

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air dan tanah memiliki keterkaitan yang sangat erat, pada saat air hujan sampai ke permukaan bumi, sebagian akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) untuk menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*), sedangkan air hujan yang tidak terserap tanah akan menjadi aliran permukaan (*run-off*). Tidak semua air infiltrasi (air tanah) mengalir ke sungai atau tampungan air lainnya, melainkan ada sebagian yang tetap tinggal dalam lapisan bagian atas (*top soil*) untuk kemudian di uapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*evaporation*) dan melalui permukaan tajuk vegetasi (*transpiration*) (Asdak, 2001). Dalam penelitian Rosyidah dan Wirosoedarmo (2013) mengatakan bahwa pergerakan air dalam tanah yang kondisinya jenuh akan mempengaruhi limpasan dan infiltrasi di daerah tersebut, sedangkan proses pergerakan tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik tanah dan perubahan penggunaan lahan akan mempengaruhi sifat fisik tanah sehingga berpengaruh juga dalam pergerakan air dalam tanah. Suatu studi oleh Arsyad (2000) dalam Saribun (2007), mengemukakan bahwa kemunduran sifat-sifat fisik tanah tercermin antara lain menurunnya kapasitas infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air, meningkatnya kepadatan dan ketahanan penetrasi tanah dan berkurangnya kemantapan struktur tanah sehingga dapat menyebabkan terjadinya erosi.

Erosi menimbulkan dampak terhadap lingkungan, tidak terbatas pada wilayah *on site* tetapi dapat juga meluas hingga wilayah *off site*. Seringkali erosi berdampak meluas di dalam suatu kawasan daerah aliran sungai (DAS). Dampak langsung, misalnya menurunnya tingkat kesuburan tanah, menyempitnya lahan pertanian dan kehutanan produktif serta meluasnya lahan kritis. Dampak tidak langsung dapat berupa polusi kimia dari pupuk dan pestisida, serta sedimentasi yang dapat menurunkan kualitas perairan sebagai sumber air permukaan maupun sebagai suatu ekosistem (Nugroho, 2002). Dalam konteks pengelolaan DAS, kegiatan pengelolaan yang dilakukan umumnya bertujuan mengendalikan atau

menurunkan laju sedimentasi karena kerugian yang ditimbulkan oleh adanya proses sedimentasi jauh lebih besar dari pada manfaat yang diperoleh (Asdak, 2001).

Sub DAS Keduang sendiri dipilih karena penyumbang sedimen terbesar adalah erosi dari sungai Keduang yaitu sekitar 33% dari total keseluruhan sedimentasi yang ada di Waduk Gajah Mungkur (Rahman, 2012). Penelitian oleh Ouchi (2007) dalam Maridi (2012), bahwa kondisi ekosistem daerah tangkapan air DAS Bengawan Solo terutama pada daerah hulu Sub DAS Keduang mengalami degradasi yang cukup parah. Jumlah sedimen yang berasal dari Sub DAS Keduang ialah 1.218.580 m³/tahun dari total sedimen yang masuk ke waduk Wonogiri yang berjumlah 3.178.510 m³/tahun. Sub DAS Keduang didominasi oleh kawasan perbukitan dengan kemiringan > 30% berada pada kawasan hujan tinggi, dipadu dengan jenis tanah latosol yang mudah mengalami erosi, dan buruknya kecukupan/sarana konservasi baik sipil teknis maupun vegetatif di wilayah ini. Hal ini berdampak lebih lanjut pada tingginya rata-rata kehilangan tanah yang mencapai 5.112 ton/tahun (Ouchi, 2007 dalam Maridi, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya laju erosi dan sedimentasi dengan mengkaji respon unit hidrologi yang ada Sub Das Keduang dengan menggunakan model SWAT (Soil Water Assesment Tool). SWAT merupakan model yang digunakan untuk memprediksi pengaruh penggunaan lahan terhadap aliran air, sedimen dan zat kimia lainnya yang masuk ke sungai atau badan air pada suatu DAS (Neitsch et al, 2005). Sehingga berdasarkan uraian diatas, perlunya pengkajian lebih lanjut mengenai respon unit hidrologi yang ada di Sub DAS Keduang terhadap besarnya laju erosi dan sedimentasi, dan bagaimana kemampuan model SWAT dalam melakukan prediksi laju erosi dan sedimentasi di Sub DAS Keduang.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pola spasial *hidrologic response unit* (HRU) yang ada di daerah penelitian ?
2. Bagaimana akurasi dari hasil pemodelan menggunakan model SWAT?
3. Bagaimana tingkat laju erosi dan sedimentasi yang ada di Sub DAS Keduang ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui sebaran spasial *hidrologic response unit* (HRU) yang ada di daerah penelitian.
2. Mengetahui akurasi pemodelan SWAT dalam prediksi laju erosi dan sedimentasi.
3. Menganalisis tingkat laju erosi dan sedimentasi yang ada di Sub DAS Keduang.

1.4 Kegunaan Penelitian

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam penyelesaian program sarjana (S1) di Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan masukan dalam rencana pengelolaan dan konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Solo Hulu.

1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.1.1 Telaah Pustaka

a. Tanah

Tanah adalah suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair, dan gas, dan mempunyai sifat serta perilaku yang dinamik. Benda alami ini terbentuk oleh hasil kerja interaksi antara iklim (i) dan jasad hidup (o) terhadap suatu bahan induk (b) yang dipengaruhi oleh relief tempatnya terbentuk (r) dan waktu (w), yang dapat digambarkan dalam hubungan fungsi sebagai berikut :

$$T = f(i, o, b, r, w)$$

Dimana T adalah tanah dan masing-masing peubah adalah faktor-faktor pembentuk tanah. Sebagai produk alami yang heterogen dan dinamik, maka ciri dan perilaku tanah berbeda dari suatu tempat ke tempat lain, dan berubah dari waktu ke waktu.

