PENDUGAAN DEBIT ALIRAN SUNGAI MENGGUNAKAN MODEL WATERSHED MODELLING SYSTEM (WMS) PADA SUB-DAS KARAJAE KOTAMADYA PAREPARE

Oleh:

DEDY DAHSYAT SETIADI
G 621 06 035

Skripsi Hasil Penelitian
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Program Studi Keteknikan Pertanian
Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : **Pendugaan Debit Aliran Sungai Menggunakan Model Watershed Modelling System (WMS) pada Sub-Das Karajae Kotamadya Parepare**

Nama : Dedy Dahsyat Setiadi

Stambuk : G 621 06 035

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Makassar, Agustus 2013

Disetujui oleh
Tim Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP NIP. 19681007 199303 2 002	Dr. Suhardi, STP.,MP NIP. 19710810 200501 1 003
Ketua Jurusan Teknologi Pertanian	Ketua Panitia Ujian Sarjana
Prof. Dr. Ir. Mulyati M Tahir, M.S. NIP. 19570923 198312 2 001	Dr. Iqbal, STP, M.Si. NIP. 19781225 200212 1 001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagaimana mestinya.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, baik dalam bentuk moril, materil, maupun tenaga. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP dan Dr. Suhardi, STP., MP sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini.
2. Ayahanda Drs. Bidu dan Ibunda Hj. Jumiati yang selalu memberi dukungan dan do'a dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teman-teman keluarga besar angkatan 2006 TEKPERT yang selalu mendukung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Jika di dalam skripsi ini terdapat kesalahan dan kekeliruan, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-nya kepada kita semua.

Makassar, Agustus 2013

Penulis

Abstract

The rivers is one of the natural resources (SDA) which are vital in Indonesia, rivers not only provide natural result but also in agricultural irrigation, is used as raw materials for drinking water , power generation and many more other benefits. The potential utilization of the river at discharge, where the amount needs to be known at any time, but it is difficult to know with throw measurements. WMS is one of the model the model estimating the flow stream that was developed to simulate the condition of watersheds. This syudy aimed to estimate the water discharge at the rivers sub-basin Karajae. In this research, used a model technical methods with WMS Releases 55 (TR55) to calculate the volume of runoff, peak discharge, and hidrograf streams. A model watershed modeling system has a pretty good value validity indicated from the validity of the test results by using the coefficient of determination is 0,87. Peak discharge results application model with the method of WMS TR 55 on a Sub-Basin Karajae on various repeated period 2, 5, and 10 years were obtained respectively amounting to 56,22 m^3/sec, detdan 68,81 m^3/sec, and 78,44 m^3/sec.

ABSTRAK

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam (SDA) yang vital di Indonesia, sungai bukan hanya menyediakan hasil alam tetapi juga dimanfaatkan sebagai irigasi pertanian, bahan baku air minum, pembangkit tenaga listrik dan masih banyak lagi manfaat lainnya. Potensi pemamfaatan sungai pada debit, dimana besarannya perlu diketahui setiap saat, namun sulit diketahui dengan melalui pengukuran. Model WMS merupakan salah satu model pendugaan debit aliran sungai yang dikembangkan untuk mensimulasikan kondisi daerah aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menduga debit air sungai padaSub-Das Karajae. Pada penelitian ini, digunakan model WMS dengan metode *Technical Releases 55* (TR 55) untuk menghitung volume limpasan, debit puncak, dan hidrograf aliran. Model *Watershed Modelling System* mempunyai nilai keabsahan yang cukup baik yang ditunjukkan dari hasil uji validitas dengan menggunakan koefisien determinasi yaitu 0,87. Debit puncak hasil aplikasi model WMS dengan metode TR 55 pada Sub-DAS Karajae pada berbagai periode ulang 2, 5 dan 10 tahun diperoleh masing-masing sebesar 56,22 m^3/det, 68,81 m^3/detdan 78,44 m^3/det.

RIWAYAT HIDUP

Dedy Dahsyat Setiadi dilahirkan di Pinrang, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan pada 18 November 1988. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan orang tua Bapak Drs. Bidu dan Ibu Hj. Jumiati.

Jalur pendidikan formal yang telah ditempuh adalah sebagai berikut:

SD Negeri 85 Parepare pada tahun 1994-2000. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Parepare pada tahun 2000-2003. Setelah itu, dilanjutkan dengan pendidikan SMA pada tahun 2003-2006 di SMA Negeri 1 Maiwa. Melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) pada tahun 2006, penulis diterima sebagai salah satu mahasiswa di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan studi tingkat S1 pada tahun 2013.

