposisi di cekungan-cekungan permukaan lahan, besarnya sedimen yang berasal dari erosi tersebut kemudian mengalami proses transportasi sedimen melalui anak sungai sebelum akhirnya sampai ke sungai utama (*main channel*).

Dalam proses transportasi sedimen di anak sungai dan sungai utama tersebut besarnya deposisi dan degradasi sedimen di sungai akan diperhitungkan, kemudian total hasil sedimen di DAS Raya dihitung pada titik pengamatan di *outlet* sungai Raya. Hasil limpasan, erosi dan sedimen yang terjadi di setiap subDAS dan *outlet* sungai utama dapat dilihat pada tabel simulasi pada lampiran.

Tabel 4.25 Analisa Hasil Simulasi Tahunan

Taun	Luas	Limpasan Permukaan	Laju Erosi						
Taun	Luas	$(m^3/dt)$	(ton/ha/thn)	(ton/thn)	(mm/thn)				
2001	1.979,21	31,03	138,81	11.835,53	9,25				
2002	1.979,21	25,23	42,71	3.459,73	2,85				
2003	1.979,21	20,21	29,33	2.363,95	1,96				
2004	1.979,21	28,84	37,96	3.057,75	2,53				
2005	1.979,21	15,65	11,01	890,76	0,73				
2006	1.979,21	12,53	16,39	1.322,72	1,09				
2007	1.979,21	29,26	30,99	2.491,17	2,07				
2008	1.979,21	24,8	30,25	2.436,8	2,02				
2009	1.979,21	15,13	23,15	1.867,47	1,54				
2010	1.979,21	5,77	7,95	640,04	0,53				
Ra	ta-rata	20,85	36,85	3.036,59	2,46				
C 1 T	r '1 A 1'				-				

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa DAS Raya yang mempunyai luas 1.979,21 ha menghasilkan debit limpasan permukaan rata-rata dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 sebesar 20,845 m³/det dan laju erosi rata-rata sebesar 3.036,59 ton/thn bila dibagi dengan luas wilayah DAS menjadi 36,85 ton/ha/thn atau 2,46 mm/thn.

# Contoh perhitungan:

Konversi satuan ton/ha/thn ke mm/thn

Kerapatan isi tanah  $(p) = 1.5 \cdot 10^3 \,\mathrm{kg/m^3}$ 

 $\begin{array}{ll} 1 \; ha & = 10000 \; m^2 \\ 1 \; ton & = 10^3 \, kg \\ 1 \; mm & = 10^{\text{-}3} \; m \end{array}$ 

Tahun = 2008

Laju erosi rata-rata = 30.250 ton/ha/thn

Rumus konversi:

$$t = \frac{M}{pb \cdot L} = \frac{30.250 \text{ton/thn}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3} \cdot 1\text{ha}}$$
$$= \frac{30.250 \cdot 10^3 \text{ kg} / \text{thn}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3} \cdot 10^4 m^2}$$
$$= 20,17 \times 10^{-4} \text{ m/thn}$$
$$= 2,017 \times 10^{-3} \text{ m/thn}$$
$$= 2,017 \text{ mm/thn}$$

Edp didapatkan dengan melihat table 2.8 (Bab II) dengan melihat kedalaman solum tanah rata-rata, maka didapatkan nilai 2,2 ton/ha/thn.

$$t = \frac{M}{pb \cdot L} = \frac{6,7 \text{ ton/thn}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3} \cdot 1\text{ha}}$$
$$= \frac{2,2 \cdot 10^3 \text{ kg} / \text{thn}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot m^{-3} \cdot 10^4 m^2}$$
$$= 4,466 \times 10^{-4} \text{ m/thn}$$
$$= 0,446 \times 10^{-3} \text{ m/thn}$$
$$= 0,446 \text{ mm/thn}$$



Grafik 4.7 Laju erosi setiap tahun

Pada Grafik 4.7 menunjukan nilai antara laju erosi dan nilai edp diperbolehkan memiliki nilai berbeda dimana nilai laju erosi tertinggi terjadi pada tahun 2001. Dari grafik menunjukan nilai laju erosi melebihi edp yang diperbolehkan dan berdasarkan hasil perhitungan dengan program AVSWAT 2000 terlihat bahwa terjadi erosi tiap tahun yang telah melebih erosi yang diperbolehkan. Untuk itu disimpulkan bahwa pada DAS Raya memerlukan penanganan lebih lanjut untuk mengurangi laju erosi yang terjadi.

# 4.13 Analisa Limpasan Permukaan Lahan

Berdasarkan runing AVSWAT 2000 menghasilkan *Sub basin output file* berformat (\*.*bsb*). Pada file ini diketahui limpasan permukaan (SUR\_Q) yang terjadi pada DAS Raya selama 10 tahun. Selanjutnya data SUR\_Q dirata-rata dan dikelompokan perbulan unuk tiap subDAS. Hasil pengelompokan tiap subDAS ditampilkan pada tabel berikut:

92

Tabel 4.26 Rerata Limpasan Permukaan Lahan Tiap Sub DAS

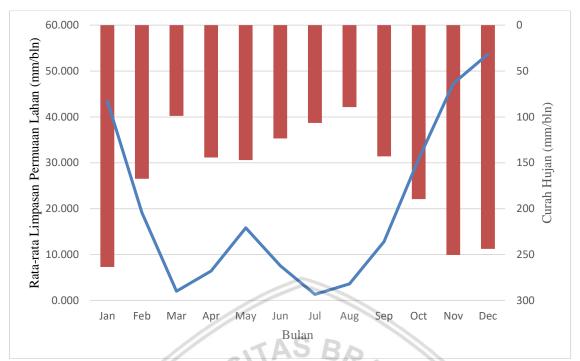
Subdas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	mm/bln
1	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07
2	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07
3	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,07
4	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,07
5	41,79	16,21	0,27	4,30	13,20	3,08	0,30	1,26	11,07	28,24	44,47	52,54	18,06
6	41,55	16,10	0,26	4,24	13,07	2,99	0,30	1,21	10,98	28,05	44,17	52,30	17,94
7	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,07
8	46,34	19,16	1,31	6,06	15,79	5,84	0,88	2,59	13,00	32,07	49,80	57,86	20,89
9	46,92	19,46	1,36	6,24	16,13	6,10	0,91	2,73	13,23	32,57	50,53	58,44	21,22
10	52,31	22,86	2,27	7,55	18,86	8,65	1,50	4,10	15,34	37,02	56,93	64,85	24,35
11	43,63	17,49	0,90	5,14	14,33	4,29	0,71	1,91	11,99	29,83	46,56	54,63	19,28
12	56,35	25,48	3,27	8,74	21,08	10,69	2,16	5,28	17,14	40,46	61,71	69,38	26,81
13	61,89	28,79	3,60	9,68	23,62	13,06	2,27	6,40	18,93	44,94	68,45	76,26	29,82
14	71,02	34,72	5,84	14,27	29,13	19,17	3,52	9,29	22,93	52,63	78,98	86,78	35,69
15	68,33	32,88	4,77	11,53	26,97	16,40	2,94	8,08	21,47	50,25	76,01	83,94	33,63
16	49,52	20,94	1,45	6,37	17,25	6,85	1,02	3,21	14,09	34,68	53,76	61,46	22,55
17	44,75	17,92	0,67	5,23	14,86	4,56	0,56	2,02	12,25	30,73	48,07	55,75	19,78
18	56,53	25,39	2,67	8,24	20,85	10,37	1,73	5,02	16,83	40,49	62,09	69,85	26,67
19	49,80	21,15	1,63	6,85	17,55	7,29	1,12	3,40	14,28	34,94	54,03	61,74	22,82
20	64,92	30,67	4,12	10,44	25,16	14,61	2,57	7,16	20,09	47,36	71,84	79,94	31,57
21	49,06	20,73	1,43	6,23	16,98	6,66	1,01	3,11	13,90	34,28	53,16	61,08	22,30
22	56,72	25,52	2,82	8,54	21,07	10,67	1,79	5,13	16,97	40,66	62,23	70,02	26,84
23	66,89	32,22	5,51	12,13	26,77	16,48	3,46	8,20	21,50	49,19	73,91	81,83	33,17
24	66,97	32,32	5,72	12,89	27,14	17,15	3,48	8,39	21,67	49,39	74,10	81,82	33,42
25	46,61	19,11	1,13	6,00	15,95	5,72	0,80	2,57	13,07	32,32	50,27	57,85	20,95
26	45,63	18,61	1,09	5,83	15,40	5,36	0,74	2,48	12,70	31,47	49,01	56,78	20,42
Rerata	43,50	19,14	2,00	6,40	15,81	7,54	1,30	3,60	12,82	30,83	47,31	53,68	20,33

