

**KAJIAN DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN METODE RASIONAL  
SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN SKENARIO TATA GUNA LAHAN DI  
DAS KALI KONTO KABUPATEN MALANG**

Oleh :

**AFIF MUZAKI AHSAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN TANAH**

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH**

**MALANG**

**2012**

**KAJIAN DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN METODE RASIONAL  
SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN SKENARIO TATA GUNA LAHAN DI  
DAS KALI KONTO KABUPATEN MALANG**

**Oleh:**

**AFIF MUZAKI AHSAN**

**0610430001 – 43**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
MALANG  
2012**

## RINGKASAN

Afif Muzaki Ahsan. 0610430001-43. **KAJIAN DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN METODE RASIONAL SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN SKENARIO TATA GUNA LAHAN DI DAS KALI KONTO KABUPATEN MALANG.** Di bawah Bimbingan (1) Dr. Ir. Sudarto, MS dan (2) Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. MSc.

Peningkatan kebutuhan sandang pangan papan menjadi salah satu pemicu terjadinya alih guna lahan. Dampak alih guna lahan dalam suatu DAS adalah perubahan fungsi hidrologi DAS. Perubahan ini akan berdampak pada terjadinya peningkatan risiko banjir. Oleh sebab itu, untuk mengurangi risiko terjadinya banjir maka perlu adanya mitigasi bencana. Salah satu bentuknya adalah mengidentifikasi daerah sumber banjir dari aspek debit limpasan permukaan. Hasil identifikasi ini dapat digunakan sebagai dasar penataankawasan (tata guna lahan) dalam suatu DAS.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui wilayah yang berperan besar menjadi sumber banjir dan menentukan tata guna lahan yang optimal berdasarkan debit puncak limpasan permukaan di DAS Kali Konto. Pertanyaan penelitian yang diajukan adalah 1) apakah wilayah dengan penggunaan lahan non hutan menjadi sumber banjir di DAS Kali Konto dan 2) bagaimanakan tata guna lahan yang optimal dari aspek hidrologi sebagai upaya pengurangan risiko banjir.

Pelaksanaan penelitian berlokasi di DAS Kali Konto Kabupaten Malang pada bulan Januari – Mei 2011. Indikator utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit puncak limpasan permukaan (Q) menggunakan metode Rasional. Faktor yang berperan dalam metode ini adalah koefisien aliran permukaan (C), intensitas hujan (I) dan luas DAS (A) yang membentuk hubungan  $Q = 0,2778CIA$ . Penghitungan nilai Q dilakukan pada berbagai skenario penggunaan lahan, yaitu Skenario 1 (penggunaan lahan saat ini), Skenario 2 (penggunaan lahan sesuai kelas kemampuan lahan) dan Skenario 3 (penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah).

Hasil debit puncak limpasan permukaan pada berbagai skenario yaitu Skenario 1 : 38,287 m<sup>3</sup>/detik, Skenario 2 : 37,62 m<sup>3</sup>/detik dan Skenario 3 : 39,184 m<sup>3</sup>/detik. Nilai terendah terjadi pada Skenario 2, dari hasil Uji T-Berpasangan antara Skenario 1 dengan Skenario 2 menyatakan berbeda nyata. Dengan hasil tersebut maka Skenario 2 dapat digunakan untuk usaha perbaikan penggunaan lahan dalam upaya mitigasi bahaya banjir. Wilayah yang menjadi sumber banjir (nilai Q tinggi) adalah wilayah yang didominasi oleh penggunaan lahan tegalan dan pemukiman.

## SUMMARY

Afif Muzaki Ahsan. 0610430001-43. **STUDY OF FLOOD DISCHARGE USING RATIONAL METHOD AS A BASIS FOR COMPILATION OF LANDUSE SCENARIO IN KALI KONTO WATERSHED, MALANG.**  
Under Guidance from (1) Dr. Ir. Sudarto, MS, and (2) Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. MSc.

---

---

Increase in food, clothing, and residence needs to be one trigger of landuse changes. The impact of landuse changes within a watershed is change in hidrology function. That will be impact on the occurrence of an increased risk of flooding. Therefore, to reduce the risk of flooding it is necessary to disaster mitigation. The effort is identify the source of flooding from aspect of surface runoff discharge. The results of this identification can be used as a basis for structuring the area (land use arrarange) within a watershed.

Theaim of research is to investigate the role of the region into the source of flooding and determine the optimal landuse based on the peak runoff in the Kali Konto Watershed. The proposed of research questions are 1) what does the region in the non-forest land to be the source of flooding in the Kali Konto watershed and 2) what kind of optimum landuse from hydrology aspect is a reducing flood risk.

Implementation of the research are located in the Kali Konto Watershed, Malang in January to May 2011. The main indicators used in this research are the peak runoff discharge (Q) using the Rational method. Factors that a role in this method are the runoff coefficient (C), rainfall intensity (I) and watershed area (A) which form the relationship  $Q = 0.2778CIA$ . The calculation of Q value performed on various land use scenarios, these are Scenario 1 (current land use), Scenario 2 (base on land capability class) and Scenario 3 (base on district of spatial planning).

The results of peak runoff in various scenarios, shown that are Scenario 1: 38.287 m<sup>3</sup>/second, Scenario 2: 37.62 m<sup>3</sup>/second and Scenario 3: 39.184 m<sup>3</sup>/second. The lowest value occurs in Scenario 2, the results of Paired T-Test between Scenario 1 and Scenario 2 states significantly different. The second scenario can be used for flood hazard mitigation by improvement it means of landuse. The are where because source of flood (high Q value) is a region that dominated by dry field and settlement.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah Rabbil Alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat, hidayah serta kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul **“Kajian Debit Banjir Menggunakan Metode Rasional Sebagai Dasar Penyusunan Skenario Tata Guna Lahan di DAS Kali Konto Kabupaten Malang”** dapat diselesaikan.

Seiring rasa syukur ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Sudarto, MS. selaku dosen pembimbing pertama, yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, masukan dan dukungan serta motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
2. Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. MSc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak masukan dan mengajari kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini;
3. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik di rumah yang selalu memberikan doa serta motivasi selama ini;
4. Staf pengajar dan Administrasi Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya;
5. Mbak Cristanti Agustina, Sativandi Riza, dan Adymas Putro Utomo, penulis sampaikan terima kasih atas motivasi dan diskusinya
6. Himawan, Yossi, Firda, Chandra '08, Firdaus, Estiyanto S. Nugroho, Mukhlisin Sahidin, Zaidnun Ilzam, penulis sampaikan terima kasih atas bantuan dan diskusinya.
7. Soiler 2006 dan Soiler 2005 , yang telah membantu dengan seluruh tenaga dan pikiran. Kalian memang tetap yang terbaik, “VIVA...SOIL...!!!
8. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu-persatu, penulis sampaikan terima kasih atas bantuannya selama ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman dalam penulisan skripsi ini sehingga masih jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua yang membacanya.

Malang, Juli 2012

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis mempunyai nama lengkap Afif Muzaki Ahsan, dilahirkan di Kabupaten Demak Provinsi Jawa Tengah. Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-kanak Islam Matholi'ul Falah Demak lulus tahun 1990, kemudian melanjutkan SDN Kawung Luwuk IVBogor lulus tahun 1998. Jenjang pendidikan menengah pada SLTPFutuhiyyah Mranggen Demaklulus tahun 2001, dan melanjutkan di SMU KornitaBogor lulus tahun 2004.

Penulis masuk Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru tahun 2006.Selama masa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademik dan keorganisasian. Penulis pernah menjabat sebagai asisten praktikum mata kuliah Geomorfologi dan Analisis Landsekap (GAL), Dasar Penginderaan Jauh (DPJ), Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Sistem Informasi Sumberdaya Lahan dan Dasar Ilmu Tanah (DIT) . Dalam kegiatan keorganisasian, penulis pernah menjabat sebagai AnggotaDepartemen Kerumah tanggaan Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) pada periode 2008-2010.

Penulis juga sering menjadi tenaga pemetaan dalam kegiatan-kegiatan proyek yang ditangani oleh Jurusan Tanah.Selain itu, penulis juga sering terlibat sebagai tenaga pemetaan pada beberapa konsultan pembangunan dan pengembangan, beberapa proyek yang ditangani antara lain : Land Survey di Sumatera Selatan, Survey lahan untuk reboisasi hutan Tahura R. Suryo Pasuruan Jawa Timur (ESP), Survey sumber mata air SeKabupaten Malang (ESP, PPLH-UB), Survey Lahan Tambang Phospat di Gresik, Survey pemetaan desa Kurung Kecamatan Kelayan Kabupaten Pasuruan (LPPM-UB), Survey lahan pengkayaan hutan asuh Yayasan KaliandraSejati dan PT. HM Sampoerna 2009-2010 di lahan hutan Tahura R. Soerjo Jawa Timur, dan kegiatan konservasi tingkat detail di DAS Lesti Jawa Timur.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>RIWAYATHIDUP</b> .....	iv
<b>DAFTARISI</b> .....	v
<b>DAFTARTABEL</b> .....	viii
<b>DAFTARGAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTARLAMPIRAN</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat.....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Banjir.....	4
2.1.1 Pengertian Banjir.....	4
2.1.2 Faktor Penyebab Banjir.....	5
2.2 Daur Hidrologi.....	7
2.3 Debit.....	7
2.4 Rencana Tata Ruang Wilayah.....	8
2.5 Kemampuan Lahan.....	9
2.5.1 Pengertian Kemampuan Lahan.....	9
2.5.2 Klasifikasi Kemampuan Lahan.....	9
2.6 Karakteristik Kabupaten Malang.....	14
2.7 Analisa Spasial dan Data Spasial.....	16
2.8 Metode Rasional.....	18
2.9 Pengertian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi.....	19
2.9.1 Penginderaan Jauh.....	19
2.9.2 Citra Satelit Landsat.....	20
2.9.3 Analisis Penginderaan Jauh untuk Hidrologi.....	20
2.9.4 Sistem Informasi Geografi untuk Hidrologi.....	22
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu.....	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.3.1 Persiapan.....	26
3.3.2 Pengolahan Data Citra Satelit.....	27
3.3.3 Pengolahan Data Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI).....	31
3.3.4 Survei Lapangan.....	32

3.3.5 Pengolahan Data Curah Hujan .....	32
3.3.6 Pengolahan Data Debit Air .....	32
3.3.7 Integrasi Spasial.....	33
3.3.8 Skenario Penggunaan Lahan .....	33
<b>IV. KONDISI UMUM WILAYAH</b>	
4.1 Malang Raya .....	35
4.1.1 Lokasi.....	35
4.1.2 Geologi.....	36
4.1.3 Relief.....	37
4.1.4 Lereng .....	37
4.1.5 Bentuk Lahan.....	38
4.1.6 Hidrologi .....	38
4.1.7 Tanah.....	39
4.1.8 Iklim.....	39
4.1.9 Penggunaan Lahan.....	41
4.2 DAS Kali Konto .....	41
4.2.1 Lokasi.....	41
4.2.2 Geologi.....	43
4.2.3 Relief.....	44
4.2.4 Lereng .....	45
4.2.5 Bentuk Lahan.....	46
4.2.6 Hidrologi .....	48
4.2.7 Tanah.....	49
4.2.8 Iklim.....	51
4.2.9 Penggunaan Lahan.....	53
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
5.1 Debit Puncak Limpasan Permukaan Malang Raya .....	55
5.2 Dasar Skenario .....	56
5.3 Koefisien Aliran Permukaan pada Berbagai Skenario .....	57
5.3.1 Kemiringan Lereng .....	59
5.3.2 Simpanan Air Permukaan .....	60
5.3.3 Infiltrasi Tanah .....	61
5.3.4 Penggunaan Lahan.....	64
5.4 Intensitas Hujan.....	69
5.5 Luasan DAS .....	71
5.6 Debit Puncak Limpasan Permukaan (Q) .....	71
5.6.1 Nilai Q pada Skenario 1 .....	71
5.6.2 Nilai Q pada Skenario 2 .....	71
5.6.3 Nilai Q pada Skenario 3 .....	72
5.6.4 Nilai Q pada Berbagai Skenario .....	72



5.6.4 Perbandingan debit puncak berbagai skenario menggunakan Uji  
T Berpasangan..... 75

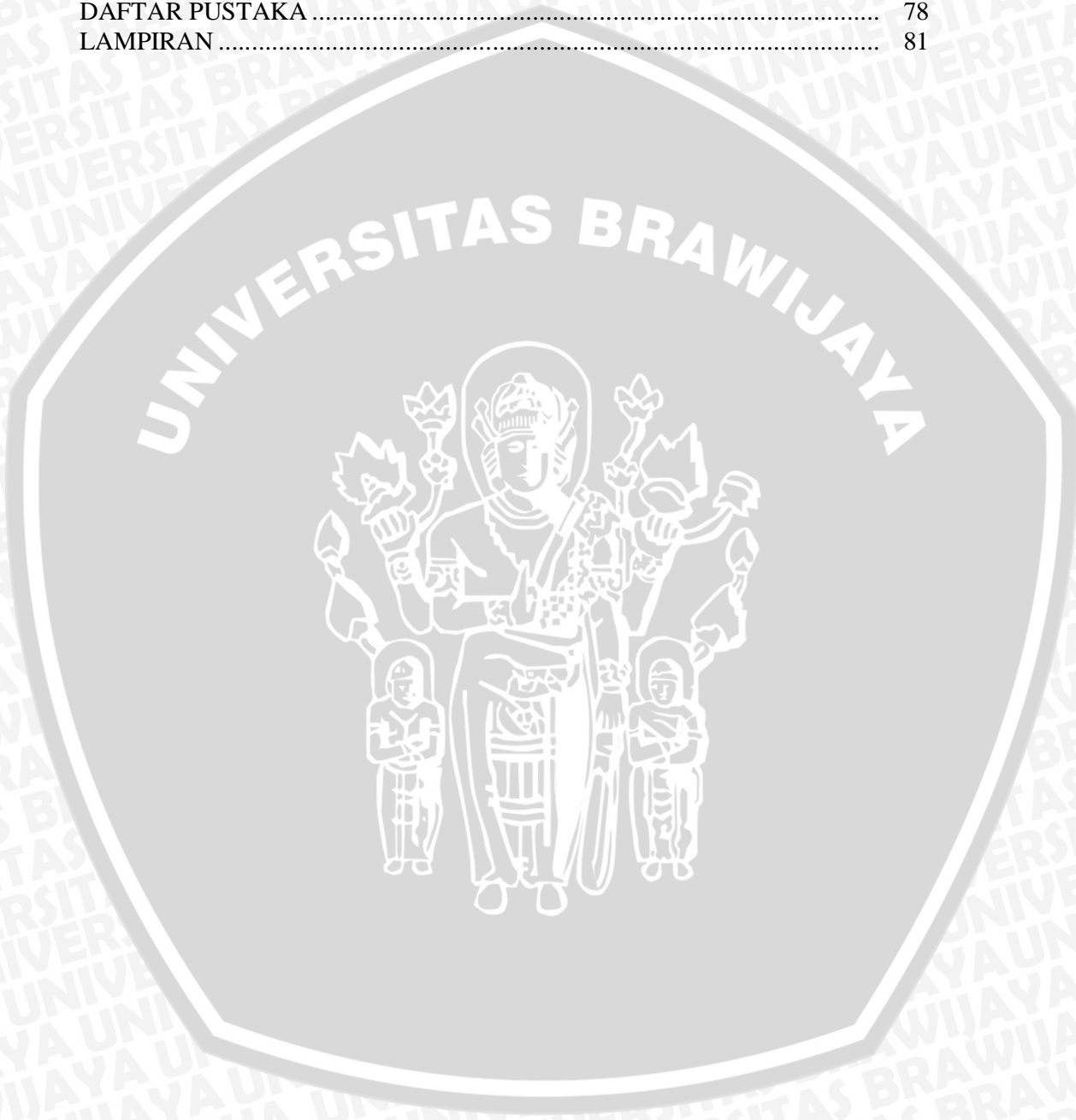
VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan ..... 77

6.2 Saran ..... 77

DAFTAR PUSTAKA ..... 78

LAMPIRAN ..... 81



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.	Alat Penelitian .....	25
Tabel 2.	Bahan Penelitian .....	25
Tabel 3.	Parameter dan Metode Penelitian .....	26
Tabel 4.	Klasifikasi Kemiringan Lereng Menurut Metode Cook's .....	30
Tabel 5.	Klasifikasi Dasar Tutupan Lahan Dengan Nilai Yang Disesuaikan Dengan Klasifikasi Vegetasi Penutup Pada Metode Cook's .....	31
Tabel 6.	Skenario bentuk penggunaan lahan yang digunakan dalam simulasi di DAS Kali Konto .....	33
Tabel 7.	Nilai Q pada beberapa Sub DAS Malang Raya .....	55
Tabel 8.	Klasifikasi dan skoring kelas kemiringan lereng .....	59
Tabel 9.	Klasifikasi simpanan air permukaan berdasarkan kerapatan drainase .....	61
Tabel 10.	Klasifikasi dan skor infiltrasi tanah .....	61
Tabel 11.	Penggunaan lahan sesuai kondisi saat ini .....	65
Tabel 12.	Penggunaan Lahan Sesuai Kemampuan Lahan .....	66
Tabel 13.	Penggunaan Lahan Sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah .....	69
Tabel 14.	Sebaran nilai pada setiap desa pada berbagai skenario penggunaan lahan .....	74
Tabel 15.	Hasil Uji T berpasangan .....	75

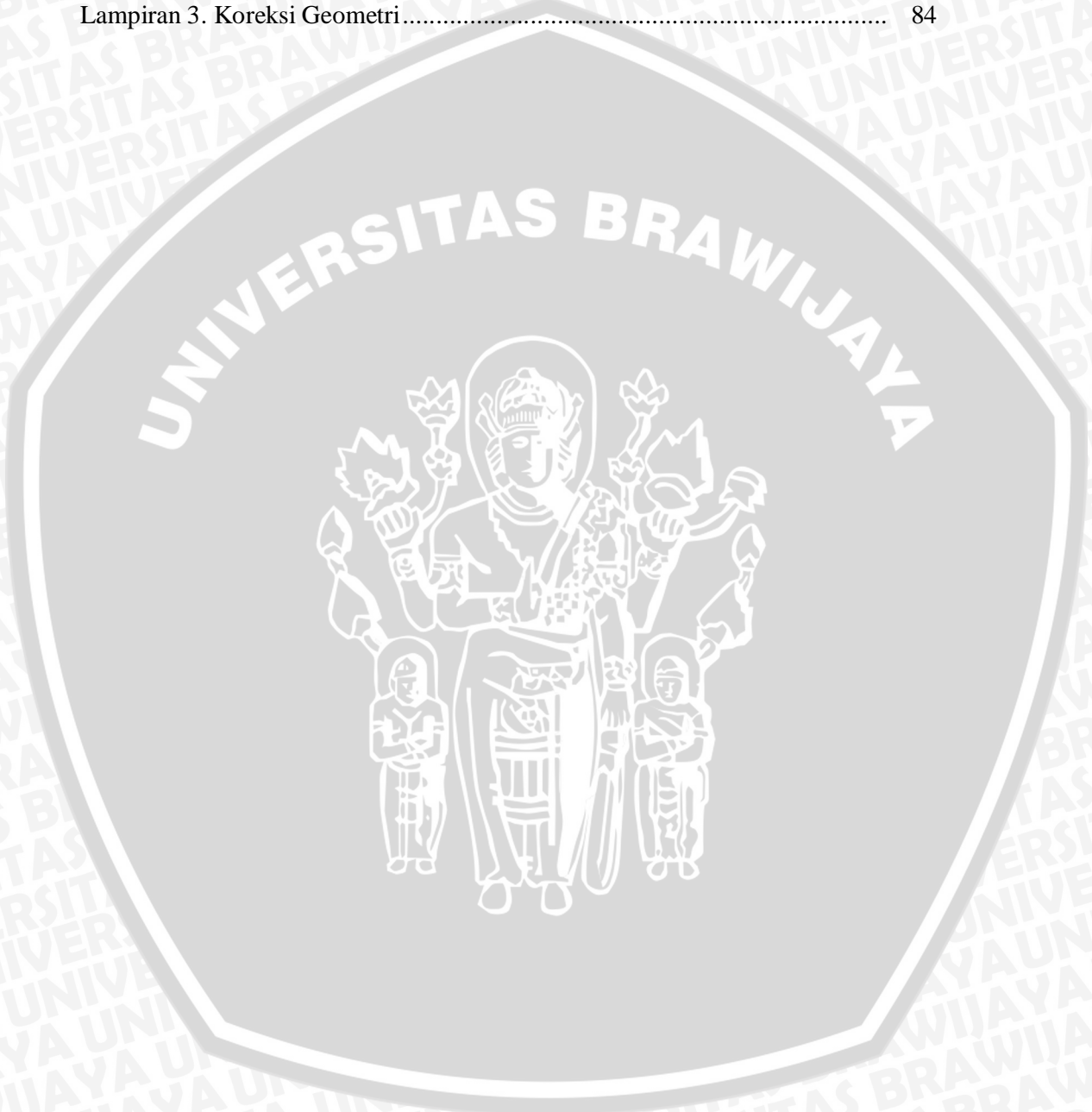


## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.	Alur Pikir .....	3
Gambar 2.	Peta lokasi penelitian .....	24
Gambar 3.	Peta Titik Pengamatan .....	27
Gambar 4.	Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 5.	Peta Lokasi Kabupaten Malang .....	35
Gambar 6.	Peta Interpolasi Curah Hujan Kabupaten Malang .....	40
Gambar 7.	Grafik Curah Hujan Bulanan Kabupaten Malang .....	40
Gambar 8.	Peta Administrasi DAS Kali Konto .....	42
Gambar 9.	Peta Geologi DAS Kali Konto .....	44
Gambar 10.	Peta Ketinggian Tempat DAS Kali Konto .....	45
Gambar 11.	Peta Kelerengan DAS Kali Konto .....	46
Gambar 12.	Peta Bentuk Lahan DAS Kali Konto .....	47
Gambar 13.	Peta Hidrologi DAS Kali Konto .....	49
Gambar 14.	Peta Jenis Tanah DAS Kali Konto .....	50
Gambar 15.	Peta Interpolasi Curah Hujan DAS Kali Konto .....	52
Gambar 16.	Peta Penggunaan Lahan DAS Kali Konto .....	54
Gambar 17.	Grafik rerata koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario bentuk penggunaan lahan di DAS Konto .....	58
Gambar 18.	Grafik karakteristik DAS Konto berdasarkan koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario .....	59
Gambar 19.	Grafik kelas kemiringan lereng di DAS Konto .....	60
Gambar 20.	Grafik semivariogram berdasarkan besarnya infiltrasi pada setiap titik sampel di DAS Konto .....	63
Gambar 21.	Peta Infiltrasi DAS Konto .....	63
Gambar 22.	Grafik kelas infiltrasi DAS Konto .....	64
Gambar 23.	Peta penggunaan lahan DAS Konto berdasarkan klasifikasi landsat ETM 2006 .....	65
Gambar 24.	Peta kelas kemampuan lahan DAS Konto .....	67
Gambar 25.	Peta arahan penggunaan lahan sesuai kemampuan lahan .....	68
Gambar 26.	Peta penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah .....	70
Gambar 27.	Grafik intensitas hujan bulanan di DAS Konto .....	70
Gambar 28.	Grafik debit puncak limpasan permukaan pada berbagai skenario .....	72
Gambar 29.	Sebaran limpasan permukaan pada berbagai skenario .....	73

### DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Import Data.....	81
Lampiran 2.	Koreksi Radiometri.....	82
Lampiran 3.	Koreksi Geometri.....	84



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kabupaten Malang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang mempunyai potensi sumber daya air sangat besar. Hal ini teridentifikasi dengan kondisi hidrologi yang dipengaruhi oleh banyak Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti Lesti, Brantas, Amprong dan Konto yang bagian hulu berupa pegunungan dan perbukitan serta digunakan sebagai hutan. DAS tersebut banyak sekali manfaatnya, meskipun begitu seringkali juga dapat mendatangkan bencana yaitu berupa banjir dan longsor (Gambar 1).

Peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan populasi dan kebutuhan sandang pangan dan papantidak sebanding dengan ketersediaan lahan, ketersediaan lapangan kerja serta minimnya keterampilan dan rendahnya tingkat pendidikan. Hal ini mendorong masyarakat mengeksploitasi sumberdaya alam melalui pembalakan hutan (*forest logging*), pengurangan areal tegakan hutan (*deforestasi*) dan pembukaan lahan pertanian baru yang intensif pada kawasan hulu daerah aliran sungai (DAS) tanpa menggunakan kaidah konservasi mengakibatkan tanah rentan terhadap erosi dan tanah longsor yang berperan mempercepat proses terjadinya banjir di kawasan hilir DAS.

Perubahan penggunaan lahan yang paling besar pengaruhnya terhadap peningkatan nilai koefisien aliran permukaan yang berdampak pada peningkatan debit puncak adalah perubahan dari kawasan hutan ke penggunaan lahan lainnya seperti pertanian, perumahan atau industri. Sub DAS Brantas hulu merupakan salah satu Sub DAS yang mengalami perkembangan yang berkaitan perubahan penggunaan lahan dari penggunaan lahan agraris menjadi lahan non agraris. Sehingga nilai koefisien aliran permukaan dan debit puncak akan cenderung terjadi peningkatan.

Oleh sebab itu perlu adanya kegiatan mitigasi bahaya banjir. Hal ini perlu untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh banjir. Salah satu bentuk mitigasi tersebut adalah estimasi daerah sumber banjir. Estimasi daerah sumber banjir diperlukan dalam rangka memberikan sebuah "early warning system" bagi masyarakat mengenai lokasi-lokasi yang dianggap berpotensi tinggi terhadap

penyebab banjir. Sehingga, diharapkan dari informasi tersebut dapat dilakukan langkah-langkah yang tepat bagi perencanaan tata ruang untuk memperbaiki lingkungan agar dapat meminimalisir terjadinya banjir secara efektif.

Penginderaan jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografis) memberikan kemudahan untuk analisis data spasial dalam upaya estimasi daerah sumber banjir. Dalam memperkirakan debit banjir, metode yang digunakan adalah Metode Rasional. Keunggulan metode ini adalah parameter yang digunakan dapat mewakili kondisi di alam seperti koefisien aliran permukaan, intensitas hujan dan luas DAS. Kurva frekuensi intensitas lamanya digunakan untuk perhitungan limpasan (*run off*) dengan rumus rasional dan untuk perhitungan debit puncak.

### **1.2 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

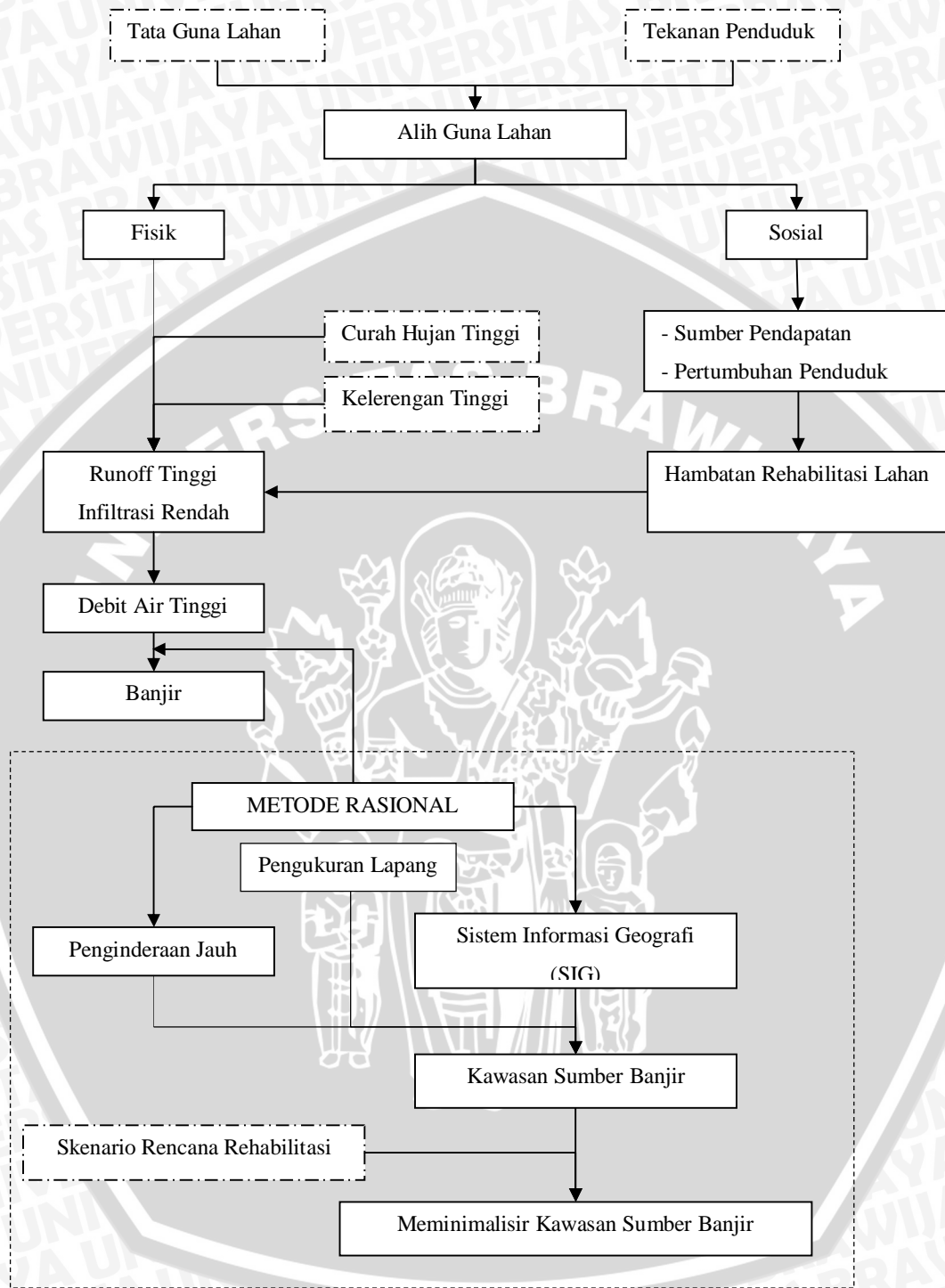
- Mengetahui sebaran wilayah sumber banjir di DAS Kali Konto
- Menentukan penggunaan lahan yang optimal dari aspek hidrologi sebagai upaya mitigasi bahaya banjir

### **1.3 Pertanyaan Penelitian**

- Apakah wilayah dengan penggunaan lahan non hutan menjadi sumber banjir di DAS Kali Konto?
- Bagaimanakah tata guna lahan yang optimal dari aspek hidrologi sebagai dasar upaya mitigasi banjir ?

### **1.4 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang sebaran daerah sumber banjir di DAS Kali Konto dan pengaruhnya terhadap daerah pertanian dan lingkungan sekitar secara spasial. Selain itu juga sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan mitigasi dan rencana pemanfaatan serta pengelolaan wilayah sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil kebijakan dalam pengelolaan wilayah dan mengambil keputusan dalam mitigasi bencana.



Gambar 1. Alur Pikir



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Banjir

#### 2.1.1 Pengertian Banjir

Banjir adalah luapan air sungai yang menyebabkan tergenangnya daerahsungai, semakin tinggi luapan air sungai maka daerah yang tergenang semakin luas. Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (2002), Banjir merupakan proses meluapnya air sungai ke daratan sehingga dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat menimbulkan korban jiwa. Banjir dapat merusak bangunan, sarana dan prasarana, lingkungan hidup serta merusak tata kehidupan masyarakat, maka sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan.

Menurut Isnugroho (2006), banjir adalah kawasan yang sering atau berpotensi tinggi mengalami bencana banjir sesuai karakteristik penyebab banjir, kawasan tersebut dapat dikategorikan menjadi empat tipologi antara lain: a) daerah pantai; b) daerah dataran banjir (*Floodplain Area*); c) daerah sempadan sungai; dan d) daerah cekungan.

##### a. Daerah Pantai

Daerah pantai merupakan daerah yang rawan banjir karena daerah tersebut merupakan dataran rendah yang elevasi permukaan tanahnya lebih rendah atau sama dengan elevasi air laut pasang rata-rata (*mean sea level*) dan tempat bermuaranya sungai yang biasanya mempunyai permasalahan penyumbatan muara. Contoh daerah pantai untuk daerah Kabupaten Malang seperti daerah Kecamatan Donomulyo, Kecamatan Bantur, Kecamatan Tirtoyudo dan Kecamatan Sumbermanjing.

##### b. Daerah Dataran Banjir

Daerah dataran banjir (*Floodplain Area*) adalah daerah di kanan-kiri sungai yang muka tanahnya sangat landai dan relatif datar, sehingga aliran air menuju sungai sangat lambat yang mengakibatkan daerah tersebut rawan terhadap banjir baik oleh luapan air sungai maupun karena hujan lokal. Kawasan ini umumnya terbentuk dari endapan lumpur yang sangat subur sehingga merupakan



daerah pengembangan seperti perkotaan, pertanian, permukiman dan pusat kegiatan perekonomian, perdagangan, industri, dan lain sebagainya. Daerah dataran banjir seperti daerah Kecamatan Turen, Kecamatan Sumber Pucung, Kecamatan Gondanglegi dan Kecamatan Kepanjen.

c. Daerah Sempadan Sungai

Daerah ini merupakan kawasan rawan banjir. Pada kawasan perkotaan yang padat penduduk, daerah sempadan sungai sering dimanfaatkan oleh manusia sebagai tempat hunian dan kegiatan usaha sehingga apabila terjadi banjir akan menimbulkan dampak bencana yang membahayakan jiwa dan harta benda. Contohnya seperti daerah Kecamatan Kepanjen, Kecamatan Sukun dan Kecamatan Lowokwaru.

d. Daerah Cekungan.

Daerah cekungan merupakan daerah yang relatif cukup luas baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Apabila penataan kawasan tidak terkendali dan sistem drainase yang kurang memadai, dapat menjadi daerah rawan banjir. Seperti daerah Kecamatan Tirtoyudo.

### 2.1.2 Faktor Penyebab Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab terjadinya banjir pada suatu daerah, diantaranya adalah perubahan fungsi lahan yang semakin tinggi, perubahan lingkungan yang meliputi perubahan iklim, kondisi geomorfologi, kondisi geologi dan perubahan tata ruang. Selain itu perubahan perilaku masyarakat yang cenderung konsumtif juga dapat menyebabkan terjadinya bencana banjir. Faktor penyebab banjir yaitu : a) Infiltrasi Tanah; b) Kemiringan Lereng; dan c) Penggunaan Lahan.

a. Infiltrasi Tanah

Infiltrasi tanah adalah perjalanan air kedalam tanah sebagai akibat gaya kapiler dan grafitasi. Proses terjadinya infiltrasi melibatkan beberapa proses yang saling berhubungan yaitu proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah, tertampungnya air hujan tersebut kedalam tanah dan proses mengalirnya air

tersebut ke tempat lain yang dipengaruhi oleh tekstur, struktur, kelembaban, organisme, kedalaman solum dan vegetasi (Asdak, 2004).

Semakin lambat laju infiltrasi tanah maka potensi terjadinya aliran permukaan semakin besar. Apabila air yang masuk ke dalam tanah semakin besar maka air yang mengalir pada permukaan tanah akan semakin rendah dan itu bisa mengurangi terjadinya banjir.

Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah melalui kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah serta merupakan satu-satunya sifat fisik tanah yang tetap dan tidak mudah diubah oleh tangan manusia jika tidak ditambah dari tempat lain. Besarnya laju infiltrasi tanah pada lahan tak bervegetasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas hujan, sedangkan pada kawasan lahan bervegetasi, besarnya laju infiltrasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas curah hujan efektif (Asdak, 2004).

Tekstur tanah semakin berpasir maka semakin besar infiltrasinya, karena daya ikat antar partikelnya semakin kecil maka air yang masuk ke dalam tanah semakin besar.

#### b. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Kemiringan lereng semakin besar maka mengakibatkan limpasan yang lebih besar pula. Hal tersebut terjadi karena semakin besar kemiringan lereng maka air yang jatuh ke permukaan tanah langsung mengalir ke tempat yang lebih rendah.

#### c. Penggunaan Lahan

Jika dihubungkan dengan proses hidrologi, vegetasi penutup menentukan nilai koefisien limpasan ( $C$ ) yang merupakan penentu besar-kecilnya debit aliran. Daerah tutupan lahan menentukan banyak air yang jatuh ke permukaan

tanah, maka apabila tutupan lahannya semakin rendah maka air yang jatuh ke permukaan tanah semakin besar dan debit aliran akan semakin tinggi.

## 2.2 Daur Hidrologi

Asdak (2004) menyatakan bahwa daur hidrologi merupakan perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer, kemudian menuju permukaan tanah dan selanjutnya kembali lagi ke laut tanpa pernah berhenti. Air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia maupun makhluk hidup lainnya. Dalam daur hidrologi, energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, serta di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air tersebut akan terkondensasi dan kemudian turun sebagai hujan.

Dalam perputarannya sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian air akan tersimpan di permukaan tajuk, dan sebagian akan jatuh ke permukaan tanah melalui sela-sela daun (*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (*stemflow*). Namun ada juga air hujan ini yang tidak akan sampai di permukaan tanah melainkan akan kembali mengalami evaporasi kembali ke atmosfer (*interception loss*).

## 2.3 Debit

Debit banjir secara umum adalah banyaknya air yang mengalir persatuan waktu dari suatu sumber mata air. *Debit banjir* adalah banyaknya air yang mengakibatkan banjir yang mengalir persatuan waktu dari suatu sumber air. *Debit puncak banjir maksimum* adalah debit banjir maksimum dalam kurun waktu satu tahun. Debit banjir pada setiap profil sungai merupakan data yang paling penting untuk perencanaan, perbaikan, dan pengaturan sungai. Data debit dari sungai-sungai yang akan ditangani biasanya kurang mencukupi, sehingga data debit banjir dibutuhkan dalam pengendalian banjir atau untuk mengetahui debit suatu anak sungai. Debit puncak banjir dihitung dengan menggunakan *hidrograf satuan*. Hidrograf satuan adalah suatu hidrograf tipikal untuk daerah aliran sungai (Linsley, R. K, 1996:200). Pengukuran debit memerlukan penentuan kecepatan-

kecepatan titik yang cukup jumlahnya, sehingga perhitungan kecepatan rata-rata aliran dapat dilakukan. Debit total diberikan melalui perkalian luas penampang dan kecepatan rata-rata (Linsley, R. K, 1996:97).

Debit sungai merupakan volume air yang dialirkan melalui suatu penampang pada satuan waktutertentu. Estimasi debit dengan menggunakan metode rasional merupakan suatu pendekatan yang biasa dilakukan, dan hal ini biasa diterapkan pada suatu DAS atau sub-DAS. Metode ini sederhana dan mudah diterapkan. Perlu pula untuk dicatat bahwa persyaratan data untuk metode rasional pada umumnya sama dengan yang diperlukan untuk mengembangkan hidrograf limpasan permukaan dengan menggunakan teori hidrograf satuan (ITC, 2002; Water Ware Consultant, 2007).

#### **2.4 Rencana Tata Ruang Wilayah**

Rencana Tata Ruang Wilayah adalah rencana tata ruang yang meliputi penetapan kawasan lindung, kawasan budidaya, sistem transportasi, rencana pusat pemukiman, pengaturan kawasan dan pengembangan kawasan tertentu.

Menurut (Indra Sukaryono, 2008) Rencana Tata Ruang Wilayah adalah wujud formal kebijakan, rencana, dan program (KRP) acuan yang mengatur penataan ruang sebuah wilayah tertentu. Dalam pelaksanaannya, perbedaan cara penanganan dan karakteristik khusus sebuah satuan wilayah membedakan jenis Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) tersebut. Sebuah RTRW yang mengatur satuan wilayah yang luas memuat arahan dan acuan yang lebih strategis dan umum daripada RTRW yang mengatur satuan wilayah yang lebih kecil. Akibatnya, semakin luas wilayah yang diatur, semakin panjang dimensi kerangka waktu (time-frame) yang bisa dicakup aturan tersebut. Oleh sebab itu, hirarki RTRW yang disusun berdasarkan luasan wilayah sebenarnya juga mencerminkan hirarki operasionalitas arahan yang dimuat. Sebuah RTRW skala nasional sebenarnya memuat kebijakan-kebijakan, sementara RTRW skala kawasan lebih banyak memuat kumpulan program. Perbedaan-perbedaan ini mempengaruhi pola pemahaman mengenai bagaimana aspek-aspek lingkungan hidup diterapkan dalam muatan RTRW yang berbeda jenjangnya.

## 2.5 Kemampuan Lahan

### 2.5.1 Pengertian Kemampuan Lahan

Kemampuan lahan adalah kemampuan suatu lahan untuk digunakan sebagai usaha pertanian yang paling intensif yang termasuk juga tindakan pengelolaannya tanpa menyebabkan tanahnya menjadi rusak dalam jangka waktu yang terbatas (Panduan Praktikum Lapangan Teknologi Konservasi Sumberdaya Lahan, 2011).

Lahan yang mempunyai kemampuan yang baik memiliki sifat fisik dan kimia yang sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga akan mampu mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman secara optimal dan berkesinambungan (Akbar, 2009).

### 2.5.2 Klasifikasi Kemampuan Lahan

Klasifikasi kemampuan lahan adalah klasifikasi lahan yang dilakukan dengan metode faktor penghambat. Dengan metode ini setiap kualitas lahan atau sifat-sifat lahan diurutkan dari yang terbaik sampai yang terburuk atau dari yang paling kecil hambatan atau ancamannya sampai yang terbesar. Kemudian disusun tabel kriteria untuk setiap kelas; penghambat yang terkecil untuk kelas yang terbaik dan berurutan semakin besar hambatan semakin rendah kelasnya (Sitana Arsya, 2006).

Sistem klasifikasi kemampuan lahan yang banyak dipakai di Indonesia dikemukakan oleh Hockensmith dan Steele (1943). Menurut sistem ini lahan dikelompokkan dalam tiga kategori umum yaitu Kelas, Subkelas dan Satuan Kemampuan (*capability units*) atau Satuan pengelompokan (*management unit*). Pengelompokan di dalam kelas didasarkan atas intensitas faktor penghambat. Jadi kelas kemampuan adalah kelompok unit lahan yang memiliki tingkat pembatas atau penghambat (*degree of limitation*) yang sama jika digunakan untuk pertanian yang umum (Sys *et al.*, 1991). Tanah dikelompokkan dalam delapan kelas yang ditandai dengan huruf Romawi dari I sampai VIII. Ancaman kerusakan atau hambatan meningkat berturut-turut dari Kelas I sampai kelas VIII.

Tanah pada kelas I sampai IV dengan pengelolaan yang baik mampu menghasilkan dan sesuai untuk berbagai penggunaan seperti untuk penanaman tanaman pertanian umumnya (tanaman semusim dan setahun), rumput untuk pakan ternak, padang rumput atau hutan. Tanah pada Kelas V, VI, dan VII sesuai untuk padang rumput, tanaman pohon-pohonan atau vegetasi alami. Dalam beberapa hal tanah Kelas V dan VI dapat menghasilkan dan menguntungkan untuk beberapa jenis tanaman tertentu seperti buah-buahan, tanaman hias atau bunga-bunga dan bahkan jenis sayuran bernilai tinggi dengan pengelolaan dan tindakan konservasi tanah dan air yang baik. Tanah dalam lahan Kelas VIII sebaiknya dibiarkan dalam keadaan alami.

Kelas kemampuan lahan dibagi menjadi 8 kelas, yaitu : 1) Kelas Kemampuan Lahan I; 2) Kelas Kemampuan Lahan II; 3) Kelas Kemampuan Lahan III; 4) Kelas Kemampuan Lahan IV; 5) Kelas Kemampuan Lahan V; 6) Kelas Kemampuan Lahan VI; 7) Kelas Kemampuan Lahan VII; dan 8) Kelas Kemampuan Lahan VIII.

#### 1. Kelas Kemampuan I

Lahan kelas kemampuan I mempunyai sedikit penghambat yang membatasi penggunaannya. Lahan kelas I sesuai untuk berbagai penggunaan pertanian, mulai dari tanaman semusim (dan tanaman pertanian pada umumnya), tanaman rumput, padang rumputm hutan produksi, dan cagar alam. Tanah-tanah dalam kelas kemampuan I mempunyai salah satu atau kombinasi sifat dan kualitas sebagai berikut: (1) terletak pada topografi datar (kemiringan lereng < 3%), (2) kepekaan erosi sangat rendah sampai rendah, (3) tidak mengalami erosi, (4) mempunyai kedalaman efektif yang dalam, (5) umumnya berdrainase baik, (6) mudah diolah, (7) kapasitas menahan air baik, (8) subur atau responsif terhadap pemupukan, (9) tidak terancam banjir, (10) di bawah iklim setempat yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman umumnya.

#### 2. Kelas Kemampuan II

Tanah-tanah dalam lahan kelas kemampuan II memiliki beberapa hambatan atau ancaman kerusakan yang mengurangi pilihan penggunaannya atau mengakibatkannya memerlukan tindakan konservasi yang sedang. Lahan

kelas II memerlukan pengelolaan yang hati-hati, termasuk di dalamnya tindakan-tindakan konservasi untuk mencegah kerusakan atau memperbaiki hubungan air dan udara jika tanah diusahakan untuk pertanian tanaman semusim. Hambatan pada lahan kelas II sedikit, dan tindakan yang diperlukan mudah diterapkan. Tanah-tanah ini sesuai untuk penggunaan tanaman semusim, tanaman rumput, padang penggembalaan, hutan produksi dan cagar alam.