DAFTAR ISI

No.	Judul	Halaman

ABSTRAK i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR LAMPIRAN vii

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan dan kegunaan 3

II. TINJAUAN PUSTAKA 4

2.1 Daerah Aliran Sungai 4

2.1.1 Fungsi Daerah Aliran Sungai 5

2.1.2 Pembagian DAS 7

2.2 Siklus Hidrologi 7

2.3 Model Hidrologi 9

2.3.1 *Watershed Modelling System* (WMS) 10

2.3.2 *Technical Releases* 55 (TR 55) 11

2.3.2.1 Curah Hujan 13

2.3.2.2 Waktu Konsentrasi 19

2.3.2.3 Penggunaan Lahan 20

2.3.2.4 Jenis Tanah 21

2.3.2.5 Bilangan Kurva 22

No.	Judul	Halaman

2.4 Hidrograf 25

III. METODOLOGI PENELITIAN 27

3.1 Waktu dan tempat 27

3.2 Alat dan bahaan 27

3.3 Prosedur 27

3.4 Analisi Data 27

3.5 Prosedur Penilitian 28

3.5.1 Pengumpulan Data 28

3.5.2 Analisis Frekuensi Hujan 28

3.5.3 *Menentukan Masukan Sub-DAS WMS metode TR 55* 28

3.5.4 Menghitung Debit Puncak 29

3.5.5 Pengujian Model 30

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 32

4.1 Keadaan Umum Lokasi 32

4.1.1 Letak dan Luas 32

4.1.2 Jenis Tanah 32

4.1.3 Penggunaan Lahan 33

4.2 Analisis Hujan 34

4.3 Pengujian Model 36

4.4 Parameter Sub-DASKarajae 38

4.5 Debit Sungai Karajae 39

No	Judul	Halaman

V. KESIMPULAN 41

5.1 Kesimpulan 41

DAFTAR PUSTASKA 42

DATAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Kelompok Hidrologi Lahan	24
2.	Jenis Tanah di Sub-DAS Karajae	33
3.	Penggunaan Lahan di Sub-DAS Karajae	33
4.	Luasan dan KT (Koefisien*Thiessen*) Stasiun Hujan di Sub-DAS Karajae	34
5.	Curah Hujan Harian Rata-rata Sub-DAS Karajae	34
6.	Hasil Uji Distribusi Curah Hujan dengan Chi-Kuadrat	35
7.	Curah Hujan Rancangan pada Beberapa Kala Ulang dengan Distribusi *Log Pearson Type* III	35
8.	Perbedaan Debit Observasidan Debit Simulasi pada Sub-DAS Karajae	38
9.	Penggunaan Lahan, Kelompok Hidrologi Lahan dan CN Sub-DAS Karajae	38
10.	Debit PuncakHasilAplikasi Model WMS Metode TR 55 di Sub-DAS Karajae	39

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Daur Hidrologi	9
2.	Bagian-bagian Komponen Hidrograf	25
3.	Uji Validasi Model	36
4.	Debit Konservasi dan Debit Simulasi Pada Sub-DAS Karajae	37
5.	Hidrograf Debit Rancangan pada Beberapa Kala Ulang Sub-DAS Karajae	40

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Diagram alir penelitian	43
2.	Bilangan kurva (CN)	44
3.	Curah hujan	45
4.	Reduced mean (Yn)	47
5.	Reduced standard deviasion (Sn)	48
6.	Distribusi log pearson type III	50
7.	Uji kesesuaian distribusi gumbel	53
8.	Uji chi kuadrat	58
9.	Hasil aplikasi model WMS metode TR 55	59

I. PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang

Indonesia merupakan Negara yang memiliki banyak sumber daya alam (SDA), baik itu laut, sungai dan darat. Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang vital di Indonesia, sungai bukan hanya menyediakan hasil alam tetapi juga sebagai sumber air yang dimanfaatkan sebagai irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, sarana transportasi, pembangkit tenaga listrik, sumber air, sarana olahraga, sarana rekreasi dan masih banyak lagi manfaat sungai lainnya. Di Indonesia saat ini terdapat 5.950 daerah aliran sungai (DAS) (Anonim,2012).

Namun masalah yang ada saat ini adalah terjadi penurunan kualitas Daerah Aliran Sungai (DAS), hal ini ditandai oleh fluktuasi debit aliran sungai yang tinggi setiap tahun serta meningkatnya laju erosi dan sedimentasi. Akibat yang ditimbulkannya adalah semakin seringnya kejadian banjir dan kekeringan, kurang efisiennya sistem irigasi karena tidak optimalnya distribusi air, penipisan lapisan olah pada lahan pertanian serta terjadinya pendangkalan waduk dan sungai akibat penimbunan bahan material. Masalah ini bukan hanya akan menimbulkan penurunan produktivitas DAS serta berdampak pada masalah pendapatan masyarakat setempat dan daerah. Sub-DAS Salo Karajae merupakan sumber air bagi masyarakat di sekitarnya untuk kegiatan irigasi. Pada musim hujan, curah hujan cukup besar sehingga menimbulkan banjir. Sementara pada

musim kemarau terjadi kekeringan sehingga menyebabkan berkurangnya produktivitas lahan. Hal ini berdampak pada sosial ekonomi masyarakat di sekitar wilayah Sub-DAS Salo Karajae.

Salah satu komponen hidrologi yang sangat penting dalam penyelesaian masalah hidrologi suatu DAS adalah debit sungai. Namun dilain pihak, pencatatan debit sungai yang teratur masih sangat kurang. Untuk mengatasi kekurangan data pengukuran ini, maka debit sungai dapat diperkirakan melalui analisis kesetimbangan air dengan menggunakan berbagai model hidrologi yang ada.

