

TUGAS AKHIR

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)DALAM PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN (KOTA GORONTALO)



OLEH

A. ZAKI INDIRHAM

D111 05 086

JERYCO M.DC

D111 05 095

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2011

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua sehingga kami dapat merampungkan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini untuk memenuhi sebagian dari persyaratan akademik menjadi Sarjana Teknik (S1) pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Adapun judul tugas akhir ini adalah :

***”APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM
PENENTUAN KOEFISIEN LIMPASAN
(KOTA GORONTALO)”***

Kami menyadari bahwa terwujudnya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu kami ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Halidin Arfan, MSc sebagai pembimbing I dan Bapak DR. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT sebagai pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan pengarahan kepada kami selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Wahyu H. Piarah, M. Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MS, M. Eng selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh Staf Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. HMS FT-UH yang senantiasa menyediakan perpustakaan 24 jam bagi anggotanya.
7. Teman-teman Civil angkatan 2005FT-UH.
8. Kanda Ruspyantoyang
telah banyak membantu selama pengerjaan tugas akhir ini.
9. Teristimewa kepada kedua orang tua kami yang tak pernah lelah memberi perhatian, pengertian dan kasih sayang serta dorongan moral dan material.

Dalam penulisan tugas akhir ini, kami sadar sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan yang kami miliki. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang sifatnya membangun sangatlah kami harapkan sebagai bahan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya kami harapkan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat. Amin.

Makassar, Oktober 2011

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Manfaat Penelitian	I-3
1.5. Batasan Masalah	I-4
1.6. Sistematika Penulisan	I-4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai	II-1
2.2. Siklus Hidrologi	II-3
2.2.1. Intensitas Curah Hujan	II-4
2.2.2. Curah Hujan	II-5

2.3.	Analisa Hidrologi	II-6
2.3.1.	Analisa Luas DAS	II-6
2.3.2.	Analisa Curah Hujan Wilayah Rata-rata	II-6
2.3.3.	Analisa Parameter Statistik	II-10
2.3.4.	Analisa Curah Hujan Rencana	II-11
2.3.5.	Uji Distribusi Frekuensi	II-15
2.3.6.	Waktu Konsentrasi	II-16
2.4.	Aliran Permukaan	II-17
2.4.1.	Koefisien Limpasan	II-18
2.4.2.	Kemiringan Lereng	II-19
2.4.3.	Jenis Tanah	II-20
2.4.4.	Penutup Lahan	II-21
2.5.	Sistem Informasi Geografis	II-24
2.5.1.	Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis	II-24
2.5.2.	Data Sistem Informasi Geografis	II-26
2.5.3.	Manipulasi dan Analisa Data	II-28
2.6.	Digital Elevation Model (DEM)	II-31

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian.....	III-1
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	III-2
	3.2.1 Bahan.....	III-2
	3.2.2 Alat.....	III-2
3.3.	Data.....	III-2
3.4	Pengolahan Data.....	III-3
	3.4.1 Pengolahan Peta Citra.....	III-3
	3.4.2 Pengolahan Data Kelerengan.....	III-4
	3.4.3 Klasifikasi Infiltrasi Tanah.....	III-5
	3.4.4 Pengolahan Penutup Lahan.....	III-6
	3.4.5 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan.....	III-6
	3.4.6 Pengolahan Intensitas Curah Hujan.....	III-7
	3.4.7 Pembagian Luas Wilayah.....	III-7
3.5	Bagan Alir Pengolahan Data.....	III-9

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Analisa Data.....	IV-1
	4.1.1. Peta Citra.....	IV-1
	4.1.2. Tutupan Lahan.....	IV-2

4.1.3. Kemiringan lereng	IV-3
4.1.4. Kemiringan Lereng Sungai	IV-3
4.1.5. Infiltrasi Tanah	IV-7
4.1.6. Tekstur Tanah.....	IV-8
4.1.7. Limpasan Sungai	IV-10
4.1.8. Pengolahan Debit	IV-12
4.1.9. Analisa Hidrologi	IV-19
4.1.9.1. Analisa Parameter Statistik	IV-19
4.1.9.2. Analisa Curah Hujan Rencana Metode Log Person III.....	IV-20
4.1.9.3. Intensitas Curah Hujan	IV-22
4.2. Pembobotan (Scoring)	IV-23
4.3. Pembahasan.....	IV-24
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Harga Koefisien Pada Masing-masing Metode.....	II-11
Tabel 2.2.	Nilai Koefisien Limpasan di Daerah Perkotaan	II-23
Tabel 3.1.	Nilai C Dari Hasil Penyeleksian Lahan.....	III-4
Tabel 4.1.	Klasifikasi Kemiringan Lereng Sungai	IV-7
Tabel 4.2.	Klasifikasi Infiltrasi Tanah.....	IV-8
Tabel 4.3.	Klasifikasi Tekstur Tanah	IV-9
Tabel 4.4.	Kesimpulan Pemilihan Jenis Distribusi.....	IV-20
Tabel 4.5.	Perhitungan Curah Hujan Metode Mononobe	IV-21
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Curah Hujan Rencana Metode Log Person III	IV-22
Tabel 4.7.	Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan	IV-23
Tabel 4.8.	Hasil Persentase Pembobotan Parameter	IV-23
Tabel 4.9.	Klasifikasi Limpasan Sungai.....	IV-25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komponen Sistem Informasi Geografis	II-24
Gambar 3.1.	Hasil Penyeleksian Lahan Berdasarkan Grid	III-3
Gambar 3.2.	Penginputan Nilai C Berdasarkan Penutup Lahan	III-4
Gambar 4.1.	Peta Citra Kota Gorontalo	IV-1
Gambar 4.2.	Pengolahan Tutupan Lahan	IV-2
Gambar 4.3.	Layer Klasifikasi Kemiringan Lereng	IV-3
Gambar 4.4.	Layer Sungai Sebelum Overlay	IV-4
Gambar 4.5.	Penginputan Parameter Kemiringan Lereng Sungai	IV-5
Gambar 4.6.	Hasil Overlay Nilai Kemiringan Lereng Sungai	IV-6
Gambar 4.7.	Klasifikasi Infiltrasi Tanah Kota Gorontalo	IV-8
Gambar 4.8.	Klasifikasi Tekstur Tanah Kota Gorontalo	IV-9
Gambar 4.9.	Penginputan Parameter Limpasan Sungai	IV-11
Gambar 4.10.	Hasil Overlay Nilai Limpasan Sungai	IV-12
Gambar 4.11.	Layer Koefisien Limpasan	IV-13
Gambar 4.12.	Analisa Intensitas Curah Hujan	IV-14
Gambar 4.13.	Penginputan Nilai Curah Hujan	IV-14
Gambar 4.14.	Nilai Field Intensitas Curah Hujan	IV-15
Gambar 4.15.	Hasil Analisa Luas Daerah, Koefisien dan Intensitas Sebelum Overlay	IV-16
Gambar 4.16.	Hasil Overlay	IV-16
Gambar 4.17.	Pembuatan Field Konstanta	IV-17
Gambar 4.18.	Pembuatan Dan Perhitungan Field Debit	IV-18
Gambar 4.19.	Hasil Overlay Nilai Debit	IV-18
Gambar 4.20.	Debit Pada Tutupan Lahan	IV-24
Gambar 4.21.	Layer Limpasan Sungai	IV-25
Gambar 4.22.	Hasil Penggabungan Layer Limpasan dan Layer Debit	IV-26

