



LAPORAN PENELITIAN

**PENENTUAN BESAR LIMPASAN AIR PERMUKAAN (*RUN-OFF*)
DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIWUNG
MENGUNAKAN DATA SPASIAL HEC-1 UNTUK PENDUGAAN BANJIR
DI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA**

OLEH

Ir. HARIYADI

NIP. 131958806

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

1999

KATA PENGANTAR

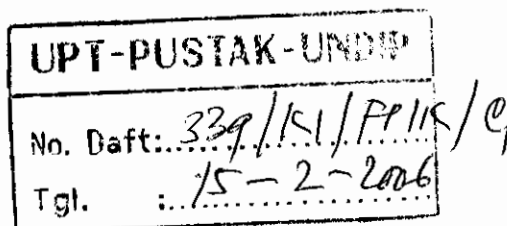
Puji Syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyajikannya ke bentuk laporan ini.

Laporan penelitian ini disusun setelah dilakukan penelitian terhadap limpasan air permukaan (*runoff*) melalui pemanfaatan data spasial. Penentuan besar limpasan air permukaan akan sangat berguna untuk memprakirakan banjir, yang pada penelitian ini dimaksudkan adalah banjir di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung.

Hal yang terbaik telah dilakukan untuk kelangsungan penelitian di lapangan sampai dengan penyusunan laporan ini. Untuk diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkenan membantu dan diharapkan adanya kritik serta saran dari para pemerhati, agar laporan ini dapat lebih berguna.

Semarang, 4 November 1999

Penyusun



LAPORAN KEGIATAN

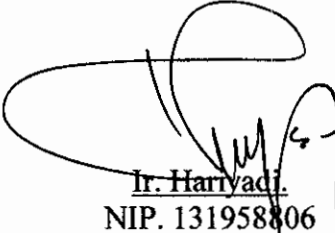
1. Judul Penelitian : Penentuan Besar Limpasan Air Permukaan (*Run-off*) Daerah Aliran Sungai Ciliwung Menggunakan Data Spasial HEC-1 Untuk Pendugaan Banjir di Daerah Khusus Ibukota Jakarta
2. Kategori Penelitian : IPTEK dan Seni
3. Peneliti
 - a. Nama : Ir. Hariyadi.
 - b. Jenis kelamin : Lelaki
 - c. NIP : 131 958 806
 - d. Tingkat/Golongan : Penata Muda/III-A
 - e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli Madya
 - f. Fakultas/Jurusan : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
 - g. Bidang yang diteliti : Penginderaan Jauh
4. Jumlah Peneliti : 1 (satu) orang
5. Lokasi Penelitian : a. Laboratorium Pengolahan Citra dan Sistem Informasi Spasial Teknik Geodesi FTSP-ITB.
b. Daerah Aliran Sungai Ciliwung

Semarang, November 1999

Mengetahui ;
a.n Dekan
Pembantu Dekan I
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro

Ketua Peneliti

DR.Ir. Muhammad Zainuri, DEA
NIP. 131675260


Ir. Hariyadi.
NIP. 131958806

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat kerawanan banjir dengan memanfaatkan data spasial. Kerawanan banjir dapat diperkirakan dengan melakukan pemodelan nilai limpasan permukaan. Studi kasus penelitian ini adalah banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. Beberapa data spasial yaitu. pola penggunaan lahan, pola tekstur aliran sungai, kondisi topografi, jenis tanah dan curah hujan merupakan bagian dari faktor penentu untuk memprediksi terjadinya banjir yang kerap kali melanda Jakarta.

Prediksi banjir dilakukan dengan menentukan besar limpasan air permukaan (*runoff*) yang dapat terjadi pada curah hujan tertentu menggunakan model HEC-1 yang merupakan *inteface* perangkat lunak *Watershed Modelling System (WMS)*. Dengan membandingkannya terhadap kapasitas pengaliran sungai maka dapat diketahui besar limpasan permukaan yang terjadi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa banjir sangat potensial terjadi pada curah hujan 80 mm/hari atau lebih dengan volume *runoff* berkisar antara 1,8 juta m³ sampai dengan 13 juta m³ perhari. Daerah potensial banjir disajikan dalam bentuk peta tingkat kerawanan banjir DKI Jakarta.