Kebutuhan suatu model pengelolaan DAS makin lama makin dirasakan. Keberhasilan pengelolaan DAS dapat diidentifikasi dari kondisi tata airnya. Oleh karena itu, simulasi dengan menggunakan data tata air suatu DAS akan memungkinkan untuk memperoleh gambaran tentang tanggap perilaku hidrologi terhadap perubahan suatu Daerah Aliran Sungai.

Salah satu model pendugaan debit aliran sungai yang dikembangkan untuk mensimulasikan kondisi DAS adalah *Watershed Modelling System* (WMS). *Watershed Modelling System* (WMS) adalah sebuah *software* permodelan grafis untuk semua fase hidrologi dan hidraulik sebuah daerah aliran sungai. WMS memiliki fasilitas untuk penggambaran DAS secara otomatis, perhitungan parameter geometri, perhitungan dengan menggunakan GIS (CN, koefisien kekasaran). Beberapa metode hidrologi pada *software* ini antara lain HEC-1, TR-20, TR-55, *Rational*, NFF, MODRAT, dan HSPF.

Pada penelitian ini, digunakan model *Watershed Modelling System* (WMS) dengan metode *Technical Releases 55* (TR 55). TR 55 menyajikan metode yang disederhanakan untuk menghitung volume limpasan badai, tingkat puncak debit, hidrograf, dan volume penyimpanan yang diperlukan untuk waduk air banjir.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menduga debit aliran sungai dengan menggunakan model *Watershed Modelling System* (WMS) dengan metode *Technical Releases 55* (TR 55) pada Sub-Das Salo Karajae.

Kegunaan penelitian ini yaitu :

a. **Bagi Balai Pengelolaan DAS**

   Sebagai bahan acuan dalam memprediksi besarnya debit aliran sungai.

b. **Bagi Akademisi**

   Mampu menambah wawasan dan menjadi referensi bagi penelitian yang terkait.

c. **Bagi Masyarakat**

   Mampu menambah wawasan dan memberikan informasi tentang DAS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu air sungai juga berasal dari lelehan es/salju.Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dan polutan (Anonim, 2012).

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau. Menurut *Dictionary of Scientific and Technical Term* (Lapedes dkk ., 1974), DAS (Watershed) diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air ke satu sungai utama. Linsley (1980) menyebut DAS sebagai "*A river of drainage basin in the entire area drained by a stream or system of connecting streams such that all stream flow originating in the area discharged through a single outlet*". Sementara itu IFPRI (2002) menyebutkan bahwa "*A watershed is a geographic area that drains to a common point, which makes it an attractive unit for technical efforts to conserve soil and maximize the utilization of surface and subsurface water for crop production, and a watershed is also an area with administrative and property regimes, and farmers whose actions may affect each other's interests*" (Hamilton, 1997).

Dari definisi di atas, dapat dikemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari material dan energi. Selain itu pengelolaan DAS dapat disebutkan merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang secara umum untuk mencapai tujuan peningkatan produksi pertanian dan kehutanan yang optimum dan berkelanjutan (lestari) dengan upaya menekan kerusakan seminimum mungkin agar distribusi aliran air sungai yang berasal dari DAS dapat merata sepanjang tahun (Hamilton, 1997).

2.1.1 Fungsi Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya ke laut atau ke danau maka fungsi hidrologisnya sangat dipengaruhi jumlah curah hujan yang diterima, geologi yang mendasari dan bentuk lahan. Fungsi hidrologis yang dimaksud termasuk kapasitas DAS untuk: (Hamilton, 1997).

1. mengalirkan air;
2. menyangga kejadian puncak hujan;
3. melepas air secara bertahap;
4. memelihara kualitas air dan
5. mengurangi pembuangan massa (seperti tanah longsor)

Memahami hubungan antara penggunaan lahan dan aliran air ke daerah hilir memiliki arti yang sangat penting karena permintaan air bagi produksi pertanian, industri dan kebutuhan domestik terus meningkat, sementara suplai tetap. Dalam banyak kasus, kekhawatiran akan dampak penggundulan hutan pada kualitas, kuantitas dan keteraturan aliran air dari hulu, merupakan dasar diterapkannya aturan penggunaan lahan. Suatu aturan penggunaan lahan seringkali mengakibatkan makin terbatasnya kesempatan masyarakat hulu untuk hidup sesuai dengan cara yang mereka inginkan atau anggap cocok.

Keprihatinan atas hilangnya hutan tropis pada hakikatnya merupakan kekhawatiran atas hilangnya 'nilai intrinsik' hutan dan fungsi jasa lingkungan.Penggunaan lahan di daerah hulu, seperti untuk kawasan hutan, pertanian, dan agroforestri, merupakan bagian penting dari fungsi jasa lingkungan. Masyarakat memperoleh pendapatan (subsisten atau manfaat langsung) dari apa yang mereka panen, tanam, dan ambil dari lanskap daerah hulu. Sayangnya, mereka tidak memperoleh hasil apapun dari usaha memelihara agar lanskap selalu dapat menghasilkan fungsi jasa lingkungan bagi para pengguna di luar kawasan dan di daerah hilir.Dengan demikian, pemeliharaan dan peningkatan fungsi jasa lingkungan masih dianggap sekedar eksternalitas dari keputusan pengelolaan lahan yang diambil (Hamilton, 1997).