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) memerlukan berbagai informasi yang tersedia secara cepat untuk mendukung pengambilan keputusan selanjutnya,

diantaranya adalah besarnya debit

puncak. Besarnya aliran permukaan juga merupakan suatu informasi

yang sangat diperlukan dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai

(DAS). Besarnya aliran permukaan dipengaruhi oleh jenis penutupan lahan,

tanah dan kelengkapan. Perilaku banjir dapat dikenali dengan besarnya debit puncak.

Informasi besarnya debit puncak dapat digunakan untuk penanganan banjir.

Akibat hujan yang terjadi di suatu wilayah menyebabkan air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi.

Namun karena kemampuan tanah untuk menyerap air sangat terbatas, maka sebagian

air hujan akan melimpas di atas permukaan tanah.

Aliran permukaan ini kemudian akan bergerak menuju daerah yang lebih rendah,

sehingga masuk ke sungai atau

parit.

Kota Gorontalo dilihat dari kondisi topografis berada pada ketinggian 0 – 500 meter di

atas permukaan laut. Kondisi permukaan tanah umumnya relatif datar. Sumber air

sungai di Kota Gorontalo berasal dari tiga buah sungai besar yaitu Sungai Bone,

Sungai Bolang dan Sungai Tamalate yang ketiganya bermuara di Teluk Tomini.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bolangodan Daerah Aliran Sungai (DAS) Bone adalah Daerah Aliran Sungai yang ada di Propinsi Gorontalo, yang mana sungai utamanya adalah sungai Bolangodan dan sungai Bone. Kedua sungai ini memiliki daerah pengaliran yang melewati Kota Gorontalo dan bermuara di teluk Tomini. Limpasan aliran permukaan dari kedua sungai ini merupakan salah satu penyebab banjir di Kota Gorontalo. DAS Bolangodan dan DAS Bone merupakan bagian dari Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (SWP-DAS) Bone-Bolango yang luasnya 91.004 ha dan termasuk salah satu DAS Prioritas dari DAS Kritis di SWP-DAS Bone-Bolango.

Kebutuhan akan data dan informasi secara cepat untuk berbagai kepentingan seperti pembangunan dan penelitian dapat dilakukan dengan banyak cara, salah satunya dapat ditempuh dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG sebagai alat mempunyai keunggulan dalam memadukan data dan analisis data keruangan baik yang berbentuk data grafis raster, data grafis vektor maupun atribut untuk memperoleh suatu informasi baru yang berbasis geografis.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pelaksanaannya mempunyai fungsi antara lain untuk memperoleh dan pemrosesan suatu data, pengelolaan, penyimpanan serta pengambilan ulang data, manipulasi, analisis dan luaran (Cetak Peta, Data Base).

I.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas perumusan masalah yang didapat dari penelitian ini adalah bagaimana menentukan koefisien aliran permukaan di DAS Bone dan DAS Bolango dan DAS Bone dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) di wilayah Kota Gorontalo.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan daerah rawan limpas suatu Daerah Aliran Sungai dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk keperluan pengelolaan DAS Bone dan DAS Bolango (perencanaan, pelaksanaan dan monitoring evaluasi).
2. Dengan analisis spasial, yaitu dengan menumpang susunkan (overlay) beberapa layer, dapat digambarkan daerah rawan limpas sungai di Kota Gorontalo yang bisa menyebabkan banjir yang disebabkan beberapa faktor yaitu kemiringan lereng, infiltrasi dan tekstur tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penyusunan tugas akhir ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang besarnya koefisien aliran dan debit puncak di suatu wilayah, yang nantinya bisa digunakan untuk penanggulangan banjir di kota Gorontalo.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan koefisien limpasan permukaan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) dengan parameter infiltrasi tanah, tekstur tanah dan kemiringan lereng.
2. Daerah penentuan koefisien limpasan permukaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bone dan Daerah Aliran Sungai (DAS) Bolango dengan sungai-sungai utama adalah sungai Bone dan sungai Bolango yang melewati Kota Gorontalo.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembaca dalam mengetahui dan memahami tentang apa yang menjadi pokok-pokok bahasan dalam penulisan ini, maka secara garis besar berisikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Bab I Pendahuluan: Merupakan bab yang menguraikan tentang latar belakang masalah.
- 2) Bab II Tinjauan Pustaka : Merupakan bab yang menjelaskan tentang hal-hal yang perlu di tinjau dalam penentuan nilai koefisien limpasan aliran permukaan di Kota Gorontalo dan Paket Aplikasi Program ArcGIS yang digunakan dalam tugas ini.

- 3) Bab III Metodologi Penelitian : Merupakan bab yang berisi rumusan masalah yang akan dibahas berupa metode yang digunakan dalam penentuan koefisien limpasan permukaan di DAS Bolango, Kota Gorontalo dengan menggunakan aplikasi ArcGIS 9.3
- 4) Bab IV Analisa Data dan Pembahasan : Merupakan bab yang akan membahas tentang hasil perhitungan dalam penelitian ini dan hasil-hasil overlay peta koefisien limpasan aliran permukaan sungai Bolango, kota Gorontalo
- 5) Bab V Kesimpulan dan Saran : Merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian ini serta saran ke depan dalam pengembangan banjir dengan analisis koefisien limpasan aliran permukaan di DAS Boloango, kota Gorontalo

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh Garis Sempadan, dimana garis sempadan merupakan garis batas luar pengamanan sungai. Daerah pengaliran sungai merupakan suatu sistem yang mengubah curah hujan ke dalam bentuk debit air. Kelebihan curah hujan akan mengakibatkan luapan air sungai.