Hambatan atau ancaman kerusakan pada lahan kelas II adalah salah satu atau kombinasi dari faktor berikut: (1) lereng yang landai atau berombak (>3 % – 8 %), (2) kepekaan erosi atau tingkat erosi sedang, (3) kedalaman efektif sedang (4) struktur tanah dan daya olah kurang baik, (5) salinitas sedikit sampai sedang atau terdapat garam Natrium yang mudah dihilangkan akan tetapi besar kemungkinannya timbul kembali, (6) kadang-kadang terkena banjir yang merusak, (7) kelebihan air dapat diperbaiki dengan drainase, akan tetapi tetap ada sebagai pembatas yang sedang tingkatannya, atau (8) keadaan iklim agak kurang sesuai bagi tanaman atau pengelolannya.

### 3. Kelas Kemampuan III

Tanah-tanah dalam kelas III mempunyai hambatan yang berat yang mengurangi pilihan penggunaan atau memerlukan tindakan konservasi khusus atau keduanya. Tanah-tanah dalam lahan kelas III mempunyai pembatas yang lebih berat dari tanah-tanah kelas II dan jika digunakan bagi tanaman yang memerlukan pengolahan tanah, tindakan konservasi yang diperlukan biasanya lebih sulit diterapkan dan dipelihara. Lahan kelas III dapat digunakan untuk tanaman semusim dan tanaman yang memerlukan pengolahan tanah, tanaman rumput, padang rumput, hutan produksi, hutan lindung dan suaka marga satwa.

Hambatan yang terdapat pada tanah dalam lahan kelas III membatasi lama penggunaannya bagi tanaman semusim, waktu pengolahan, pilihan tanaman atau kombinasi pembatas-pembatas tersebut. Hambatan atau ancaman kerusakan mungkin disebabkan oleh salah satu atau beberapa hal berikut: (1) lereng yang agak miring atau bergelombang (>8 – 15%), (2) kepekaan erosi agak tinggi sampai tinggi atau telah mengalami erosi sedang, (3) selama satu bulan setiap tahun dilanda banjir selama waktu lebih dari 24 jam, (4) lapisan bawah tanah

yang permeabilitasnya agak cepat, (5) kedalamannya dangkal terhadap batuan, lapisan padas keras (*hardpan*), lapisan padas rapuh (*fragipan*) atau lapisan liat padat (*claypan*) yang membatasi perakaran dan kapasitas simpanan air, (6) terlalu basah atau masih terus jenuh air setelah didrainase, (7) kapasitas menahan air rendah, (8) salinitas atau kandungan natrium sedang, (9) kerikil dan batuan di permukaan sedang, atau (1) hambatan iklim yang agak besar.

#### 4. Kelas kemampuan IV

Hambatan dan ancaman kerusakan pada tanah-tanah di dalam lahan kelas IV lebih besar dari pada tanah-tanah di dalam kelas III, dan pilihan tanaman juga lebih terbatas. Jika digunakan untuk tanaman semusim diperlukan pengelolaan yang lebih hati-hati dan tindakan konservasi yang lebih sulit diterapkan dan dipelihara, seperti teras bangku, saluran bervegetasi dan dam penghambat, disamping tindakan yang dilakukan untuk memelihara kesuburan dan kondisi fisik tanah. Tanah di dalam kelas IV dapat digunakan untuk tanaman semusim dan tanaman pertanian dan pada umumnya, tanaman rumput, hutan produksi, padang penggembalaan, hutan lindung dan cagar alam.

Hambatan atau ancaman kerusakan tanah-tanah di dalam kelas IV disebabkan oleh salah satu atau kombinasi faktor-faktor berikut: (1) lereng yang miring atau berbukit ( $> 15\% - 30\%$ ), (2) kepekaan erosi yang sangat tinggi, (3) pengaruh bekas erosi yang agak berat yang telah terjadi, (4) tanahnya dangkal, (5) kapasitas menahan air yang rendah, (6) selama 2 sampai 5 bulan dalam setahun dilanda banjir yang lamanya lebih dari 24 jam, (7) kelebihan air bebas dan ancaman penjenuhan atau penggenangan terus terjadi setelah didrainase (drainase buruk), (8) terdapat banyak kerikil atau batuan di permukaan tanah, (9) salinitas atau kandungan Natrium yang tinggi (pengaruhnya hebat), dan/atau (1) keadaan iklim yang kurang menguntungkan.

#### 5. Kelas Kemampuan V

Tanah-tanah di dalam lahan kelas V tidak terancam erosi akan tetapi mempunyai hambatan lain yang tidak praktis untuk dihilangkan yang membatasi pilihan penggunaannya sehingga hanya sesuai untuk tanaman rumput, padang penggembalaan, hutan produksi atau hutan lindung dan cagar alam.



Tanah-tanah di dalam kelas V mempunyai hambatan yang membatasi pilihan macam penggunaan dan tanaman, dan menghambat pengolahan tanah bagi tanaman semusim. Tanah-tanah ini terletak pada topografi datar tetapi tergenang air, selalu terlanda banjir, atau berbatu-batu (lebih dari 90 % permukaan tanah tertutup kerikil atau batuan) atau iklim yang kurang sesuai, atau mempunyai kombinasi hambatan tersebut.

Contoh tanah kelas V adalah: (1) tanah-tanah yang sering dilanda banjir sehingga sulit digunakan untuk penanaman tanaman semusim secara normal, (2) tanah-tanah datar yang berada di bawah iklim yang tidak memungkinkan produksi tanaman secara normal, (3) tanah datar atau hampir datar yang > 90% permukaannya tertutup batuan atau kerikil, dan atau (4) tanah-tanah yang tergenang yang tidak layak didrainase untuk tanaman semusim, tetapi dapat ditumbuhi rumput atau pohon-pohonan.

#### 6. Kelas Kemampuan VI

Tanah-tanah dalam lahan kelas VI mempunyai hambatan yang berat yang menyebabkan tanah-tanah ini tidak sesuai untuk penggunaan pertanian. Penggunaannya terbatas untuk tanaman rumput atau padang penggembalaan, hutan produksi, hutan lindung, atau cagar alam. Tanah-tanah dalam lahan kelas VI mempunyai pembatas atau ancaman kerusakan yang tidak dapat dihilangkan, berupa salah satu atau kombinasi faktor-faktor berikut: (1) terletak pada lereng agak curam (>30% – 45%), (2) telah tererosi berat, (3) kedalaman tanah sangat dangkal, (4) mengandung garam laut atau Natrium (berpengaruh hebat), (5) daerah perakaran sangat dangkal, atau (6) iklim yang tidak sesuai.

Tanah-tanah kelas VI yang terletak pada lereng agak curam jika digunakan untuk penggembalaan dan hutan produksi harus dikelola dengan baik untuk menghindari erosi. Beberapa tanah di dalam lahan kelas VI yang daerah perakarannya dalam, tetapi terletak pada lereng agak curam dapat digunakan untuk tanaman semusim dengan tindakan konservasi yang berat seperti, pembuatan teras bangku yang baik.

#### 7. Kelas Kemampuan VII

Lahan kelas VII tidak sesuai untuk budidaya pertanian, Jika digunakan untuk padanag rumput atau hutan produksi harus dilakukan dengan usaha pencegahan erosi yang berat. Tanah-tanah dalam lahan kelas VII yang dalam dan tidak peka erosi jika digunakan unuk tanaman pertanian harus dibuat teras bangku yang ditunjang dengan cara-cera vegetatif untuk konserbvasi tanah , disamping yindkan pemupukan. Tanah-tanah kelas VII mempunuaio bebetapa hambatan atyai ancaman kerusakan yang berat da tidak dapatdihiangkan seperti (1) terletak pada lereng yang curam ( $>45\% - 65\%$ ), dan / atau (2) telah tererosi sangat berat berupa erosi parit yang sulit diperbaiki.

#### 8. Kelas kemampuan VIII

Lahan kelas VIII tidak sesuai untuk budidaya pertanian, tetapi lebih sesuai untuk dibiarkan dalam keadaan alami.Lahan kelas VIII bermanfaat sebagai hutan lindung, tempat rekreasi atau cagar alam. Pembatas atau ancaman kerusakan pada lahan kelas VIII dapat berupa: (1) terletak pada lereng yuang sangat curam ( $>65\%$ ), atau (2) berbatu atau kerikil (lebih dari 90% volume tanah terdiri dari batu atau kerikil atau lebih dari 90% permukaan lahan tertutup batuan), dan (3) kapasitas menahan air sangat rendah. Contoh lahan kelas VIII adalah puncak gunung, tanah mati, batu terungkap, dan pantai pasir.

### 2.6 Karakteristik Kabupaten Malang

Kabupaten Malang secara administratif terletak di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Malang secara geografis terletak pada  $112^{\circ} 23' 00''$  sampai  $112^{\circ} 52' 00''$  Bujur Timur  $7^{\circ} 43' 00''$  sampai  $8^{\circ} 27' 00''$  Lintang Selatan. Kabupaten Malang dibatasi oleh Kabupaten Jombang, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan di sebelah utara. Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Lumajang di sebelah timur. Samudera Hindia di sebelah selatan. Kabupaten Kediri dan Kabupaten Blitar di sebelah barat.

Secara umum tanah yang berkembang di Kabupaten Malang berkembang dari bahan vulkanik hasil gunung api, yang dipengaruhi oleh Gunung Arjuno dan Gunung Anjasmoro di sebelah utara. Bagian timur oleh Pegunungan Tengger dan

Gunung Semeru. Bagian barat oleh Gunung Kawi dan Gunung Kelud. Selain itu berkembang dari sedimentasi di dataran aluvial dan sebagian perbukitan karst.

Kabupaten Malang tersusun atas beberapa bahan induk Batuan Gunungapi Anjasmoro Tua (Qpat), tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf breksi, tuf dan lava. Satuan ini diduga sebagai alas dari Batuan Gunungapi Kuartar Bawah dan diperkirakan berumur Plistosen Awal - Tengah; hal itu berdasarkan adanya singkapan dari Batuan Gunungapi Anjasmoro Tua yang tertindih takselaras langsung oleh Batuan Gunungapi Arjuna-Welirang yang berumur Plistosen Akhir. Batuan gunungapi ini tertindih oleh Batuan Gunungapi Anjasmoro Muda dan Batuan Gunungapi Panderman,

Batuan Gunungapi Kawi-Butak (Qpkb), satuan ini termasuk dalam batuan gunungapi kuartar tengah yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf lava, aglomerat dan lahar. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir bagian awal, tertindih oleh Batuan Gunungapi Kuartar yang lebih muda dan Tuf Malang,

Batuan Gunungapi Anjasmara Muda (Qpva), merupakan batuan gunungapi kuartar bawah yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf breksi, lava, tuf dan aglomerat. Lava yang menyusun merupakan sisipan melidah dalam breksi dengan tebal beberapa meter. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Tengah, berdasarkan kedudukan stratigrafinya yang tertindih oleh Batuan Gunungapi Kuartar Tengah,

Batuan Gunungapi Arjuna Welirang (Qvaw), merupakan satuan geologi yang terbentuk dari bahan vulkanik yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf.

Batuan Gunungapi Panderman (Qvp), satuan ini termasuk ke dalam batuan gunung api kuartar atas yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat dan lahar. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir-Holosen. Batuan Gunungapi Panderman merupakan parasit pada lereng timur laut dari Gunung Kawi-Butak, berbentuk kerucut (lateral eruption).

Formasi Campurdarat (Tmcl), umumnya berupa batu gamping kristalin/hablur yang penyebarannya paling luas di plato kars, sisipan batulempung berkarbon.

Formasi Wuni (Tmw), Breksi gunungapi, tuf, batupasir, batulanau, yang umumnya tufan, sisipan batugamping, Breksi gunung api dijumpai di banyak tempat di daerah plato kars.

Formasi Nampol (Tmn), Perulangan batulempung, batupasir, dan tuf, sisipan konglomerat dan breksi, setempat batugamping, penyebaran batulempung-batupasir.

Formasi Wonosari (Tmwl), Batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping berkeping, batugamping pasiran kasar, batugamping tufan dan napal, batugamping dan sama seperti Formasi Campurdarat membentuk kenampakan karst.

Endapan Tuf Malang merupakan endapan merupakan endapan epiklastika dari hasil rumbakan batuan gunung api tua, yang menindih batuan gunung api gendis dan batuan gunung api buring. Sebarannya cukup luas, terdampar di sekitar kota Malang, dan meluas kearah selatan pada lembar turen. Nama Tuf malang merupakan nama baru yang diusulkan dalam laporan ini. Nama lainnya ialah “Endapan tuf Vulkanik” (Suyanto, 1978)

Menurut Anonymous 2008, kondisi geologi yang mendukung untuk terjadinya banjir adalah batuan breksi laharik, breksi vulkanik yang telah lapuk menjadi lempung berpasir hingga pasir berlempung, mengandung kerikil, hingga bongkah bersifat porous dan bersifat lepas, dan batuan breksi vulkanik yang dapat menjadi bidang gelincir gerakan tanah.

## 2.7 Analisa Spasial dan Data Spasial

Prahasta (2003) menyebutkan bahwa analisa spasial adalah teknik atau metode pemodelan sistem, fisik dan matematis yang sangat intensif berurusan dengan data-data koordiat-koordinat geometri serta hubungan unsur-unsur tersebut dengan unsur lain yang pada umumnya terdapat di permukaan bumi. Analisis spasial merupakan suatu sistem yang terintegrasi dengan sistem

informasi geografi, dimana di dalamnya terdapat data-data yang memiliki nilai-nilai yang dapat dilakukan sebuah perintah (*query*) baik yang tersimpan di dalam satu *theme/layer* yang sama maupun didalam *theme/layer* yang berbeda.

Komponen utama dalam analisis spasial adalah tema grid. Tema grid adalah nilai keruangan (*equivalen raster*) dari tema atribut (*layer*). Analisa spasial juga menyajikan fungsi analisis secara *generic* seperti: menemukan, jarak, penzanaan, pendugaan nilai, operasional matematika dan statistik, tabulasi area, peta permintaan dan pengkelasan ulang (Pantimena, 2001). Sedangkan untuk fungsi pemetaan dapat pula dilakukan beberapa analisis seperti: pembuatan grid peta, membangun kontur dan penentuan kelerengan (ESRI, 1990)

Tomlin dalam Lyon (2000) menyatakan bahwa sistem analisa spasial yang banyak digunakan pada saat ini adalah sistem pengolahan data-data grid dengan menggunakan metode *cell based modelling*. Dimana pada setiap kotak (*cell*) yang ada pada *theme/layer* memiliki nilai-nilai yang dapat digunakan untuk proses pemodelan. Secara umum, suatu model merepresentasikan kekompleksan dan interaksi di alam dengan suatu penyederhanaan. Pemodelan akan menolong kita untuk mengerti, menggambarkan dan memprediksi banyak hal di alam. Model yang merepresentasikan objek/kenampakan di alam (*representation models*) dan model yang mensimulasikan proses di alam (*process models*) adalah dua model yang dikenal dalam analisis spasial (McCoy dan Jhonston, 2001).

Lebih lanjut, McCoy dan Jhonston (2001) menjelaskan bahwa *Representation models* menggambarkan kenampakan di bumi seperti bangunan, tamanatau hutan. Untuk menampilkan objek tersebut di dalam SIG menggunakan *layer-layer*, dimana untuk analisis spasial, *layer* tersebut dalam bentuk raster. *Layer* raster akan menampilkan objek tersebut dengan bidang kotak-kotak (bujursangkar) yang saling bertautan atau disebut *grid*, dan setiap lokasi di raster *layer* akan berupa *grid cell* yang memiliki nilai tertentu.

*Process models* menggambarkan interaksi dari objek di bumi yang terdapat didalam *representation models*. *Process modeling* sering digunakan untuk memprediksi apa yang akan terjadi pada suatu lokasi tertentu, namun dapat juga digunakan untuk menggambarkan suatu proses. Salah satu dasar dari analisa

spasial dalam model ini adalah operasi penambahan dua data raster bersamaan, dimana konsep ini kemudian dapat diterapkan untuk berbagai macam operasi aljabar pada lebih dari dua data raster.

Dalam melakukan manipulasi data grid dapat dilakukan dengan sistem operasi *pixel*: *Single cell* atau *individual cell level* yang hanya melibatkan satu sel saja, *neighborhood level* yang melibatkan beberapa sel terdekat *zonal level* yang melibatkan sel-sel yang memiliki nilai dan keterangan yang samadan *global level* yang melibatkan keseluruhan sel dalam data raster yang digunakan.

### 2.8 Metode Rasional

Metode Rasional adalah metode lama yang masih digunakan hingga sekarang untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*). Ide yang melatar belakangi metode rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas  $I$  terjadi secara terus-menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi  $t_c$ . Waktu konsentrasi  $t_c$  tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di *outlet*. Laju masukan pada sistem adalah hasil curah hujan dengan intensitas  $I$  pada DAS dengan luas  $A$ . nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak ( $Q_p$ ) yang terjadi pada saat  $t_c$  dinyatakan sebagai run off coefficient ( $C$ ) dengan nilai  $0 \leq C \leq 1$  (Chow, 1998).

Beberapa asumsi dasar untuk menggunakan metode rasional menurut Wanielista (1990) adalah : 1) Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam jangka waktu tertentu, sama dengan waktu konsentrasi; 2) Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas tetap sama dengan waktu konsentrasi; 3) Koefisien run off dianggap tetap selama durasi hujan dan 4) Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan.

Metode Rasional banyak digunakan untuk sungai-sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Bentuk umum rumus rasional diuraikan dibawah ini.

$$Q = 0,2778.C.I.A$$

Dimana :  $Q$  = Debit air maksimum ( $m^3/detik$ )

$C$  = Koefisien pengaliran/limpasan

$I$  = Intensitas curah hujan rata-rata ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

Arti rumus ini dapat segera diketahui yakni jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1 km<sup>2</sup>, maka debit banjir sebesar 0,2778 m<sup>3</sup>/detik dan melimpas selama 1 jam (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

## 2.9 Pengertian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi

### 2.9.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik (Lo, 1996). Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam sistem penginderaan jauh ini menggunakan alat penginderaan atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpulan data dari jarak jauh umumnya dipasang pada sebuah wahana berupa pesawat terbang, balon udara, satelit atau wahana lainnya. Tujuan utama penginderaan jauh ini adalah mengumpulkan data sumberdaya alam dan lingkungan. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diinterpretasi dan diproses untuk mendapatkan data yang berguna untuk aplikasi pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan dan bidang-bidang lainnya yang terkait dengan ilmu kebumihan.

Dalam penginderaan jauh, objek yang ditangkap dari sistem penginderaan ini adalah objek yang ada dipermukaan bumi, di atmosfer dan di antariksa. Data penginderaan jauh ini dapat berupa citra satelit (*imagery*), grafik dan data numerik. Penerjemahan fenomena yang ada pada data hasil penginderaan wahana disebut dengan interpretasi data. Sementara interpretasi data yang berbasis digital dengan menggunakan komputer disebut interpretasi digital (Barret dan Curtis, 1972).

### 2.9.2 Citra Satelit Landsat

Citra satelit Landsat TM adalah salah satu citra satelit yang biasa digunakan untuk interpretasi data dalam pengolahan sumber daya alam. Menurut De Sherbinin dan Giri (2001) citra Landsat TM merupakan citra satelit dengan resolusi menengah. Dalam pengembangannya, citra Landsat TM memiliki generasi penerus yang digunakan untuk mengelola sumber daya lahan. Generasi penerus dari citra Landsat TM adalah Citra Landsat 7 ETM+. Citra ini merupakan citra satelit multispektral, sehingga perlu dilakukan pemilihan saluran yang tepat sesuai dengan kebutuhan interpretasi sebelum melakukan pengolahan. Hal ini berfungsi agar mendapatkan hasil interpretasi yang tepat dan akurat. Citra Landsat 7 ETM+ memiliki resolusi 30 x 30 m pada saluran multispektral. Dengan resolusi ini citra Landsat 7 ETM+ sudah cukup untuk melakukan pembuatan peta-peta tematik.

### 2.9.3 Analisis Penginderaan Jauh untuk Hidrologi

Menurut Gunawan (1992) interpretasi hidrologi pada teknik penginderaan jauh diarahkan untuk menduga hubungan/interaksi kenampakan bentang lahan (*landscape features*) dengan proses-proses hidrologi. Penggunaan citra penginderaan jauh untuk pemetaan hidrologi permukaan cukup didekati dengan mendasarkan pada elemen-elemen lahan dan karakteristik citra.

Dengan menggunakan pendekatan kenampakan secara tiga dimensi (3D) karakteristik wilayah dapat diketahui dengan jelas, yaitu adanya tenaga alam yang berperan dalam pembentukan konfigurasi permukaan bumi (geomorfologi) sebagai indikasi atau gambaran kejadian alam yang telah lalu hingga prediksi fenomena ataupun kejadian yang akan datang.

Citra penginderaan jauh merupakan gambaran relatif lengkap tentang obyek dipermukaan bumi. Setiap obyek yang tidak terlindung oleh obyek lain tergambar pada citra penginderaan jauh, yang wujud dan letaknya mirip dengan keadaan sebenarnya di medan. Pemanfaatan citra penginderaan jauh salah satunya digunakan untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan memetakan kenampakan-kenampakan hidrologi yang berada pada permukaan seperti penyebaran nilai



koefisien aliran permukaan dan debit aliran maupun di bawah permukaan bumi seperti memetakan kondisi air tanah. Penyesuaian informasi hidrologi melalui citra penginderaan jauh dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Penyesuaian informasi hidrologi melalui citra penginderaan jauh secara langsung umumnya lebih ditujukan untuk identifikasi morfometri daerah aliran sungai (DAS), seperti bentuk dan luas DAS, pola aliran, dan lain sebagainya, sedangkan penyesuaian informasi hidrologi melalui citra penginderaan jauh secara tidak langsung lebih ditekankan kepada identifikasi karakteristik fisik daerah berdasarkan pendekatan-pendekatan dalam mengidentifikasi obyek-obyek hidrologi seperti dalam menentukan tingkat infiltrasi tanah. Penggunaan teknik penginderaan jauh untuk membantu survei dan pemetaan hidrologi dapat mengurangi biaya, waktu serta tenaga bila dibandingkan dengan pengukuran secara terestrial (Puguh, 2005).