2.1.2 Pembagian DAS

Pembagian Daerah Aliran Sungai berdasarkan fungsi Hulu, Tengah dan Hilir yaitu (Hamilton, 1997) :

1. ***Bagian hulu*** didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan.
2. ***Bagian tengah*** didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.
3. ***Bagian hilir*** didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah.

2.2 Siklus Hidrologi

Secara alamiah, siklus hidrologi menunjukkan gerakan air di permukaan bumi yang tidak pernah berakhir, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau atau dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk lain (Asdak, 2002).

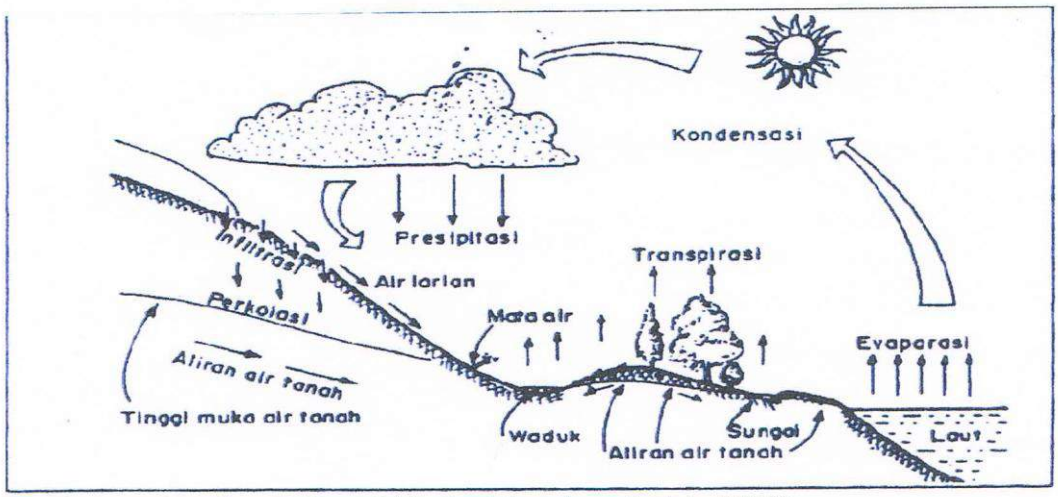
Siklus hidrologi adalah suatu pola siklus yang umum terdiri dari susunan gerakan-gerakan air yang rumit.Pada siklus yang paling disederhanakan, air mengalir dari atmosfer ke daratan, laut sampai atmosfer (Asdak, 2002).

Pengertian lain tentang siklus hidrologi dikemukakan oleh Kartasapoetra (1990) yaitu sirkulasi daripada air yang tetap dari lautan sampai ke udara dan kembali ke lautan, yang dalam siklus ini terdapat gabungan dari : evaporasi, transpirasi, presipitasi, pergerakan massa udara dan kondensasi.

Proses hidrologi dalam suatu DAS secara sederhana dapat digambarkan dengan adanya hubungan antara unsur masukan yakni hujan, proses dan keluaran yaitu berupa aliran. Adanya hujan tertentu akan menghasilkan aliran tertentu pula. Aliran iniselain dipengaruhioleh karakteristik DAS dan juga sangat tergantung pada karakteristik hujanyang jatuh. Karakteristik hujan meliputi tebal hujan, intensitas dan durasi hujan, sedang karakteristik DAS meliputi topografi, geologi, geomorfologi, tanah, penutup lahan/vegetasi, dan pengelolaan lahan serta morfometri DAS

Hujan yang jatuh tidak semuanya akan menjadi limpasan. Sebagian air hujan akan mengalami infiltrasi ke dalam tanah, sebagian terintersepsi oleh tanaman dan evapotranspirasi ke udara. Dengan demikian jelas bahwa persentase hujan yang menjadi limpasan tergantung pada berbagai faktor. Bagian air hujan yang menimpa tajuk pohon, akan membasahi daun dan mengalir ke batang pohon. Sisa air hujan yang langsung jatuh ke permukaan tanah disebut tembusan (*throughfall*), sedang bagian air yang kemudian

menetes dari dedaunan dan batang yang disebut *crowndrip*, yang mengalir lewat sepanjang batang ke permukaan tanah disebut aliran batang (*stemflow*) (Asdak, 2002).



Gambar 1. Daur hidrologi (sumber: Asdak, 2002)

2.3 Model Hidrologi

Model hidrologi merupakan gambaran sederhana dari suatu sistem hidrologi yang aktual. Model hidrologi biasanya dibuat untuk mempelajari fungsi dan respon suatu DAS dari berbagai masukan DAS. Melalui model hidrologi dapat dipelajari kejadian-kejadian hidrologi yang pada gilirannya dapat digunakan untuk memprediksi kejadian hidrologi yang akan terjadi (Anonim, 2010).

Beberapa ahli telah mengembangkan model hidrologi yang secara khusus menelaah hubungan hujan-limpasan dengan berbagai teknik untuk memprediksi besar limpasan pada suatu daerah aliran sungai. Jumlah hujan dan limpasan bulanan atau tahunan dalam bentuk volumentrik dapat

menjadi hubungan antara hujan dengan limpasan menjadi lebih mudah (Anonim, 2010).