Berdasarkan Keppres No. 32 tahun 1990 tentang sungai (*dalam Himpunan Peraturan Lingkungan Hidup 1997–2002*), menyebutkan bahwa kawasan samping kiri dan kanan sungai merupakan lahan untuk vegetasi sebagai sempadan sungai. Kriteria untuk wilayah ini adalah berjarak sekurang-kurangnya 100 m dari kiri kanan sungai besar dan 50 meter dari kiri kanan sungai kecil. Sungai besar yaitu sungai yang mempunyai daerah pengaliran sungai seluas 500 km² atau lebih, sedangkan sungai kecil mempunyai daerah pengaliran sungai seluas kurang dari 500 km².

Kriteria sempadan sungai ini diharapkan dapat mencegah luapan yang terjadi jika air sungai melebihi daya tampung sungai akibat intensitas hujan yang tinggi. Jika lahan yang peruntukannya untuk vegetasi ini dimanfaatkan untuk hal lain, misalnya pemukiman, akan mengakibatkan wilayah tersebut menjadi daerah yang rawan terhadap banjir (*Siswoko, 2002*).

Suatu “Daerah Aliran Sungai” atau DAS adalah sebidang lahan yang menampung air hujan dan mengalirkannya menuju parit, sungai dan akhirnya bermuara ke danau atau laut. Istilah yang juga umum digunakan untuk DAS adalah Daerah Tangkapan Air (DTA) atau catchment atau watershed. DAS Mikro atau tampungan mikro (micro catchment) adalah suatu cekungan pada bentang lahan yang airnya mengalir pada suatu parit. Parit tersebut kemungkinan mempunyai aliran selama dan sesaat sesudah hujan turun (intermittent flow) atau ada pula yang aliran airnya sepanjang tahun (perennial flow). Sebidang lahan dapat dianggap sebagai DAS jika ada suatu titik penyalur aliran air keluar dari DAS tersebut. (Fahmudin Agus dan Widiyanto, 2004).

Daerah Pengaliran Sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air meresap atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan. Sering disebut dengan DAS (Daerah Aliran Sungai) atau DTA (Daerah Tangkapan Air). Menurut Sri Harto (1993), Daerah Aliran Sungai merupakan daerah yang dimana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan.

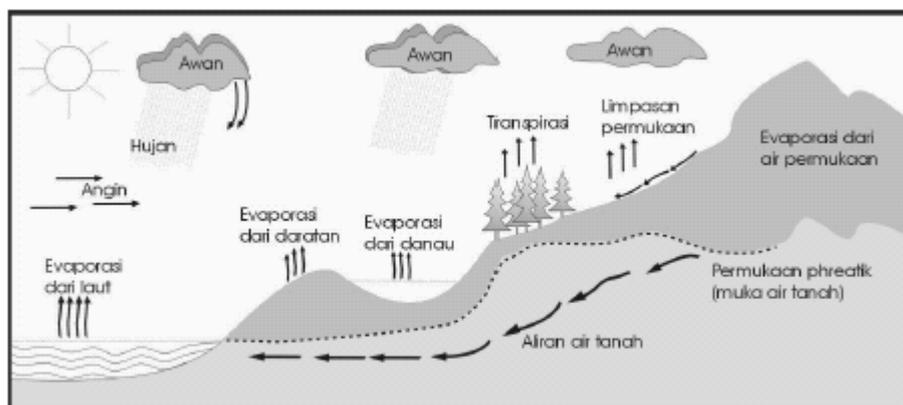
DAS disebut juga sebagai watershed atau catchment area. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan sub DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama (Asdak, 1995).

DAS merupakan ekosistem yang terdiri dari berbagai macam komponen dan terjadi keseimbangan dinamik antara komponen yang merupakan masukan (input) dan komponen yang merupakan keluaran (output), dimana keadaan atau pengaruh yang berlaku pada salah satu bagian di dalamnya akan mempengaruhi wilayah secara keseluruhan (Hartono, dkk, 2005).

DAS Bolango dan DAS Bone terletak di Propinsi Gorontalo yang merupakan bagian dari Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (SWP-DAS) Bone-Bolango. Sungai-sungai utama adalah sungai Bolango dan sungai Bone. Kedua sungai besar ini melewati kota Gorontalo saling bertemu dan bermuara di Teluk Tomini. Wilayah DAS Bolango mempunyai luas 52.806 ha. DAS Bone mempunyai luas 132.587 ha. Panjang aliran sungai Bolango adalah 181,7 km dan panjang aliran sungai Bone adalah 428,93 km.

II.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. (Bambang Triatmojo, 2010)



Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (outflow). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut. Penguapan dari daratan terdiri dari evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan proses menguapnya air dari permukaan tanah, sedangkan transpirasi adalah proses menguapnya air dari tanaman. Uap yang dihasilkan mengalami kondensasi dan dipadatkan membentuk awan-awan yang nantinya dapat kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi. Sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagian lagi mencapai permukaan tanah. presipitasi yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan sebagian akan diuapkan dan sebagian lagi mengalir melalui dahan (stem flow) atau jatuh dari daun (trough fall) dan akhirnya sampai ke permukaan tanah. (Soemarto, 1987)

II.2.1. Intensitas hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. (Suripin, 2004).

Intensitas hujan dihitung dengan rumus *Mononobe* :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots \text{II.1}$$

dimana

I : intensitas hujan (mm/jam)

t_c : lama hujan/waktu konsentrasi (jam)

R_{24} : curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Waktu konsentrasi t_c dihitung dengan metode *Kiprich* (1940) dalam Suripin (2004) :

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^3}{H} \right)^{0,385} \dots\dots\dots \text{II.2}$$

Dimana

t_c : waktu konsentrasi (jam)

L : panjang sungai utama (km)

H : Beda tinggi antara titik tertinggi dengan titik terendah pada catchment area (m).

II.2.2. Curah Hujan

Curah hujan merupakan tinggi air hujan selama periode pengukuran yang pada umumnya lebih panjang dari satuan waktu yang dipergunakan dalam mendefinisikan intensitas hujan. Hujan yang terukur selama periode pengukuran belum tentu bersifat kontinyu. Pada umumnya diberi nama sesuai lamanya waktu pengukurannya seperti curah hujan harian, curah hujan mingguan, curah hujan bulanan, curah hujan tahunan dan seterusnya.

Besaran curah hujan diperhitungkan untuk mengetahui curah hujan ekstrim yang dapat menimbulkan bencana banjir atau runtuhnya bangunan dan curah hujan andalah untuk mengetahui besarnya ketersediaan air bersih pada suatu daerah atau kawasan. (*Suripin, 2004*)

II.3. Analisa Hidrologi

II.3.1. Analisa Luas DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas Daerah Aliran Sungai. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luas DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan. (*Suripin, 2004*)

II.3.2. Analisa Curah Hujan Wilayah Rata-rata

Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS yaitu :

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
5. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahun berikutnya.