Sumber: Hasil Pemodelan AVSWAT

Setelah tiap subDAS dikelompokan selanjutnya merata-rata keseluruhan subDAS. Hasil akhir dari pemodelan AVSWAT dapat diketahui rata-rata limpasan permukaan yang terjadi pada DAS Raya adalah sebesar 20,33 mm/bln.

Dari Tabel 4.26 terdapat banyak subDAS yang nilai limpasannya melebih dari limpasan rata-rata. SubDAS yang nilai limpasannya melebihi rata yaitu subDAS 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 dan 26. Jika ditotalkan luas daerah yang limpasannya melebihi rata-rata adalah seluas 1.198,5 ha.

Selanjutnya nilai limpasan dari hasil runing AVSWAT 2000 dibuat grafik dan dibandingkan dengan curah hujan yang terjadi tiap bulannya. Perbandingan antara curah hujan yang terjadi terhadap besar limpasan permukaan lahan pada DAS Raya ditampilkan pada grafik sebagai berikut:



Grafik 4.8 Perbandingan Rerata Hujan Terhadap Limpasan Permukaan Lahan

Dari Grafik 4.8 terlihat perbandingan rerata hujan terhadap limpasan permukaan lahan menunjukan hasil pola yang mirip. Limpasan terbesar terjadi pada bulan desember sebesar 53,68 mm/bln yang memeiliki curah hujan 245 mm/bln. Sehingga disimpulkan bahwa besarnya curah hujan mempengaruhi limpasan yang terjadi pada lahan. Adapun perbedaan dari pola tersebut terjadi diakibatkan oleh tata guna pada lahan yang membuat air meresap kedalam tanah dan sebagian terevaporasi.

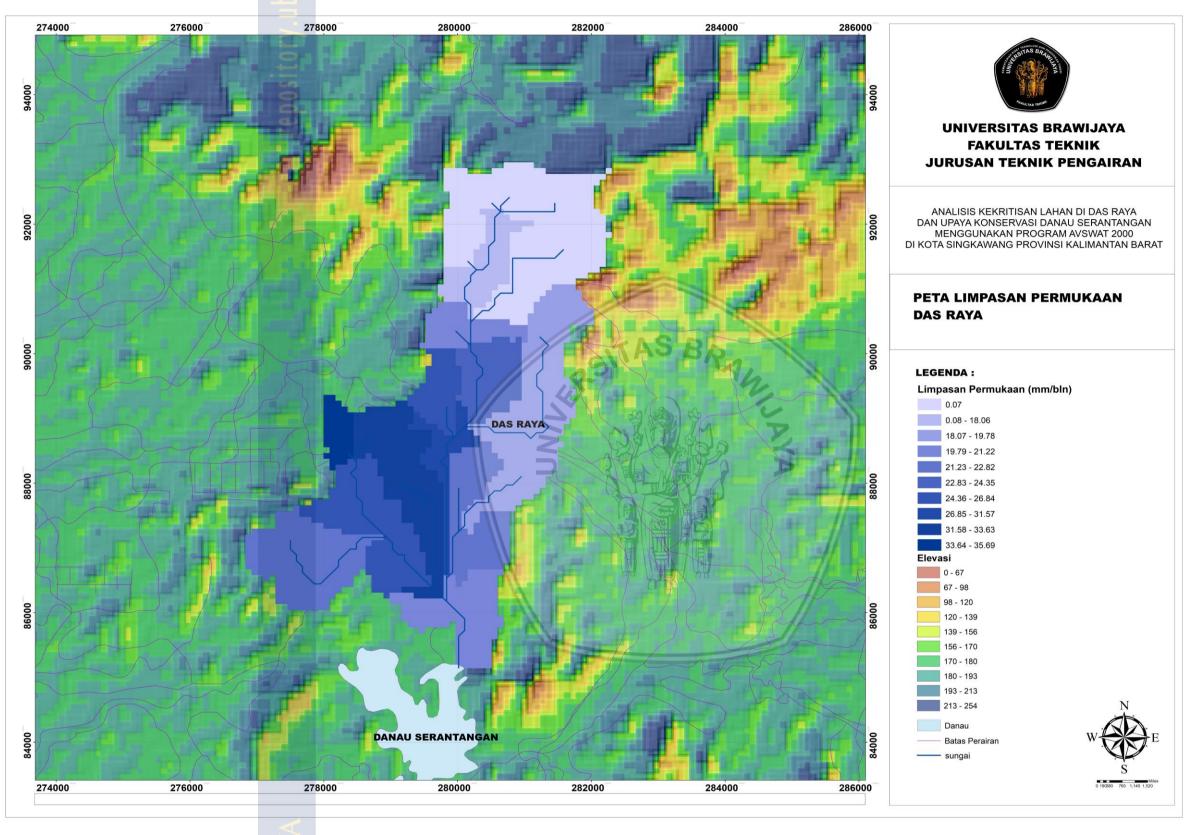
Pada DAS Raya setiap lahan atau subDAS memiliki jenis tanah yang sama yaitu podsolik. Dikarenakan setiap lahan memiliki jenis tanah yang sama maka kemampuan resapan air ke tanah pada tiap lahan DAS Raya adalah sama.

Perbedaan antara limpasan dan curah hujan diakibatkan oleh perbedaan jenis tanaman yang ada pada tiap lahan. Karena tiap jenis tanaman memiliki perbedaan kebutuhan air yang berbeda dan kemampuan evaporasi yang berbeda-beda juga. Misal pada lahan pertanian atau perkebunan di lahan pada bulan tertentu akan melakukan panen dan pergantian jenis tanaman sehingga membuat perbedaan.

Selanjutnya adalah peta hasil limpasan yang terjadi pada DAS Raya yang diperoleh dari hasil pemodelah AVSWAT 2000. Peta ini dibuat berdasarkan hasil dari data-data *Sub basin output file* yang berformat (\*.*bsb*). Pada gambar peta 4.29 menunjukan lahan atau subDAS yang memiliki limpasan terkecil hingga terbesar. Semakin gelap warna biru pada peta menunjukan semakin besar limpasan yang terjadi pada subDAS tersebut.

Daerah yang memiliki limpasan besar pada umumnya berada di tengah-tengah DAS Raya. Pada daerah tersebut meiliki kemiringan lereng 3,394 % yang tergolong landai. Jika dilihat dari peta tata guna lahan, lokasi yang memiliki nilai limpasan yang besar memiliki kesamaan yaitu setiap subDAS tersebut digunakan sebagai pertanian kering dan basah. Oleh sebab itu dapat disimpulkan tingginya limpasan pada suatu lahan DAS Raya terjadi pada tiap lahan pertanian kering dan basah yang dipengaruhi oleh curah hujan dan juga kemiringan lereng.