Model simulasi hidrologi dapat diklasifikasikan berdasarkan luas kisaran karakteristiknya. Untuk analisis DAS, model hidrologi diklasifikasikan kedalam *lumped parameter versus distributed parameter, event versus continous* dan *stochastic versus deterministic* (Anonim, 2010).

Sri Harto (1993) mengemukakan bahwa tujuan penggunaan suatu model dalam hidrologi, antara lain sebagai berikut :

1. Peramalan (*forecasting*) menunjukkan besaran maupun waktu kejadian yang dianalisis berdasar cara probabilistik.
2. Perkiraan (*prediction*) yang mengandung pengertian besaran kejadian dan waktu hipotetik (*hipotetical future time*).
3. Sebagai alat deteksi dalam masalah pengendalian.
4. Sebagai alat pengenal (*identification*) dalam masalah perencanaan.
5. Ekstrapolasi data/informasi.
6. Perkiraan lingkungan akibat tingkat perilaku manusia yang berubah/meningkat.
7. Penelitian dasar dalam proses hidrologi.

2.3.1 *Watershed Modelling System* (WMS)

Watershed Modelling System (WMS) dikembangkan oleh *Engineer* Laboratorium Komputer Grafis *Brigham Young University*. WMS berbasis*Windows user Interface* yang menyediakan hubungan antara *Geographic Information System* (GIS) dan perangkat lunak standar industri yang kemudian disamakan dengan model hidrologi yang dapat dijalankan

dari model WMS. Hubungan antara data spasial dan dataran model hidrologimembawa kemampuan untuk mengembangkan hidrologi data yang biasanya dikumpulkan dengan menggunakan metode manual dalam program WMS. WMS juga menyediakan fungsi penggambaran dataran banjir (Hidayat, 2010).

WMS merupakan sebuah program pemodelan hidrologi terintegrasi yang dapat digunakan untuk membuat representasi digital DAS. WMS dapat membantu dalam mempersiapkan, mengedit dan menjalankan model hidrologi umum tertentu (Hidayat, 2010).

WMS memanfaatkan data digital untuk menggambarkan DAS dan batas-batas sub-DAS serta menghitung parameter geometrik yang digunakan dalam model hidrologi.Dalam WMS, sebuah sungai digambarkan melalui *Digital Elevetion Model* (DEM) atau *Triangulated Irreguler Network* (TIN). WMS dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai proses hidrologi sungai. WMS mendukung beberapa metode numerik untuk menghitung debit puncak, hidrograf dan kualitas air (Hidayat, 2010).

2.3.2 *Technical Releases 55* (TR 55)

Banjir tejadi jika permukaan air mulai meningkat pada suatu titik, kemudian mencapai maksimum dan berangsur-angsur menjadi rendah dan selanjutnya bergerak kehilir dimana kecepatan perpindahan yang terjadi lebih cepat daripada kecepatan aliran. Pengendalian banjir biasanya

dilakukan dengan membuat atau memanfaatkan waduk dan daerah cekungan penampungan dari permukaan bumiuntuk mengontrol debit puncak banjir (Hidayat, 2010).

Konversi lahan pedesaan ke lahan perkotaan biasanya mengakibatkan peningkatan erosi, debit dan volume limpasan di daerah aliran sungai. Untuk meringankan masalah ini, insinyur semakin harus menilai dampak kemungkinan pembangunan perkotaan, serta merancang dan mengimplementasikan langkah-langkah yang akan meminimalkan efek sampingnya. Metode TR 55 menyajikan metode yang disederhanakan untuk menghitung volume limpasan badai, tingkat puncak debit, hidrograf, dan volume penyimpanan yang diperlukan untuk waduk air banjir (Hidayat, 2010).

TR 55 merupakan program hidrograf banjir yang digunakan untuk memodelkan proses curah hujan. TR 55 telah dibuat sedemikian rupa sehingga model dapat dibangun dengan *Triangular Inrregular Network* (TIN) yang digunakan untuk menggambarkan sungai beserta batas-batasnya dan menghitung data geometrik atau secara manual membangun serangkaian *outlet* dan cekungan untuk membentuk representasi topografi dari DAS.Ketika TIN digunakan, model topografi dibangun secara otomatis. Selanjutnya setiap parameter geometris dihitung oleh WMS yang disediakan ke dalam masukkan TR 55 yang sesuai (Hidayat, 2010).

Dalam WMS dengan metode TR 55, debit puncak (q_p) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_p = q_u A_m Q F_p \quad \text{.....} \quad (1)$$

Dimana :

q_p = debit puncak (m^3/det)

qu = unit debit puncak

A_m = luas DAS (m^2)

Q = limpasan (m)

Fp = faktor penyesuaian kolam dan rawa

Masukan yang dibutuhkan dalam *Technical Releases 55* (TR 55) adalah :

2.3.2.1 Curah Hujan

Menurut Sri Harto (1993), hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi karena jumlah kedalaman hujan (*rainfall depth*) dapat di alih ragamkan menjadi aliran sungai baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*inter flow*) maupun sebagai aliran dasar.