Ilmu tanah memandang tanah dari dua konsep utama, yaitu : (1) sebagai hasil hancuran bio-fisiko-kimia, dan (2) sebagai habitat tumbuh-tumbuhan. Konsep pandangan tersebut memberikan dua jalur pendekatan dalam pengkajian tanah, yaitu pendekatan *pedologi* di satu jalur dan pendekatan *edafologi* di jalur lain. *Pedologi* mengelaah tanah semata-mata sebagai suatu benda alami dan yang mempelajari proses-proses dan reaksi-reaksi bio-fisiko-kimia yang berperan, kandungan dan jenis serta penyebarannya. *Edafologi* mempelajari tanah sebagai tempat tumbuh tumbuhan dan penyedia unsur hara (Arsyad, 1989).

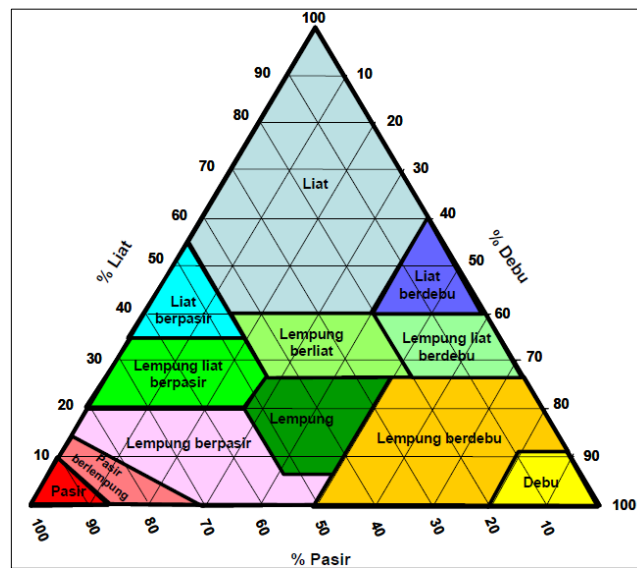
Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Bagian tanah yang berukuran lebih dari 2 mm disebut bahan kasar (kerikil sampai batu). Bahan-bahan tanah yang lebih halus dapat dibedakan menjadi :

Pasir : 2 mm – 50 u

Debu : 50 u – 2 u

Liat : < 2 u

Tanah-tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tanah-tanah yang bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi. Tanah bertekstur halus lebih aktif dalam reaksi kimia dari pada tanah bertekstur kasar (Hardjowigeno, 1987).



Gambar 1.1 Diagram Segitiga Tekstur Tanah (BSSDLP,2006)

b. Air Larian & Debit Aliran

Air larian (*surface run-off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir diatas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran air permukaan yang disebut terakhir disebut air larian. Bagian penting dari dari air larian yang perlu diketahui dalam kaitannya dengan rancang bangun pengendali air larian adalah besarnya debit puncak (*peak flow*) dan waktu tercapainya debit puncak, volume dan penyebaran air larian. Sebelum air dapat mengalir di atas permukaan tanah, curah hujan terlebih dahulu harus memenuhi keperluan air untuk evaporasi, intersepsi, infiltrasi, dan berbagai bentuk cekungan tanah (*surface detentions*) dan bentuk penampung air lainnya.

Air larian berlangsung ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai

mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Ada bagian air larian yang berlangsung agak cepat untuk selanjutnya membentuk aliran debit. Bagian air larian lain, karena melewati cekungan-cekungan permukaan tanah sehingga memerlukan waktu beberapa hari atau bahkan beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi aliran debit (Asdak, 2001).

Kecepatan dan laju aliran permukaan dipengaruhi oleh berbagai faktor dan komponen siklus air. Adapun faktor-faktor tersebut adalah :

- a. Curah hujan : jumlah, intensitas, dan distribusi
- b. Temperatur
- c. Tanah : tipe, jenis substratum, dan topografi
- d. Luas daerah aliran
- e. Tanaman/tumbuhan penutup tanah
- f. Sistem pengelolaan tanah

Pengaruh faktor-faktor tersebut demikian kompleksnya. Meskipun semuanya dapat diketahui, keadaan aliran permukaan yang terjadi hanya mungkin dapat dihitung sampai mendekati keadaan sebenarnya. Jika keadaan setempat telah diteliti untuk beberapa waktu, prediksi yang lebih tepat tentang keadaan aliran permukaan dapat dilakukan (Arsyad, 2010).

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dtk). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respons adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS) dan/atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim lokal (Asdak, 2001).

c. Erosi

Erosi adalah suatu proses dimana tanah dihancurkan (*detached*) dan kemudian dipindahkan ke tempat lain oleh kekuatan air, angin dan gravitasi (Hardjowigeno, 1987). Dua penyebab utama terjadinya erosi adalah erosi karena sebab alamiah dan erosi karena aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses erosi yang terjadi untuk mempertahankan keseimbangan tanah secara alami. Erosi karena faktor alamiah umumnya masih memberikan media yang memadai untuk berlangsungnya pertumbuhan kebanyakan tanaman. Sedangkan erosi karena kegiatan manusia kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah atau kegiatan pembangunan yang bersifat merusak keadaan fisik tanah, antara lain, pembuatan jalan didaerah dengan kemiringan lereng besar (Asdak, 2001). Proses erosi terdiri dari tiga bagian yang berurutan yaitu pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Beberapa tipe erosi permukaan yang umum dijumpai di daerah tropis adalah :

Erosi percikan (*splash erosion*) adalah proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos. Tenaga kinetik tersebut ditentukan oleh dua hal, massa dan kecepatan jatuh air. Tenaga kinetik bertambah besar dengan bertambahnya besarnya diameter air hujan dan jarak antara ujung daun penetes (*driptips*) dan permukaan tanah (pada proses erosi di bawah tegakan vegetasi).

Erosi kulit (*sheet erosion*) adalah erosi yang terjadi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air larian (*runoff*). Tipe erosi ini disebabkan oleh kombinasi air hujan dan air larian yang mengalir ke tempat yang lebih rendah.

Erosi alur (*rill erosion*) adalah pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran air larian yang

terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air. Hal ini terjadi ketika air larian masuk ke dalam cekungan permukaan tanah, kecepatan air larian meningkat, dan akhirnya terjadilah transpor sedimen. Tipe erosi alur umumnya dijumpai pada lahan-lahan garapan dan dibedakan dari erosi parit (*gully erosion*) dalam hal erosi alur dapat diatasi dengan cara pengerjaan/pencangkulan tanah. Hal ini tidak dapat dilakukan terhadap erosi parit.