Menurut Puguh (2008), penggunaan data penginderaan jauh dan pemodelan dengan menggunakan SIG (sistem Informasi Geografis) dapat digunakan untuk prediksi tingkat erosi suatu wilayah sehingga dapat digunakan dalam pengelolaan DAS. Analisis tingkat bahaya erosi dilakukan dengan cara memperkirakan (memprediksi) laju erosi tanah pada satuan-satuan lahan. Sedangkan untuk menghitung laju erosi tanah digunakan pendekatan persamaan “Universal Soil Loss Equation” (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978).

Menurut Lili (2008), banjir adalah bencana alam yang sering terjadi setiap musim hujan. Bencana ini tidak hanya menyebabkan kerugian harta benda, tetapi juga korban manusia. Untuk itu dalam upaya mitigasi banjir, diperlukan pemetaan tentang daerah yang rentan dan memiliki risiko terhadap banjir. Salah satu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang rentan terhadap banjir adalah penginderaan jauh. Teknik ini memiliki kelebihan yaitu kajiannya meliputi daerah yang luas dan memiliki biaya yang relatif murah jika dibandingkan dengan survei lapangan.

### 2.9.4 Sistem Informasi Geografi untuk Hidrologi

SIG adalah sebuah sistem komputerisasi yang digunakan untuk mengambil, menyimpan, memeriksa, menyatukan, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan data secara spasial (ketataruangan) mengacu pada kondisi bumi sebenarnya. Dalam pengertian yang lebih luas SIG merupakan alat yang dapat membantu dalam membuat keputusan atau kebijakan dengan cara menyajikan gambaran visual serta analisis data yang bersifat dapat dipetakan (*mappable*) mengacu pada informasi geografi (Vieatoz, 2005).

SIG merupakan suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja sama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Puntodewo, *et.al.*, 2003)

SIG (Sistem Informasi Geografis) memberikan kemudahan untuk analisis data spasial dalam upaya estimasi daerah rawan banjir. Model data raster merupakan salah satu dari penerapan SIG. Model data raster digunakan karena lebih cocok untuk keperluan estimasi daerah rawan banjir, terutama dalam memahami pola aliran air dari data topografis yang ada.

Analisis Sistem Informasi Geografi mengenai fenomena permukaan lahan dapat dimodelkan dalam kaitannya untuk mencari lokasi-lokasi yang rawan terhadap banjir yaitu dengan mendasarkan pada sifat-sifat air dipermukaan lahan.

Kajian dalam SIG dapat berupa manipulasi data yang berupa spasial serta data yang berupa atribut, serta mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan memodelkan suatu 3D permukaan sebagai DEM (*Digital Elevation Model* : Model Digital Ketinggian); DTM (*Digital Terrain model*: Model Digital Permukaan) atau TIN (*Triangular Irregular Network*: Jaringan Bersegitiga yang tidak beraturan). Berbagai kepentingan yang berkaitan dengan sumberdaya air dapat dianalisa dan dimodelkan, misalnya seperti saluran air, konsentrasi aliran air, akumulasi aliran air, arah aliran air permukaan, wilayah pengendapan, zonasi satuan Sub DAS (Daerah Aliran Sungai), dan daerah dataran banjir.

Perkembangan teknologi yang semakin cepat memberikan solusi tersendiri dalam pemecahan masalah banjir. Adanya suatu sistem yang dapat terintegrasi dan tersusun dalam suatu *Sistem Informasi Geografis (SIG)* secara digital. Aplikasi SIG yang dilakukan dengan menggunakan ekstensi Tiga Dimensi (3D) *Analyst* yang terdapat pada *software ArcGis 9.2* Ekstensi 3D *Analyst* digunakan untuk penggambaran relief permukaan bumi dengan model di dalam komputer yang dikenal dengan *Digital Elevation Model (DEM)*.

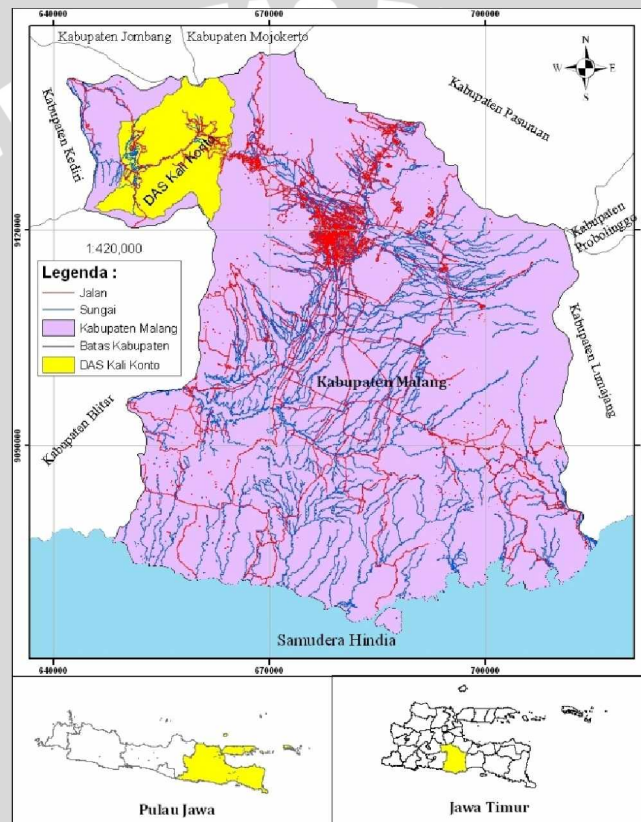
Menurut Pratomo (2008), identifikasi kerentanan banjir dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis dapat dilakukan dengan cepat, mudah dan akurat. Kerentanan banjir dapat diidentifikasi secara cepat melalui Sistem Informasi Geografis dengan menggunakan metode tumpang susun/overlay terhadap parameter-parameter banjir, seperti : infiltrasi tanah, kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Melalui Sistem Informasi Geografis diharapkan akan mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerentanan banjir serta dapat menganalisis dan memperoleh informasi baru dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang sering menjadi sasaran banjir.

Analisis SIG dilakukan dengan mengkombinasikan data model permukaan bumi (DEM), Peta Rupa Bumi, Peta Jenis Tanah, Citra Satelit, Data daerah aliran sungai (DAS) dan Data Hidrologi. Menggunakan analisa spasial volume inflow yang diperoleh, dapat menunjukkan area luasan banjir yang terjadi. Pemodelan banjir merupakan pendekatan terintegrasi dengan menggunakan analisis hidrologi dan perangkat lunak Sistem Informasi Geografi. Analisa hidrologi yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografi melakukan perhitungan, analisa-analisis hidrologi, skenario banjir, dan perspektif tiga dimensi untuk analisis dataran banjir. Perangkat lunak Sistem Informasi Geografi juga secara lebih spesifik digunakan untuk pengolahan data-data geografis, yaitu data yang menampilkan analisis keruangan untuk mencari titik permasalahan.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di kawasan Malang Raya (Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu) (Gambar 2). Analisa spasial dan pemetaan dilaksanakan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2011.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat Penelitian

No.	Alat	Kegiatan
1	GPS	Survei Lapangan
2	Arc GIS 9.3	Pengolahan Data Spasial
3	Global Mapper 8.0	Export data citra
4	PCI Geomatica 9.1	Klasifikasi Penggunaan Lahan
5	Ilwis 3.4	Pengolahan Data Raster
6	ER Mapper 7.0	Koreksi Radiometri
7	Map Source	Pemindahan Data Suevei Lapangan
8	Microsoft Excel	Interpretasi Data Hujan
9	Infiltrometer	Pengukuran Infiltrasi di Lapangan

Tabel 2. Bahan Penelitian

No.	Bahan	Keterangan
1	Citra Landsat 7 ETM+	17 Juli 2006 <i>Path</i> 118 <i>Row</i> 65 - 66
2	Peta RBI	Tahun 2009 35 lembar yaitu :1507 622 - 1507 624, 1507 641 - 1507 642, 1507 644, 1508 131, 1508 321 - 1508 324, 1607 411 - 1607 414, 1607 421 - 1607 424, 1607 431 - 1607 434, 1607 441 - 1607 444, 1608 111 - 1608 114, 1608 121 - 1608 123 dan 1608 131
3	Data Curah Hujan	Data Curah Hujan Harian 34 Pos Curah Hujan yaitu : Pujon, Bululawang, Tumpang, Jabung, Karangploso, Poncokusumo, Wagir, Unibraw / Lowokwaru, Kedung Kandang, Junrejo, Ngaglik, Ngujung, Punten, Sengguruh, Batu, Selorejo, Kedungrejo, Kayutangan, Pacet, Trawas, Bantur, Dampit, Donomulyo, Gondang Legi, Kalipare, Karang Suko, Kepanjen, Ngajum, Pagak, Sitiarjo, Sumber Pucung, Tumpakrenteng, Turen dan Wajak.

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini secara keseluruhan menggunakan metode yang saling berkaitan antara satu dan lainnya, diantaranya adalah metode klasifikasi terbimbing (*supervised clasification*) pada citra satelit dengan melakukan klasifikasi penggunaan lahan pada Malang Raya (Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu). Klasifikasi penggunaan lahan pada citra satelit menggunakan teknologi penginderaan jauh. Untuk melakukan analisis terhadap

faktor hidrologi pada kawasan Malang Raya (Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu) digunakan Metode Cook's untuk mencari koefisien aliran dan Metode Rasional untuk mencari debit air (Tabel 3).

Tabel 3. Parameter dan Metode Penelitian

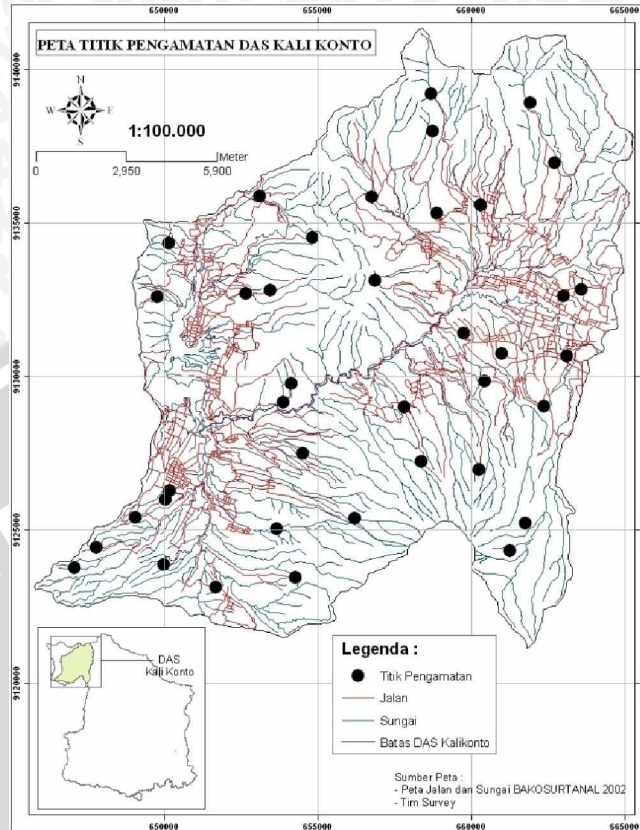
No.	Parameter	Metode
1	Infiltrasi, kelerengan, dan simpanan permukaan	Cook's
2	Mengetahui daerah sumber banjir	Rasional

Selanjutnya dilakukan proses integrasi terhadap data-data yang telah diinterpretasi tersebut menggunakan analisa spasial dengan metode *raster overlay*, *Hydrologic Modeling*, *representation estimation* dalam sistem informasi geografi menggunakan *software* ArcGis 9.3. Survei lapang juga dilakukan untuk menunjang hasil penelitian. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 4.

### 3.3.1 Persiapan

Tahap persiapan berupa pengumpulan pustaka yang berkaitan dengan penelitian. Pustaka ini didapatkan dari buku, jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya. Pada Tahapan ini termasuk pencarian data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini seperti data curah hujan, disamping itu penulis juga dilakukan inventarisasi ketersediaan alat-alat dan bahan penunjang penelitian berupa peta pendukung dan data-data tabulasi yang dapat membantu untuk hasil penelitian.

Penentuan titik pengamatan lapang ditentukan berdasarkan satuan peta tanah (SPT) yang sebelumnya dilakukan pembuatan satuan peta lahan (SPL) dengan melakukan *overlay* peta lereng, bentuk lahan dan geologi. Pada satuan peta lahan yang memiliki Sub Group yang sama menjadi salah satu titik pengamatan. Pada lokasi penelitian terdapat sekitar 40 Sub Group yang berbeda dan penentuan titik diusahakan menyebar agar memperoleh data yang akurat. Sebaran titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Titik Pengamatan

### 3.3.2 Pengolahan Data Citra Satelit

Pengolahan citra satelit dengan menggunakan bantuan *software* Ilwis 3.4. Koreksi geometri pada citra satelit bertujuan untuk melakukan *retrifikasi* citra satelit agar sesuai dengan posisi kordinat sebenarnya di bumi. Proses koreksi geometri dilakukan dengan membuat *Ground Control Point* (GCP) pada titik kontrol citra satelit yang merupakan titik sekutu (sama) pada vektor peta digital Rupa Bumi Indonesia dengan menggunakan acuan jalan dan sungai, misalnya pada perpotongan jalan dan sungai.

Setelah dilakukan koreksi geometri pada citra satelit, kemudian dilanjutkan dengan melakukan koreksi radiometri dengan *histogram adjustment* menggunakan *software* ER MAPPER 7.0. Koreksi radiometri ini berfungsi untuk meminimalisasi kesalahan yang disebabkan pengaruh detektor satelit atau pengaruh gangguan atmosfer (Jensen, 1996). Atmosfer sebagai media penghantar

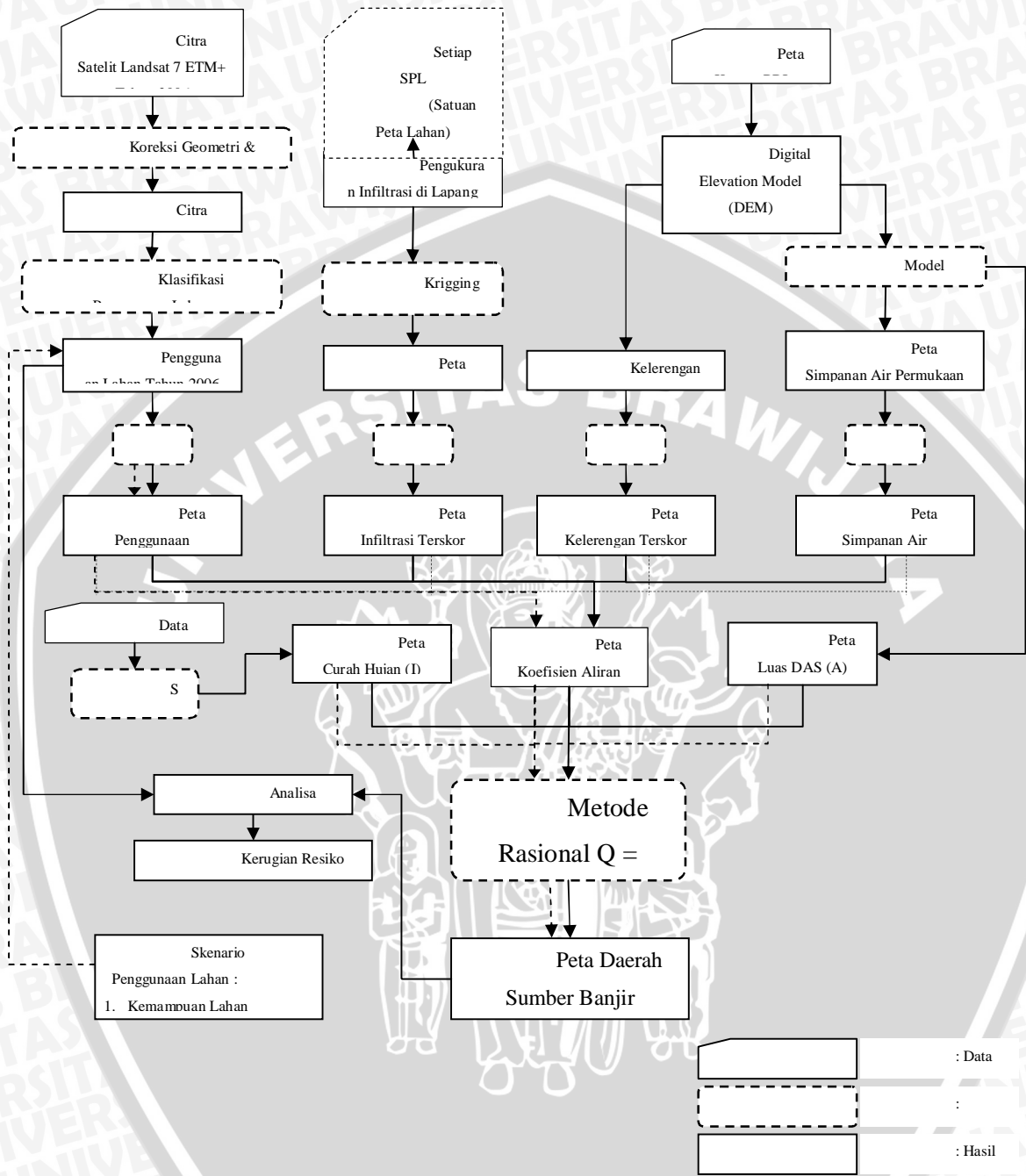
gelombang elektromagnetik dari matahari mempunyai pengaruh cukup besar terhadap citra satelit, yaitu berupa hamburan. Akibat adanya efek atmosfer tersebut, nilai kecerahan pada citra digital tidak menggambarkan keadaan obyek sebenarnya. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

Setelah citra satelit dikoreksi baik geometri maupun radiometri, selanjutnya citra satelit digunakan untuk pembuatan peta penggunaan lahan tahun 2006 untuk kemudian digunakan untuk mencari persentase luasan penggunaan lahan sebagai data input dalam Ilwis 3.0. Penulis menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dalam melakukan klasifikasi penggunaan lahan pada citra satelit Landsat 7 ETM+. Dalam metode klasifikasi terbimbing diperlukan adanya titik-titik perwakilan yang berfungsi sebagai *training area* agar menghasilkan sebaran penggunaan lahan. Titik perwakilan (*training area*) yang digunakan pada citra Landsat 7 ETM+ tahun 2006 dihasilkan dari survei lapangan pada lokasi penelitian. Disamping itu, pembuatan peta penggunaan lahan juga menggunakan *web image* dengan bantuan *software* Google Earth untuk melihat kondisi aktual penggunaan lahan. Setelah itu pemberian skor pada setiap penggunaan lahan.

Peta infiltrasi didapatkan dari data pengukuran infiltrasi di lapangan dengan parameter pengukuran pada setiap satuan peta tanah. Melakukan krigging menggunakan *software Ilwis 3.4* dan klasifikasi nilai infiltrasi, selanjutnya diberikan skor pada tingkat infiltrasi.

Peta kelerengan diperoleh dari data kontur yang dianalisis pada *software* Ilwis 3.4 menggunakan tool *slope* dari *Script* pada *Operation-Tree*, kemudian diklasifikasikan kelas kelerengan menurut metode yang digunakan. Selanjutnya pemberian skor pada setiap kelas lereng (Tabel 4).





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Tabel 4. Klasifikasi Kemiringan Lereng Menurut Metode Cook's

<i>Kelas Lereng</i>	<i>Kemiringan (%)</i>	<i>Nilai</i>
I	0 – 5	10
II	5 – 10	20
III	10 – 30	30
IV	>30	40

Sumber : Meijerink (1970)

Peta simpanan permukaan menggunakan pendekatan kerapatan aliran. Presipitasi yang terus berlangsung apabila melebihi tingkat infiltrasinya akan membentuk timbunan air di permukaan tanah. Asumsinya adalah semakin tinggi nilai kerapatan aliran berarti semakin cepat daerah tersebut mengalami pengeringan. Jika nilai kerapatan aliran rendah maka air mudah meresap ke dalam tanah atau daerah tersebut mudah tergenang sehingga tidak mendukung terjadinya limpasan. Rumus kerapatan aliran yaitu :

$$Dd = \frac{L(km)}{A(km^2)}$$

Dd adalah kerapatan aliran, dengan L adalah panjang sungai (km) dan A adalah luas DAS (km<sup>2</sup>). Menghitung kerapatan aliran pada setiap DAS, kemudian memasukkan nilai kerapatan aliran pada setiap *polygon*. Selanjutnya pemberian skor pada setiap kelas simpanan permukaan.

Peta luas DAS (A) menggunakan batas administrasi yang dirubah menjadi data raster dengan resolusi 30 meter. Satuan luas DAS (A) km<sup>2</sup>, maka harus dikonversi dari m<sup>2</sup> menjadi km<sup>2</sup> sehingga luas perpixel menjadi 0,0009 km<sup>2</sup>.

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . luas_{pixel} (km^2)$$

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . luas_{pixel} (m^2/km^2)$$

Dimana luas DAS = luas piksel, satuan piksel 30 meter × 30 meter = 900 m<sup>2</sup>. Luas satuan m<sup>2</sup> harus dikonversi menjadi km<sup>2</sup> sehingga menjadi 0.0009 km<sup>2</sup>.

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . 0,0009$$

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . 0,0009 (km^2)$$

Peta koefisien aliran diperoleh dari melakukan *overlay* (penggabungan atau penampalan) peta penggunaan lahan, peta infiltrasi, peta kelerengan dan

petasimpanan permukaan. Kemudian nilai bobot koefisien diperoleh dengan menjumlahkan skor dari keempat peta yang digabung.

Tabel 5. Klasifikasi Dasar Tutupan Lahan Dengan Nilai Yang Disesuaikan Dengan Klasifikasi Vegetasi Penutup Pada Metode Cook's

<i>Klasifikasi Bentuk Tutupan Lahan</i>	<i>Karakteristik Tutupan Lahan Berdasarkan Tabel Cook</i>	<i>Nilai</i>
Permukiman, permukaan diperkeras, lahan terbuka Pertanian, semak	Tumbuhan penutup tidak efektif	20
Hutan tak rapat, kebun campuran, tutupan vegetasi sedang, padang rumput	Tumbuhan penutup kurang-sedang, pertanian yang diolah tumbuhan alami kurang	15
Hutan rapat, tutupan vegetasi rapat hingga sangat rapat	Tumbuhan penutup sedang-baik, daerah pengaliran tertutup secara baik oleh rumput, hutan atau tumbuhan penutup > 50%	10
	Tumbuhan penutup baik-sangat baik, daerah pengaliran tertutup baik oleh rumput, hutan atau tumbuhan penutup > 90%	5

Sumber : Meijerink (1970)

Peta daerah sumber banjir (debit air maksimum) diperoleh dengan melakukan memasukkan metoderasional yaitu :

$$Q(m^3/dt) = 0,012 \cdot C \cdot I(mm/hari) \cdot 0,0009 (km^2)$$

Keterangan :

- Q : debit air maksimum
- C : koefisien larian
- I : interpolasi curah hujan
- A : luas DAS

### 3.3.3 Pengolahan Data Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data kontur pada peta RBI yang berfungsi untuk mengetahui keadaan topografi pada wilayah penelitian. Sebelum dimanfaatkan untuk pembuatan peta-peta turunan yang menunjang penelitian, kontur dari peta RBI ini diperbaiki terlebih dahulu dari kerusakan data ketinggian yang tidak sesuai dengan interval kontur (12,5 m) pada peta RBI. Selanjutnya data kontur dari peta RBI ini digunakan untuk pembuatan data *digital elevation*

*model*(DEM) yang berfungsi untuk menentukan batas daerah aliran sungai (DAS), pembuatan peta kelerengan pada lokasi penelitian serta berfungsi untuk operasi-operasi hidrologi dalam analisa spasial.