ABSTRACT

The research was aimed to analyse flood susceptibility using some of spatial data. Flood susceptibility can be predicted by modeling the runoff. The case study of this research is Ciliwung Basin flood. Some of spatial data such as land use, stream pattern texture, topographic condition, soil type and precipitation are the part of secure factors to predict the flood which occasionally penetrate Jakarta.

The prediction of flood in a certain precipitation can be done using HEC-1 model as an interface of Watershed Modelling System (WMS) software. By comparing with the stream capacity, the runoff flow can be calculated.

The result of this research shows us that the flood will occure in 80 mm/day precipitation or more with the runoff volume range between 1,8 million m³ up to 13 million m³ a day. The flood potential area is shown by the Map of Flood Susceptibility Area in DKI Jakarta.

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
LAPORAN KEGIATAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Banjir dan Daerah Rawan Banjir	8
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Masalah Daya Dukung	9
2.3 Struktur Pemodelan Air (<i>Watershed Models</i>)	11
2.4 Teori <i>Delineasi</i> DAS	13
2.5 Tinjauan Umum DAS Ciliwung	14
2.5.1 DAS Ciliwung	14
2.5.2 Jenis Tanah	16
2.5.3 Pola Penggunaan Lahan	17

BAB III	MODEL PERMUKAAN DIGITAL (DTM)	
	DAN MODEL HEC-1	20
3.1	Model Permukaan Digital	20
3.2	Definisi DTM	22
3.3	Klasifikasi Terrain	22
3.4	Jenis DTM	23
3.5	Model HEC-1	26
3.5.1	Prinsip Model HEC-1	26
3.5.2	Komponen Limpasan Air Permukaan	28
3.5.3	Komponen Penelusuran (<i>Routing</i>) Aliran Air	28
3.5.4	Simulasi Aliran Air Hujan (<i>Rainfall-Runoff</i>)	29
3.5.5	Curah hujan (<i>Presipitasi</i>)	30
3.5.6	SCS Curve Number (CN)	30
3.6	Penentuan Parameter DAS dan Alirannya	31
3.7	Data Masukan untuk Pemrosesan Model Hidrologi	34
3.8	<i>Lag Time</i>	38
3.9	Penelusuran Limpasan (<i>Routing</i>)	38
BAB IV	PENENTUAN BESAR LIMPASAN PERMUKAAN	
	(<i>RUNOFF</i>) MENGGUNAKAN MODEL HEC-1	41
4.1	Pembuatan Digital Terrain Model (DTM)	41
4.2	Importing Data ASCII Grid ke WMS	44
4.3	Penentuan <i>Flow Direction (FD)</i> & <i>Flow Accumulation (FA)</i>	46
4.4	Identifikasi Titik Limpahan Air (<i>Watershed Outlet</i>)	48
4.5	Penentuan Batas DAS Ciliwung	49
4.5.1	Penentuan Batas Fisik DAS	49
4.5.2	Penyempurnaan Jaringan Aliran Sungai & Perbanyak Titik Limpahan (<i>outlet</i>)	52
4.6	Penentuan Nilai SCS Curve Number (CN)	53
4.7	Penentuan Data Geometrik DAS	54
4.8	Data Curah Hujan	56
4.9	Penentuan Lokasi <i>Outlet</i>	60
4.10	Hidrograf Debit Air dan Volume Limpasan Permukaan ...	61
4.10.1	Hidrograf Debit Air	61
4.10.2	Volume Limpasan Permukaan (<i>runoff</i>)	69