Erosi parit (*gully erosion*) membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar dan merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur. Erosi parit dapat diklasifikasikan sebagai parit bersambungan dan parit terputus-putus. Erosi parit terputus dapat dijumpai di daerah bergunung. Erosi parit bersambungan berawal dari terbentuknya gerusan-gerusan permukaan tanah oleh air larian ke arah tempat yang lebih tinggi dan cenderung berbentuk jari-jari tangan.

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

d. Sedimentasi

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi lainnya. Sedimen umumnya mengendap dibagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung didalam waduk.

Sedimen yang sering dijumpai didalam sungai, baik terlarut dan tidak terlarut, adalah merupakan produk dari pelapukan batuan induk

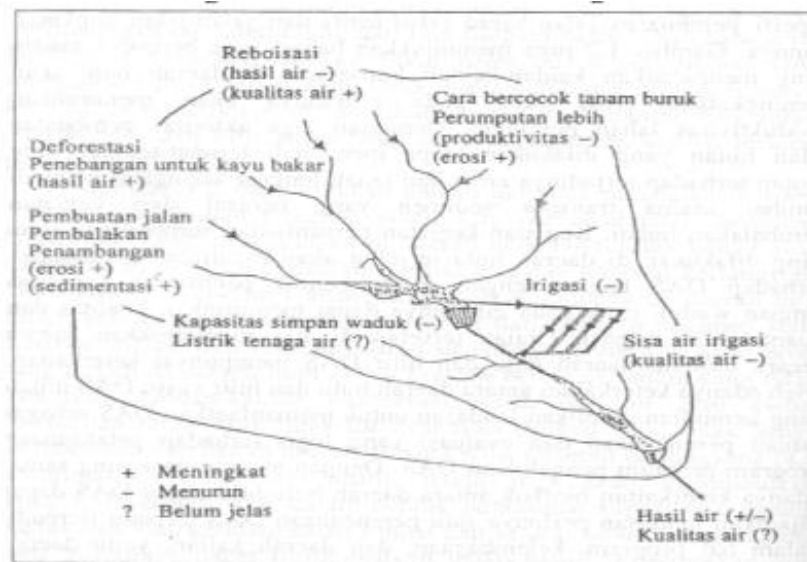
yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan induk tersebut dikenal sebagai partikel-partikel tanah. Oleh karena pengaruh tenaga kinetis air hujan dan aliran air permukaan (untuk kasus di daerah tropis), partikel-partikel tanah tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen. Oleh adanya transpor sedimen dari tempat yang lebih tinggi ke daerah hilir dapat menyebabkan pendangkalan waduk, sungai, saluran irigasi dan terbentuknya tanah-tanah baru di pinggir-pinggir dan di delta-delta sungai. Dengan demikian proses sedimentasi dapat memberikan dampak yang menguntungkan dan merugikan. Dikatakan menguntungkan karena pada tingkat tertentu adanya aliran sedimen ke daerah hilir dapat menambah kesuburan tanah serta terbentuknya tanah garapan baru di daerah hilir. Tetapi, pada saat bersamaan aliran sedimen juga dapat menurunkan kualitas perairan dan pendangkalan badan perairan. Dalam konteks pengelolaan DAS, kegiatan pengelolaan dilakukan umumnya bertujuan mengendalikan atau menurunkan laju sedimentasi karena kerugian yang ditimbulkan oleh adanya proses sedimentasi jauh lebih besar dari pada manfaat yang diperoleh (Asdak, 2001).

e. Ekosistem Daerah Aliran Sungai

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Sistem tersebut mempunyai sifat tertentu, tergantung pada jumlah dan jenis komponen penyusunnya. Besar-kecilnya ukuran ekosistem tergantung pada pandangan dan batas yang diberikan pada ekosistem tersebut. Daerah Aliran Sungai dapat dianggap sebagai suatu ekosistem.

Ekosistem terdiri atas komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan yang teratur. Dengan demikian, dalam suatu ekosistem tidak ada satu komponenpun yang berdiri sendiri, melainkan mempunyai keterkaitan dengan komponen lain, langsung atau

tidak langsung, besar atau kecil. Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah satu komponen yang penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan, dan dengan demikian mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Selama hubungan timbal-balik antar komponen ekosistem dalam keadaan seimbang, selama itu pula ekosistem berada dalam kondisi stabil. Sebaliknya, bila hubungan timbal-balik antar komponen-komponen lingkungan mengalami gangguan, maka terjadilah gangguan ekologis.

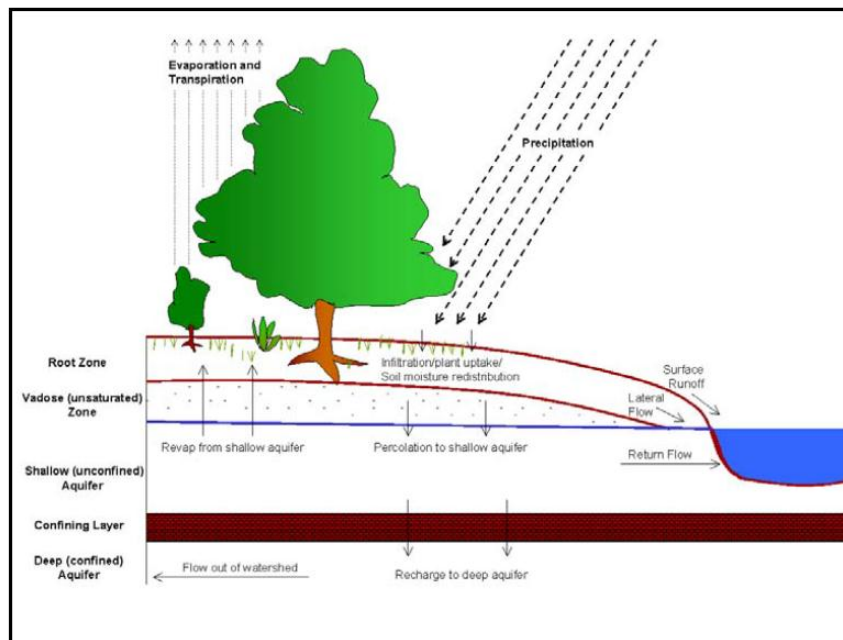


Gambar 1.2 Hubungan Biofisik Daerah Hulu & Hilir DAS (Asdak, 2001)

Dalam mempelajari ekosistem DAS, daerah aliran sungai biasanya dibagi menjadi daerah **hulu**, **tengah** dan **hilir**. Ekosistem hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini, antara lain, dari segi fungsi tata air. Oleh karena itu, DAS hulu seringkali menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik antara daerah hulu dan hilir suatu DAS (Asdak, 2001).

f. SWAT (Soil Water Assessment Tool)

SWAT adalah model yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 1990-an untuk pengembangan *Agricultural Research Service* (ARS) dari USDA. Model tersebut dikembangkan untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi dan jumlah bahan kimia, pada suatu area DAS yang kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS setelah melalui periode yang lama.