Gambar 4.21 Peta Limpasan Permukaan DAS Raya



# BRAWIJAY

#### 4.14 Erosi Lahan

Untuk mengetahui erosi yang terjadi pada lahan maka dilakukan rekap dari pemodelan AVSWAT 2000. Hasil pemodelan dari AVSWAT 2000 menghasilkan *Sub basin output file* berformat (\*.*bsb*). Hasil ini direratakan dalam bulanan tiap subDAS dan ditabelkan ke dalam Tabel 4.27 berikut:

Tabel 4.27 Rerata Erosi yang Terjadi Tiap SubDAS

Subdas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	ton/ha/bln
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
5	8,14	9,30	0,00	0,02	0,09	0,02	0,00	0,03	0,22	0,55	0,63	0,61	1,634
6	11,28	12,93	0,00	0,03	0,12	0,02	0,00	0,03	0,31	0,76	0,88	0,85	2,269
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
8	21,97	16,14	1,13	2,42	4,84	3,66	0,47	1,74	4,10	9,03	12,12	13,34	7,579
9	20,82	15,12	1,08	2,32	4,62	3,51	0,45	1,67	3,91	8,59	11,57	12,74	7,199
10	23,78	16,25	1,11	2,06	4,71	3,27	0,44	1,85	4,45	9,65	13,10	14,25	7,909
11	14,49	13,49	0,36	0,75	1,61	1,20	0,25	0,62	1,52	3,27	4,24	4,56	3,863
12	16,42	11,02	0,72	1,06	2,87	1,91	0,34	1,21	2,93	6,19	8,52	9,25	5,203
13	5,55	3,41	0,23	0,35	0,96	0,60	0,07	0,40	1,01	2,18	3,09	3,37	1,769
14	13,99	7,18	0,86	2,01	4,01	2,85	0,39	1,59	3,62	7,82	11,03	12,04	5,616
15	11,02	6,40	0,50	0,80	2,08	1,32	0,17	0,86	2,16	4,64	6,62	7,26	3,654
16	7,02	5,43	0,20	0,30	0,85	0,52	0,06	0,35	0,93	2,01	2,78	3,00	1,955
17	6,29	5,59	0,12	0,29	0,61	0,41	0,05	0,24	0,62	1,37	1,85	1,97	1,620
18	12,70	8,39	0,49	0,74	2,04	1,26	0,15	0,85	2,17	4,66	6,55	7,12	3,927
19	16,18	11,16	0,69	1,54	3,17	2,23	0,29	1,24	2,93	6,36	8,77	9,55	5,342
20	9,46	5,61	0,40	0,61	1,65	1,01	0,13	0,68	1,76	3,76	5,42	6,00	3,039
21	13,21	10,21	0,40	0,58	1,66	1,01	0,12	0,69	1,81	3,94	5,40	5,81	3,737
22	4,57	2,89	0,20	0,34	0,83	0,54	0,07	0,33	0,83	1,79	2,54	2,79	1,477
23	8,94	5,11	0,46	0,79	1,91	1,29	0,21	0,78	1,87	3,95	5,63	6,22	3,098
24	6,86	3,71	0,44	0,84	1,82	1,30	0,20	0,70	1,63	3,49	4,94	5,48	2,618
25	2,83	2,15	0,12	0,25	0,50	0,37	0,05	0,18	0,44	0,97	1,34	1,47	0,889
26	16,83	12,00	0,70	1,53	3,23	2,28	0,29	1,15	2,86	6,29	8,63	9,62	5,450
Rerata	9,71	7,06	0,39	0,75	1,70	1,18	0,16	0,66	1,62	3,51	4,83	5,28	3,071

Sumber: Hasil Pemodelan AVSWAT

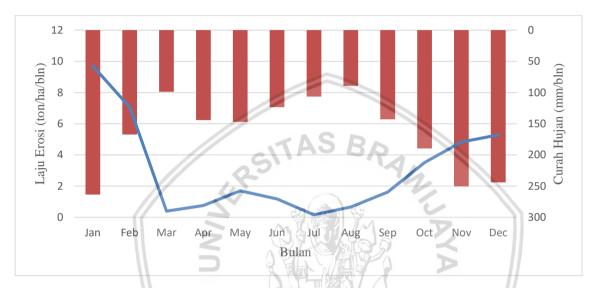
Selanjutnya data yang telah ditabelkan dapat direratakan setiap bulannya sehingga didapatkan rata-rata erosi yang terjadi pada DAS Raya adalah seniai 3,07 ton/ha/bln. Perbedaan iklim adalah faktor yang mengakibatkan jumlah erosi tiap bulan menjadi berbeda-beda. DAS Raya hanya memiliki satu jenis tanah sehingga erobilitas pada tiap subDAS dikatakan sama.

Untuk erosi terbesar terjadi pada subDAS 8 = 7,579 ton/ha/bln, subDAS 9 = 7,199 ton/ha/bln dan 10 = 7,909 ton/ha/bln. Hal tersebut karenakan kemiringan lereng pada lahan yang tergolong agak miring senilai 9,12% dan merupakan lahan terbuka.

98

Pada Tabel 4.27 hasil pemodelan diketahui terdapat subDAS yang tidak mengalami erosi, yaitu subDAS 1, 2, 3, 4 dan 7. Hal ini disebabkan karena seluruh daerah tersebut merupakan lahan yang tertutup oleh hutan dan cagar alam.

Setelah mengetahui nilai erosi setiap bulan yang terjadi di seluruh DAS Raya, selanjutnya dapat dibandingkan dengan curah hujan yang terjadi pada DAS untuk mengetahui bagaimana pengaruh curah hujan terhadap erosi. Berikut ini adalah tampilan perbandingan antara erosi dengan curah hujan yang terjadi di DAS Raya.