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. (*Suripin, 2004*)

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan.

1. Metode Rata-rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, dengan Luas DAS ukuran kecil ($< 500 \text{ km}^2$). Hujan kawasan diperoleh dari persamaan :

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots (2.1.)$$

dimana :

- P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n
- n = banyaknya pos penakar hujan

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain jika dipakai pada daerah datar, stasiun-stasiun penakarnya banyak dari nilai rata-ratanya.

2. Metode Poligon Thiessen

Cara ini sering dipakai karena mengimbangi tidak meratanya distribusi alat ukur dengan menyediakan suatu faktor pembobot (*weighting factor*) bagi masing-masing stasiun berdasarkan suatu wilayah pengaruh dari stasiun tersebut. Cara Poligon Thiessen dapat dipakai pada daerah dataran atau daerah pegunungan (dataran tinggi) dan stasiun pengamat hujan minimal ada tiga, sehingga dapat membentuk segitiga.

Proses dilakukan dengan mem-plot lokasi sejumlah n stasiun pada peta, kemudian hubungkan tiap titik lokasi stasiun yang berdekatan dengan sebuah garis lurus sehingga membentuk sejumlah $(n-2)$ segitiga. Buat garis-garis sumbu dari setiap garis sisi segitiga sehingga saling bertemu satusama lain membentuk poligon di sekitar posisi masing-masing stasiun. Sisi-sisi setiap poligon diasumsikan merupakan batas luas efektif yang dipengaruhi oleh hujan yang jatuh distasiun tersebut. Luas tersebut juga disebut luas pengaruh masing-masing stasiun. Besar luas pengaruh stasiun dapat ditentukan dengan bantuan planimetri atau cara standar lainnya.

Dengan demikian, menurut metode ini, hujan wilayah (rata-rata) dari suatu DAS/DTA dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\overline{R}_H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \dots\dots\dots (2.2.)$$

dimana :

H_i = hujan pada masing-masing stasiun 1, 2, ..., n

L_i = luas poligon/wilayah pengaruh pada masing-masing stasiun 1, 2, ..., n

n = jumlah stasiun yang ditinjau

R_H = rata-rata hujan.

Kendala terbesar dari metode ini adalah sifat ketidak-luwesannya, dimana suatu diagram poligon Thiessen baru, selalu diperlukan setiap kali terdapat suatu perubahan dalam jaringan alat ukurnya.

3. Metode Isohyet

Cara ini merupakan cara rasional yang terbaik dalam merata-ratakan hujan pada suatu daerah, hanya saja memerlukan banyak stasiun pengamat yang mempunyai runtut data yang memadai. Proses analisisnya sebagai berikut :

- Plot besaran hujan dari semua pengamat pada posisi masing-masing stasiun dengan menggunakan peta berskala (topografi atau geologi) untuk tiap periode pengamatan,
- Buat garis kontur hujan (yaitu garis penghubung titik-titik pada lokasi dengan curah hujan yang sama besarnya) berdasarkan besaran hujan tersebut, sehingga diperoleh peta kontur hujan (biasa disebut juga peta Isohyet) sebanyak jumlah periode pengamatan.
- Ukur luas daerah yang terletak antara 2 garis kontur pada semua peta isohyet.
- Curah hujan rata-rata dari tiap waktu pengamatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\overline{R}_H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \dots\dots\dots (2.3.)$$

dimana :

H_i = hujan pada masing-masing stasiun H_1, H_2, \dots, H_n

L_i = luas bagian-bagian antara garis-garis isohyet

n = jumlah bagian-bagian antara garis-garis isohyet

R_H = rata-rata hujan

Cara ini lebih teliti namun kurang praktis, mengingat proses penggambaran peta isohyet harus mempertimbangkan parameter lainnya seperti topografi, arah angin dan kesatuan siklus hidrologi.

Cara ini akan menjadi sulit jika titik-titik pengamatan hujan itu banyak dan variasi curah hujan yang cukup besar pada daerah tersebut. Hal ini disebabkan kemungkinan *individual error* dari si penggambar isohyet akan bertambah besar. (Suripin, 2004)

II.3.3. Analisa Parameter Statistik

Untuk menetapkan metode yang digunakan pada analisa curah hujan rencana, maka terlebih dahulu dihitung parameter statistiknya, yaitu:

- Curah hujan harian maksimum rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots (2.4.)$$

- Standar deviasi :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.5.)$$

- Koefisien rata-rata :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.6.)$$

- Koefisien Skewness :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_x^3} \sum (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (2.7.)$$

- Koefisien Kurtosis :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \sum (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (2.8.)$$

Pemilihan jenis distribusi tergantung pada kriteria yang terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Harga Koefisien Pada Masing-masing Metode

No.	Metode	CS	CK
1	Normal	0	3
2	Log Normal	CS /CV = 3	
3	Gumbel	1,14	5,4
4	Log Pearson Type III	Jika tidak ada nilai yang sesuai	

Sumber : Sri Harto, 1993

II.3.4. Analisa Curah Hujan Rencana

Analisa curah hujan merupakan suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi suatu kejadian hujan pada masa lalu dan masa mendatang. Dengan analisa curah hujan, dapat diketahui jenis distribusi hujan yang dapat mewakili persebaran dari data hujan harian, sehingga dapat ditetapkan Hujan Rancangan dengan berbagai periode ulang. Ada beberapa metode analisa frekuensi curah hujan antara lain Distribusi Normal, Log Pearson III, Gumbel, dan Log Normal.

a. Distribusi Normal

Metode distribusi normal merupakan simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut metode Gauss. Metode distribusi normal mempunyai dua parameter, yaitu rerata (μ) dan standar deviasi (α) dari populasi. Dalam praktek, nilai rerata (μ) dan standar deviasi (α) diturunkan dari data sampel untuk menggantikan (μ) dan (α). Fungsi metode distribusi normal mempunyai bentuk

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (2.9.)$$

Dimana :

P(X) = Fungsi densitas peluang normal

π = 3,14156

e = 2,71828

X = Variabel random kontinyu

μ = Rata-rata dari nilai X

α = Standar deviasi dari nilai X

Sifat khas lainnya yaitu nilai koefisien kemencengan (skewness) hampir sama dengan nol ($C_s \approx 0$) dan nilai koefisien kurtosis ($C_k \approx 3$). Selain itu terdapat sifat-sifat distribusi frekuensi kumulatif berikut ini :

$$P(\bar{x} - \sigma) = 15,87\% \dots\dots\dots (2.10.)$$

$$P(\bar{x}) = 50\% \dots\dots\dots (2.11.)$$

$$P(\bar{x} + \sigma) = 84,14\% \dots\dots\dots (2.12.)$$

Dengan demikian kemungkinan variat berada pada daerah $(\bar{x} - \sigma)$ dan $(\bar{x} + \sigma)$ adalah 68,27%. Sejalan dengan itu, maka yang berada antara $(\bar{x} - 2\sigma)$ dan $(\bar{x} + 2\sigma)$ adalah 95,44%.