Gambar 1.3 Representasi Siklus Hidrologi (Neitsch et.al.2005)

SWAT memungkinkan untuk diterapkan dalam berbagai analisis serta simulasi dalam suatu DAS. Informasi data masukan pada tiap sub das kemudian dilakukan pengelompokan atau disusun dalam kategori : iklim, unit respon hidrologi (HRU), tubuh air, air tanah, dan sungai utama sampai pada drainase pada sub das. Unit respon hidrologi pada tiap subdas terdiri dari variasi penutup lahan, tanah dan manajemen pengelolaan.

Simulasi hidrologi pada daerah aliran sungai dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Fase lahan pada daur hidrologi yang mengatur jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida pada pengisian saluran utama pada tiap sub das.
2. Fase air pada daur hidrologi yang berupa pergerakan air, sedimen dan lainnya melalui saluran sungai pada DAS menuju outlet.

1.1.2 Penelitian Sebelumnya

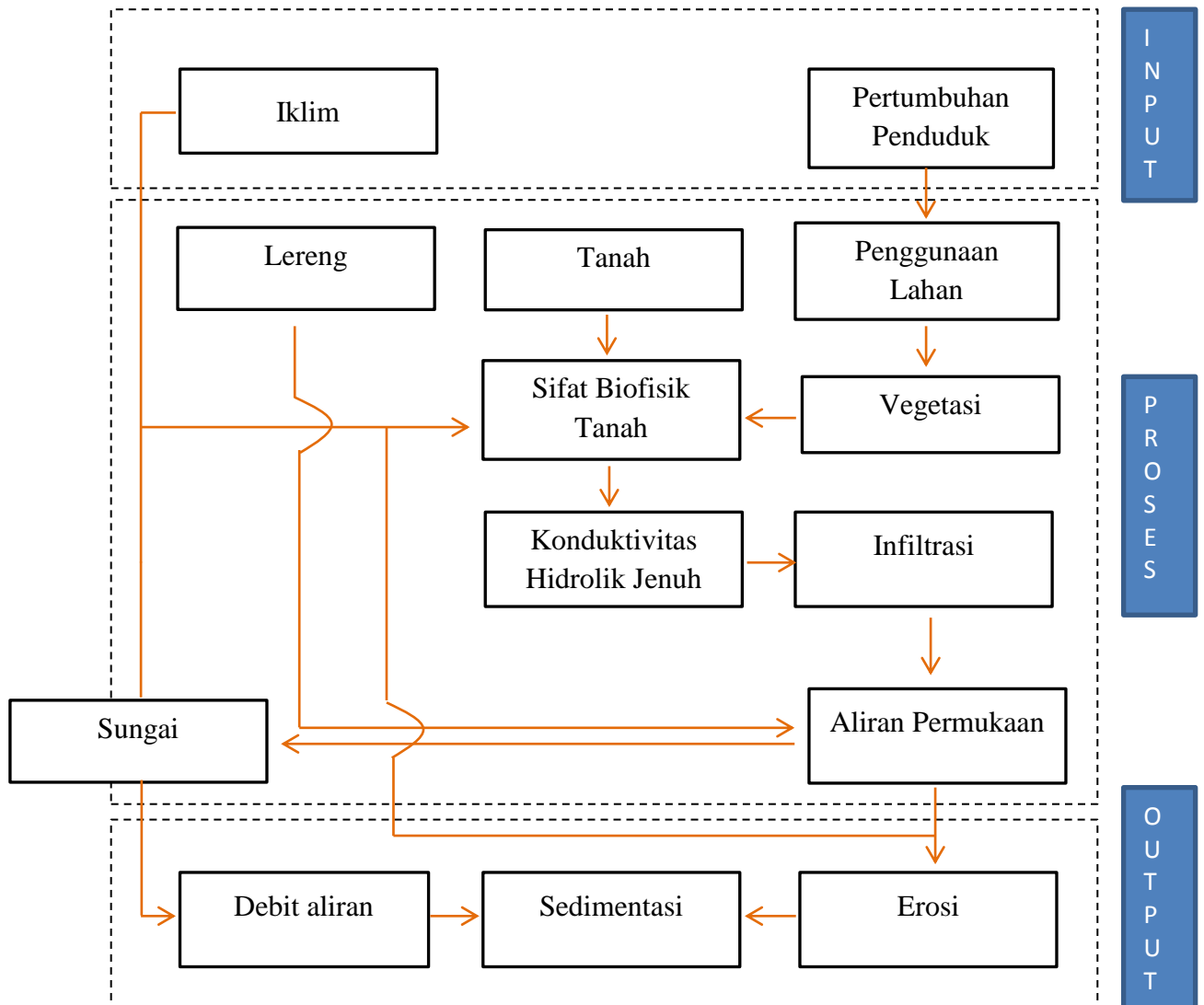
| Peneliti dan Universitas | Judul | Jenis Penelitian | Tujuan | Metode | Daerah Penelitian | Data yang diambil | Hasil |
|--|--|--|--|--------|--------------------------------|--|---|
| Edi Junaidi, dkk Institut Pertanian Bogor | Penggunaan Model Hidrologi SWAT dalam pengelolaan Das Cisadane | <i>Jurnal</i> Penelitian Hutan dan Konservasi alam (Vol.9 No.3 2012) | 1.Mengidentifikasi Sub Das dan penggunaan lahan yang menyebabkan permasalahan pada Das Cisadane. 2.Mengevaluasi implemementasi perencanaan pengelolaan Das Cisadane berdasarkan 3 instansi yang berwenang | SWAT | Das Cisadane, Prop. Jawa Barat | Pengumpulan data primer (survey) dan data sekunder | 1.Pembentukan Sub Das dan Unit Lahan (HRUs) 2.Kalibrasi model (debit simulasi dan aktual) 3.Karakteristik Hidrologi Das Cisadane 4.Identifikasi Sub Das dan HRUs yang berpotensi menyebabkan permasalahan di Das Cisadane 5.Evaluasi Perencanaan Pengelolaan Das Cisadane |
| T.Ferijal, Universitas Syiah Kuala | Prediksi hasil Limpasan Permukaan dan Laju Erosi dari Sub Das Kreung Jreu menggunakan model SWAT | <i>Jurnal</i> Agrista Vol.16 No.1 2012 | 1.Memprediksi besarnya limpasan permukaan dan sedimen yang dihasilkan oleh Sub Das Kreu Jreu, Aceh 2.Memprediksi dampak perubahan curah hujan serta tata guna lahan terhadap limpasan permukaan dan sedimen | SWAT | Sub Das Kreung Jreu, Aceh | Pengumpulan data primer (survey) dan data sekunder | 1.Analisa sensitivitas, kalibrasi dan kehandalan model 2.Dampak perubahan curah hujan dan tata guna lahan terhadap erosi 3.Skenario perubahan curah hujan 4.Skrenario perubahan tata guna lahan |