BAB V	ANALISIS PENENTUAN NILAI <i>RUNOFF</i> UNTUK PREDIKSI BANJIR	72
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	81
	6.1 Kesimpulan	81
	6.2 Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	84
	LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1.1	Diagram Alir Penentuan Volume <i>Runoff</i>	6
Gambar 1.2	Peta Batas Administrasi DAS Ciliwung	7
Gambar 2.1	Sketsa Daerah Aliran Sungai (DAS)	10
Gambar 2.2	Diagram Alir Pemodelan Air	12
Gambar 2.3	Ilustrasi <i>Delineasi</i>	13
Gambar 2.4	Peta Wilayah Kajian (DAS Ciliwung)	15
Gambar 2.5	Peta Wilayah Kajian Berdasarkan sub-DAS	18
Gambar 2.6	Peta Jenis Tanah DAS Ciliwung	19
Gambar 3.1	DTM Berbentuk <i>Grid</i>	21
Gambar 3.2	Contoh Sebuah DAS	26
Gambar 3.3	Visualisasi Skematik DAS	27
Gambar 4.1	Diagram Alir Penentuan Potensi Banjir DAS Ciliwung	42
Gambar 4.2	Diagram Alir Pengolahan Data Digital Kontur Untuk Memperoleh DTM	43
Gambar 4.3	Visualisasi 3-Dimensi DAS Ciliwung	44
Gambar 4.4	Peta Kontur Wilayah DAS Ciliwung	45
Gambar 4.5	Diagram Alir Proses Penentuan Data Geometrik DAS dan sub-DAS dari Data Kontur di WMS	46
Gambar 4.6	<i>Flow Direction</i> DAS	47
Gambar 4.7	<i>Flow Accunulation</i> DAS	48
Gambar 4.8	DAS Ciliwung dan outletnya berdasarkan DEM	49

Gambar 4.9	Hasil <i>Deliniasi</i> DAS	51
Gambar 4.10	Hasil <i>Deliniasi</i> sub-DAS	52
Gambar 4.11	DAS Ciliwung, sub-DAS serta <i>Outlet</i>	53
Gambar 4.12	Diagram Alir Penentuan Nilai SCS <i>Curve Number (CN)</i>	54
Gambar 4.13	Intensitas Curah Hujan 20 mm	57
Gambar 4.14	Intensitas Curah Hujan 50 mm	57
Gambar 4.15	Intensitas Curah Hujan 80 mm	58
Gambar 4.16	Intensitas Curah Hujan 100 mm	58
Gambar 4.17	Intensitas Curah Hujan 125 mm	59
Gambar 4.18	Lokasi Stasiun Penakar Curah Hujan	60
Gambar 4.19	Tumpangsusun (Overlay) Titik Outlet dengan Peta Rupabumi Untuk Penentuan Lokasi Outlet	61
Gambar 4.20	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Sunter	62
Gambar 4.21	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Cempaka Putih .	63
Gambar 4.22	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Menteng	63
Gambar 4.23	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Kampung Melayu	64
Gambar 4.24	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Pancoran	64
Gambar 4.25	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Pasar Rebo	65
Gambar 4.26	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Kebon Jeruk	65
Gambar 4.27	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Mampang Prapatan	66
Gambar 4.28	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Pondok Labu	66
Gambar 4.29	Hidrografi Debit Air DAS Ciliwung <i>Outlet</i> Grogol	67
Gambar 4.30	Sungai Citarum Hasil Pencitraan Diinterpretasikan Pada Warna Biru Terang Sebagai Kandungan Sedimen	70

Gambar 5.1	Peta Tata Guna Lahan DAS Ciliwung	78
Gambar 5.2	Peta Potensi Kerawanan Banjir di DKI Jakarta Berdasarkan Volume <i>Runoff</i>	79
Gambar 5.3	Peta Potensi Kerawanan Banjir di DKI Jakarta Berdasarkan Tingkat Bahayanya	80

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1	Jenis Tanah & Lokasi Penyebarannya di Wilayah DAS Ciliwung	15
Tabel 3.1	Koefisien Limpasan (C) Penggunaan Lahan	34
Tabel 3.2	Karakteristik Hidrologi Tanah	35
Tabel 3.3	Kecepatan Infiltrasi Tanah	36
Tabel 3.4	Nilai CN Penggunaan lahan	37
Tabel 3.5	Koefisien Limpasan (C) Tekstur Pola Aliran Sungai	37
Tabel 4.1	Data Geometrik sub-DAS	55
Tabel 4.2	Posisi Stasiun Penakar Curah Hujan	56
Tabel 4.3	Keterangan Grafik Hidrograf Debit Air	68
Tabel 4.4	Besar Limpasan Permukaan Berdasarkan Kapasitas Pengaliran Sungai dan Koefisien Tekstur Sungai (C)	71
Tabel 5.1	Debit Maksimum Sesaat Tertinggi (m^3/dtk) Setiap Curah Hujan	74
Tabel 5.2	Total Volume Limpasan Permukaan	75