b. Distribusi Log Normal

Metode distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel random tidak mengikuti metode normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi metode normal. Dalam hal ini, Fungsi Densitas Probabilitas (PDF) diperoleh dengan melakukan transformasi, yang dalam hal ini digunakan dalam persamaan transformasi berikut :

$$P(X) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2\right) \quad (\mu > 0) \dots\dots\dots (2.13.)$$

Dengan $\mu_n = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{\mu^4}{\mu^2 + \sigma^2}\right)$

$$\sigma_n^2 = \ln\left(\frac{\mu^2 + \sigma^2}{\mu^2}\right)$$

Besarnya asimetri adalah :

$$\gamma = \eta_v^3 + 3\eta_v \dots\dots\dots (2.14.)$$

dengan :

$$\eta_v = \frac{\sigma}{\mu} (e^{-\sigma_n^2} - 1)^{0,5} \dots\dots\dots (2.15.)$$

$$\text{Kurtosis } k = \eta_v^8 + 6\eta_v^6 + 15\eta_v^4 + 16\eta_v^2 + 3 \dots\dots\dots (2.16.)$$

Dengan persamaan (3.12), dapat didekati dengan nilai asimetri 3 dan selalu bertanda positif. Atau nilai (*skweness*) Cs kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi ($Cs = 3 \times Cv$).

c. Distribusi Gumbel

Analisis Frekuensi adalah analisis kejadian yang diharapkan terjadi rata-rata sekali n tahun atau dengan kata lain periode berulangnya sekian tahun. Metode analisis curah hujan yang diterapkan E.J. Gumbel adalah Extreme Value, yakni suatu metode distribusi frekuensi yang mendasarkan karakteristik dari penyebaran dengan menggunakan suatu koreksi yang variabel dan menggunakan distribusi dari harga-harga maksimum.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka Gumbel memberikan persamaan :

$$X_t = \bar{X} + K \cdot S_x \dots\dots\dots (2.17.)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.18.)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.19.)$$

dimana :

X_t = Besaran yang diharapkan terjadi dalam t tahun

\bar{X} = Nilai pengamatan rata-rata

t = Periode ulang

K = Faktor frekuensi

Y_t = Reduced Variete

Y_n = Reduced Mean

S_n = Reduced standar deviasi

S_x = Standar deviasi

d. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Untuk menghitung hujan rancangan digunakan distribusi Log Pearson Tipe

III. Parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Tipe

III adalah sebagai berikut :

- Nilai Rata-rata
- Standar Deviasi
- Koefisien Kemencengan (*skewness*)

Dalam metode ini dianjurkan pertama kali mentransformasi data kehargaharga logaritmanya kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya karena transformasi tersebut. Garis besar tersebut adalah sebagai berikut (Sri Harto, 1993) :

- Hitung rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.20.)$$

- Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.21.)$$

- Hitung koefisien kemencengan dengan rumus :

$$C_s = \frac{\sum (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1).(n-2).(S \log X)^3} \dots\dots\dots (2.22.)$$

- Hitung logaritma frekuensi hujan dalam mm :

$$\log X = \overline{\log X} + K.S \dots\dots\dots (2.23.)$$

(Suripin, 2004)

II.3.5. Uji Distribusi Frekuensi

Bila suatu distribusi telah diasumsikan, barangkali ditemukan berdasarkan bentuk umum dari histogram atau berdasarkan data yang digambarkan pada suatu kertas probabilitas, maka keabsahan (*validity*) dari distribusi yang diasumsikan dapat dibenarkan atau disangkal secara statistik. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan metode Chi-Kuadrat. Metode ini umumnya digunakan untuk menguji keabsahan suatu model distribusi yang diasumsikan. Parameter dapat dihitung dengan rumus :

(Soewarno, 1995)

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.24.)$$

Dimana :

X_h^2 = Parameter Chi-Kuadrat

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi-kuadrat yang sebenarnya X_h^2

Interpretasi hasilnya adalah :

1. Apabila peluang dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

II.3.6. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi t_c (*time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Hal ini terjadi ketika tanah sepanjang kedua titik tersebut telah jenuh dan semua cekungan bumi lainnya telah terisi oleh air hujan. Diasumsikan bahwa bila lama waktu hujan sama dengan t_c berarti seluruh bagian DAS tersebut telah ikut berperan untuk terjadinya aliran air yang sampai ke titik pengamatan. Salah satu cara untuk menghitung besarnya nilai t_c yang paling

umum dilakukan adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) :

$$t_c = \frac{0,06628 \times L^{0,77}}{S^{0,385}} \dots\dots\dots (2.25.)$$

Dimana :

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang maksimum aliran (meter)

S = beda ketinggian antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada DAS dibagi panjang maksimum aliran.

II.4. Aliran Permukaan

Aliran permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Ketika hujan jatuh di atas tanah akan menabrak permukaan yang mengarahkan ke arah mana alirannya mencapai saluran. Jalur yang dilalui aliran tersebut dapat menjelaskan tentang karakteristik bentang lahan (landscape), besarnya aliran permukaan, jenis penggunaan lahan dan strategi pengelolaan lahan (Dunne dan Leopold, 1978).

Aliran permukaan merupakan bagian dari hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danaudan lautan. Bagian penting yang harus diketahui dari aliran permukaan ini adalah besarnya debit puncak (peak runoff), waktu tercapainya debit puncak, volume serta penyebarannya (Asdak, 1995)

Cook, 1940 mengembangkan metode empiris untuk menduga besarnya koefisien limpasan permukaan puncak, dengan mengkaitkan faktor-faktor lereng atau relief, infiltrasi tanah, vegetasi penutup dan timbunan air permukaan. Parameter karakteristik DAS tersebut diklasifikasikan kemudian diberi nilai skor secara

proporsional menurut kuat lemahnya pengaruh terhadap aliran permukaan untuk mendapatkan koefisien limpasan permukaan.

II.4.1. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan adalah persentase jumlah air yang dapat melimpas melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah. Semakin kedap suatu permukaan tanah, maka semakin tinggi nilai koefisien pengalirannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan adalah kondisi tanah, laju infiltrasi, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (*Eripin, 2005*).