| Peneliti dan Universitas | Judul | Jenis Penelitian | Tujuan | Metode | Daerah Penelitian | Data yang diambil | Hasil |
|---|---|-----------------------|---|--------|------------------------|-------------------|--|
| Maulana Ibrahim Rau Institut Pertanian Bogor | Analisis Debit Sungai dengan menggunakan model SWAT pada Das Cipasauran, Banten | <i>Skripsi</i> , 2012 | 1.Melakukan analisis debit sungai dengan menggunakan model SWAT untuk memperkirakan ketersediaan air baku di Das Cipasauran | SWAT | Das Cipasauran, Banten | Data Sekunder | 1.Kalibrasi dan validasi antara debit simulasi dan observasi 2.Analisis Debit Sungai |
| Emiyati, Universitas Indonesia | Hydrologic Response Unit (HRU) dan Debit Aliran Daerah Aliran Ci Rasea | <i>Tesis</i> , 2012 | 1.Mendapatkan pola spasial unit respon hidrologi (HRU) di DA CI Rasea, thn 1997,2003 dan 2008 2.Mendapatkan karakteristik debit aliran yang dihasilkan dari unit respon hidrologi (HRU) di DA CI Rasea dengan menggunakan model SWAT 3.Mendapatkan hasil kalibrasi dan validasi hasil debit model SWAT dengan data lapangan | SWAT | Daerah Aliran CI Rasea | Data Sekunder | 1.Perubahan penutup lahan 2.Pola spasial unit respon hidrologi (HRU) 3.Simulasi debit aliran |

| Peneliti dan Universitas | Judul | Jenis Penelitian | Tujuan | Metode | Daerah Penelitian | Data yang diambil | Hasil |
|--|---|---|--|--------|---|-------------------|--|
| Bakhtiar,dkk Universitas Gunadarma | Pengaruh Curah Hujan Rata-rata Tahunan terhadap Indeks Erosi dan Umur Waduk pada Das Citarum Hulu | <i>Jurnal MKTS</i> , vol.19 no.1 2013 | 1.Mengetahui pengaruh curah hujan rata-rata tahunan terhadap indeks erosi dan umur waduk | SWAT | Das Citarum Hulu, Jawa Barat | 1.Data Sekunder | 1.Grafik perbandingan aliran permukaan simulasi dan observasi 2.Grafik perbandingan debit aliran simulasi dan observasi 3.Grafik perbandingan sedimen simulasi dan observasi 4.Validasi model 5.Umur efektif waduk |
| Gunadi Firdaus, Institut Pertanian Bogor | Analisis Respon Hidrologi terhadap Penerapan Teknik Konservasi Tanah di Sub Das Lengkong menggunakan model SWAT | <i>Tesis</i> ,2014 | 1.Menganalisis respon hidrologi berdasarkan kondisi biofisik Das terutama kondisi tutupan lahan sebelum dilakukan penerapan kegiatan teknik konservasi tanah 2.Menganalisis respon hidrologi berdasarkan penerapan skenario teknik konservasi tanah | SWAT | Sub Das Lengkong, Desa Pasirbuncir, Kec.Caringin, Kab.Bogor | 1. Data Sekunder | 1.Kondisi Biofisik 2.Kalibrasi dan validasi model 3.Analisis respon hidrologi terhadap kondisi biofisik 4.Analisis respon hidrologi terhadap skenario teknik konservasi tanah |

| Peneliti dan Universitas | Judul | Jenis Penelitian | Tujuan | Metode | Daerah Penelitian | Data yang diambil | Hasil |
|--|---|---|---|--------|-------------------|--------------------------|---|
| Nugroho Christanto, dkk Universitas Gadjah Mada | Perencanaan Konservasi dan Monitoring Respon Das Serang dengan Model SWAT | <i>Makalah</i> , Seminar Nasional Geografi UMS 2015 | 1.Membuat perencanaan konservasi Das Serang 2.Monitoring respon Das Serang | SWAT | Das Serang | Data Primer dan Sekunder | 1.Peta sebaran Hydrologic Response Unit (HRU) 2.Grafik rata-rata debit harian simulasi dan observasi dan sedimen total 3.Penerapan teknik konservasi dan penggunaan lahan |

1.6 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.4 Kerangka Pemikiran Peneliti (2015)

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dan teknologi yang semakin modern, mengakibatkan kebutuhan akan penggunaan tanah untuk tempat tinggal dan pangan pada kawasan budidaya akan semakin meningkat. Perubahan tata guna lahan yang dalam penerapannya tidak memperhatikan aspek lingkungan akan menyebabkan menurunnya kualitas lahan. Hal ini adalah satu akibat adanya degradasi lahan. Alih fungsi lahan yang tidak terkendali menyebabkan berkurangnya ataupun hilangnya vegetasi yang ada. Hal ini akan menyebabkan proses infiltrasi oleh tanah semakin besar dan berkurangnya daerah resapan air.