Curah hujan adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda. Curah hujan adalah faktor utama yang mengendalikan proses daur hidrologi di suatu daerah aliran sungai. Terbentuknya ekologi, geografi dan tata guna lahan di suatu daerah sebagian besar ditentukan oleh daur hidrologi, dengan demikian curah hujan merupakan kendala sekaligus kesempatan dalam usaha pengelolaan sumber daya tanah dan air. Mempertimbangkan prakondisi untuk

berlangsungnya hujan seperti energi matahari, arah dan kecepatan angin serta suhu (Asdak, 2002).

Besarnya jumlah air yang masuk ke dalam tanah akan menurunkan jumlah air yang bermanfaat bagi manusia ataupun menentukan fluktuasi debit air sungai yang terdapat pada suatu daerah penampungan (Arsyad, 2006).

Salah satu cara penentuan curah hujan daerah adalah dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Cara ini memberikan bobot tertentu untuk stasiun hujan dengan pengertian bahwa tiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luasan tertentu dan luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi curah hujan di stasiun bersangkutan (Sri Harto, 1993).

Koefisien *Thiessen* (KT) merupakan hasil perbandingan luas pengaruh tiap-tiap stasiun penakar hujan. Dengan koefisien tersebut, KT dikalikan dengan data curah hujan yang ada. Jumlah dari hasil perkalian tersebut adalah curah hujan rata-rata daerah. Persamaan Koefisien *Thiessen* (KT) adalah sebagai berikut :

$$KT = \frac{A_i}{\sum_{n=1}^{n} A} \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana :

KT : Koefisien *Thiessen*

A_i : luas daerah yang dipengaruhi stasiun (ha)

A : luas total (ha)

Persamaan curah hujan rata-rata daerah dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = R_A.KT_A + R_B.KT_B + \cdots + R_N.KT_N \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Dimana :

R	: curah hujan rata-rata
$R_A, R_B, \ldots, R_N$	: curah hujan setiap stasiun
$KT_A, KT_B, \ldots, KT_N$	: Koefisien *Thiessen* tiap stasiun

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi yang tertentu, atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Metode analisis hujan rancangan tersebut pemilihannya sangat bergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan, atau dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis lainnya (Sri Harto, 1993).

Dalam statistik dikenal empat macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi, yaitu distribusi *Normal*, distribusi *Log-Normal*, distribusi *Gumbel* dan distribusi *Log Pearson Type III*. Masing-masing distribusi mempunyai sifat yang khas, sehingga data curah hujan harus diuji kecocokannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan jenis distribusi yang tidak benar dapat menimbulkan kesalahan perkiraan yang cukup besar, baik *over estimated* maupun *under estimated*. Yang umum digunakan dalam bidang hidrologi yaitu distribusi *Gumbel* dan distribusi *Log Person Type III* (Sri Harto, 1993).

a. Distribusi *Gumbel*

Analisis frekuensi dengan distribusi *Gumbel* adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari yang kecil hingga ke besar
2. Hitung nilai rata-rata dengan persamaan

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} Xi\right) \quad \text{.....} \quad (4)$$

3. Hitung nilai standar deviasi dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Xi - \overline{X}\right)^2}{n-1}} \quad \text{.....} \quad (5)$$

4. Hitung *reduse variant*

$$Yt = -\ln\left(\ln\left(\frac{Tr-1}{Tr}\right)\right) \quad \text{.....} \quad (6)$$

5. Hitung faktor frekuensi

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn} \quad \text{.....} \quad (7)$$

6. Hitung Xt (nilai curah hujan) dengan persamaan:

$$Xt = \overline{X} + S \,.\, K \quad \text{.....} \quad (8)$$

Dimana:

X = logaritma data curah hujan

$\overline{X}$ =logaritma rata-rata data curah hujan

S = standar deviasi

K = faktor koreksi

Yt = *reduce variet* sebagai fungsi waktu baik

Tr = waktu balik

Yn = *reduce variat* yang bergantung dari banyaknya data

Sn = *reduce* standar deviasi yang bergantung dari banyaknya data

b. Distribusi *Log Pearson Type III*

Metode ini sesuai untuk berbagai macam koefisien kemencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*). Oleh karena itu metode ini sering digunakan untuk menentukan tinggi hujan rancangan. Langkah-langkah penggunaan distribusi *Log Pearson Type III* adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data dari besar ke kecil
2. Hitung nilai rata-rata

$$\overline{Log\ X} = \frac{1}{n}(\log X_t) \quad \text{.....} \quad (9)$$

3. Hitung nilai standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{(\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad \text{.....} \quad (10)$$

4. Hitung koefisien kemencengan

$$C_s = n \sum_{i=1}^{n} \frac{(\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} \quad \text{.....} \quad (11)$$

5. Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T

$$\log X_t = \overline{\log X} + K.S \quad \text{.....} \quad (12)$$

6. Hitung anti logaritma X_t (nilai curah hujan)

$$X_t = anti\ \log X \quad \text{.....} \quad (13)$$

Dimana:

Log X = logaritma data curah hujan

$\overline{\log Xt}$ = logaritma rerata data curah hujan

Log Xi = logaritma curah hujan tahun ke-i

K = konstanta *Log Pearson Type III* berdasarkan koefisien kemencengan(Cs)

n = jumlah data

Sebelum melakukan analisi frekuensi untuk menghitung curah hujan rancangan perlu ditentukan metode distribusi yang sesuai. Untuk menetukan kesesuaian distribusi frekuensi diperlukan parameter penguji. Beberapa parameter penguji yang biasa digunakan adalah uji Chi-Kuadrat dan Schmirnov-Koilmogoro. Penelitian ini menggunakan uji Chi-Kuadrat, dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi frekuensi yang dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

$$X_n{}^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{.....} \quad (14)$$

Dimana:

X^2= parameter Chi-Kuadrat terhitung

G = jumlah sub-kelompok

Oi = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

Ei = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Interpretasi hasil Uji Chi-Kuadrat adalah

a. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi dapat diterima
b. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
c. Apabila peluang berada diantara 1%-5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak memungkinkan untuk digunakan mengambil keputusan,misalnya diperlukan penambahan data agar data ini bisa digunakan (Soewarno, 1995).

2.3.2.2 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (*outlet*) setelah tanah menjadi jenuh. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap *outlet*.

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi adalah dengan menggunaankan persamaan *Kirpich*. Persamaan *Kirpich* yang digunakan dalam WMS adalah sebagai berikut :

$$T_c = m \times 0{,}00013 \times (L^{0{,}77} \times S^{0{,}385}) \quad (15)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (jam)

m = koefisien tipe bumi (m = 1)

L = Panjang aliran (m)

S = kemiringan (m/m)

Waktu konsentrasi perlu dimasukkan dalam rangka untuk menentukan nilai intensitas yang akan digunakan dalam persamaan Metode TR-55. Nilai ini dapat dimasukkan secara manual atau dihitung dari panjang aliran, dan kemiringan. Waktu konsentrasi mempengaruhi bentuk dan puncak limpasan hidrograf. Urbanisasi biasanya menurunkan waktu konsentrasi sehingga meningkatkan debit puncak (Hidayat, 2010).

2.3.2.3 Penggunaan Lahan

Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir bila dibandingkan dengan faktor lain. Perlu pula diketahui bahwa perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan (*runoff*). Hujan yang jatuh ke tanah airnya akan menjadi aliran permukaan di atas tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya (Pairunan, 1997).

Faktor penutupan lahan vegetasi cukup signifikan dalam pengurangan atau peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hujan tersebut, faktor penutupan lahan ini memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan bisa terjadi kecepatannya mendekati nol. Ketika suatu kawasan hutan menjadi pemukiman, maka penutupan lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutupan lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya

berubah. Kuantitas totalnya berubah karena tergantung dari luasan penutup lahan (Pairunan, 1997).

Perubahan tata guna lahan pada kawasan konservasi menjadi kawasan terbangun dapat menimbulkan banjir, tanah longsor dan kekeringan. Banjir adalah aliran/genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa (Asdak,2002).

Aliran/genangan air ini dapat terjadi karena adanya luapan-luapan pada daerah di kanan atau kiri sungai akibat alur sungai tidak memiliki kapasitas yang cukup bagi debit aliran yang lewat. Hal tersebut terjadi karena pada musim penghujan air hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air (*catchments area*) tidak banyak yang dapat meresap ke dalam tanah melainkan lebih banyak melimpas sebagai debit air sungai. Jika debit sungai ini terlalu besar dan melebihi kapasitas tampung sungai, maka akan meyebabkan banjir. Peta Penggunaan Lahan berisi tentang distribusi batas-batas penggunaan lahan seperti hutan, sawah, air, kebun rawa, dan lain-lain.

2.3.2.4 Jenis Tanah

Tanah merupakan benda yang tidak homogen, sangat bervariasi baik secara fisik seperti warna, tekstur, stuktur maupun secara kimia atau kandungan mineralnya. Sehubungan dengan sifat tanah yang bervariasi, menerangkan bahwa masing-masing jenis tanah mempunyai perbedaan dalam penggunaannya (Pairunan, 1997).

Tekanan terhadap tanah menimbulkan berbagai bentuk degradasi termasuk didalamya adalah erosi, penurunan kesuburan tanah dan

kerusakan sumberdaya air. Keadaan tanah terbuka dapat terhantam oleh curah hujan sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah. Percikan air hujan merupakan media utama pelepasan partikel tunggal tanah dari massa tanah, saat butiran air hujan mengenai permukaan tanah yang gundul atau tanpa vegetasi, partikel tanah dapat langsung terlepas dan terlempar kesegala arah, untuk lahan yang berlereng akan terjadi dominasi kesatu arah yaitu kearah yang lebih landai di bawahnya, pelepasanbutir-butir tanah tentunya akan menyumbat pori-pori tanah sehingga akan menurunkan kapasitas dan laju infiltrasi. Bersamaan dengan hal tersebut dimana kondisi intensitas hujan telah melebihi laju infiltrasi tentu akan terjadi genangan air dipermukaan tanah yang kemudian menjadi *runoff,* aliran permukaan ini menyediakan energi untuk mengangkut partikel yang terlepas, saat energi dan atau *runoff* menurun maka partikel tanah akan terendapkan pada lahan tersebut jika terdapat pada daerah yang subur maka akan menurunkan kesuburan tanah dibawahnya karena tertimbun oleh endapan baru dan jika jumlah debit aliran besar tentu menjadi malapetaka berupa banjir yang dapat merusak (Pairunan, 1997).