Besarnya aliran berbanding lurus dengan Koefisien Aliran (C), berbanding lurus terhadap Intensitas hujan (I) dan Luas DAS (A). Pada metode rasional dirumuskan sebagai $Q = C.I.A$ dimana C (Koefisien Aliran), Q = Debit Aliran, I = Intensitas dan A = Luas DAS. Perhitungan koefisien aliran yang diperoleh dari debit tidak akan dibicarakan dalam tulisan ini akan tetapi memanfaatkan pendekatan metode Cook. Faktor karakteristik DAS dalam metode Cook merupakan data yang berbasis geografis, oleh karena itu untuk memadukan keempat jenis data tersebut dapat dilakukan dengan SIG.

Besarnya aliran permukaan dapat menjadi kecil, terlebih bila curah hujan tidak melebihi kapasitas infiltrasi. Selama hujan yang terjadi adalah kecil atau sedang, aliran permukaan hanya terjadi di daerah yang impermeabel dan jenuh di dalam suatu DAS atau langsung jatuh di atas permukaan air. Apabila curah hujan yang jatuh jumlahnya lebih besar dari jumlah air yang dibutuhkan untuk evaporasi,

intersepsi, infiltrasi, simpanan depresi dan cadangan depresi, maka barulah bisa terjadi aliran permukaan. Apabila hujan yang terjadi kecil, maka hampir semua curah hujan yang jatuh terintersepsi oleh vegetasi yang lebat. (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Untuk menghitung besarnya koefisien aliran maka dilakukan perhitungan dengan memakai tabulasi yaitu dengan menjumlahkan koefisien aliran untuk masing-masing bentuk lahan. Rumus yang digunakan adalah :

$$C_{tot} = \frac{LBL}{JS} \times LD \quad \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Dimana :

C_{tot} : Koefisien aliran/limpasan

LBL : Luas bentuk lahan

JS : Jumlah skor

(<http://www.kelair.bppt.go.id/~haryoto/Artikel/Gis/>).

II.4.2. Kemiringan lereng

Aliran air di permukaan dipengaruhi oleh kemiringan lereng suatu lahan. Pada lereng yang terjal/curam, air akan lebih cepat mengalir dan infiltrasi yang terjadi berkurang. Sedangkan pada lereng yang landai, air akan mengalir lambat.

Kemiringan lereng lahan dibagi atas :

1. Sangat curam, dengan kemiringan > 65%

2. Curam, dengan kemiringan 45 – 65%
3. Agak curam, dengan kemiringan 30 – 45 %
4. Miring berbukit, dengan kemiringan 15 – 30 %
5. Agak miring atau bergelombang, dengan kemiringan 8 –15 %
6. Landai atau berombak, dengan kemiringan 3 – 8 %
7. Datar, dengan kemiringan > 3 % (*Suppli E.R, 1995*).

II.4.3. Jenis tanah

Perpindahan air dari atas ke dalam permukaan tanah disebut infiltrasi. Laju infiltrasi menentukan banyaknya air hujan yang dapat diserap ke dalam tanah. Apabila daya infiltrasi suatu jenis tanah kecil, maka perbandingan intensitas hujan dengan daya infiltrasi tanah tersebut menjadi besar, sehingga aliran permukaan menjadi besar.

Faktor yang menyebabkan besar kecilnya daya infiltrasi adalah:

1. Vegetasi
2. Pemampatan oleh curah hujan.
3. Kadar air di dalam tanah.
4. Butiran tanah

Tanah diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi teknis (klasifikasi pertanian) dan klasifikasi alami (klasifikasi taksonomi). Klasifikasi alami didasarkan pada pengertian tentang tanah selaku tubuh alam yang berasal dari bahan induk dan diolah oleh faktor-faktor aktif seperti iklim dan makhluk hidup serta dikendalikan oleh topografi dan waktu. Sedangkan klasifikasi teknis didasarkan pada berbagai kemungkinan penggunaan lahan. Klasifikasi ini ditunjukkan dengan adanya

variasi tekstur pada tanah. Tekstur menunjukkan tanah kasar hingga halus. Hal ini disebabkan oleh proses pencucian yang berlangsung akibat curah hujan yang tinggi. Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah berupa drainase, kecepatan infiltrasi, permeabilitas dan kemampuan tanah mengikat air. (Notohadiprawiro, 19978 dan Wirjodihardjo, 1969 dalam Soemarto, 1995).

II.4.4. Penutup lahan

Lahan merupakan material dasar dari suatu lingkungan yang berkaitan dengan sejumlah karakteristik alami yaitu iklim, geologi, tanah, topografi, hidrologi dan biologi. Penutup lahan (*land cover*) adalah segala sesuatu yang menutupi permukaan bumi, baik itu alamiah atau buatan. Penutup lahan menggambarkan konstruksi vegetasi dan buatan yang menutup permukaan lahan yang mencakup :

1. Struktur fisik yang dibangun oleh manusia.
2. Fenomena biotik seperti vegetasi alami, tanaman pertanian, kehidupan hewan.

(<http://www.bk.or.id>)

Perubahan tata guna lahan memberi dampak yang signifikan terhadap koefisien limpasan (Tuan, 1991). Oleh karena itu perencanaan drainase perkotaan hendaknya juga seiring dengan perubahan tata guna lahan sehingga terjadi keseimbangan dengan kepentingan lingkungan. Usaha pemanfaatan lahan mendorong adanya perubahan fungsi lahan dengan kecenderungan lebih kedap air sehingga menimbulkan genangan dan limpasan permukaan yang cukup tebal (Sulistiono, 1995).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir atau debit rencana) yaitu Metode Rasional USSCS

(1973).Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al, 1986, dalam Suripin, 2004). Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (tc). Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q=0,278.C.I.A \quad \dots\dots\dots \text{II.4}$$

Dimana :

Q : Debit (m³/detik)

0,278 : Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km²

C : Koefisien aliran

I : Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A : Luas daerah aliran (km²)

Di wilayah perkotaan, luas daerah pengaliran pada umumnya terdiri dari beberapa daerah yang mempunyai karakteristik permukaan tanah yang berbeda (subarea), sehingga koefisien pengaliran untuk masing-masing subarea nilainya berbeda, dan untuk menentukan koefisien pengaliran pada wilayah tersebut dilakukan penggabungan dari masing-masing subarea. Variabel luas subarea dinyatakan dengan A_j dan koefisien pengaliran dari tiap subarea dinyatakan dengan C_j, maka untuk menentukan debit digunakan rumus yaitu :

$$Q = 0,278.I \sum_{j=1}^m . C_j . A$$

Dimana

Q : Debit (m^3/detik)

0,278 : Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km^2

C : Koefisien aliran sub area

I : Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A : Luas daerah sub area (km^2)

Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Harga C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan di sajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 2.2. Nilai Koefisien Limpasan di Daerah Perkotaan

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tinggal	0,30 – 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95

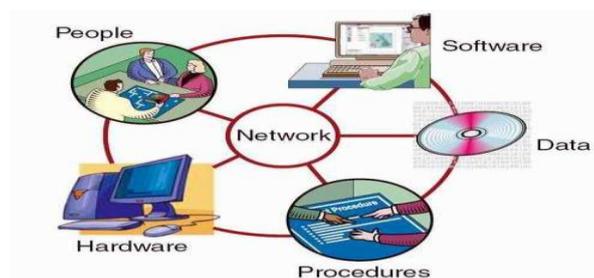
Halaman, tanah berpasir	
datar 2%	0,05 – 0,10
rata-rata, 2 - 7%	0,10 – 0,15
curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
datar 2%	0,13 – 0,17
rata-rata, 2 - 7%	0,18 – 0,22
curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber: McGuen, 1989 dalam Suripin, 2004

II.5. Sistem Informasi Geografis

II.5.1. Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi Geografis (SIG) adalah suatu kumpulan alat (tools) yang digunakan untuk pengumpulan, penyimpanan, pengaktifan sesuai kehendak, pentranformasian, serta penyajian data spasial dari suatu fenomena nyata di permukaan bumi untuk tujuan tertentu (*Chou, 1997 dalam Rasyid, 2001*).



Gambar 2.1. Komponen-komponen Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis merupakan sistem informasi yang bersifat terpadu, karena data yang diolah adalah data spasial. Dalam SIG data grafis di atas peta dapat disajikan dalam dua model data spasial yaitu model data raster dan model data vektor. Model data vektor menyajikan data grafis (titik, garis, poligon) dalam struktur format vektor. Struktur data vektor adalah suatu cara untuk membandingkan informasi garis dan areal ke dalam bentuk satuan-satuan luas data yang mempunyai besaran, arah dan keterkaitan (Borrough, 1986 dalam Rasyid, 2001).

SIG dapat menyimpan, memperbarui, memanipulasi serta menganalisis berbagai macam data sesuai dengan kebutuhan si pemakai. Sistem ini bergeoreferensi terhadap permukaan bumi yang diterapkan untuk mengelola informasi spasial, termasuk informasi tentang kondisi suatu wilayah sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pengambil keputusan untuk menanggulangi serta mengurangi dampak yang dapat diakibatkan oleh kemungkinan bencana yang terjadi karena kondisi dan keadaan geografis dari suatu wilayah. Azas informasi spasial dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan pengambilan keputusan, karenanya informasi tersebut harus akurat, tepat waktu dan sesuai dengan pemanfaatannya.

Keuntungan menggunakan Sistem Informasi Geografis dalam penyediaan informasi mengenai kondisi suatu wilayah antara lain :

1. Dapat mengintegrasikan data dari berbagai format data (grafik, teks, digital dan analog) dari berbagai sumber.

2. Mampu melakukan pemodelan, perbandingan dan verifikasi dari beberapa alternatif sebelum melakukan aplikasinya di lapangan.
3. Mampu melakukan pertukaran data antara berbagai macam disiplin ilmu.
4. Mampu melakukan pembaruan data yang efisien terutama grafik.
5. Mampu menyimpan data dalam volume besar.

II.5.2. Data Sistem Informasi Geografis

Basis data adalah kumpulan data yang saling berkaitan. Dalam SIG, basis data terbagi atas dua yaitu data yang bersifat keruangan/spasial bergeoreferensi (peta) dan data bukan keruangan (atribut). Basis data ini dapat dibentuk melalui berbagai metode pemetaan dan pengamatan lainnya seperti penginderaan jauh, pemotretan, dan sebagainya (*Soenarmo, 1994 dalam Afif, 2004*).

Basis data ini dapat dilihat pada informasi geografi, yang diperoleh dari peta-peta tematik, penelitian, pengukuran di lapangan atau kumpulan data statistik yang dikumpulkan oleh institusi pemerintah. Data yang dikumpulkan ini dihubungkan dengan lokasi spasialnya, sebagai data atribut (*Prahasta, 2002*).

Pada dasarnya, SIG adalah Sistem manajemen basis data spasial, yang mampu memadukan informasi dalam bentuk tabel dengan informasi spasial berupa peta dengan tingkat otomatisasi tinggi (*Projo, 1996*).

Basis data SIG terdiri atas tiga jenis data, yaitu :

1. Data Spasial Berbentuk Raster

Data raster merupakan bentuk data digital yang paling sederhana, data raster dari obyek geografis merupakan titik berdimensi bujursangkar yang disimpan dalam

bentuk matriks of cell (pixel) yang teratur. Lokasi tiap pixel didefinisikan oleh nomor baris dan kolom, dimana setiap titik membentuk matriks yang menutupi seluruh daerah yang dipetakan. Titik-titik tersebut masing-masing memiliki identitas atau atribut yang menunjukkan nilai dari obyek yang diwakilinya. Pixel merupakan bagian terkecil dari data grafis/raster yang ditampilkan di layar monitor dimana ukurannya bergantung pada skala yang dimasukkan.

Model data raster menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau pixel-pixel yang membentuk grid. Setiap piksel atau sel ini memiliki atribut tersendiri, termasuk kordinatnya. Akurasi model data ini tergantung pada resolusi atau ukuran pixelnya (sel grid) di permukaan bumi (*Prahasta, 2002*).

2. Data Spasial Berbentuk Vektor.

Data vektor memiliki ketelitian posisi suatu obyek yang baik karena dalam format data vektor obyek geografis dikonversi melalui komunikasi-komunikasi bentuk-bentuk dasar suatu obyek berupa titik, garis dan luasan/area. Suatu obyek geografis dinyatakan oleh koordinat x dan y pada sistem koordinat kartesius. Suatu obyek titik direkam sebagai pasangan koordinat (x,y) tunggal seperti, titik tinggi, batas, kota dan lain-lain. Sedangkan obyek garis merupakan kumpulan titik-titik pasangan koordinat (x,y) berurutan yang dihubungkan dan obyek area adalah rangkaian koordinat (x,y) yang membentuk suatu kurva tertutup yang mendefinisikan batas suatu area, seperti wilayah administrasi, sawah, hutan, penggunaan lahan lainnya dan lain-lain.

Model data vektor menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau poligon beserta atributnya. Bentuk data representasi data spasial ini, di dalam suatu model data vektor didefinisikan oleh sistem data koordinat kartesian dua dimensi (x,y). Di dalam model data spasial vektor, garis-garis atau kurva merupakan sekumpulan titik-titik terurut yang dihubungkan. Sedangkan luasan atau poligon juga disimpan sebagai sekumpulan titik-titik, tetapi titik awal dan titik akhir poligon memiliki nilai koordinat yang sama (poligon tertutup sempurna) (*Prahasta, 2002*).