Perubahan tata guna lahan secara tidak langsung akan menyebabkan perubahan sifat biofisik tanah. Hal ini juga akan mempengaruhi pergerakan air dalam tanah atau biasa disebut dengan konduktivitas hidrolik jenuh. Air hujan yang turun dan tidak dapat diserap lagi oleh tanah akan menyebabkan adanya aliran permukaan. Aliran permukaan yang besar dan tidak adanya vegetasi yang mengurangi laju aliran permukaan akan menyebabkan terjadinya erosi yang membawa partikel-partikel tanah yang dihancurkan oleh air hujan yang dibawa dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Debit aliran terjadi karena adanya sumbangan aliran air dari air hujan yang langsung ke sungai dan air larian permukaan akibat laju curah hujan yang lebih besar dibandingkan dengan laju infiltrasi oleh tanah.

Hasil dari erosi yang berupa partikel-partikel yang dihancurkan dan terangkut oleh aliran permukaan biasa disebut dengan sedimentasi. Sedimentasi inilah yang nantinya dibawa oleh aliran sungai ke daerah hilir. Hal inilah yang akan menyebabkan pendangkalan sungai, saluran irigasi dan waduk. Dan tentunya akan lebih banyak menimbulkan kerugian dibandingkan dengan keuntungan yang didapatkan.

1.7 Metode Penelitian

1.1.3 Alat dan Bahan

a. Alat

1. Laptop spesifikasi Intel(R) Core i5-3210M CPU @ 2.50GHz
2. Software Arcgis 10.1
3. ArcSwat
4. SwatCup
5. Microsoft Word
6. Microsoft Excel
7. Printer
8. Peralatan survey

b. Bahan

1. Peta Administrasi Kab. Wonogiri
2. Peta Penggunaan Lahan tahun 2014
3. Peta Jenis Tanah
4. Data DEM (*Digital Elevation Model*)
5. Data Cuaca dan Klimatologi tahun 2001 – 2014
 - Data curah hujan harian (mm)
 - Data temperatur maksimum dan minimum harian ($^{\circ}\text{C}$)
 - Data kelembaban udara harian (%)
 - Data radiasi matahari harian ($\text{MJ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$)
 - Data kecepatan angin harian (m s^{-1})
6. Data Debit aktual harian
7. Data Debit Suspensi

1.1.4 Tahap Penelitian

a. Tahap Persiapan

Tahap awal yang dilakukan yaitu dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, diantaranya tentang Ilmu Tanah, Hidrologi, *SWAT* dan Metode Penelitian. Literatur

tersebut dapat bersumber dari buku, jurnal penelitian, dan informasi lainnya yang bisa didapatkan dari *internet*.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode survey analitis. Dalam survei analitis, data yang digunakan benar-benar bersifat kuantitatif dan analisisnya menggunakan media statistik yang canggih dan memungkinkan peneliti mampu mengungkapkan sesuatu gejala yang berada/bersembunyi dibalik data-data tersebut berdasarkan analisis statistik (Sabari Yunus, 2010).

b. Tahap Pengumpulan data

Pada tahapan ini, yaitu mengumpulkan data sekunder yang nantinya akan digunakan untuk penelitian. Diantaranya peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, data kontur, data cuaca dan klimatologi yang didapatkan dari instansi-instansi terkait.

c. Tahap Observasi

Pada tahapan ini merupakan tahapan dimana hasil dari pembuatan HRU (Hidrologic Response Unit) dengan menggunakan program Arcswat, dilakukan survey untuk pengambilan sampel tanah untuk mengetahui karakteristik sifat tanah yang nantinya dihasilkan dari uji laboratorium diantaranya bulk density, tekstur, c-organik, kadar air, dan permeabilitas. Metode yang digunakan untuk penentuan jumlah dan lokasi sampel tanah yaitu *Purposive Sampling*. Sedangkan untuk pengambilan sampel tanah sendiri menggunakan metode sampel tanah *tak terganggu* dengan menggunakan ring sampel dan *terganggu*. Dari metode sampling ini, sampel tanah yang diambil yaitu pada tiap karakteristik HRU dominan yang ada di setiap jenis tanah.

d. Tahap Pengolahan

Untuk memprediksi erosi oleh hujan dan aliran permukaan, model SWAT menggunakan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE), yang merupakan pengembangan lebih lanjut dari *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith

(1978). Berbeda dengan USLE yang menggunakan energi kinetik hujan untuk dasar perhitungan erosi, MUSLE menggunakan faktor aliran untuk prediksi hasil sedimen, sehingga *Sediment Delevery Ratio (SDR)* tidak diperlukan lagi karena faktor aliran sudah mempresentasikan penggunaan energi untuk pemecahan dan pengangkutan sedimen (Neitsch et al,2005).

Hasil sedimen pada model SWAT dihitung menggunakan persamaan :

$$Sed = 11.8 (Q_{surf} \cdot Q_{peak} \cdot Area_{hru})^{0.56} \cdot K_{usle} \cdot C_{usle} \cdot P_{usle} \cdot L_{Susle} \cdot CFRG \dots \dots (1)$$

Dimana, *Sed* adalah hasil sedimen harian (ton), Q_{surf} adalah volume aliran permukaan (mm ha⁻¹), Q_{peak} adalah debit puncak aliran permukaan (m³ S⁻¹), $Area_{hru}$ adalah luas dari HRU (ha), K_{usle} adalah USLE faktor erodibilitas tanah, C_{usle} adalah USLE faktor tutupan lahan, P_{usle} adalah USLE faktor pengelolaan, LS_{usle} adalah USLE faktor topografi, dan CFRG adalah faktor kekasaran fragmen.

Wischmeier et al (1971) dalam Asdak (2001) mengembangkan persamaan matematis yang menghubungkan karakteristik tanah dengan tingkat erodibilitas tanah seperti berikut :

$$K_{100} = 0.00021 \cdot M^{1.14} \cdot (12-OM) + 3.25 (C_{soilstr} - 2) + 2.5 (K_s - 3) \dots (2)$$

dimana, K = erodibilitas tanah, OM = persen unsur organik, M = persentase ukuran partikel, $C_{soilstr}$ = kode klasifikasi struktur tanah, K_s = konduktivitas hidrolik jenuh.