2.3.2.5 Bilangan Kurva

Salah satu dasar dalam konsep pengembangan model hidrologi di DAS yaitu metode *runoff Curve Number (CN)* atau bilangan kurva aliran permukaan menurut metode *Soil Conservation Service* (*SCS*).

Model prediksi dengan metode SCS sifatnya sederhana, akurat dan menggunakan data hujan dan karakteristik DAS yang mudah didapat. Untuk memprediksi limpasan, metode SCS dapat di gunakan untuk DAS

kecil sampai besar, yakni luasan 25.000 ha sampai dengan 259.000 ha (Soewarno, 1995).

Volume limpasan tergantung pada curah hujan dan volume simpanan yang tersedia untuk menahan air. SCS memberikan hubungan antara curah hujan dan aliran permukaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P+I_a+S)} \quad (16)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (17)$$

$$I_a = 0{,}2S \quad (18)$$

Dimana :

Q = limpasan (m)

P = curah Hujan (mm)

S = retensi air potensial maksimum (mm)

CN = bilangan kurva

Metode bilangan kurva mempertimbangkan tiga faktor, yaitu kelompok hidrologi lahan, klasifikasi kompleks penutup lahan dan kondisi kelengasan tanah sebelumnya. Kelompok hidrologi lahan ditentukan dengan peta tanah detil, laju infiltrasi atau tekstur tanah; sedangkan kompleks tanah-penutup lahan ditentukan berdasarkan penggunaan lahan dan tindakan konservasi atau perlakuan terhadap lahan.

Kelompok hidrologi lahan terdiri atas empat kelas, yaitu kelas A, B, C dan D. Sifat-sifat tanah yang bertalian dengan keempat kelompok tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kelompok Hidrologi Lahan

Grup Tanah	**Laju Infiltrasi (mm/detik)**	**Tekstur**
A	8 – 12	Pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir
B	4 – 8	Lempung berdebu, lempung
C	1 – 4	Lempung pasir berliat
D	0 – 1	Lempung berliat, lempung debu berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat

Sumber : Asdak, 2002.

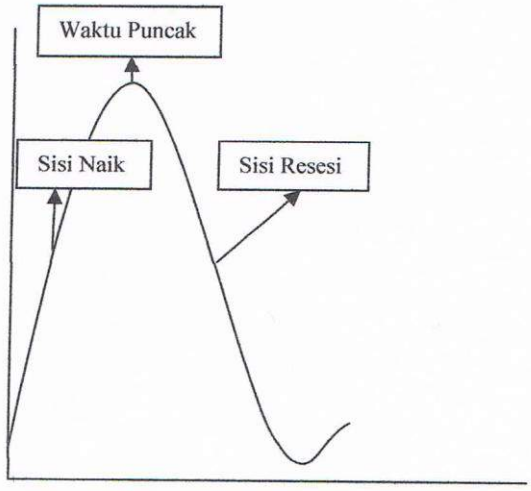
Klasifikasi kompleks penutup tanah SCS terdiri atas tiga faktor yaitu penggunaan tanah, perlakuan atau tindakan yang diberikan, dan keadaan hidrologi. Penggunaan tanah pertanian sering kali dibagi kedalam perlakuan atau tindakan yang diberikan, seperti penanaman menurut kontur atau pembuatan teras. Pembagian ini menunjukkan potensi pengaruh terhadap aliran permukaan. Kondisi hidrologi mencerminkan tingkat pengelolaan tanah yang dipergunakan yang dibedakan ke dalam buruk, sedang dan baik.Bilangan kurva (CN) untuk berbagai kompleks penutup lahan pada berbagai kondisi hidrologi lahan disajikan pada Lampiran 2 (Soewarno, 1995).

2.4 Hidrograf

Hidrograf adalah suatu diagram yang menggambarkan hubungan debit aliran sungai dari waktu ke waktu. Hidrograf ini merupakan respon menyeluruh dari suatu DAS terhadap masukan hujan (Sri Harto, 1993).

Sosrodarsono (1987) menyebutkan bahwa hidrograf memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi (karakteristik) yang ada di DAS secara bersama-sama, sehingga apabila karakteristik DAS berubah maka akan menyebabkan perubahan bentuk hidrograf.

Hidrograf terdiri dari tiga bagian yaitu sisi naik, puncak dan sisi resensi. Hidrograf ditunjukkan dengan sifat-sifat pokok yaitu waktu naik yaitu hidrograf yang diukur pada saat mulai naik sampai terjadinya debit puncak. Debit puncak adalah debit maksimum yang terjadi dalam suatu kasus tertentu dan sisi resesi adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf naik sampai waktu debit kembali pada suatu besaran yang di tetapkan.



Gambar 2. Bagian-bagian komponen Hidrograf

Besarnya frekuensi banjir (hidrograf banjir) pada suatu kawasan dikendalikan oleh faktor-faktor penyebab seperti curah hujan, lama

hujan, frekuensi terjadinya hujan angin dan luas daerah aliran sungai dan faktor lingkungan (Sri Harto, 1993).