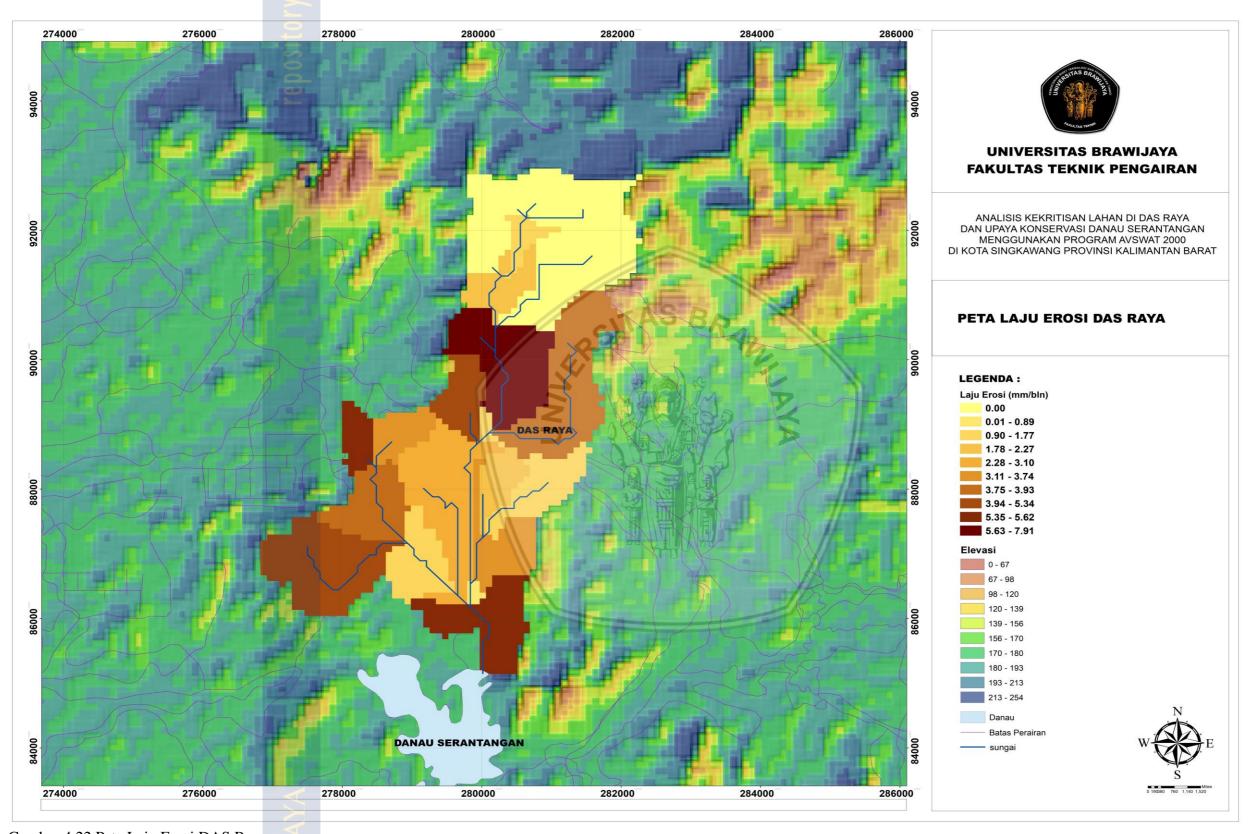


Grafik 4.9 Perbandingan Rerata Hujan Terhadap Laju Erosi

Seperti yang ditunjukan pada Grafik 4.9 terlihat perbandingan antara laju erosi dengan curah hujan memiliki pola yang sama. Peningkatan terjadi sepanjang bulan Agustus hingga bulan November dan sama-sama memiliki nilai tertinggi pada bulan Januari. Melihat dari hasil perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan curah hujan adalah faktor yang mempengaruhi laju erosi pada lahan.

Selanjutnya nilai laju erosi yang didapat dari AVSWAT 2000 ditampilkan dalam bentuk peta untuk mengetahui daerah dan posisi subDAS yang mengalami erosi. Pada Gambar 4.31 semakin gelap warna coklat pada peta menunjukan daerah subDAS tersebut mengalami erosi yang besar. SubDAS yang mengalami erosi hingga melebihi rata-rata adalah subDAS 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22 dan 26 dengan total luas 1.227,53 ha.

Sama halnya dengan limpasan, erosi juga dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan curah hujan bahkan erosi juga dipengaruhi limpasan itu sendri. Vegetasi dan tata guna lahan adalah hal yang juga dapat mempengaruhi erosi suatu lahan. Untuk jenis tanah pada DAS Raya memiliki jenis yang sama maka faktor tanah dianggap sama.



Gambar 4.22 Peta Laju Erosi DAS Raya



### 4.14.1 Analisa Kelas Bahaya Erosi

Analisa kelas bahaya erosi dilakukan untuk mengetahui dan mengelompokan kelas bahaya erosi yang terjadi dari suatu lahan dengan mempertimbangkan laju erosi dan kedalaman efektif tanah atau solum tanah. Pada Tabel 4.28 menunjukan pengelompokan unuk masing-masing kelas bahaya erosi yang ditentukan oleh laju erosi dan solum. Setelah mempertimbangan faktor laju erosi dan solum tanah maka dapat ditentukan suatu daerah tergolong dalam erosi ringan, sangat ringan, sedang, berat, atau sangat berat.

Table 4.28 Kelas Bahaya Erosi Berdasarkan Kedalaman Solum Tanah

Erosi	Erosi Kelas Bahaya Erosi (ton/ha/thn)						
solum tanah	I(<15)	II(15-60)	III(60-180)	IV(180-480)	V(>480)		
Dalam (>90)	SR	R	SB	В	SB		
Sedang (60-90)	R	S	В	SB	SB		
Dangkal (30-60)	S	B	SB	SB	SB		
Sangat Dangkal (<30)	В	SB	SB	SB	SB		

Sumber: Utomo, 1994

Keterangan:

$$R = Ringan$$
  $B = Berat$   $S = Sedang$ 

SR = Sangat Ringan SB = Sangat Berat

Contoh analisa kelas bahaya erosi suatu sub DAS:

Sub DAS : 20

Laju erosi rata-rata : 36,473

Kelas erosi : II

Kedalaman Solum : 60 cm - 90 cm

Kelas Bahaya Erosi : Sedang

Untuk analisa selanjutnya SubDAS 1 sampai 26 dilampirkan pada lampiran

Tabel 4.29 Persentase Kelas Bahaya Erosi DAS Raya

Luas Lahan (ha)	Persentase (%)		
387,94	19,6		
199,21	10,07		
600,06	30,32		
252,44	12,75		
539,57	27,26		
1.979,21	100		
	(ha) 387,94 199,21 600,06 252,44 539,57		

Dari Tabel 4.29 menunjukan hasil analisa kelas bahaya erosi yang dapat disimpulkan bahwa didaerah DAS Raya lahan sebagian mengalami erosi sedang sebesar 30,32%. Akan tetapi terjdi erosi berat sebesar 27,26%.

### 4.14.2 Analisa Kekritisan Lahan

Untuk menentukan kriteria lahan tersebut termasuk dalam lahan kritis atau tidak, dapat ditentukan dari Kelas Bahaya Erosi yang terjadi. Dalam studi ini kekritisan lahan dikelompokan menjadi tiga:

- Potensial Kritis: tanah tersebut terbebas dari erosi (masih tertutup vegetasi). Atau erosi ringan, tetapi apabila kegiatan konservasi tidak dilaksanakan dan tanah dibiarkan terbuka maka erosi dapat terjadi.
- Semi kritis: tanah mengalami erosi ringan sampai sedang, antara lain erosi permukaan (*sheet erosion*) dan erosi alur (*rill erosion*), tetapi produktivitasnya rendah karena kesuburan rendah.
- Kritis: tanah mengalami erosi berat. Tingkat erosi umumnya adalah erosi parit.
   Berikut ialah table hasil analisa kekritisan lahan pada DAS Raya:

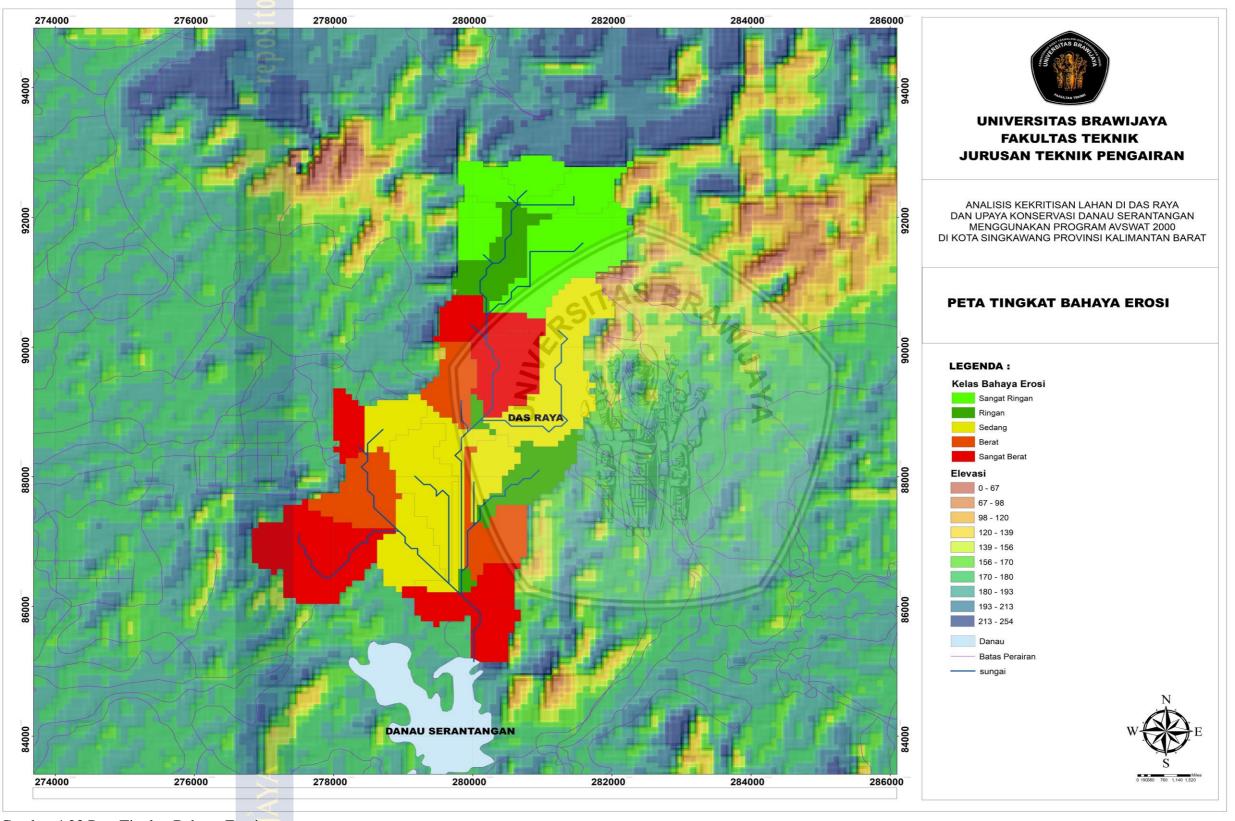
Tabel 4.30 Persentase Kekritisan Lahan DAS

Kelas Kekritisan Lahan	Luas Lahan (ha)	Persentase (%)		
Potensial Kritis	387,94	19,6		
Semi Kritis	799,27	40,38		
Kritis	792,02	40,02		
Jumlah	1.979,21	100		

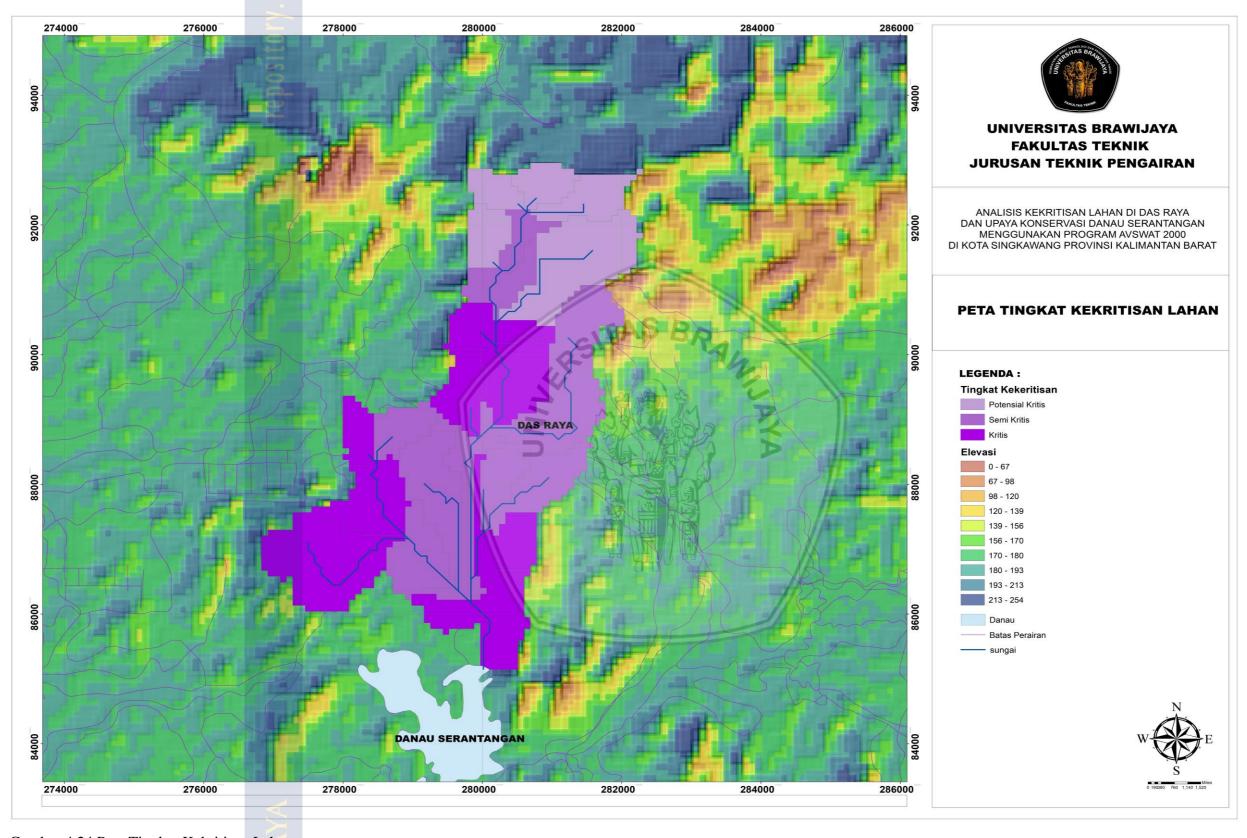
Sumber: Hasil Analisa

Dari Tabel 4.30 merupakan hasil analisa yang menunjukan bahwa kriteria lahan pada DAS Raya memiliki 19,6% berpotensial Kritis, 40,38% termasuk dalam semi kritis, dan 40,02% tergolong kritis. Untuk itu pada DAS Raya diperlukan tindakan untuk mengurangi kekritisannya.

Berikut adalah hasil pembuatan peta yang ditunjukan pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 yang berasal dari pengolahan data kelas bahaya erosi dan kekritisan lahan. Pada peta berikut ini menunjukkan daerah mana saja yang memiliki kelas bahaya erosi dan kekritisan lahan dari yang ringan hingga sangat berat dan potensial kritis hingga kritis.



Gambar 4.23 Peta Tingkat Bahaya Erosi



Gambar 4.24 Peta Tingkat Kekritisan Lahan

# BRAWIJAY

# 4.15 Sedimen Lahan

Sedimen pada DAS Raya dipengaruhi oleh erosi. Maka faktor yang mempengaruhi erosi juga berdampak pada sedimen. Untuk mengetahui nilai sedimen yang masuk ke danau, maka data yang perlu dikaji adalah data yang berasal dari subDAS 26. Hal ini dikarenakan subDAS 26 merupakan hilir dari sungai raya dan menjadi pusat berkumpulnya sedimen dari seluruh DAS Raya. Berikut ini adalah hasil dari pemodelan AVSWAT 2000.