3. Data Atribut

Data atribut merupakan “record” atribut yang menguraikan data spasial baik langsung maupun tidak langsung. Terkait langsung yaitu berupa data fisik seperti data kondisi meteorologi yang terdiri dari data curah hujan, suhu udara rata-rata, suhu udara maksimum dan kelembaban. Sedangkan tidak langsung yaitu data atribut seperti data atribut penduduk di suatu wilayah pemukiman. Data atribut dapat berupa numerik (angka) atau *characters*.

Hal penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyediaan data atribut adalah hubungan antara data spasial dengan data atribut yang biasanya menggunakan keyfield pada database atribut atau ID (identitas) pada database grafik (*Prahasta, 2002*).

II.5.3. Manipulasi dan Analisa Data

Manipulasi dan analisa data (spasial) merupakan salah satu kemampuan utama SIG dalam menghasilkan informasi baru.. SIG mampu melakukan manipulasi dan analisa data secara efektif dan efisien untuk menggantikan fungsi yang sebenarnya

dapat dilakukan manual, tetapi SIG menawarkan kemungkinan-kemungkinan baru yang dapat dikerjakan dengan bantuan komputer. Berikut beberapa fasilitas yang terdapat dalam paket SIG untuk manipulasi dan analisis.

1. Penyuntingan

Penyuntingan data dilakukan untuk *updating* data, misalnya peta penggunaan lahan yang telah dibuat perlu untuk diperbarui. Hal ini dapat dilakukan tanpa harus membuat peta yang baru. *Updating* ini dapat dilakukan dengan menggunakan peta penggunaan lahan baru sebagai dasar untuk digitasi bagian-bagian yang berubah. Dapat juga dengan menggunakan bantuan citra (citra satelit yang telah dipertajam atau diklasifikasi) sebagai dasar untuk digitasi bagian yang telah berubah tersebut (Projo, 1996).

2. Interpolasi Spasial

Interpolasi spasial merupakan salah satu fasilitas SIG yang sulit dan tidak dapat dilakukan secara manual. Contoh penggunaan interpolasi spasial ini dapat dilihat pada pembuatan peta elevasi dan peta lereng secara cepat, mudah dan akurat, yaitu dengan memasukkan informasi berupa garis kontur atau titik-titik ketinggian. Pemasukan data ini memberikan informasi berupa posisi (x,y) dan nilai, kemudian diinterpolasi. Hasil dari proses interpolasi ini adalah peta kontinyu dimana setiap titik pada peta digital tersebut menyajikan informasi berupa nilai real (Projo, 1996).

3. Overlay

Overlay adalah suatu proses penggabungan antara dua atau lebih data grafis untuk memperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan gabungan dari beberapa data grafis tersebut. Operasi overlay ini dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan yaitu *map crossing*, *overlay* dengan matriks dan kalkulasi peta.

a. Map Crossing

Map crossing merupakan fasilitas operasi overlay yang biasa terdapat pada SIG berbasis raster. Pada SIG jenis ini, semua peta disimpan dalam struktur data raster dan setiap satuan pemetaan diwakili oleh nilai pixel tertentu. Apabila ada dua macam peta tematik yang akan di *overlay*, maka proses tersebut membutuhkan pendefinisian nilai pixel baru, yang mewakili satuan pemetaan baru. Hasil proses ini berupa peta dengan satuan pemetaan baru dan tabel yang memberikan penjelasan mengenai pertemuan antara nilai pixel pada satu peta dan nilai pixel lain pada peta yang satu lagi, lengkap dengan jumlah pixel dan luas (dalam meter persegi) satuan-satuan pemetaan baru yang terbentuk. Kelebihan dari operasi *map crossing* adalah dimungkinkannya agregasi secara statistik, termasuk didalamnya penentuan, rata-rata, presentase dan median (*Projo, 1996*).

b. Overlay dengan Matriks

Pada operasi ini, dimungkinkan melakukan pemetaan baru dengan pendefinisian satuan-satuan pemetaan baru dengan memperhatikan pertemuan antar satuan pemetaan (antar nilai pixel) yang terdapat pada kedua peta input. Misalnya, untuk menentukan apakah penggunaan lahan sesuai (dalam arti luas) dengan tingkat kemiringan lerengnya dengan menggunakan input peta penggunaan lahan dan peta kemiringan lereng. Setelah dioverlay, dengan operasi matriks, dapat ditentukan output hasil overlay peta penggunaan lahan dan peta lereng. Pada peta hasil, nilai satu pixel dapat mewakili hasil pertemuan sawah (pada peta penggunaan lahan) dengan lereng datar atau

dapat menunjukkan pixel lain mewakili hasil pertemuan kebun campuran (pada peta penggunaan lahan) dengan lereng datar (*Projo, 1996*).

c. Kalkulasi Peta.

Kalkulasi peta merupakan sekumpulan operasi untuk memanipulasi data spasial, baik berupa peta tunggal maupun beberapa peta sekaligus. Operasi ini dapat berupa penjumlahan, pengurangan ataupun perkalian antar peta atau dapat juga melalui pengkaitan dengan suatu basis data tertentu. Hasil utama dari proses ini adalah informasi spasial baru berupa peta turunan. Karena proses operasinya spesifik, yaitu dengan menghasilkan peta baru, maka operasi kalkulasi peta sering disebut sebagai aljabar peta (*map algebra*) (*Burrough, 1990 dalam Projo, 1996*) atau *cartographic modelling* (*Tomlin, 1988 dalam Projo, 1996*).

II.6. Digital Elevation Model

Digital Elevation Model (DEM) merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan kedalam tampilan 3D (tiga dimensi). Ada banyak cara untuk memperoleh data DEM, interferometri SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan salah satu algoritma untuk membuat data DEM yang relatif baru. Data citra SAR atau citra radar yang digunakan dalam proses interferometri dapat diperoleh dari wahana satelit atau pesawat. SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) merupakan misi untuk membuat data topografi (DEM) dengan menggunakan sistem radar dari wahana pesawat ulang alik antariksa. Data DEM dari misi ini sudah tersedia untuk seluruh Dunia dengan resolusi spasial 90x90

meter, sedangkan untuk resolusi 30x30 hanya tersedia beberapa wilayah saja. Seberapa jauh data DEM-SRTM dapat digunakan untuk pemetaan (membuat kontur) perlu dikaji dan diteliti (Kustiyo, 2005)