### 3.3.4 Survei Lapang

Tahap ini diperlukan untuk melakukan *ground checking* yaitu membandingkan kondisi sebenarnya di lapangan dengan hasil klasifikasi multispektral tak terbimbing dalam interpretasi citra ASTER dan Landsat 7 ETM+. Fungsi dari *ground checking* ini adalah untuk memperbaiki hasil interpretasi landuse pada citra. Dari hasil survei ini diharapkan dapat menghasilkan peta penggunaan lahan yang sesuai dan akurat. Disamping itu survei lapangan dilakukan untuk pengambilan sampel tanah yang berfungsi untuk membandingkan data base yang digunakan dengan kondisi aktual dilapangan.

### 3.3.5 Pengolahan Data Curah Hujan

Pada tahap ini data curah hujan yang diperoleh dari stasiun Klimatologi Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Karang Ploso diolah sehingga menjadi data-data tabular yang mampu dioperasikan dengan *hardware* dan *software*. Selanjutnya dimasukan kordinat-kordinat tiap stasiun yang ada pada lokasi penelitian menjadi *point* dan kemudian mengubahnya menjadi *polyline* agar mengetahui sebaran curah hujan yang ada pada lokasi penelitian. Proses pembuatan *Isohyet* ini dilakukan dengan bantuan *software* Arcview 3.2. Dari proses ini akan dihasilkan peta sebaran curah hujan yang kemudian digunakan dalam pengolahan data hidrologi pada ILWIS 3.0 dan selanjutnya digunakan dalam pemodelan hidrologi untuk prediksi banjir.

### 3.3.6 Pengolahan Data Debit Air

Pada tahap ini data debit air yang telah diperoleh dari Jasa Tirta digunakan sebagai debit acuan untuk membandingkan data debit simulasi yang didapatkan dari pemodelan dengan bantuan Metode Rasional. Sebelum digunakan untuk memprediksi sebaran sumber banjir, terlebih dahulu dilakukan validasi data antara data debit dengan tingkat kedetilan pembagian batas DAS pengamatan.

Selanjutnya batas DAS mikro pengamatan yang mendekati dengan data debit pengukuran digunakan untuk memprediksi sebaran kawasan sumber banjir.

### 3.3.7 Integrasi Spasial

#### 1. Analisa Koefisien Aliran

Untuk mengetahui koefisien aliran dilakukan pembobotan atau nilai pada peta infiltrasi, peta kelerengan (*slope*), peta simpanan air permukaan. Setelah itu dilakukan *overlay* pada ketiga peta tersebut, maka dapat diketahui koefisien aliran.

#### 2. Analisa Kawasan Sumber Banjir

Penentuan kawasan sumber banjir dilakukan dengan menggunakan metode rasional dari beberapa parameter yang sudah ditentukan. Adapun parameter-parameter yang digunakan adalah data curah hujan yang telah diolah menjadi peta Isohyet, peta DAS, dan koefisien aliran.

### 3.3.8 Skenario Penggunaan Lahan

Secara garis besar, pertanyaan penelitian ini adalah perbedaan persentase luasan penggunaan lahan hutan dan agroforestri mampu menurunkan debit limpasan sehingga mengurangi resiko banjir. Skenario yang disimulasikan guna membuktikan pertanyaan penelitian tersebut dengan berdasarkan aspek fisik (Tabel 6).

Tabel 6. Skenario bentuk penggunaan lahan yang digunakan dalam simulasi diDAS Kali Konto

Kode	Skenario
Skenario 1	Bentuk penggunaan lahan saat ini
Skenario 2	Bentuk penggunaan lahan sesuai kemampuan lahan
Skenario 3	Bentuk penggunaan lahan sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah

#### Skenario 1

Skenario ini mensimulasikan kondisi saat ini berdasarkan hasil klasifikasi citra landsat ETM 1 oktober 2002. Persentase luas hutan adalah 15% dari luas total DAS Konto. Perlakuan ini sebagai control atau pembanding terhadap perlakuan yang lain. Nilai debit limpasan diasumsikan sebagai debit terjadinya banjir karena data debit banjir hasil pengukuran lapangan tidak tercatat. Suatu

skenario dapat dikatakan mampu mengurangi risiko banjir terjadi apabila nilai debit air lebih kecil dari pada Skenario 1.

### **Skenario 2**

Skenario ini mensimulasikan kondisi penggunaan lahan berdasarkan kelas kemampuan lahan. Perubahan yang dilakukan adalah penggunaan lahan pada kondisi saat ini yang memiliki kelas kemampuan lahan kelas V dan VI dilakukan perubahan menjadi lahan agroforestri, tetapi tidak ada perubahan apabila pada kondisi saat ini penggunaan lahan hutan. Perubahan penggunaan lahan pada kelas kemampuan lahan kelas VII dan VIII menjadi lahan hutan. Setelah dilakukan perubahan penggunaan lahan sesuai kelas kemampuan lahan, persentase luas hutan adalah 50% dari luas total DAS Konto. Perlakuan ini sebagai pembandingan terhadap perlakuan yang lain. Nilai debit limpasan diasumsikan sebagai debit terjadinya banjir karena data debit banjir hasil pengukuran lapangan tidak tercatat. Suatu skenario dapat dikatakan mampu mengurangi risiko banjir terjadi apabila nilai debit air lebih kecil dari pada Skenario 1.

### **Skenario 3**

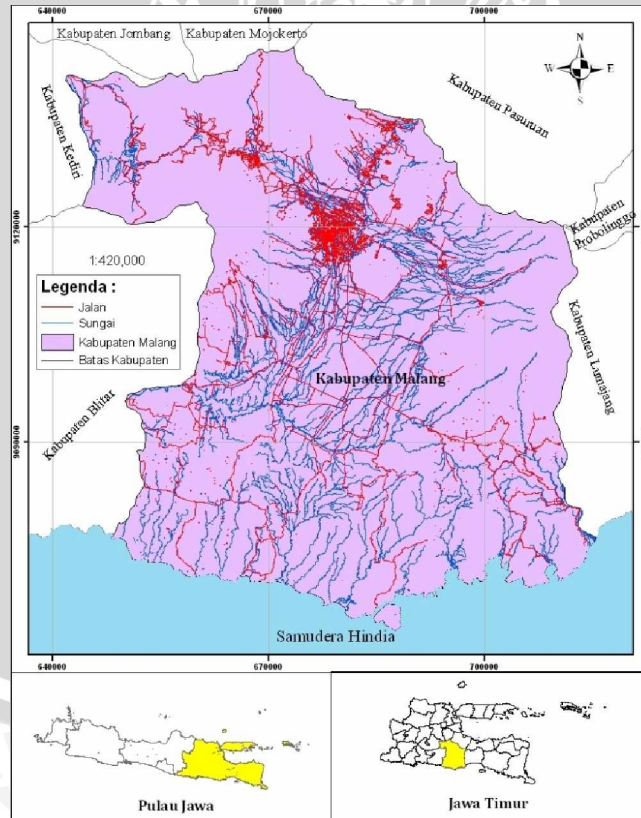
Skenario ini mensimulasikan penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah diduga mampu mengurangi debit limpasan di DAS Konto. Penggunaan lahan yang digunakan adalah rencana penggunaan lahan yang sudah ditetapkan atau dirancang dan sesuai dengan tata ruang wilayah daerah tersebut. Dengan tata ruang yang sesuai dengan karakteristik daerah tersebut, berkemungkinan akan dapat mengurangi nilai debit air yang terjadi pada DAS Konto.

## IV. KONDISI UMUM WILAYAH

### 4.1 Malang Raya

#### 4.1.1 Lokasi

Kabupaten Malang secara administratif terletak di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Malang secara geografis terletak pada  $112^{\circ} 23' 00''$  sampai  $112^{\circ} 52' 00''$  Bujur Timur  $7^{\circ} 43' 00''$  sampai  $8^{\circ} 27' 00''$  Lintang Selatan. Kabupaten Malang terdapat 36 kecamatan dan beberapa DAS seperti DAS Kali Konto, DAS Metro, DAS Amprong, DAS Brantas, DAS Lesti dan DAS Bagong. Kabupaten Malang dibatasi oleh Kabupaten Jombang, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan di sebelah utara. Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Lumajang di sebelah timur. Samudera Hindia di sebelah selatan. Kabupaten Kediri dan Kabupaten Blitar di sebelah barat (Gambar 5).



Gambar 5. Peta Lokasi Kabupaten Malang

#### 4.1.2 Geologi

Kabupaten Malang tersusun atas beberapa bahan induk Batuan Gunungapi Anjasmoro Tua (Qpat), tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf breksi, tuf dan lava. Satuan ini diduga sebagai alas dari Batuan Gunungapi Kuartar Bawah dan diperkirakan berumur Plistosen Awal - Tengah; hal itu berdasarkan adanya singkapan dari Batuan Gunungapi Anjasmoro Tua yang tertindih takselaras langsung oleh Batuan Gunungapi Arjuna-Welirang yang berumur Plistosen Akhir. Batuan gunungapi ini tertindih oleh Batuan Gunungapi Anjasmoro Muda dan Batuan Gunungapi Panderman.

Batuan Gunungapi Kawi-Butak (Qpkb), satuan ini termasuk dalam batuan gunungapi kuartar tengah yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf lava, aglomerat dan lahar. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir bagian awal, tertindih oleh Batuan Gunungapi Kuartar yang lebih muda dan Tuf Malang.

Batuan Gunungapi Anjasmara Muda (Qpva), merupakan batuan gunungapi kuartar bawah yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, tuf breksi, lava, tuf dan aglomerat. Lava yang menyusun merupakan sisipan melidah dalam breksi dengan tebal beberapa meter. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Tengah, berdasarkan kedudukan stratigrafinya yang tertindih oleh Batuan Gunungapi Kuartar Tengah.

Batuan Gunungapi Arjuna Welirang (Qvaw), merupakan satuan geologi yang terbentuk dari bahan vulkanik yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf.

Batuan Gunungapi Panderman (Qvp), satuan ini termasuk ke dalam batuan gunung api kuartar atas yang tersusun atas bahan breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat dan lahar. Batuan gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir-Holosen. Batuan Gunungapi Panderman merupakan parasit pada lereng timur laut dari Gunung Kawi-Butak, berbentuk kerucut (lateral eruption).

Formasi Campurdarat (Tmcl), umumnya berupa batu gamping kristalin/hablur yang penyebarannya paling luas di plato kars, sisipan batulempung berkarbon.



Formasi Wuni (Tmw), Breksi gunungapi, tuf, batupasir, batulanau, yang umumnya tufan, sisipan batugamping, Breksi gunung api dijumpai di banyak tempat di daerah plato kars.

Formasi Nampol (Tmn), Perulangan batulempung, batupasir, dan tuf, sisipan konglomerat dan breksi, setempat batugamping, penyebaran batulempung-batupasir.

Formasi Wonosari (Tmwl), Batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping berkeping, batugamping pasiran kasar, batugamping tufan dan napal, batugamping dan sama seperti Formasi Campurdarat membentuk kenampakan karst.

Endapan Tuf Malang merupakan endapan merupakan endapan epiklastika dari hasil rumbakan batuan gunung api tua, yang menindih batuan gunung api gendis dan batuan gunung api buring. Sebarannya cukup luas, terdampar di sekitar kota Malang, dan meluas kearah selatan pada lembar turen. Nama Tuf malang merupakan nama baru yang diusulkan dalam laporan ini. Nama lainnya ialah “Endapan tuf Vulkanik” (Suyanto, 1978)

#### **4.1.3 Relief**

Daerah Kabupaten Malang merupakan daerah dataran Tinggi dengan ketinggian tempat secara umum berkisar antara 12,5-3675 mdpl. Pada daerah-daerah datar terdapat di kisaran 12,5 – 560 mdpl.Sedangkan daerah yang lebih bergelombang mempunyai ketinggian di kisaran 560- 900 mdpl. Untuk daerah berbukit dengan ketinggian 900 sampai 1200 mdpl dan untuk daerah yang lebih bergunung dengan ketinggian 1200 – 3675 mdpl.

#### **4.1.4 Lereng**

Kelerengan pada Malang Raya menurut pengkelasan lereng metode Cook's memiliki 4 kelas lereng yang sangat curam, curam, agak curam dan datar. Lereng sangat curam banyak ditemui di daerah Timur, Tenggara dan Barat Laut Malang Raya.Persentase sangat curam memiliki 29 % itu termasuk nilai yang sangat besar.Lereng curam memiliki persentase yang paling besar yaitu 30 % dan

berada menyebar di daerah Malang Raya. Lereng agak curam memiliki persentase paling kecil yaitu 12 %. Untuk lereng datar memiliki persentase 28 %.

#### 4.1.5 Bentuk Lahan

Secara umum Kabupaten Malang merupakan wilayah perbukitan yang terdiri dari 5 relief makro, yaitu lembah aluvial dan lembah lahar, dataran vulkanik dan plato, daerah berbukit, kompleks pegunungan vulkanik dan karst. Berikut ini dijelaskan secara umum masing-masing satuan bentuk lahannya.

Lembah-lembah alluvial, koluvial yang membujur sempit berbentuk U atau cekung dan tanpa teras, dan lembah-lembah lahar dingin. Lembah-lembah lahar dingin dicirikan oleh bentuknya yang U dan terdapat batu-batuan besar dari hasil penggelindingan dari letusan gunung berapi.

Secara fisiografi dataran vulkanik dan plato berupa dataran memanjang yang terbagi dalam beberapa bagian berdasarkan pada ketinggian tempat.

Sistem fisiografi daerah berbukit terletak di antara dataran-dataran vulkanik dan lereng gunung, yang terletak kira-kira 200-500 meter di atas dataran vulkanik.

Secara fisiografi kompleks pegunungan vulkanik terletak di atas sistem fisiografi daerah berbukit. Bentuk lahan bergunung-gunung sehingga menjadi satu kompleks pegunungan dengan bahan induk vulkanik.

Secara fisiografi daerah karst mempunyai karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu-batuannya yang intensif.

#### 4.1.6 Hidrologi

Kabupaten Malang adalah salah satu daerah tangkapan hujan yang tinggi. Dengan kondisi Hidrologi di daerah Kabupaten Malang terdapat beberapa Sub DAS seperti DAS Brantas, DAS Konto, DAS Lesti, DAS Bagong, DAS Metro, DAS Amprong, DAS Manten, DAS Lekso dan DAS Bango. Dalam hal ini Kabupaten Malang termasuk salah satu daerah sumber air yang cukup besar di Jawa Timur.

#### 4.1.7 Tanah

Secara umum tanah yang berkembang di Kabupaten Malang berkembang dari bahan vulkanik hasil gunung api, yang dipengaruhi oleh Gunung Arjuno dan Gunung Anjasmoro di sebelah utara. Bagian timur oleh Pegunungan Tengger dan Gunung Semeru. Bagian barat oleh Gunung Kawi dan Gunung Kelud. Selain itu berkembang dari sedimentasi di dataran aluvial dan sebagian perbukitan karst.

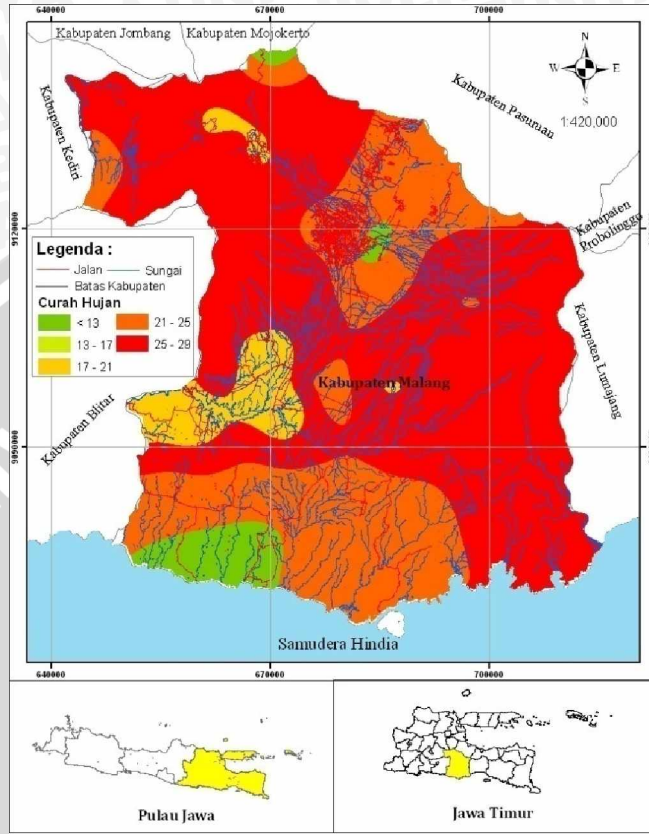
Berdasarkan Peta Tanah Kabupaten Malang (BAKOSURTANAL, 2002), jenis tanah di kawasan Kabupaten Malang yaitu Entisols, Mollisols, Andisols, dan Inceptisols. Entisols banyak berada pada lereng curam pegunungan, daerah endapan dan luapan sungai dan aliran lembah lahar. Mollisols berada pada di kaki perbukitan dengan penggunaan lahan hutan. Andisol tersebar di daerah sekitar kawasan pegunungan dan perbukitan vulkanik di sekitar pegunungan. Dan untuk Inceptisols berada pada kaki perbukitan dan dataran antar gunung api.

#### 4.1.8 Iklim

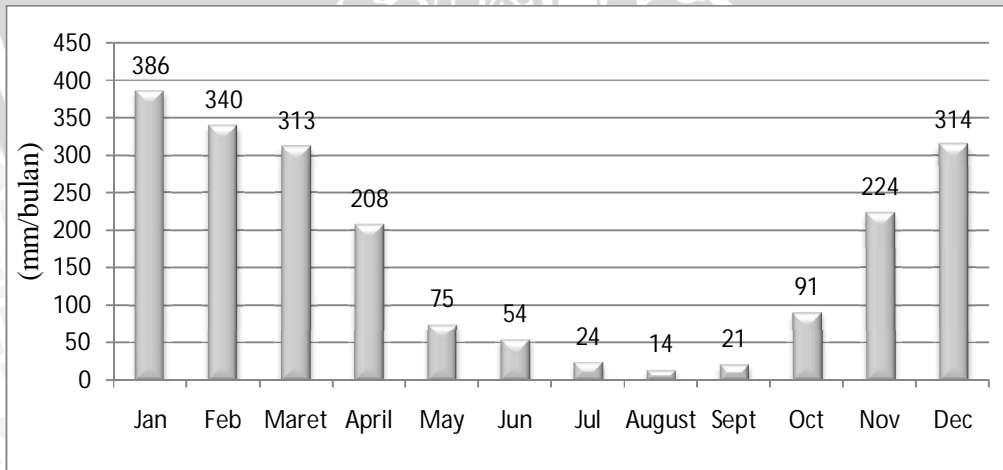
Kondisi iklim didapat dari data curah hujan yang diperoleh dari 34 stasiun curah hujan yang terletak di sekitar wilayah Kabupaten Malang, yaitu Pujon (1071 mdpl), Bululawang (414 mdpl), Tumpang (550 mdpl), Jabung (530 mdpl), Karang Ploso (757 mdpl), Poncokusumo (624 mdpl), Wagir (400 mdpl), Lowok Waru (480 mdpl), Kedung Kandang (452 mdpl), Junrejo (870 mdpl), Ngaglik (915 mdpl), Ngujung (813 mdpl), Punten (973 mdpl), Sengguruh (520 mdpl), Batu (950 mdpl), Selorejo ( mdpl), Kedungrejo (900 mdpl), Kayutangan (400 mdpl), Pacet (670 mdpl), Trawas (720 mdpl), Bantur (319 mdpl), Dampit (430 mdpl), Donomulyo (434 mdpl), Gondanglegi (359 mdpl), Kalipare (470 mdpl), Karang Suko (342 mdpl), Kepanjen (313 mdpl), Ngajum (339 mdpl), Pagak (512 mdpl), Sitarjo (19 mdpl) , Sumber Pucung (307 mdpl), Tumpak Krenteng (447 mdpl), Turen (411 mdpl) dan Wajak (469 mdpl). Disajikan pada Gambar 6.

Data curah hujan diinventarisir selama 10 tahun dimulai tahun 2001 -2010 kemudian dihitung rata-rata tahunan, bulanan dan nilai curah hujan bulanan tertinggi itu yang digunakan untuk interpolasi curah hujan. Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai rata-rata 277 mm/bulan. Nilai

curah hujan tertinggi pada bulan januari yaitu 386 mm/bulan dan nilai curah hujan terendah 219 mm/bulan. Grafik curah hujan bulanan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Peta Interpolasi Curah Hujan Kabupaten Malang



Gambar 7. Grafik Curah Hujan Bulanan Kabupaten Malang

#### 4.1.9 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di kawasan Kabupaten Malang bisa dikategorikan dalam beberapa macam berdasarkan analisis Citra Satelit Landsat 7 ETM. Penggunaan lahan yang mendominasi kawasan ini adalah hutan, kebun, sawah, semak dan pemukiman.

Penggunaan lahan hutan banyak dijumpai di kawasan ini, dicirikan dengan kerapatan dan keragaman jenis (spesies) pohon dan tajuk. Hutan banyak ditemui di bagian lereng-lereng yang agak curam hingga terjal, seperti pada bagian utara, bagian timur dan bagian selatan. Kategori hutan yang berada di kawasan ini terdiri dari hutan alam dan hutan produksi.

Areal kebun ada di bagian tengah hingga selatan kawasan ini, merupakan area pertanian tadah hujan. Salah satu komoditi yang diusahakan oleh petani adalah jenis buah-buahan diantara pepohonan di lahan-lahan pertanian atau di pekarangan, yaitu tanaman apel. Selain komoditi tersebut banyak diusahakan tanaman sayuran, seperti kentang, wortel, kubis, tomat, serta tanaman palawija.