Tabel 4.31 Sedimen yang Terjadi di SubDAS 26

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2001	377,6	753,6	111,9	8,8	310,6	127,9	156	240,9	582,8	983,4	944,6	831,7
2002	1347	496,1	1,5	11,4	0,3	6,8	5,5	431	697,2	530,2	1208	240,6
2003	913,5	617	18,3	261,3	371,7	491,9	41,5	167,7	4,9	235,3	589,7	852,1
2004	463,6	721,4	302,5	293,3	773,8	93,5	54,78	16,3	202,8	493,5	739,3	3790
2005	123,5	16,8	208	91,9	76,8	19,2	20,4	38,8	82,28	561,1	346,7	326,2
2006	16	39,2	24,5	0,9	63	1666	1,3	580,9	580,9	473,7	777,9	1509
2007	477	432,4	529,4	209,4	944,1	258,2	265,1	103,8	246,3	1488	912,9	1123
2008	1306	483,6	7,8	264,5	745,2	394,1	9,4	10	833,6	494	1034	846,5
2009	8328	1172	5	170,7	256,9	2006	517,7	0,4	6,5	21,1	444,8	1437
2010	304,3	12,5	9,4	907,9	385,3	988,9	224,4	5,5	3,6	5	1,2	0,1
Rerata	1365,7	474,5	121,8	222	392,8	605,2	129,6	159,5	324,1	528,5	699,9	1095,6

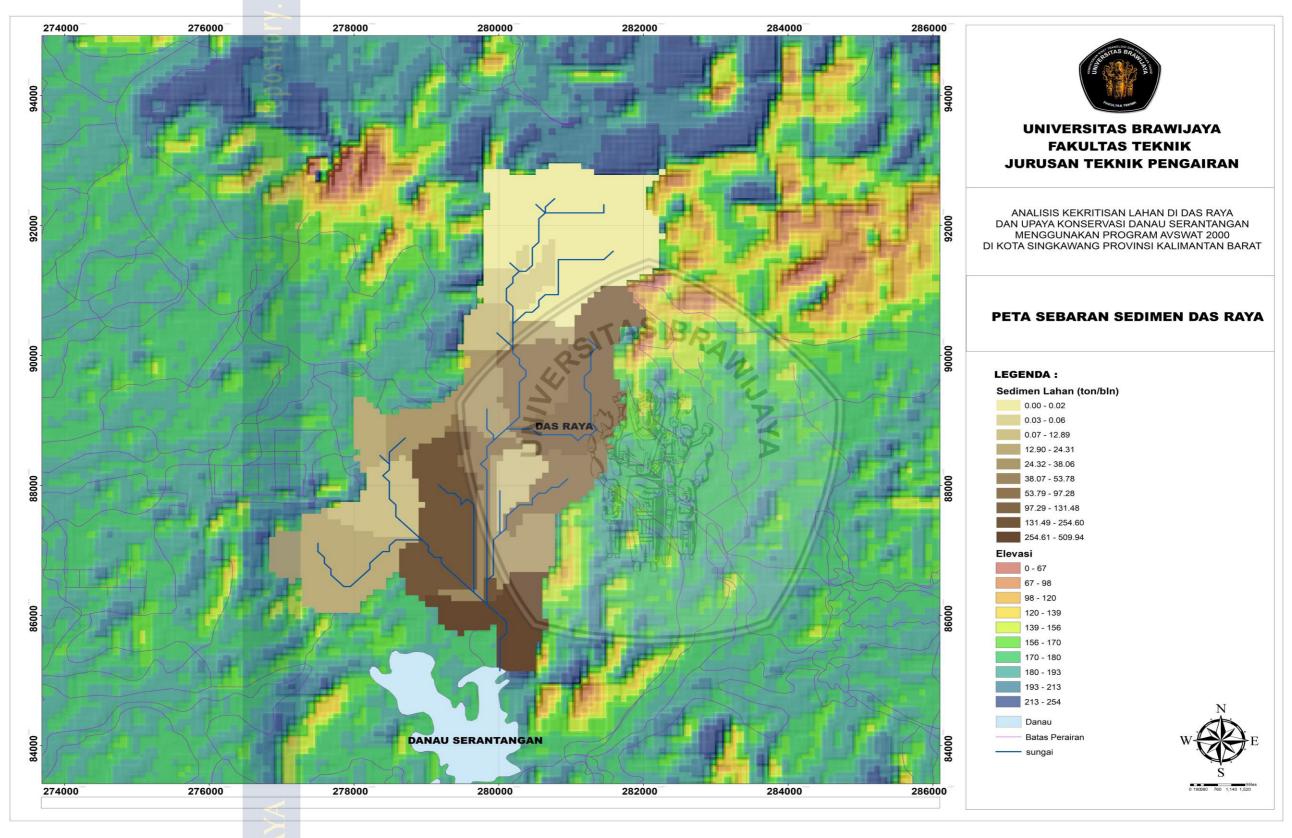
Sumber: Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Pada Tabel 4.31 menunjukan jumlah sedimen yang masuk ke subDAS 26 setiap bulan selama 10 tahun. Dari hasil pemodelan dapat diketahui sedimen terbesar yang masuk ke danau terjadi pada bulan Januari tahun 2009 sebesar 8328 ton/bln. Untuk rata-rata sedimen keseluruhan adalah 509,939 ton/bln. Karena jumlah erosi yang terjadi maupun sedimen yang masuk ke danau melalui DAS Raya tergolong besar yaitu 4079.51 m³/thn maka diperlukan perencanaan konservasi yang tepat untuk mengurangi dampak tersebut.

Untuk menunjukan sedimen yang ada pada DAS Raya dapat dilihat melalu Gambar 4.26. Peta ini dibuat berdasarkan hasil pemodelan AVSWAT 2000 yang berformat (\*.bsb). Semakin gelap warna coklat pada peta menunjukan bahwa sedimen yang ada pada lahan atau subDAS tersebut semakin banyak. Sedimen terbanyak terjadi pada subDAS 26 dan subDAS yang memiliki sedimen yang banyak pada umumnya berada di bagian hilir sungai karena sedimen dari tiap subDAS yang ada di DAS Raya akan berkumpul karena terbawa oleh air. Dari peta ini disimpulkan yang memiliki banyak sedimen adalah subDAS 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 20, 21, 22, 23 dan 26.







Gambar 4.25 Peta Sebaran Sedimen DAS Raya

### 4.16 Konservasi Tanah

## 4.16.1 Analisa Penggunaan Lahan

Mengacu pada pelestarian Danau Serantangan maka penentuan penggunaan lahan pada DAS Raya perlu dilakukan karena akan mepengaruhi kualitas dari Danau Serantangan. Untuk menentuankan penggunaan lahan dibutuhkan beberapa parameter yaitu data kemiringan lereng, jenis tanah dan intesitas hujan yang masing-masing memiliki skor tersendiri.

Contoh analisa penggunaan lahan:

Sub DAS : 8

Tata guna lahan : hutan, lahan terbuka

Kemiringan lereng : 9,12% (skor 30)

Jenis tanah : Podsolik (skor 60)

Intensitas hujan : 7,579 mm/hri (skor 10)

Total skor : 100

Arahan penggunaan lahan : kawasan budidaya tanaman

Analisa selanjutnya dilampirkan

Tabel 4.32 Persentase Arahan Penggunaan Lahan

Arahan Penggunaan Lahan	Luas Lahan (ha)	Persentase (%)
Kawasan Lindung	483,109	24,41
Kawasan Penyangga	834,754	42,18
Kawasan Budidaya Tanaman	661,351	33,41
Jumlah	1979,214	100

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.32 merupakan tabel hasil analisa penetapan lahan dari seluruh kawasan yang ada di DAS Raya. Dari hasil analisa disimpulkan kawasan lindung sebesar 24,41%, kawasan penyangga sebesar 42,18% dan kawasan bududaya tanaman sebesar 33,41%.

### 4.16.2 Rekomendasi Berdasarkan Arahan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah

Dalam upaya konservasi tanah berdasarkan ARLKT menggunakan arahan penggunaan lahan, kemiringan lereng, kedalaman solum tanah, dan tingkat bahaya erosi pada setiap penggunaan lahannya. Rekomendasi konservasi tanah yang dilakukan oleh BRLKT berupa teknik konservasi metode vegetatif dan mekanis.