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
LAMPIRAN 1 Contoh <i>Input</i> Data HEC-1	87
LAMPIRAN 2 Contoh <i>Output</i> Data HEC-1	94
LAMPIRAN 3 Nilai CN Penggunaan Lahan	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir adalah proses alam yang paling sering terjadi dan banyak menimbulkan bencana . Sebagai salah satu bencana alam rutin, bencana alam banjir paling banyak menimbulkan kerugian dibanding dengan bencana alam lain, yaitu 40 % dari total kerugian bencana alam (Astriningrum, 1997). Lebih lanjut oleh Voskuil (1990 dalam Astriningrum, 1997) dinyatakan bahwa bencana banjir biasanya terjadi di wilayah topografi datar hingga cekung di dataran rendah, misalnya dataran pantai, dataran sungai, danau dan rawa.

Wilayah Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta dan sekitarnya secara fisiografik merupakan dataran aluvial sungai dan pantai dengan kemiringan topografis yang bervariasi dari datar sampai dengan bergelombang rendah, yang digunakan untuk berbagai unit penggunaan lahan (*land use*) dan ditumbuhi oleh berbagai tipe vegetasi pantai tropis. . DKI Jakarta mempunyai fungsi sebagai ibukota negara atau pusat pemerintahan, pusat pendidikan, perdagangan dan jasa, kota transit yang menjadi sasaran urbanisasi/migrasi sehingga bencana banjir yang terjadi merupakan suatu masalah nasional yang perlu mendapat perhatian khusus.

Sepanjang perjalanan sejarah telah beberapa kali banjir melanda Jakarta dan merenggut korban jiwa dan harta benda penduduk. Terbesar di antaranya terjadi pada tahun 1621, 1654, 1918 semasa pemerintahan kolonial Belanda. Sedangkan dalam beberapa dekade terakhir, banjir besar terjadi tahun 1976 dan 1996, menelan puluhan korban jiwa (*KOMPAS*, 5 Februari 1998).

Sedangkan banjir yang terjadi pada tanggal 6-8 Januari 1996 dan 10-11 Februari 1996 merupakan banjir besar sejak 20 tahun terakhir (Astriningrum, 1998). Beberapa pengamat mengatakan bahwa banjir pertama merupakan banjir kiriman dari Bogor, yang mengakibatkan 10 orang tewas dan kerugian materi ditaksir mencapai 39, 4 Milyar rupiah. Banjir kedua disebabkan oleh hujan deras yang

melanda Jakarta dengan curah hujan tertinggi tercatat 400 mm di Jakarta Selatan, yang mengakibatkan korban jiwa 20 dan kerugian materi ditaksir mencapai trilyunan rupiah (Astriningrum, 1998).

Memperhatikan dampak banjir yang melanda Jakarta menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta yang besar, maka perlu dilakukan suatu prediksi banjir yang akurat dan komprehensif dengan menyertakan semua parameter yang berkaitan dengan banjir tersebut.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung dipilih sebagai daerah penelitian, karena DAS yang mempunyai hulu dari sebagian wilayah Propinsi Jawa Barat (Kabupaten Bogor dan Kota Bogor) ini, bermuara di wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Wilayah Jakarta telah mengalami beberapa kali peristiwa banjir yang cukup parah yang merendam hampir seluruh ibukota negara akibat meluapnya Sungai Ciliwung.

1.2 Identifikasi Masalah

Metode prediksi banjir yang digunakan selama ini, kebanyakan hanya menghasilkan data prediksi banjir yang masih bersifat umum, yaitu dalam bentuk skor-skor (rentang nilai) tingkat kerawanan banjir tertentu saja. Suatu penelitian akan menghasilkan skor yang berbeda dengan penelitian yang lain, tergantung dari sudut pandang peneliti walaupun menggunakan parameter banjir yang sama (Adingsih, 1998, Astriningrum, 1997), sehingga dapat dikatakan tidak ada standar baku yang dihasilkan untuk memprediksi tingkat kerawanan banjir, termasuk di wilayah DKI Jakarta.