Sawah banyak terdapat di selatan dari kawasan ini, khususnya pada lahan-lahan dengan lereng yang datar atau landai. Penggunaan lahan ini dicirikan dengan pemberian air dengan sistem penggenangan, sehingga permukaan tanah dibuat datar dan rata. Penggunaan lahan ini biasanya ditanami padi, dan terkadang ditanami palawija atau tanaman bunga saat air tidak mencukupi untuk padi.

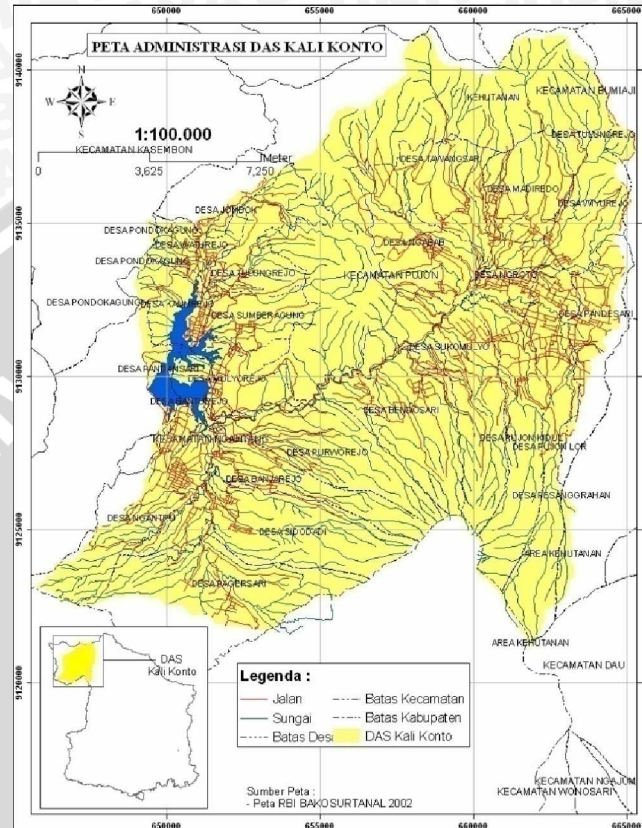
Penggunaan lahan yang lain adalah padang rumput dan pemukiman. Dua penggunaan ini tidak terlalu mendominasi. Namun sebarannya cukup banyak tersebar di kawasan tersebut. Bukan hanya pada lahan-lahan di daerah datar, tapi juga di daerah-daerah yang berlereng.

### 4.2 DAS Kali Konto

#### 4.2.1 Lokasi

Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Konto Hulu merupakan salah satu daerah hulu dari Sungai Brantas. Sungai Konto memiliki mata air yang terletak diantara lereng Gunung Kawi, Anjasmoro, Butak, dan Kelud. Aliran sungai ini langsung menuju ke utara, bermuara dan bertemu dengan Kali Brantas di

Kabupaten Jombang. DAS Kali Konto Hulu luasnya sekitar 23.700 ha, termasuk dalam dua wilayah kecamatan di Kabupaten Malang yaitu Kecamatan Pujon dan Kecamatan Ngantang, yang di dalamnya terdapat 25 desa (Gambar 8).



Gambar 8. Peta Administrasi DAS Kali Konto

Bagian Hulu dari DAS Kali Konto terletak sebelah timur dan selatan berada di wilayah Kecamatan Pujon pada ketinggian antara 850 – 2.600 m di atas permukaan laut. Sebagian besar berupa kawasan pertanian dengan komoditas utama sayur-sayuran terutama wortel, kubis dan kentang. Selain pertanian, usaha ternak sapi perah skala kecil juga banyak dikembangkan di kawasan ini.

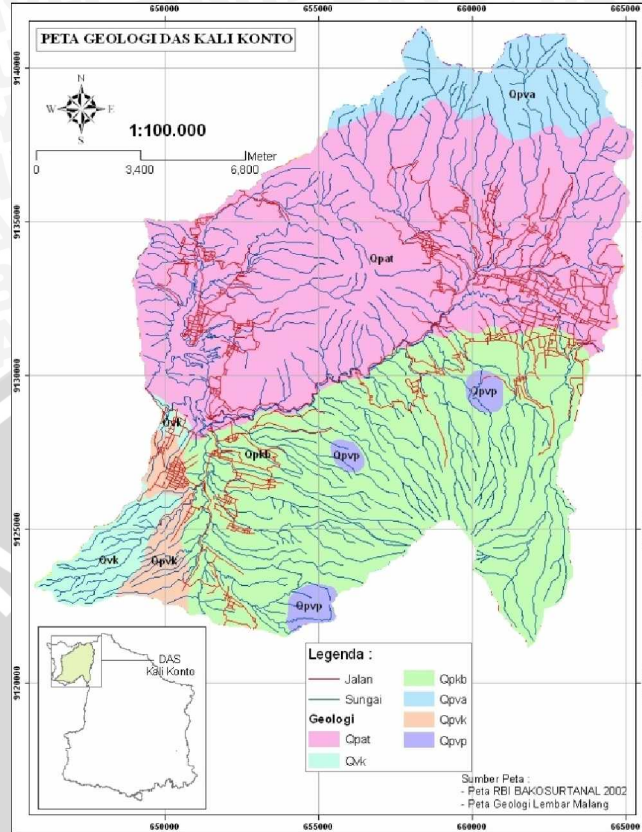
Bagian Hilir DAS Kali Konto terletak di sebelah barat yang termasuk wilayah Kecamatan Ngantang, pada ketinggian antara 600 – 1.400 m di atas permukaan laut. Daerah Hilir banyak digunakan menjadi lahan pertanian. Pertanian terbagi menjadi dua bagian, yakni daerah yang memperoleh irigasi untuk padi sawah dan daerah tadah hujan untuk kebun campuran berbasis kopi (agroforestri).

#### 4.2.2 Geologi

Berdasarkan Peta Geologi yang disajikan pada Gambar 5, dalam kawasan DAS Kali Konto dijumpai beberapa satuan geologi. Meskipun secara umum geologi yang membentuk wilayah ini sama (vulkanik), namun secara spesifik terdapat beberapa keragaman, dipengaruhi oleh bahan dominan yang terkandung di dalam batuan induknya, atau dapat juga berupa jenis bahan piroklastis tertentu dari hasil letusan gunung yang ada di wilayah itu. Sebaran bahan induk yang terluas di kawasan DAS Kali Konto adalah Qpat Batuan gunung api Anjasmoro Tua (11.978,5 ha) dan Qpkb Endapan Gunung Api Butak (7.880,65 ha). Keduanya memiliki kondisi yang berbeda meski sama-sama merupakan bahan vulkanik. Batuan gunung api Anjasmara Tua (Qpat), tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf breksi, tuf dan lava. Satuan ini diduga sebagai alas dari batuan gunung api Kuartir Bawah dan diperkirakan berumur Plistosen Awal – Tengah. Hal itu berdasarkan adanya singkapan dari batuan gunung api Anjasmara Tua yang tertindih tak selaras langsung oleh batuan gunung api Arjuna-Welirang yang berumur Plistosen Akhir. Batuan gunung api ini tertindih oleh batuan gunung api Anjasmara Muda dan batuan gunung api Panderman.

Batuan gunung api Kawi-Butak (Qpkb), satuan ini termasuk dalam batuan gunung api kuartir tengah yang tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf lava, aglomerat dan lahar. Batuan gunung api ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir bagian awal, tertindih oleh Batuan Gunung api Kuartir yang lebih muda dan Tuf Malang.

Batuan Gunungapi Anjasmara Muda (Qpva), merupakan batuan gunung api kuartir bawah yang tersusun atas bahan breksi gunung api, tuf breksi, lava, tuf dan aglomerat. Lava yang menyusun merupakan sisipan melidah dalam breksi dengan tebal beberapa meter. Batuan gunung api ini diperkirakan berumur Plistosen Tengah, berdasarkan kedudukan stratigrafinya yang tertindih oleh batuan gunung api Kuartir Tengah. Peta geologi DAS Konto disajikan pada Gambar 9.

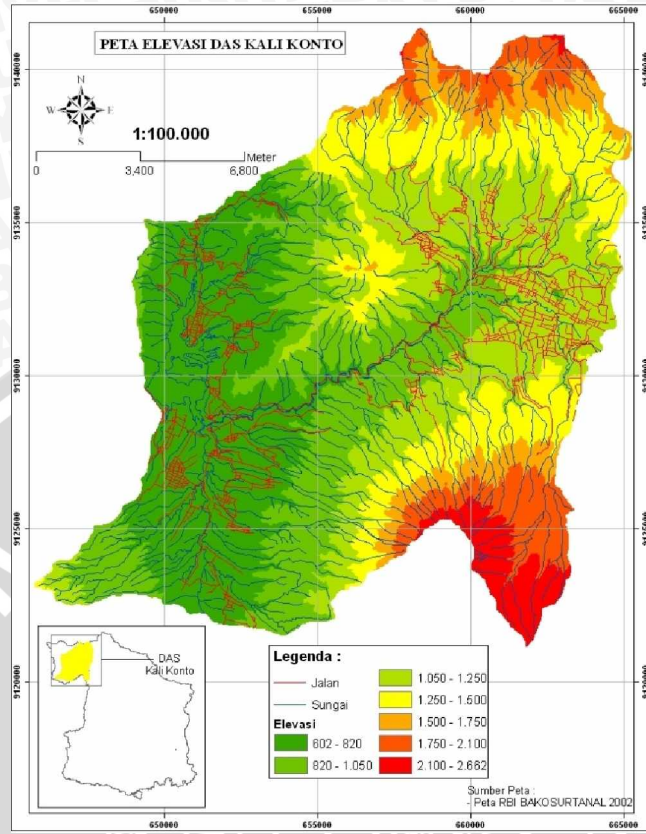


Gambar 9. Peta Geologi DAS Kali Konto

#### 4.2.3 Relief

Ketinggian tempat DAS Kali Konto pada umumnya berkisar antara 129 – 2375 mdpl. Pada daerah-daerah datar terdapat pada kisaran ketinggian 129 -879 mdpl umumnya terbentuk dari hasil koluviasi kaki bukit dan daerah banjir endapan sungai, daerah berbukit terdapat pada kisaran ketinggian 879-1489 mdpl umumnya terbentuk dari hasil koluviasi kaki bukit, daerah bergunung biasanya lebih dari 1489 mdpl terdapat pada puncak-puncak kompleks Gunung Arjuna, Gunung Anjasmara, dan Gunung Kawi (Gambar 10).

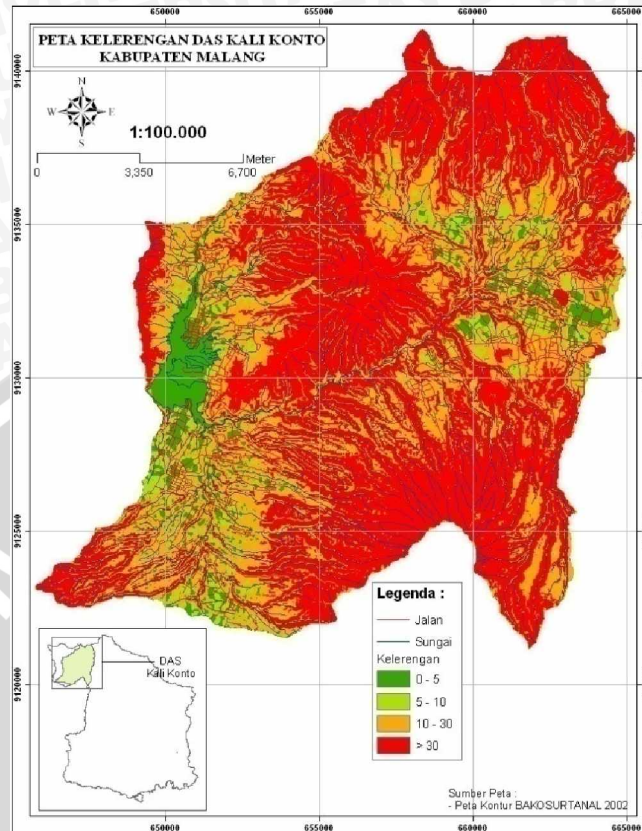




Gambar 10. Peta Ketinggian Tempat DAS Kali Konto

#### 4.2.4 Lereng

Keragaman lereng yang ada di dalam kawasan DAS Kali Konto banyak ditemui di daerah utara dan selatan. Tepatnya pada daerah dataran antar pegunungan dan perbukitan. Kisaran bervariasi dengan sebaran kelas kelerengan mulai dari datar, agak landai, landai, agak curam, curam, sangat curam, terjal dan sangat terjal, dengan kisaran 0–75 %. Kondisi seperti inilah yang menggambarkan bahwa di DAS Kali Konto sangat berpotensi terjal di longsor yang dapat memicu terjadinya debit banjir. Variasi lereng ini dapat dilihat pada kompleks Gunung Arjuna, Gunung Anjasmara, Gunung Rawung, Gunung Preteng, Gunung Biru, Gunung Panderman dan sedikit lereng Gunung Kawi. Sedangkan daerah-daerah yang tergolong datar ada di sebelah diantara selatan dan utara, dengan kisaran lereng 0 -5 % (Gambar 11).

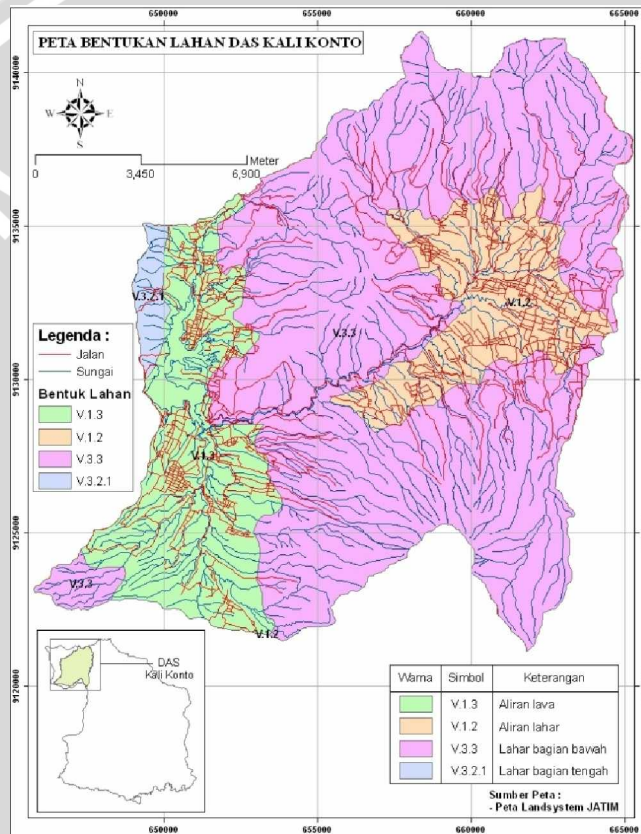


Gambar 11. Peta Kelerengan DAS Kali Konto

#### 4.2.5 Bentuk Lahan

Berdasarkan Peta Landform Kali Konto (Tim Survey DAS Kali Konto, 1984), bentuk lahan (landform) yang terdapat di DAS Kali Konto meliputi Perbukitan, Pegunungan, dataran, dan lembah alluvial atau lahar. Sebagian besar wilayah DAS Kali Konto memiliki landform berbukit dan bergunung. Variasi bentuk lahan (landform) yang ada di DAS Kali Konto berpotensi terhadap perbedaan penggunaan lahan yang ada, seperti landform lembah alluvial dan lahar, dan dataran yang dominan untuk sawah dan kebun sayuran. Sedangkan pada landform perbukitan banyak digunakan untuk hutan produksi dan kebun campuran, serta kebun sayuran (terutama di daerah Pujon baik di Perbukitan lereng Gunung Anjasmara maupun Gunung Kawi dan Gunung Kelud) (Gambar 12).

Lereng yang ada di DAS Kali Konto sangat bervariasi. Pada wilayah lereng pegunungan dan perbukitan serta lereng-lereng tererosi memiliki kemiringan berkisar dari 25-40 %, 40-60% atau lebih curam. Luas lahan yang memiliki kemiringan lebih besar dari 25 % mencapai 9.225 ha atau 38.82 % dari luas wilayah. Kawasan kaki bukit memiliki lereng 8-15 % dan 15-25 % dengan luas 2587 ha atau 36 % dari luas wilayah. Sisanya seluas 5331 ha atau 22.5 % merupakan kawasan datar sampai landai.



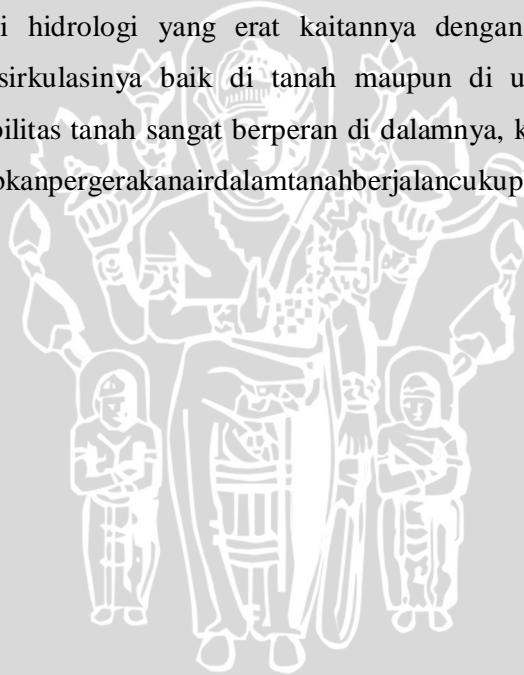
Gambar 12. Peta Bentuk Lahan DAS Kali Konto

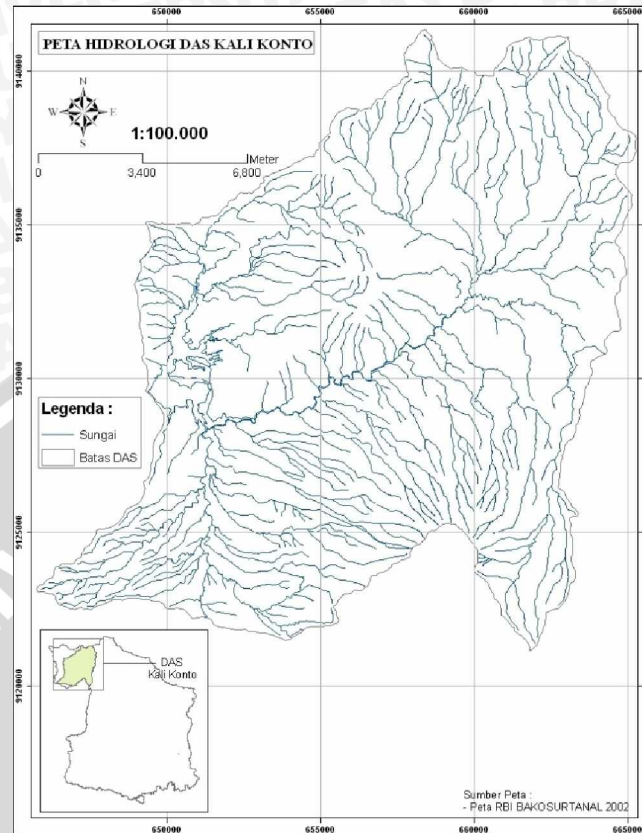
Hampir sebagian besar wilayah DAS Kali Konto (39 %) memiliki kemiringan lebih besar dari 25 %, artinya bahwa sebagian besar wilayah DAS Kali Konto seharusnya digunakan untuk sistem berbasis pepohonan baik monokultur maupun polikultur untuk mencegah kehilangan tanah akibat erosi dan longsor serta penyerap karbon di udara. Namun kondisi aktual menunjukkan

bahwa di lahan-lahan yang memiliki kemiringan  $> 25\%$ , banyak hutan yang dikonversi menjadi kebun sayuran (sebagian besar di wilayah Pujon).

#### 4.2.6 Hidrologi

Kondisi hidrologi di DAS Kali Konto berasal dari satu sumber mata air Sumber Brantas selanjutnya bercabang membentuk beberapa anak sungai yang menjadi DAS sendiri, DAS tersebut adalah DAS Kali Konto dan DAS Konto. Sumber ini mempunyai pola drainase dendritik dan angular seperti menjarum mengikuti bentukan lahan yang ada, kerapatan drainase yang dibentuk adalah cukup (Gambar 13). Hal ini lebih disebabkan karena keragaman kelas kelerengan mulai dari yang sangat curam sampai yang paling datar, kejadian longsor sangat rentan terjadi apabila pola drainase yang seperti ini dengan kelerengan yang sangat curam. Kondisi hidrologi yang erat kaitannya dengan longsor adalah pergerakan air dan sirkulasinya baik di tanah maupun di udara. Kecepatan infiltrasi dan permeabilitas tanah sangat berperan di dalamnya, kondisi kerapatan drainase ini menyebabkan pergerakan air dalam tanah berjalan cukup baik.





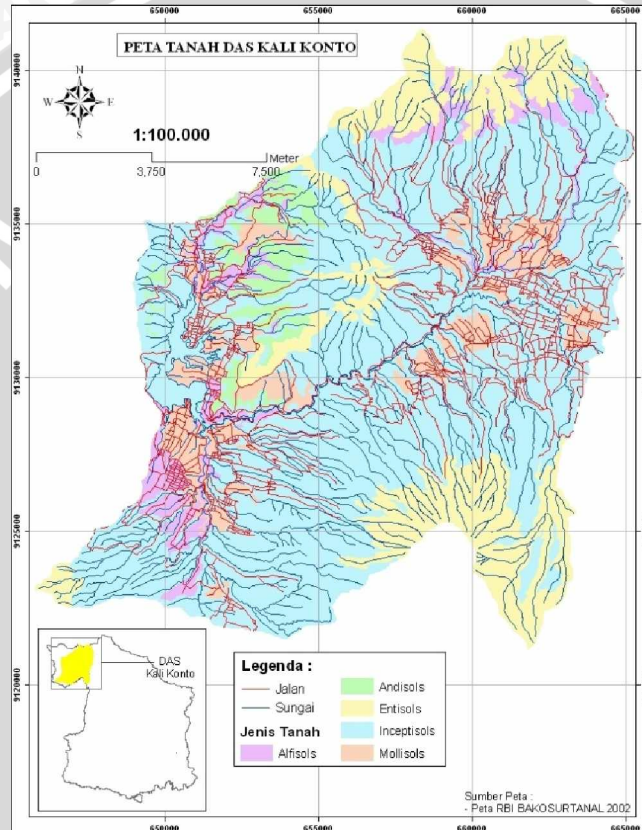
Gambar 13. Peta Hidrologi DAS Kali Konto

#### 4.2.7 Tanah

Berdasarkan Peta Tanah Kali Konto yang disajikan pada gambar 10 (Anonymous, 1984), tanah yang ada di kawasan DAS Konto tergolong tanah-tanah yang muda, antara lain : Entisols (Litosol), Andisols (Andosol), dan Inceptisols (Cambisol), Mollisols dan Alfisols (Gambar 14). Tanah-tanah tersebut umumnya berkembang dari bahan piroklastik (bahan jatuhan hasil erupsi gunung api) berupa abu dan pasir vulkanik. Bahan piroklastika berbahan kasar berupa pumise (batu apung) dijumpai di lereng Gunung Kelud. Batuan beku hasil pembekuan lava umumnya dijumpai pada kedalaman yang cukup dalam dan hanya dijumpai di dasar sungai dan atau tebing yang cukup tinggi.