Berdasarkan hasil dari pemetaan program AVSWAT 2000 dan analisa maka dapat ditentukan lahan yang perlu dilakukan konsevasi, dimana lahan tersebut memiliki bahaya erosi dan juga tergolong kritis. Lahan-lahan tersebut adalah subDAS 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 20, 21, 22, 23 dan 26.

112

Konservasi yang akan dilakukan ditentukan dengan pendekatan ARLKT. Konservasi dilaksanakan dengan metode vegetatif dan mekanis. Pada DAS Raya tiap subDAS memiliki penggunaan lahan yang beraneka. Untuk itu tidak semua bagian dari subDAS yang akan dikonservasi, melainkan beberapa seperti lahan terbuka, perkebunan, pemukiman, pertanian lahan basah dan kering. Berikut adalah tindakan konservasi yang disarankan untuk masing – masing tata guna lahan pada subDAS.

Contoh analisa rekomendasi usaha konservasi:

SubDAS : 8

Tata guna lahan : Lahan Terbuka

Kemiringan lereng : 9,12%

Kedalaman tanah : 30-60 cm

Tingkat bahaya erosi : Sangat Besar

Fungsi kawasan : Kawasan Budidaya Tanaman

Arahan penggunaan lahan : Berdasarkan rekomendasi ARLKT didapatkan usaha konservasi pada lahan terbuka dapat dilakukan secara vegetatif dengan reboisasi atau penanaman penutup tanah.

Analisa selanjutnya dilampirkan pada lampiran.

Dari analisa diketahui pada daerah subDAS tertentu memiliki tata guna lahan yang perlu dilakukan tindakan konservsi karena mengalami limpasan dan erosi yang besar. Tata guna lahan yang perlu dilakukan konservasi ditabelkan pada Tabel 4.33 yang menjelaskan tata guna lahan apa saja yang akan dikonservasi seperti berikut:

Tabel 4.33 Tindakan Konservasi yang Disarankan

Lahan	Luas (ha)	Tindakan Konservasi
Cagar Alam	62,96	-
Hutan	578,7	-
Kesehatan	0,02	-
Lahan Terbuka	49,46	Reboisasi
Perkebunan	11,57	Penataan lahan
Permukiman	10,24	Drainasi
Pertanian Lahan Basah	40,6	Pembuatan Pematang
Pertanian Lahan Kering	246,15	Pembuatan Teras
Rawa	7,9	-
Tempat Peribadatan	0,03	-

Tabel 4.34 Tindakan Konservasi Tiap Lahan

T	abel 4.34	<u> Findakan Konservasi Tia</u>	p Lahan			
	SubDAS	Tata Guna Lahan	Kelas Erosi	Bahaya Erosi	Kekritisan	Tindakan Konservasi
	8	Cagar Alam	III	SB	Kritis	-
	8	Hutan	III	SB	Kritis	-
	8	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
	9	Cagar Alam	III	SB	Kritis	-
	9	Hutan	III	SB	Kritis	-
	9	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
	10	Cagar Alam	III	SB	Kritis	-
	10	Hutan	III	SB	Kritis	-
	10	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
	10	Perkebunan	III	SB	Kritis	Penataan lahan
	10	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi
	10	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi
	10	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi
	10	Pertanian Lahan Basah	<iii s<="" td=""><td>SB</td><td>Kritis</td><td>Pembuatan Pematang</td></iii>	SB	Kritis	Pembuatan Pematang
	10	Pertanian Lahan Basah	III	SB	Kritis	Pembuatan Pematang
	11	Cagar Alam	II	R	Semi Kritis	
	11	Hutan	H	. QR	Semi Kritis	-
	11	Hutan	N II	//R	Semi Kritis	-
	11	Lahan Terbuka	II	R	Semi Kritis	Reboisasi
	11	Perkebunan	E II	R	Semi Kritis	Penataan lahan
	11	Perkebunan	I	R	Semi Kritis	Penataan lahan
	11	Permukiman	gn æ	R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Permukiman		R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Permukiman	II/#	R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Permukiman	II	R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Permukiman	II	R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Permukiman	II	R	Semi Kritis	Drainasi
	11	Pertanian Lahan Basah	II	R	Semi Kritis	Pembuatan Pematang
	11	Pertanian Lahan Basah	II	R	Semi Kritis	Pembuatan Pematang
	13	Hutan	III	В	Kritis	-
	13	Hutan	III	В	Kritis	-
	13	Permukiman	III	В	Kritis	Drainasi
	13	Permukiman	III	В	Kritis	Drainasi
	13	Pertanian Lahan Basah	III	В	Kritis	Pembuatan Pematang
	13	Pertanian Lahan Basah	III	В	Kritis	Pembuatan Pematang
	15	Perkebunan	III	SB	Kritis	Penataan lahan
	15	Pertanian Lahan Kering	III	SB	Kritis	Pembuatan Teras
C,	umbari Ha	cil Analica				

114

Tabel 4.35 Lanjutan dari tabel 4.34

Tabel 4.35 Lanjutan dari tabel 4.34									
SubDAS	Tata Guna Lahan	Kelas Erosi	Bahaya Erosi	Kekritisan	Tindakan Konservasi				
17	Hutan	II	В	Kritis	-				
17	Hutan	II	В	Kritis	-				
17	Perkebunan	II	В	Kritis	Penataan lahan				
17	Pertanian Lahan Kering	II	В	Kritis	Pembuatan Teras				
20	Hutan	III	SB	Kritis	-				
20	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi				
20	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi				
20	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi				
20	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi				
20	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi				
20	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi				
20	Permukiman	III	SB	Kritis	Drainasi				
20	Pertanian Lahan Basah	III	SB	Kritis	Pembuatan Pematang				
20	Pertanian Lahan Basah	Ш	S SB	Kritis	Pembuatan Pematang				
20	Pertanian Lahan Kering	III	SB	Kritis	Pembuatan Teras				
21	Hutan	II	В	Kritis	-				
21	Lahan Terbuka	II W	B	Kritis	Reboisasi				
21	Pertanian Lahan Kering	H	B	Kritis	Pembuatan Teras				
22	Hutan	II	S	Semi Kritis	-				
22	Lahan Terbuka	TIEST	$\mathbf{S}$	Semi Kritis	Reboisasi				
22	Pertanian Lahan Kering	II	S	Semi Kritis	Pembuatan Teras				
23	Hutan	II	S	Semi Kritis	- //				
23	Kesehatan	H	S	Semi Kritis	- //				
23	Lahan Terbuka	II	S	Semi Kritis	Reboisasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Permukiman	II	S	Semi Kritis	Drainasi				
23	Pertanian Lahan Kering	II	S	Semi Kritis	Pembuatan Teras				
23	Pertanian Lahan Kering	II	S	Semi Kritis	Pembuatan Teras				
23	Tempat Peribadatan	II	S	Semi Kritis	-				

Tabel 4.36 Lanjutan dari tabel 4.35

SubDAS	Tata Guna Lahan	Kelas Erosi	Bahaya Erosi	Kekritisan	Tindakan Konservasi
26	Hutan	III	SB	Kritis	-
26	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
26	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
26	Lahan Terbuka	III	SB	Kritis	Reboisasi
26	Rawa	III	SB	Kritis	-

Sumber: Hasil Analisa

Dari Tabel 4.34, Tabel 4.35 dan Tabel 4.36 diketahui daerah mana saja yang akan dilakukan konservasi. Untuk masing-masing subDAS yang akan dikonservasi maka selanjutnya penyusunan AVSWAT 2000 nilai CN dan P di ubah sesuai dengan tindakan yang dilakukan. Untuk itu dilakukan *running* ulang guna mengetahui seberapa besar perubahan yang terjadi setelah dilakukan dikonservasi. Berikut adalah tabel perubahan nilai erosi dan limpasan setelah dilakukan konservasi.