Penelitian yang dilaksanakan kali ini menggunakan metode dan pendekatan lain yang lebih populer yaitu menggunakan pendekatan perhitungan jumlah limpasan air permukaan (*runoff*) yang dapat terjadi pada suatu dataran banjir. Prediksi ini dimodelkan menggunakan model HEC (*Hydrologic Engineering Center*) -1 yang merupakan bagian (*interface*) dari perangkat lunak WMS (*Watershed Modelling System*) yang dibuat oleh *Engineering Computer Graphics Laboratory of Brigham Young University*, Utah-Amerika Serikat. Model HEC-1 didesain oleh *Hydrologic Engineering Center of the Army Corps of Engineers*, Amerika Serikat.

Kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode yang selama ini digunakan adalah kemampuannya menentukan titik-titik limpahan (*outlet*) dari suatu aliran air (sungai) berdasarkan kondisi topografi dan menentukan besarnya debit maksimum yang terjadi di *outlet* tersebut berdasarkan parameter-parameter banjir yang ditetapkan. Dengan demikian tingkat kerawanan banjir dan wilayah yang berpotensi terjadi banjir dapat langsung diketahui melalui hasil penghitungan volume limpasan air permukaan yang melewati *outlet*.

1.3 Tujuan

Penelitian ini diselenggarakan dengan tujuan untuk :

- a. Mendapatkan nilai debit maksimum sesaat pada curah hujan tertentu, yaitu hidrograf debit air terhadap beberapa *outlet* yang ada di DKI Jakarta.
- b. Mendapatkan nilai volume *runoff* yang dapat terjadi saat curah hujan tertentu pada beberapa *outlet* di sepanjang DAS Ciliwung dengan membandingkannya terhadap kapasitas pengaliran sungai.
- c. Menentukan daerah potensi banjir dan tingkat kerawanan banjirnya.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kerawanan banjir dan wilayah yang berpotensi banjir. Suatu informasi dasar yang diperlukan untuk analisis berikutnya, sebagai upaya meminimalisasi dampak negatif banjir, khususnya di DKI Jakarta.

1.5 Batasan Masalah

Upaya untuk menentukan tingkat kerawanan banjir di suatu wilayah, dibutuhkan data spasial yang lengkap, misalnya data kontur, *land use*, jenis tanah, pola tekstur aliran sungai, curah hujan, kelembaban tanah, geomorfologi, geologi, kondisi fisik sungai atau kanal dan sebagainya.

Data spasial yang digunakan pada penelitian ini berupa data kontur, *land use*, jenis tanah, pola tekstur aliran sungai dan data curah hujan.

Sedangkan prediksi nilai volume *runoff* yang terjadi, hanya dilakukan di beberapa *outlet* yang terdapat di wilayah DKI Jakarta.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dipilih untuk melaksanakan penelitian merupakan metode interpretasi berdasarkan pengolahan data primer dan data sekunder yang dilakukan di laboratorium dengan rangkaian kerja masing-masing dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Tempat

Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Pengolahan Citra dan Sistem Informasi Spasial (PCGIS) Labtek IX C Departemen Teknik Geodesi FTSP ITB. Daerah penelitian yang dipilih adalah DAS Ciliwung, yang meliputi wilayah yang secara administratif mencakup daerah Kabupaten Bogor, Kota Bogor dan Kota Depok, Propinsi Jawa Barat sampai dengan DKI Jakarta.(Gambar 1.2).

b. Data yang digunakan

Data yang digunakan berupa peta digital rupabumi Indonesia (RBI) Bakosurtanal skala 1:25.000, yang meliputi Nomor lembar peta 1209-141, 1209-142, 1209-143, 1209-144, 1209-421, 1209-422, 1209-423, 1209-424, 1209-441, 1209-442, 1209-443, 1209-444 sebagai data primer. Citra satelit Landsat-TM hasil pencitraan tahun 1998 yang telah terkoreksi radiometrik dan geometrik, peta soil skala 1:250.000 dan peta digital *land use* BAPEDA Jawa Barat tahun 1998 sebagai data sekunder.