Tanah-tanah yang termasuk dalam ordo Entisols merupakan tanah-tanah yang belum berkembang. Pada umumnya memiliki solum yang dangkal dengan bentukan struktur yang belum terlihat. Termasuk dalam ordo tanah ini adalah

tanah-tanah yang berada pada lereng curam pegunungan, daerah endapan dan luapan sungai dan aliran lembah lahar. Di DAS Kali Konto, Entisols dijumpai pada lereng-lereng terjal dimana tanah tidak sempat terbentuk karena selalu terangkut oleh aliran air hujan, di lereng Gunung Kawi dan Anjasmara. Entisols di DAS Kali Konto memiliki solum tanah yang dangkal ( $< 60$  cm) hingga agak dalam ( $60 - 90$  cm).



Gambar 14. Peta Jenis Tanah DAS Kali Konto

Tanah ordo Andisols memiliki sifat yang beragam. Sifat dan ciri utama yang terlihat adalah memenuhi sifat tanah andik (bobot isi  $\leq 0,90$  g/cm<sup>3</sup>, Jumlah Alo + 1/2 Feo  $\leq 2,0$  %, dan retensi fosfat  $\leq 85$  %) bertekstur debu dengan variasi sifat di dalam penampang tanah, di antaranya berbatu atau berkerikil. Sebagian besar telah menunjukkan perkembangan dengan ditemukannya horison penciri Kambik. Tanah-tanah yang termasuk dalam ordo Andisol tersebar di daerah sekitar kawasan pegunungan dan perbukitan vulkanik di sekitar pegunungan. Tidak jarang

sebaran tanah ini ditemukan juga pada daerah lembah dan dataran tinggi plato. Di DAS Kali Konto, Andisols merupakan tanah yang paling dominan dan memiliki solum tanah yang dalam ( $> 120$  cm). Tanah ini berkembang dari bahan abu vulkanik yang terdapat di lereng Gunung Kawi, Anjasmara dan Kelud.

Inceptisols umumnya dijumpai pada kaki perbukitan dan dataran antar gunung api seperti di dataran Pujon dan Selorejo, dengan solum tanah bervariasi mulai agak dalam (60 – 90 cm) hingga dalam (90 – 120 cm). Inceptisols memiliki sifat dan karakter yang beragam, terutama berkaitan dengan bahan induk dan faktor perkembangan yang mempengaruhinya. Tingkat perkembangan yang berbeda juga mempengaruhi sifat dan karakter tanahnya, namun secara umum Inceptisols yang ditemukan telah mengalami perkembangan dengan penciri adanya horison Kambik.

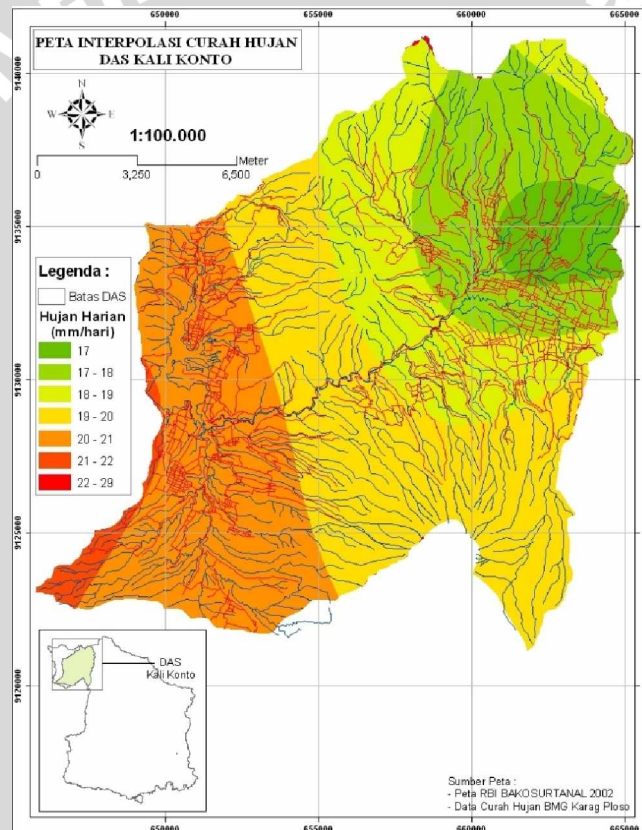
Mollisols dan Alfisols dijumpai di kaki perbukitan dengan penggunaan berupa hutan dan dataran antar vulkanik. Tanah-tanah yang termasuk dalam ordo tanah Mollisols merupakan tanah-tanah yang lapisan atasnya memiliki epipedon Mollik (berwarna gelap karena mengandung bahan organik minimal 0,6%, dengan kejenuhan basa sama atau lebih dari 50% dalam pelarut  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ). Mollisol dijumpai pada daerah koluvial kaki bukit dan plato sehingga merupakan daerah sedimentasi endapan pergerakan tanah yang berasal dari lereng maupun punggung perbukitan. Sedangkan tanah-tanah yang termasuk dalam ordo Alfisols adalah tanah yang telah mengalami proses *lessivage* sehingga terjadi peningkatan kandungan liat halus pada horison bawah yang sering dicirikan oleh adanya selaput liat pada penampang tanah lapisan bawah, dan kejenuhan basa  $> 35\%$ . Pada umumnya, tanah yang diidentifikasi sebagai Alfisols di daerah survei memiliki kandungan liat yang cukup tinggi dan agak keras.

#### 4.2.8 Iklim

DAS Kali Konto termasuk beriklim muson tropis, yang dicirikan oleh adanya musim hujan dan musim kemarau yang tegas dan suhu udara yang selalu panas sepanjang tahun. Sifat iklim tersebut dapat dipelajari dengan lebih baik

melalui data unsur iklim yang dikumpulkan dari stasiun Selorejo (Ngantang) dan stasiun Pujon, terutama data curah hujan (Gambar 15).

Wilayah Kecamatan Ngantang termasuk kawasan basah dengan curah hujan tahunan berkisar antara 2.200 mm sampai 3.850 mm dan rata-rata 3.000 mm per tahun. Sedangkan Kecamatan Pujon memiliki curah hujan tahunan berkisar antara 1620 mm sampai dengan 2756 mm. Dari curah hujan tahunan sebesar itu ternyata lebih dari 90% jatuh hanya selama 6 bulan, antara bulan Nopember sampai dengan April, dan kurang dari 10 % tersebar antara bulan Mei sampai dengan Oktober. Terdapat perbedaan sifat yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau.



Gambar 15. Peta Interpolasi Curah Hujan DAS Kali Konto

Neraca air tahunan yang merupakan selisih antara curah hujan dan penguapan selama setahun dikawasan ini menunjukkan surplus sebesar 1.745 mm untuk kecamatan Ngantang dan 1.301 mm (kecamatan Pujon). Hal ini berarti

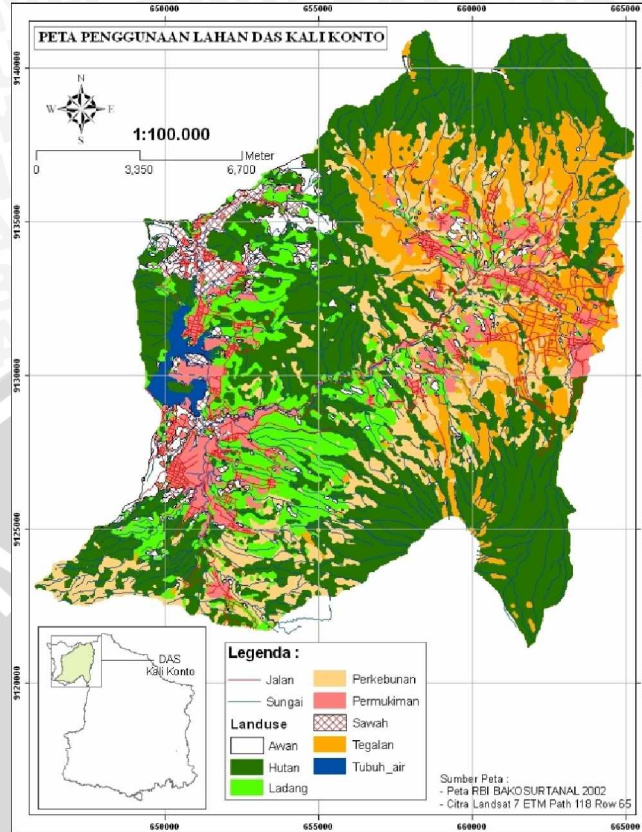


bahwa terjadi kelebihan air yang masuk kedalam system kawasan ini. Namun bila dipelajari lebih mendalam, ternyata bahwa surplus itu terjadi selama 6 bulan yakni antara Nopember sampai dengan April, sedangkan selama empat bulan (Juni sampai dengan September) terjadi defisit. Sementara itu pada bulan Mei dan bulan Oktober tidak menentu di mana bisa terjadi surplus atau defisit dengan peluang yang sama besar.

#### **4.2.9 Penggunaan Lahan**

Berdasarkan analisis Citra Satelit Landsat 7 ETM, penggunaan lahan yang ada di kawasan DAS Kali Konto secara umum meliputi Hutan (Hutan alami terganggu), Perkebunan, Tegalan, Sawah, dan Pemukiman (Gambar 16). Wilayah hutan hanya di jumpai pada daerah-daerah bagian lereng atas yang curam, di utara dan selatan sungai Konto. Hutan alami terganggu (HT) atau hutan terdegradasi adalah hutan alami yang telah mengalami kerusakan yang cukup parah dikarenakan adanya aktifitas masyarakat seperti penebangan vegetasi. Hutan alami terganggu terletak pada ketinggian lebih dari 1000 m dari permukaan laut. Vegetasi didominasi oleh pohon-pohon dengan berbagai macam umur, semak belukar, bamboo serta tanaman bawah.

Perkebunan umumnya dibedakan menjadi dua menurut kepemilikan lahannya yaitu: (1) Perkebunan milik Perhutani yang digunakan untuk kebun monokultur (Pinus, Mahoni, Damar) dan atau agroforestri sederhana (Pinus, Mahoni, Damar (tumpangsari dengan rumput gajah atau jagung) merupakan pertanaman pepohonan jenis timber, yang ditanam secara teratur dengan jenis pohon yang seragam, dan (2) Perkebunan milik rakyat yang digunakan untuk kebun campuran berbasis kopi. Kebun monokultur (Pinus dan Damar) umumnya banyak terdapat di wilayah Kecamatan Pujon, sedangkan kebun campuran dominan dijumpai di wilayah kecamatan Ngantang.



Gambar 16. Peta Penggunaan Lahan DAS Kali Konto

Kawasan budidaya tanaman semusim baik tegalan maupun sawah banyak dijumpai di lereng tengah ke bawah, meskipun ada sebagian yang dijumpai di daerah lereng atas terutama di Kecamatan Pujon. Kawasan budidaya didominasi oleh tanaman sayuran untuk daerah Pujon, seperti kentang, wortel, kubis, tomat, serta tanaman palawija. Jagung biasanya ditanam bergilir dengan cabe, ditanam secara tumpangsari dengan tanaman semusim lainnya. Pemupukan dilakukan setiap musim tanam, biasanya digunakan pupuk buatan dan kotoran ternak.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Debit Puncak Limpasan Permukaan Malang Raya

Hasil pemodelan yang dilakukan pada Malang Raya menghasilkan nilai debit puncak limpasan permukaan yaitu 489,43 m<sup>3</sup>/detik. Hasil tersebut dipengaruhi oleh nilai koefisien aliran permukaan, intensitas hujan yang terjadi dan luasan DAS.

Nilai koefisien aliran permukaan pada Malang Raya memiliki nilai rata-rata 61,2 m<sup>3</sup>/detik. Nilai tersebut masuk kedalam kelas tinggi menurut metode Cook's dalam pengklasifikasian karakteristik DAS berdasarkan koefisien aliran permukaan. Nilai koefisien aliran permukaan dihasilkan dari penjumlahan nilai skor pada kelerengan, penggunaan lahan, simpanan air permukaan dan infiltrasi.

Pada Malang Raya terdapat beberapa Sub DAS seperti Sub DAS Bango, Sub DAS Konto, Sub DAS Lesti, Sub DAS Brantas, Sub DAS Metro, Sub DAS Amprong, Sub DAS Lekso, Sub DAS Manten, Sub DAS Banteng, Sub DAS Genteng, dan Sub DAS Lemon Putung. Dari beberapa Sub DAS yang ada di Malang Raya, Sub DAS Konto yang memiliki nilai puncak limpasan permukaan yang paling tinggi (Tabel 7).

Tabel 7. Nilai Q pada beberapa Sub DAS Malang Raya

No	Sub DAS	Nilai Q (m <sup>3</sup> /detik)
1	Amprong	48.56
2	Bango	34.40
3	Konto	48.93
4	Lesti	36.43
5	Lekso	18.28
6	Brantas	37.76
7	Metro	43.70
8	Manten	21.03
9	Lemon Putung	14.04
10	Brangkal	12.79
11	Banteng	43.20
12	Genteng	20.15

Nilai debit puncak tertinggi terjadi pada Sub DAS Konto dan terendah terjadi pada Sub DAS Brangkal. Nilai debit puncak pada beberapa Sub DAS Malang Raya mengalami perbedaan karena dengan tata guna lahan yang berbeda, luasan Sub DAS yang berbeda, dan perbedaan kelerengan maka terjadi debit puncak yang tinggi dan ada yang lebih rendah. Dengan banyaknya degradasi lahan yang terjadi pada Sub DAS Konto dari lahan hutan menjadi lahan pertanian atau menjadi tanaman sayuran mengakibatkan tutupan lahan sangat berkurang dan dengan curah hujan yang tinggi maka limpasan air yang terjadi juga tinggi.

Dari hasil pemodelan yang dilakukan pada Malang Raya, Sub DAS yang ada di Malang Raya yang memiliki nilai debit puncak limpasan permukaan tertinggi terdapat di Sub DAS Konto. Simulasi yang dilakukan adalah di Sub DAS Konto.

### 5.2 Dasar Skenario

Kegiatan pembangunan dapat berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan, seperti pendapatan, konsumsi, ketersediaan pangan dan sumberdaya alam pokok (*natural resource base*). Dampaknya kepada berbagai komponen lebih sering tidak sama, baik dalam hal intensitasnya maupun dalam hal akibatnya positif atau negatif. Menurut (Mc Craken, 2007) mengatakan perlu dikembangkan suatu sistem pemantauan dampak dengan indikator-indikator yang handal. Hal ini terutama diperlukan berkenaan dengan kegiatan tersebut, disamping paling banyak dan paling luas mendampak lahan, juga paling berperan dalam menyelamatkan dan memelihara sumberdaya lahan bagi keberlanjutan fungsi sumberdaya tersebut.

Isu tentang degradasi lahan dan hutan yang gencar muncul di berbagai wacana, menuntut pemerintah dan masyarakat untuk segera menindak lanjuti dengan tindakan yang nyata. Tindakan nyata tersebut tentu saja harus disertai dengan perencanaan yang matang dari berbagai aspek. Salah satu aspek yang menonjol dalam hal ini adalah aspek pengelolaan lahan. Dalam perencanaan pengelolaan lahan, informasi yang dibutuhkan salah satunya adalah tentang potensi lahan dan kesesuaiannya untuk jenis tanaman tertentu. Informasi ini

diperlukan terutama untuk menentukan kegiatan atau jenis konservasi tanah yang harus dilakukan. Selain itu informasi tentang kesesuaian lahan juga diperlukan.

Masalah degradasi lingkungan yang sering terjadi akhir-akhir ini berpangkal pada komponen desa. Laju pertumbuhan penduduk yang cepat menyebabkan perbandingan antara jumlah penduduk dan lahan pertanian tidak seimbang. Hal ini menyebabkan kepemilikan lahan pertanian menjadi sempit. Keterbatasan lapangan kerja dan kendala keterampilan yang terbatas telah menyebabkan kecilnya pendapatan petani.

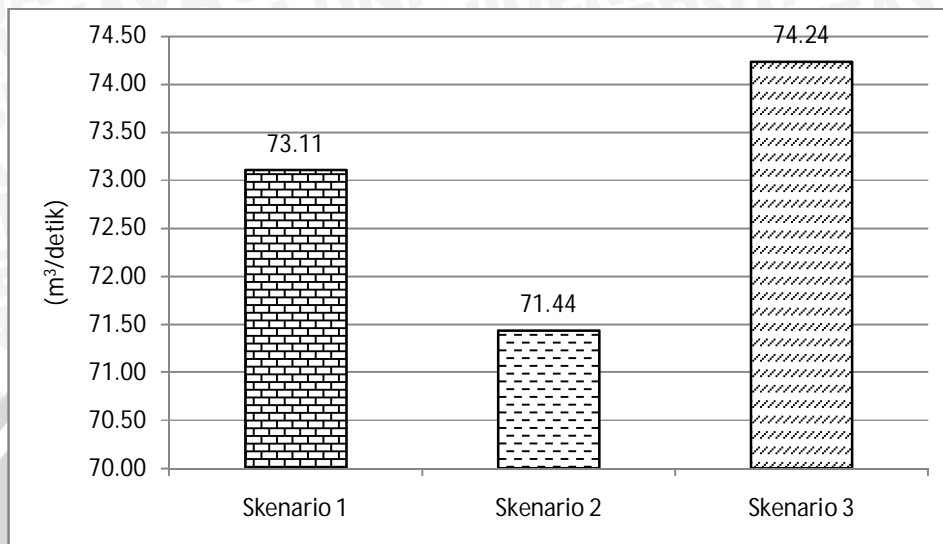
Keadaan tersebut telah mendorong petani untuk merambah hutan dan lahan tidak produktif menjadi lahan pertanian. Perambahan hutan untuk kegiatan pertanian yang tidak memperhatikan kaedah konservasi tanah dan air terbukti meningkatkan bahaya longsor, erosi, dan koefisien aliran permukaan. Peningkatan koefisien aliran permukaan berarti jumlah air hujan yang menjadi limpasan permukaan meningkat sehingga memperbesar debit air sungai. Kondisi ini akan berdampak pada peningkatan bahaya banjir di bagian hilir DAS. Ilustrasi tersebut menunjukkan eratnya hubungan antar komponen DAS. Oleh sebab itu, penentuan skenario bentuk penggunaan lahan harus mempertimbangkan hubungan timbal balik keempat komponen tersebut.

### **5.3 Koefisien Aliran Permukaan pada Berbagai Skenario**

Koefisien aliran permukaan ialah perbandingan antara besarnya limpasan dan curah hujan atau perbandingan antara laju debit puncak dan intensitas hujan (Asdak, 2007). Metode Cook's mengklasifikasikan karakteristik DAS berdasarkan koefisien aliran permukaan menjadi 4 kelas, yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah. Kelas sangat tinggi berarti menghasilkan limpasan permukaan lebih dari 75 %, tinggi berarti menghasilkan limpasan permukaan dari 50 - 75 %, sedang berarti menghasilkan limpasan permukaan lebih dari 25 - 50 %, dan rendah berarti menghasilkan limpasan permukaan lebih kecil dari 25 %.

Nilai koefisien aliran permukaan diperoleh dari penjumlahan atas nilai skor dari masing-masing kelas kemiringan lereng, simpanan permukaan, infiltrasi tanah dan penggunaan lahan. Berdasarkan hasil permodelan yang dilakukan pada

kondisi penggunaan lahan pada berbagai skenario menunjukkan nilai rerata koefisien aliran permukaan sebagai berikut (Gambar 17).

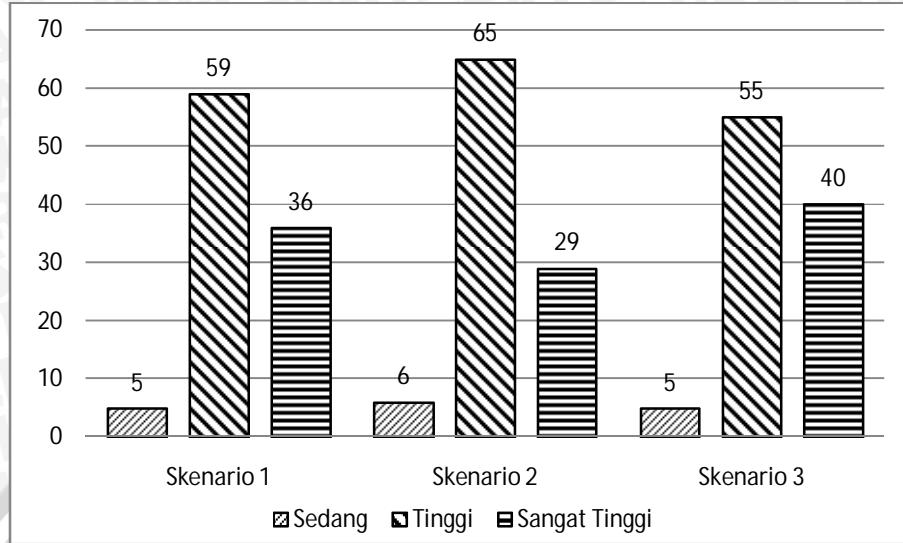


Gambar 17. Grafik rerata koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario bentuk penggunaan lahan di DAS Konto

Nilai koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario penggunaan lahan seperti Skenario 1, Skenario 2 dan Skenario 3 secara berurutan yaitu 73,11m<sup>3</sup>/detik, 71,44 m<sup>3</sup>/detik dan 74,24 m<sup>3</sup>/detik. Nilai terendah terjadi pada Skenario 2 yaitu penggunaan lahan sesuai kemampuan lahan. Dengan nilai rerata koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario di DAS Konto termasuk kedalam kelas tinggi.

Koefisien aliran permukaan pada Skenario 2 menunjukkan penurunan pada kelas sangat tinggi, dan ada kenaikan pada kelas sedang dan tinggi. Dalam hal ini pada Skenario 2 memiliki kelas sangat tinggi dengan nilai terendah yaitu 29 % dan nilai tertinggi terjadi pada Skenario 3 yaitu 40 % (Gambar 18).

Faktor yang mempengaruhi nilai C ialah kemiringan lereng, simpanan air permukaan, infiltrasi tanah, dan jenis penggunaan lahan (Meijerink, 1970; Gunawan, 1993). Oleh karena itu dalam penelitian ini nilai C dihitung dari penjumlahan atas berbagai faktor tersebut.