Persentase bahan organik dihitung dengan persamaan :

$$OM = 1.72 \cdot orgc \dots \dots \dots (3)$$

dimana, *orgc* adalah presentase kandungan bahan organik (%)

Persentase ukuran partikel (M) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$M = (\% \text{ debu} + \% \text{ pasir halus}) \times (100 - \% \text{ liat}) \dots \dots \dots (4)$$

Faktor C menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi) (Asdak, 371). Selanjutnya pada SWAT memodifikasi C_{usle} dengan persamaan :

$$C_{usle} = \exp([\ln(0.8) - \ln(C_{usle_{mn}})] \cdot \exp[-0.0115 \cdot r_{sd_{surf}}] + \ln[C_{usle_{mn}}]) \dots (7)$$

dimana, $C_{usle_{mn}}$ adalah nilai C_{usle} faktor pengelolaan tanaman, $r_{sd_{surf}}$ adalah jumlah residu dipermukaan tanah ($kg\ ha^{-1}$).

Faktor Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P_{usle}) adalah nisbah antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi (Asdak, 374).

Faktor LS merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu dengan petak baku. Tanah dalam petak baku tersebut (tanah gundul, curamnya 9%, panjang 22m, tanpa usaha pencegahan erosi) mempunyai nilai $LS = 1$ (Hardjowigeno 1987, hal. 155). Nilai LS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$LS_{usle} = (L_{hill}/22.1)^m \cdot (65.41 \cdot \sin^2(\alpha_{hill}) + 4.56 \cdot \sin \alpha_{hill} + 0.065) \dots (8)$$

dimana, L_{hill} adalah panjang lereng (m), m adalah bilangan eksponensial, α_{hill} sudut kemiringan (%). Sedangkan m dapat diketahui melalui persamaan :

$$m = 0.6 \cdot (1 - \exp[-35.835 \cdot slp]) \dots (9)$$

dimana, slp adalah kemiringan dari HRU, slp dapat diketahui dengan persamaan :

$$slp = \tan \alpha_{hill} \dots (10)$$

Faktor *fragmen coarse* (CFRG)

$$CFRG = \exp(-0.053 \cdot rock) \dots (11)$$

dimana, *rock* adalah presentase jumlah batuan pada lapisan pertama (%).

Perhitungan akumulasi aliran dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode SCS Curve Number (Bilangan Kurva) sebagai berikut :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - i_a)^2}{(R_{day} - i_a + S)^2} \dots\dots\dots(12)$$

dimana, Q adalah akumulasi aliran permukaan pada hari i (mm), R_{day} adalah tinggi curah hujan pada yang sama (mm), I_a adalah kehilangan awal akibat simpanan permukaan, intersepsi dan infiltrasi (mm) dan S adalah parameter retensi (mm). Parameter retensi tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S = 2.44 \times \left(\frac{100}{CN} \right) - 10 \dots\dots\dots(13)$$

dimana, CN adalah bilangan kurva untuk berbagai kompleks penutup/penggunaan lahan. Menurut Neitsch dkk, 2005 nilai I_a adalah 0,2 S sehingga dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 maka aliran permukaan menjadi:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2 S)^2}{(R_{day} + 0.8 S)^2} \dots\dots\dots(14)$$

Tabel 1.1 Bilangan Kurva (BK) Aliran Permukaan pada Berbagai Penggunaan Lahan dan Kelompok Tanah

| Penggunaan lahan / Kode | Kondisi hidrologi | Kelompok Tanah | | | |
|-------------------------|-------------------|----------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D |
| Belukar / Frst | Buruk | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Sedang | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Baik | 30 | 48 | 65 | 73 |
| Hutan / Frse | Buruk | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | Sedang | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | Baik | 30 | 55 | 70 | 77 |
| Ladang / Agrc | Buruk | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | Baik | 67 | 78 | 85 | 89 |
| Padang Rumput / Past | Buruk | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Sedang | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Baik | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Perkebunan / Agrl | Buruk | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Sedang | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Baik | 30 | 48 | 65 | 73 |
| Permukiman / Urban | | 31 | 59 | 72 | 79 |
| Sawah / Rice | Buruk | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | Baik | 61 | 73 | 81 | 84 |
| Tanah kosong / Barr | | 77 | 86 | 91 | 94 |

Sumber : Neitsch et.al, 2005

Tabel 1.2 Kelompok Tanah Menurut NRCS

| Kelompok Tanah | Karakteristik | Laju infiltrasi (mm/jam) |
|----------------|--|--------------------------|
| A | Potensi air larian paling kecil. Laju infiltrasi tinggi (pasir, pasir berlempung, lempung berpasir). | 8 - 12 |
| B | Potensi air larian kecil. Laju infiltrasi sedang | 4 - 8 |

| | | |
|---|---|-------|
| | (lempung berdebu, lempung) | |
| C | Potensi air larian sedang. Laju infiltrasi rendah (lempung pasir berliat) | 1 - 4 |
| D | Potensi air larian tinggi. Infiltrasi paling rendah (lempung berliat, lempung berdebu). | 0 - 1 |

Sumber : Asdak, 2001

Untuk menentukan laju puncak aliran permukaan menggunakan metode SCS yang dikemukakan oleh Dinas Konservasi Tanah Amerika Serikat (US-SCS,1973) dalam Arsyad (2010) dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{peak}} = (0,0021 Q_{\text{surf}} A) / T_p \quad \dots\dots\dots(15)$$

dimana, Q_{surf} adalah volume aliran permukaan dalam m^3 , A adalah luas daerah aliran sungai dalam (ha), dan T_p adalah waktu puncak dalam jam.

Waktu untuk mencapai puncak dalam jam (T_p) dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_p = D/2 + T_L \quad \dots\dots\dots(16)$$

dimana, D adalah waktu (lamanya) hujan lebih dalam jam, T_L adalah waktu tenggang dalam jam.