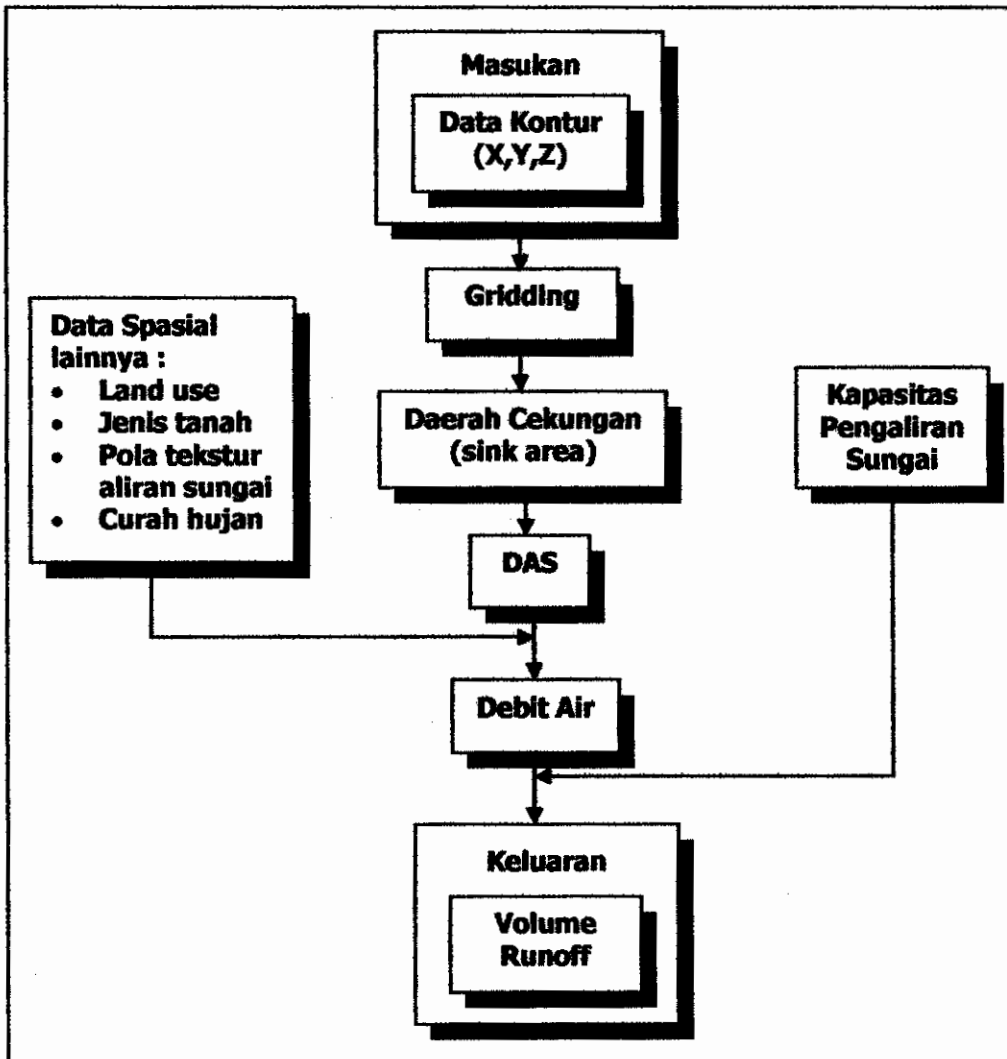
c. Metode pengolahan dan analisis data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat metode yaitu pengolahan data dengan perangkat lunak ER Mapper untuk ekstraksi data kontur menjadi data raster (format *.ers), digitasi kontur pada lokasi yang belum memiliki data kontur, konversi data raster kontur (format *.ers) menjadi ASCII grid (format *.grd) menggunakan perangkat lunak ARC/Info 7.2 serta metode SCS dan penghitungan nilai *runoff* dengan model HEC-1

Langkah kerja guna mencapai tujuan penelitian adalah :

1. Melakukan ekstraksi data digital kontur dari peta digital rupa bumi.
2. Melakukan gridding untuk memperoleh data model permukaan digital (Digital Terrain Model/DTM).
3. Melakukan digitasi terhadap peta tanah (soil) skala 1:250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Departemen Pertanian-Bogor. Hasilnya berupa peta jenis tanah.
4. Melakukan pengolahan data DTM, soil, simulasi curah hujan dan tata guna lahan untuk memperoleh besar runoff dalam bentuk hidrograf debit air menggunakan perangkat lunak WMS.