Tabel 4.37 Perubahan Nilai Erosi Sebelum dan Sesudah Konservasi

SubDAS		Erosi (to	on/ha/bln)	Efektifitas
	Luas (ha)	Sebelum	Sesudah	Pengurangan (%)
8	43,552	7,58	3,24	57,22
9	26,615	7,20	3,02	58,07
10	104,042	7,91	2,42	69,43
11	211,31	3,86	3,60	6,70
13	10,485	1,77	0,25	85,94
15	54,037	3,65	0,33	91,07
17	86,298	1,62	1,47	9,25
20	52,424	3,04	0,34	88,93
21	83,879	3,74	1,72	54,08
22	88,718	1,48	0,32	78,26
23	117,753	3,10	0,34	88,91
26	129,851	5,45	2,62	51,95

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil Tabel 4.37 diketahui perubahan nilai erosi yang telah dilakukan konsevasi pada lahan mengalami penurunan. Perubahan yang terbesar terjadi pada daerah subDAS 15 yang memiliki luas 54,037 ha dengan nilai efektifitas pengurangan sebesar 91.07%. Untuk perbandingan perubahan yang terjadi secara keseluruhan pada DAS Raya sebelum dan sesudah kalibrasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.38 Perubahan Limpasan dan Lajut Erosi Sebelum dan Sesudah Konservasi

		Sebelum Konservasi					Sesudah Konservasi				
Taun	Luas	Limpasan	Laju Erosi		Limpasan	Laju Erosi					
		(m <sup>3</sup> /dt)	(ton/ha/thn)	(ton/thn)	(mm/thn)	(m <sup>3</sup> /dt)	(ton/ha/thn)	(ton/thn)	(mm/thn)		
2001	1.979,21	31,03	138,81	11.835,53	9,25	34,05	152,49	13.554,39	10,17		
2002	1.979,21	25,23	42,71	3.459,73	2,85	17,24	24,44	2.165,62	1,63		
2003	1.979,21	20,21	29,33	2.363,95	1,96	18,62	16,02	1.419,12	1,07		
2004	1.979,21	28,84	37,96	3.057,75	2,53	19,47	18,64	1.659,86	1,24		
2005	1.979,21	15,65	11,01	890,76	0,73	13,86	6,14	545,39	0,41		
2006	1.979,21	12,53	16,39	1.322,72	1,09	10,92	8,42	751,77	0,56		
2007	1.979,21	29,26	30,99	2.491,16	2,07	18,00	15,08	1.345,05	1,01		
2008	1.979,21	24,80	30,25	2.436,80	2,02	11,21	14,34	1.281,45	0,96		
2009	1.979,21	15,13	23,15	1.867,47	1,54	7,28	10,90	978,19	0,73		
2010	1.979,21	5,77	7,95	640,04	0,53	2,81	4,11	375,68	0,27		
Ra	ata-rata	20,84	36,85	3.036,59	2,46	15,35	27,06	2407,65	1,80		

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil analisa yang telah ditunjukan pada Tabel 4.38 maka dapat disimpulkan bahwa DAS Raya yang memiliki luas 1.979,21 Ha yang mempunyai limpasan rata-rata sebesar 20,84 m³/dt dan laju erosi rata-rata sebesar 36,85 ton/ha/thn atau 2,457 mm/thn. Dengan menerapkan konservasi pada lahan DAS Raya didapatkan penurunan nilai limpasan menjadi 15,35 m³/dt dan laju erosi menjadi 27,06 ton/ha/thn atau 1,8 mm/thn.



# BAB V PENUTUP

# 5.1 Kesimpulan

Menurut hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1. DAS Raya yang memiliki luas 1.979,21 Ha pada tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 telah terjadi erosi sebesar 3.036,59 ton/tahun atau 2,46 mm/tahun. Setelah dibagi dengan luas DAS maka diperoleh laju erosi sebesar 36,85 ton/ha/tahun.
- 2. Dengan menerapan usaha konservasi menggunakan metode vegetatif dan mekanis pada masing-masing lahan yang kritis didapatkan perubahan nilai laju erosi sebelum dan sesudah adanya usaha konservasi. Laju erosi eksisting rerata dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 sebesar 36,85 ton/ha/thn atau sebesar 2,46 mm/thn. Setelah adanya usaha konservasi tanah nilai laju erosi turun menjadi 27,06 ton/ha/thn atau sebesar 1,8 mm/thn. Selisih dari pengurangan nilai laju erosi akibat adanya usaha konservasi tanah sebesar 9,79 ton/ha/thn atau sebesar 0,65 mm/thn.
- Limpasan standar yang terjadi pada sungai dari tahun 2001 samai dengan tahun 2010 adalah sebesar 20,84 m³/dt. Setelah diterapkan usaha konservasi menjadi 15,35 m³/dt.

### 5.2 Saran

Adapun saran-saran yang diberikan setelah adanya analisa tingkat bahaya erosi antara lain:

- 1. Studi analisis ini masih memiliki kekurangan dikarenakan data serta kelengkapan data penunjang keakuratan dengan lapangan masih terbatas. Karena studi yang dibangun secara spasial dengan SIG ini dapat memudahkan instansi untuk mengetahui daerah-daerah kritis yang perlu diwaspadai atau dilakukan rehabilitasi secara maksimal, maka disarankan agar instansi yang terkait menyempurnakan kelengkapan inventaris data seperti pemasangan alat AWLR dan pengambilan contoh sedimen dimana hal itu akan mendukung dilakukannya studi dengan hasil yang lebih mendekati kenyataan.
- 2. Perlu diterapkan usaha konservasi dan rehabilitasi terutama di daerah lahan terbuka, perkebunan, pemukiman, pertanian lahan basah, dan pertanian lahan kering, karena lokasi tersebut berpotensi besar dalam meningkatkan laju erosi. Salah satu penanganan penting adalah melakukan reboisasi pada lahan-lahan tersebut, karena

lahan terbuka tanpa vegetasi dapat mengakibatkan erosi yang tinggi. Pada daerah perkebunan dan pemukiman disarankan untuk dilakukan penataan lahan dan pengaturan drainasi yang baik. Untuk pertanian lahan basah dan kering disarankan agar membuat pematang dan teras.

3. Erosi disebabkan oleh air, angin dan tindakan campur tangan manusia. Namun penyebab terbesar terjadinya erosi di suatu lahan adalah karena ulah manusia misalnya melakukan pembukaan hutan atau penebangan hutan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu kebijakan dari pemerintah khususnya pemerintah daerah setempat dalam melibatkan masyarakat untuk turut menjaga kelestarian hutan, misalnya mengadakan suatu program pemeliharaan hutan bersama antara pemerintah dan masyarakat.



### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asdak C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah mada University Press.
- Febrianingrum ND, Masrevaniah A, Suhartanto E.2011. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Sedimen di Sungai Lesti*. Jurnal Pengairan
- Indarto. 2010. Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jember: Penerbit Bumi Aksara.
- Kartasapoetra, A.G. dan Mul MulyaniSutedjo. 1987. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Jakarta: Rineka Cipta
- Limantara LM. 2010. Hidrologi Teknik Dasar. Malang: Penerbit CV.Citra Malang
- Neitsch SL, JG Arnold, Srinivasan R, Di Luzio M. 2002. *Arcview Interface for SWAT 2000 User's Guide. E-book.* Texas Agricultural Experiment Station
- Prahasta, Eddy. 2002. Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar. Bandung: Informatika Bandung
- Rahim, Supli Effendi. 2003. Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup. Jakarta: Bumi Aksara
- Ramos H. 2000. Guideline for Design of Small Hydropower Plants. North Ireland: WREAN (Western Regional Energy Agency & Network) and DED (Department of Economic Development).