Untuk menghitung waktu (lamanya) hujan lebih dalam jam (D), dapat diketahui dengan menggunakan persamaan dari (Seyhan,1990) :

$$R = 380 D^{0.5} \quad \dots\dots\dots(17)$$

dimana, R adalah curah hujan dalam (mm)

Dan untuk mengetahui waktu tenggang dalam jam (T_L), dihitung dengan menggunakan persamaan US-SCS yang disusun oleh McCuen (1978), dalam Arsyad (2010) :

$$T_L = \frac{L^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900 Y^{0.5}} \dots\dots\dots(18)$$

dimana, L adalah panjang hidrolis dalam (kaki), S adalah retensi maksimum dalam (inci) dan Y adalah kemiringan permukaan dalam (%).

e. Tahap Kalibrasi, Validasi dan Analisis

Pada tahapan ini, analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif dan kuantitatif (model statistik). Analisis deskriptif dilakukan dengan menggunakan respon unit hidrologi (HRU) sebagai unit analisis, sehingga dapat diketahui pengaruh dari respon unit hidrologi (HRU) terhadap laju erosi dan sedimentasi yang ada di Sub DAS Keduang.

Hasil dari simulasi yang dihasilkan dengan menggunakan model SWAT dilakukan analisis kuantitatif dengan membandingkan hasil simulasi model dengan data aktual. Software yang digunakan untuk analisis kalibrasi dan validasi yaitu SWATCUP.

Model statistik yang digunakan untuk menguji model yaitu dengan menggunakan persamaan efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) dan koefisien determinasi dalam (Putra, 2015) :

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{cal})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \dots\dots\dots(19)$$

dimana, Q_{obs} adalah variable data aktual, Q_{cal} adalah variable simulasi dan \bar{Q}_{obs} adalah variabel data aktual rata-rata.

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})(Q_{cal} - \bar{Q}_{cal})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{cal} - \bar{Q}_{cal})^2}} \right] \dots\dots\dots(20)$$

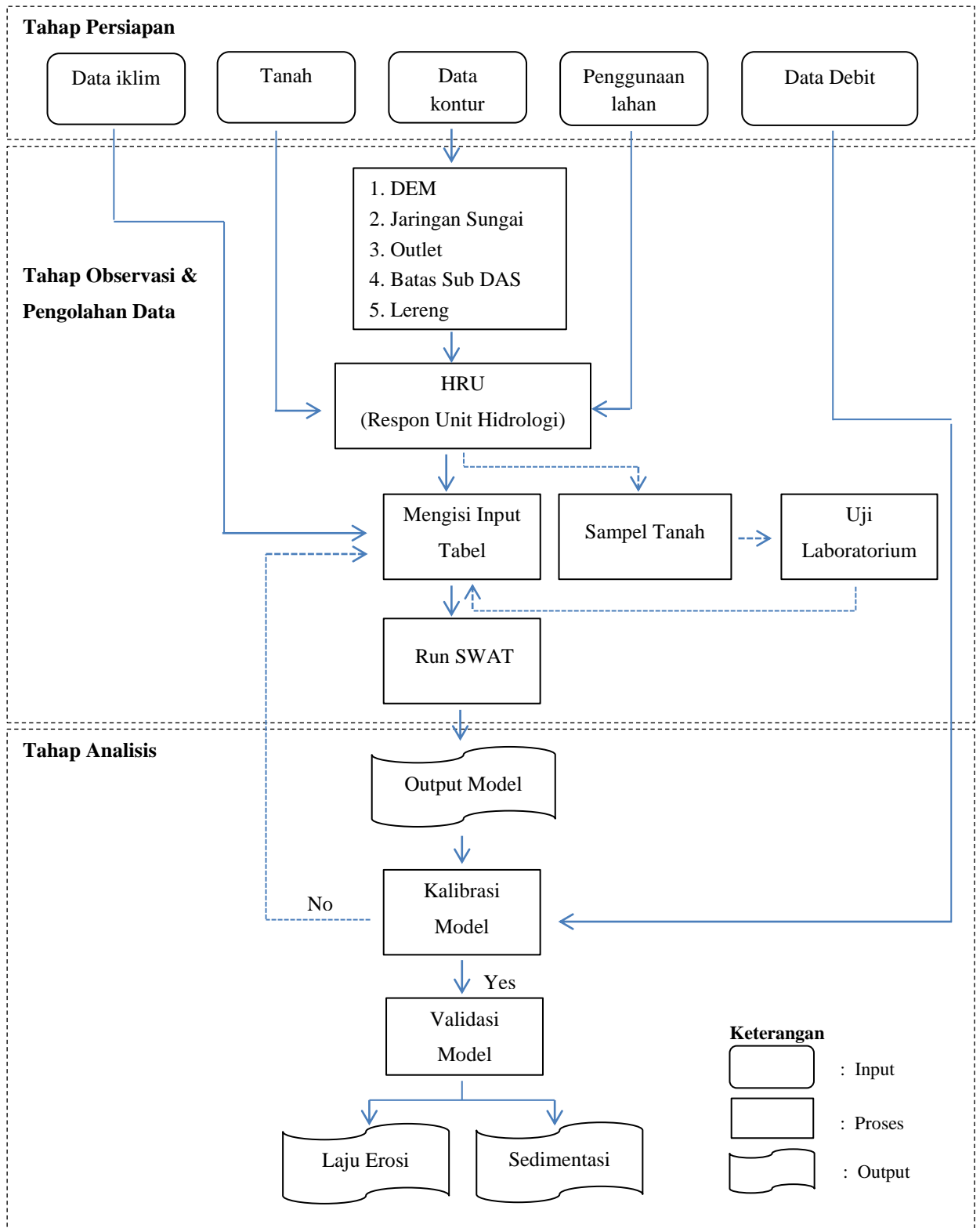
dimana, Q_{obs} adalah variabel data aktual, \bar{Q}_{obs} adalah variabel data aktual rata-rata, Q_{cal} adalah variabel hasil simulasi dan \bar{Q}_{cal} adalah variabel hasil simulasi rata-rata.

Tabel 1.3 Kriteria Nilai Statistik Nash-Sutcliffe (NS)

| Kriteria | NSE |
|------------------|----------------------------|
| Sangat baik | $0.75 < \text{NSE} < 1.00$ |
| Baik | $0.65 < \text{NSE} < 0.75$ |
| Memuaskan | $0.50 < \text{NSE} < 0.65$ |
| Kurang memuaskan | $\text{NSE} \leq 0.50$ |

Sumber : *Moriassi et al (2007)* dalam Putra (2015)

1.8 Diagram Aliran Penelitian



Gambar 1.5 Diagram Alir Penelitian