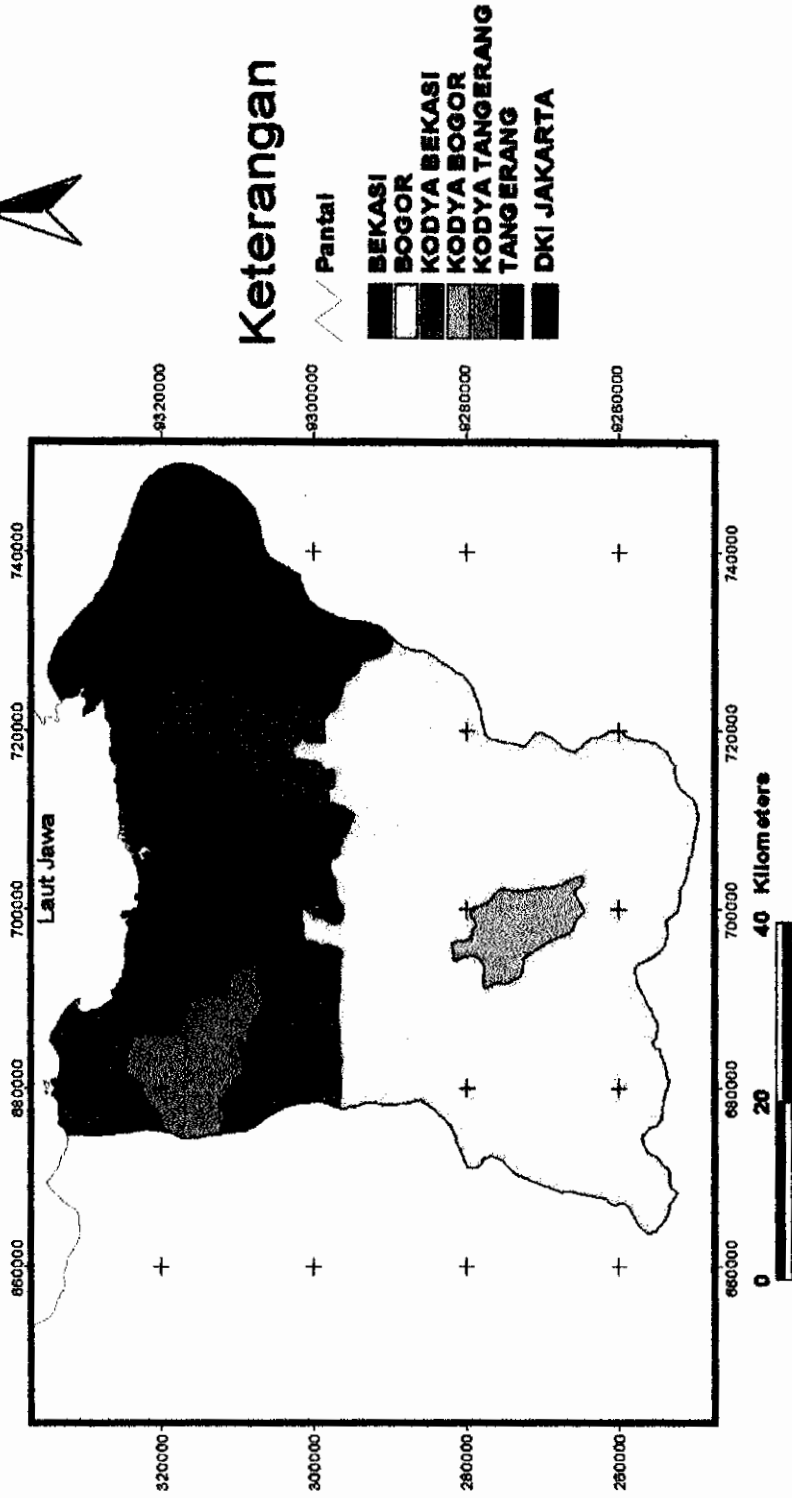
Selengkapnya langkah kerja tersebut dapat disusun sebagai visualisasi skematik yang diilustrasikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penentuan Volume *Runoff*

131.958.806-1999

Peta Batas Administrasi DAS Ciliwung



Gambar 1.2. Peta Batas Administrasi DAS Ciliwung (BAPEDA Jawa Barat, 1999)