Gambar 18. Grafik karakteristik DAS Konto berdasarkan koefisien aliran permukaan pada berbagai skenario

### 5.3.1 Kemiringan Lereng

Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dengan tingkat kemiringan lereng curam akan menghasilkan limpasan yang lebih besar daripada lereng datar (Raghunanth, 2006). Klasifikasi kelas kemiringan lereng berdasarkan Meijerink (1970) digolongkan menjadi 4 kelas yaitu datar (*relative flat land*), bergelombang (*rolling*), berbukit (*hilly*), dan curam (*steep*). Satuan yang digunakan adalah persen (Tabel 8).

Tabel 8. Klasifikasi dan skoring kelas kemiringan lereng

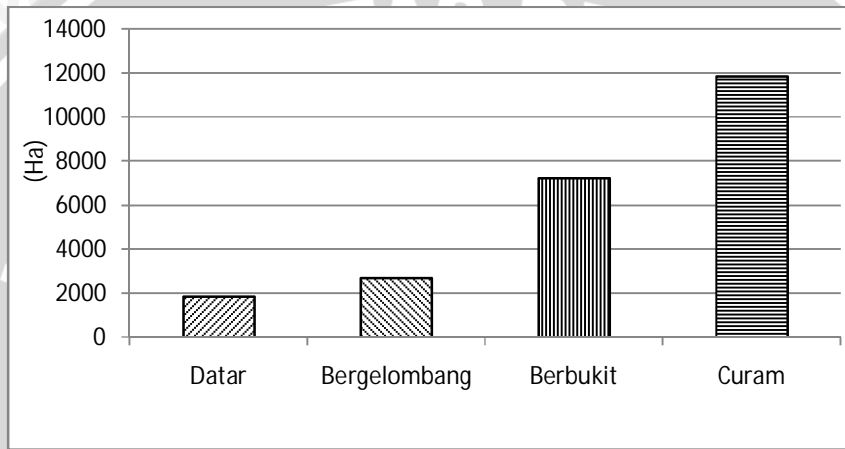
Kelas Kemiringan Lereng	Nilai (%)	Skor
Datar	< 5	10
Bergelombang	5% - 10	20
Berbukit	10% - 30	30
Curam	> 30	40

Sumber : Meijerink (1970)

Hasil interpolasi kontur menunjukkan bahwa kondisi kemiringan lereng di DAS Konto berkisar antara 0 % sampai dengan 100 % (Gambar 19). Hal ini berarti kelas kemiringan lereng beragam mulai dari datar sampai dengan curam.

Bagian hulu didominasi oleh lereng curam, sedangkan semakin kebawah semakin datar.

Luas masing-masing kelas kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi pada Tabel 8 menunjukkan bahwa karakteristik lereng DAS Konto sebagian besar berupa lereng curam dan berbukit seluas 118,7 km<sup>2</sup> dan 72,4 km<sup>2</sup>. Sisanya berupa lereng datar dan bergelombang, masing-masing seluas 18,6 km<sup>2</sup> dan 27,1 km<sup>2</sup> (Gambar 18). Jadi dengan karakteristik lereng di DAS Konto yang seperti itu menunjang untuk terjadinya limpasan permukaan pada saat hujan.



Gambar 19. Grafik kelas kemiringan lereng di DAS Konto

### 5.3.2 Simpanan Air Permukaan

Simpanan air permukaan dapat diduga dari besarnya nilai kerapatan aliran (drainage density). Semakin tinggi nilai kerapatan aliran berarti semakin cepat daerah tersebut mengalami pengeringan. Hal ini berarti daerah tersebut sangat mendukung terjadinya limpasan permukaan. Sebaliknya jika nilai kerapatan aliran rendah artinya air mudah meresap ke dalam tanah atau daerah tersebut mudah tergenang sehingga tidak mendukung terjadinya limpasan.

Linsey (1959) menyatakan bahwa kerapatan drainase (Dd) merupakan panjang total sungai (L) dibagi luas DAS (A) dengan rumus :

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Klasifikasi yang menggambarkan hubungan antara kerapatan drainase dengan ketersediaan air permukaan oleh Linsey (1959) dan Meijerink (1970)



dalam Gunawan (2000) dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu (Tabel 9) sangat rendah (*negligible*), rendah (*low*), sedang (*normal*), dan tinggi (*high*).

Tabel 9. Klasifikasi simpanan air permukaan berdasarkan kerapatan drainase

Kerapatan Aliran (km/km <sup>2</sup> )	Simpanan Air Permukaan	Skor
> 5	Sangat Rendah	20
5 - 2	Rendah	15
2 - 1	Sedang	10
< 1	Tinggi	5

Sumber : Linsey (1959) dan Meijerink (1970)

Karakteristik simpanan air permukaan di DAS Konto berdasarkan klasifikasi Tabel 10 tergolong dalam kelas rendah. Simpanan permukaan air yang rendah menggambarkan bahwa tanah tersebut cepat mengalami pengeringan saat terjadi hujan, artinya tanah ini mendukung terjadinya aliran permukaan.

Potensi aliran permukaan di DAS Konto adalah tinggi apabila dilihat dari kondisi simpanan air permukaan. Hal ini karena sejumlah air presipitasi yang menjadi limpasan lebih banyak daripada yang terinfiltrasi.

### 5.3.3 Infiltrasi Tanah

Dalam daur hidrologi, air hujan yang jatuh diatas tanah akan mengalami dua proses yaitu masuk kedalam tanah dan mengalir di atas permukaan tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam tanah inilah yang dinamakan infiltrasi tanah. Proses ini disebabkan oleh gaya gravitasi dan kapiler tanah. Kedua gaya tersebut dibatasi oleh besarnya diameter pori tanah. Tanah bertekstur pasir akan mempunyai nilai infiltrasi lebih besar dari pada tekstur liat, karena ukuran pori yang lebih besar (Asdak, 2007 dan Morgan, 2005).

Tabel 10. Klasifikasi dan skor infiltrasi tanah

Kelas	Infiltrasi mm/jam	Skor
<b>Sangat Lambat</b>	< 13	20
<b>Lambat</b>	13 - 18	15
<b>Sedang</b>	18 - 23	10
<b>Cepat</b>	>23	5

Sumber : Meijerink (1970) dan USCS (1972)

Semakin lambat laju infiltrasi tanah maka potensi terjadinya aliran permukaan semakin besar. Meijerink (1970) dan USCS (1972) mengelompokkan infiltrasi menjadi 4 kelas yaitu sangat lambat (*negligible*), lambat (*low*), sedang (*normal*), dan tinggi (*high*) (Tabel 10).

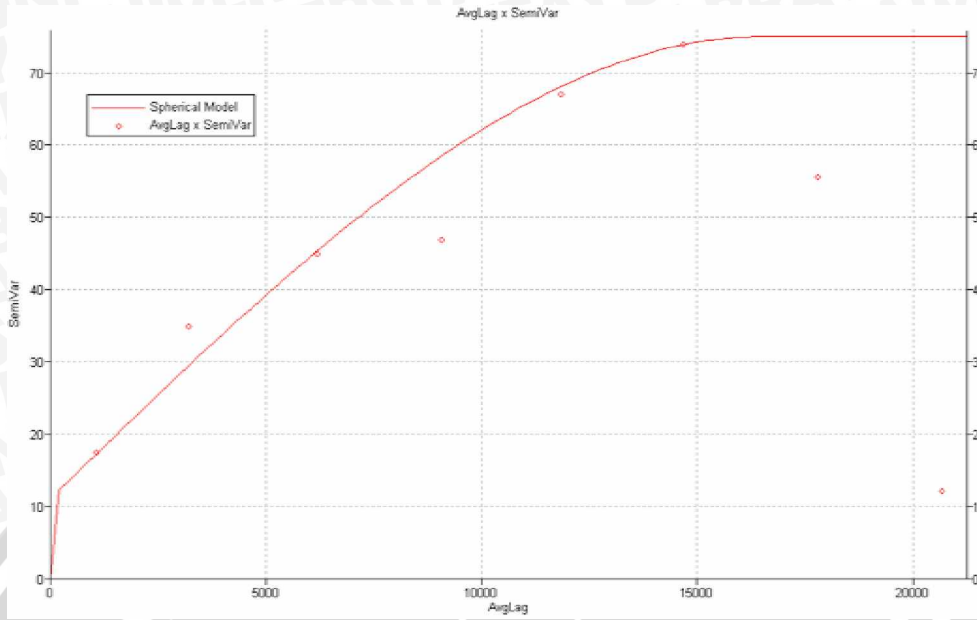
Pengamatan infiltrasi lapangan menggunakan ring infiltrometer tunggal berdasarkan titik sampel yang telah ditentukan terlebih dahulu. Penentuan sebaran titik sampel berdasarkan satuan peta tanah (SPT) yang ada di DAS Konto yang telah dilakukan penelitian sebelumnya.

Jumlah titik sampel ada 40 titik pengamatan yang tersebar di seluruh DAS Konto (Gambar 3). Hasil pengukuran infiltrasi (satuan mm/jam) pada masing-masing titik sampel berdasarkan satuan peta tanah di DAS Konto.

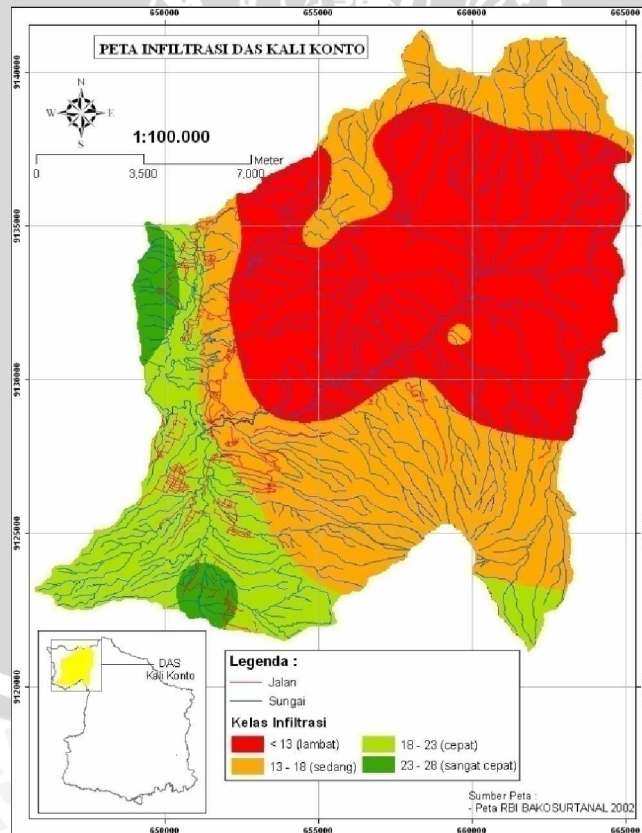
Nilai infiltrasi pada masing-masing titik sampel merupakan acuan dalam pembuatan peta infiltrasi tanah dengan metoda *spherical kriging*. Semivariogram harus terlebih dahulu dibuat guna menentukan kombinasi *Nugget*, *Sill*, dan *Range* yang terbaik.

Parameter yang digunakan untuk menentukan bahwa nilai ketiganya terbaik apabila nilai  $R^2$  (*Goodness Fit*) mendekati 1 (nilai berkisar antara 0 – 1). Hasil penghitungan semivariogram menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9 dengan kombinasi *Nugget*, *Sill*, dan *Range* adalah 11, 75, dan 16500 (Gambar 20). Hasil interpolasi kriging menunjukkan bahwa infiltrasi di DAS Konto berkisar antara 8,68 – 24,71 mm/jam (Gambar 21).

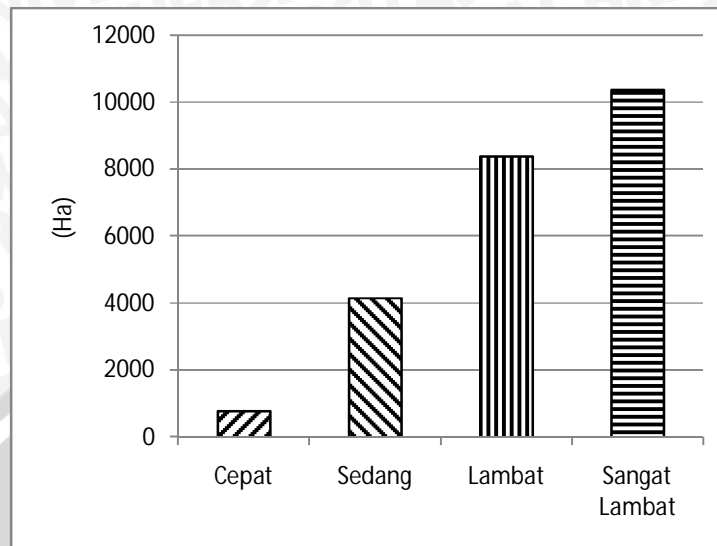
Kisaran nilai infiltrasi berdasarkan Gambar 21 menunjukkan bahwa karakteristik infiltrasi tanah di DAS Konto termasuk dalam kelas sangat lambat (103,8 km<sup>2</sup>), lambat (83,9 km<sup>2</sup>), sedang (41,4 km<sup>2</sup>), dan cepat (7,7 km<sup>2</sup>). Jadi karakteristik DAS Konto berpotensi besar menyebabkan terjadinya limpasan permukaan.



Gambar 20. Grafik semivariogram berdasarkan besarnya infiltrasi pada setiap titik sampel di DAS Konto



Gambar 21. Peta Infiltrasi DAS Konto



Gambar 22. Grafik kelas infiltrasi DAS Konto

### 5.3.4 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang ada di kawasan DAS Kali Konto hulu secara umum meliputi Hutan, Perkebunan, Tegalan, Sawah, dan Pemukiman. Pada penelitian ini, penggunaan lahan yang digunakan adalah penggunaan lahan sesuai kondisi saat ini, penggunaan lahan sesuai kemampuan lahan dan penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah.

#### 5.3.4.1 Penggunaan Lahan Sesuai Kondisi Saat ini

Bentuk penggunaan lahan di DAS Konto diklasifikasikan menjadi tujuh (7) yaitu hutan, kebun campuran, tanah terbuka, tegalan, ladang, permukiman, dan sawah.

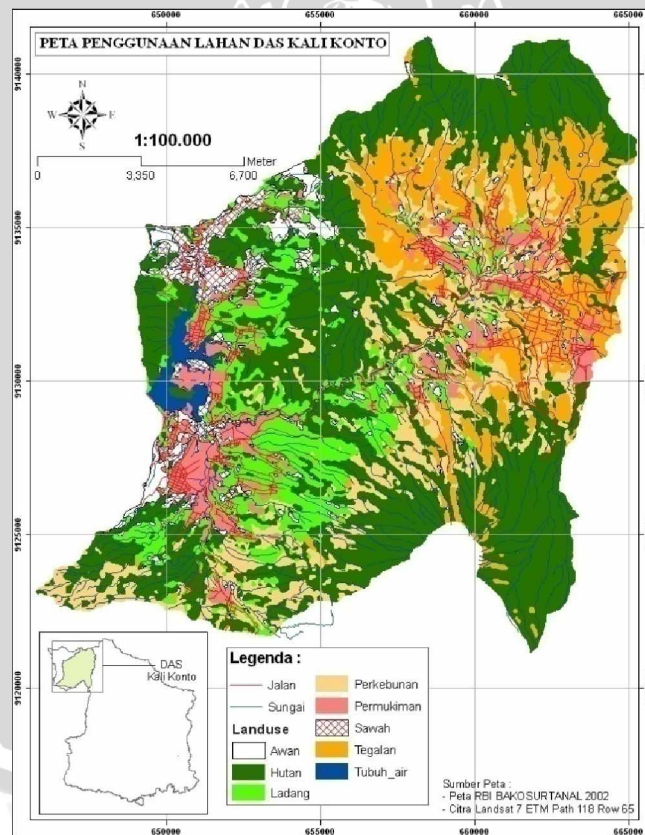
Hasil klasifikasi citra bahwa bentuk penggunaan lahan permukiman tersebar dibagian tengah DAS Konto. Bagian hulu DAS didominasi oleh penggunaan lahan hutan. Sawah lebih banyak terdapat di sisi barat DAS karena terdapat irigasi yang bersumber dari waduk selorejo. Penggunaan lahan tegalan lebih banyak terdapat di daerah timur DAS Konto karena ketersediaan air berasal dari air sumber yang berada di daerah tersebut.

Dalam perhitungan nilai koefisien aliran permukaan, SCDT (2003) mengklasifikasikan bentuk penggunaan lahan menjadi empat kelas (Tabel 6)

dengan dasar pembobotan mengacu pada Meijerink (1970) yaitu tanah terbuka dan sawah (*barren land*), campuran permukiman (*mix building and vegetation*), kebun (*plantation area*) dan hutan (*forest*).

Tabel 11. Penggunaan lahan sesuai kondisi saat ini

Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	Persentase (%)
Awan	723.60	3
Hutan campuran	9803.97	42
Hutan produksi	235.71	1
Ladang	2876.49	12
Perkebunan	3414.96	15
Permukiman	1913.49	8
Sawah	769.50	3
Tegalan	3438.90	15
Tubuh air	239.31	1



Gambar 23. Peta penggunaan lahan DAS Konto berdasarkan klasifikasi landsat 7 ETM 2006

Tingkat tutupan lahan berbanding terbalik dengan limpasan permukaan saat terjadi hujan, artinya semakin rendah tutupan lahan suatu area maka limpasan permukaan yang terjadi akan semakin tinggi. Secara teoritis hutan mampu menurunkan limpasan permukaan saat terjadi hujan, karena semakin rapat tutupan lahan maka air yang mengalir di permukaan tanah akan terhambat oleh tutupan lahan dan sebagian akan masuk ke dalam tanah dan sebagian akan terlimpas.

#### 5.3.4.2 Penggunaan Lahan Sesuai Kemampuan Lahan

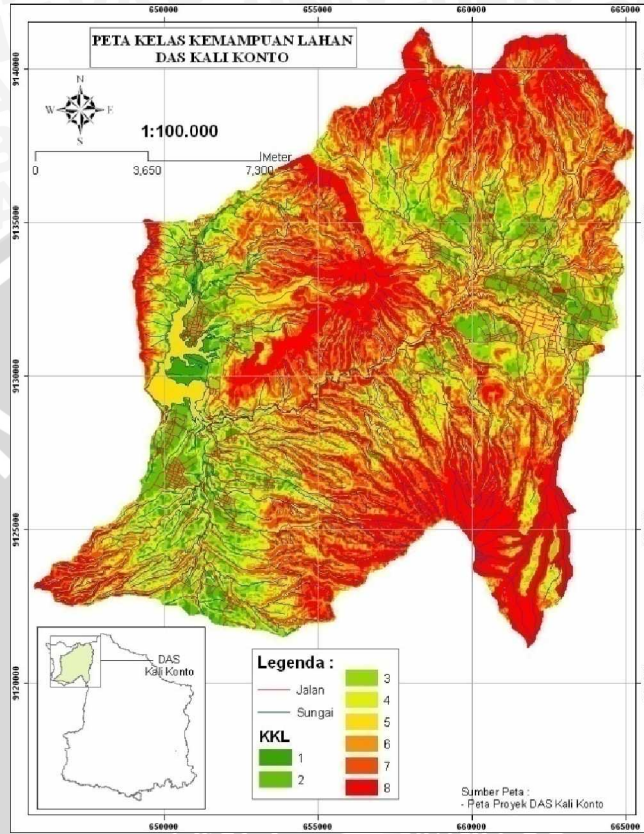
Skenario ini mensimulasikan kondisi penggunaan lahan berdasarkan kelas kemampuan lahan. Perubahan yang dilakukan adalah penggunaan lahan pada kondisi saat ini yang memiliki kelas kemampuan lahan kelas V dan VI dilakukan perubahan menjadi lahan agroforestri, tetapi tidak ada perubahan apabila pada kondisi saat ini penggunaan lahan hutan. Perubahan penggunaan lahan pada kelas kemampuan lahan kelas VII dan VIII menjadi lahan hutan. Setelah dilakukan perubahan penggunaan lahan sesuai kelas kemampuan lahan, persentase luas hutan adalah 50% dari luas total DAS Konto. Perlakuan ini sebagai pembanding terhadap perlakuan yang lain. Nilai debit limpasan diasumsikan sebagai debit terjadinya banjir karena data debit banjir hasil pengukuran lapangan tidak tercatat. Suatu skenario dapat dikatakan mampu mengurangi risiko banjir terjadi apabila nilai debit air lebih kecil dari pada keadaan saat ini.

Tabel 12. Penggunaan Lahan Sesuai Kemampuan Lahan

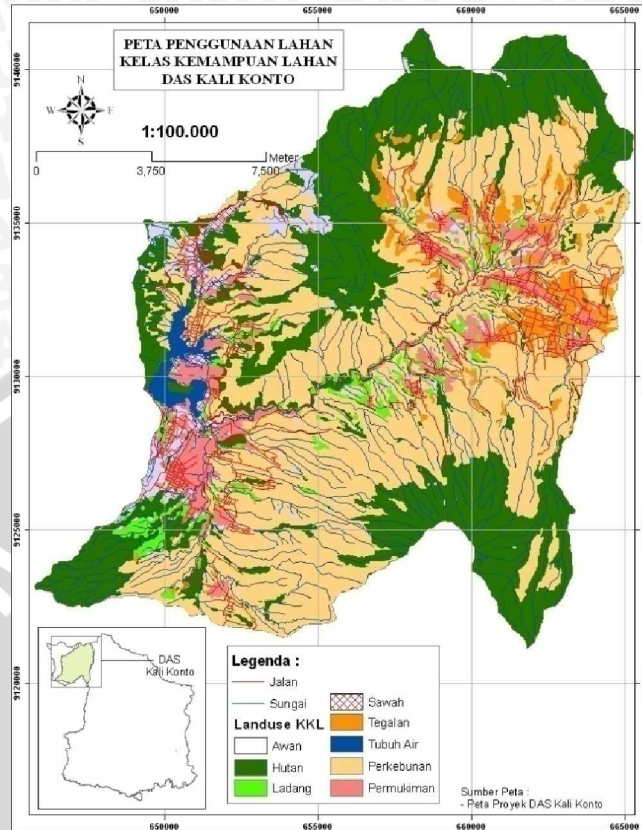
Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	Persentase (%)
Awan	723.6	3
Hutan	7676.5	32
Ladang	697.3	3
Kebun	11562.1	49
Pemukiman	1442.3	6
Sawah	392.0	2
Tegalan	1067.2	4
Waduk	234.0	1

Pada Skenario 2 memiliki penggunaan lahan yaitu hutan, agroforestri atau kebun, tegalan, pemukiman, sawah dan waduk. Secara berurutan penggunaan

lahan di DAS Konto didominasi oleh kebun atau agroforestri, hutan, pemukiman, tegalan, ladang dan awan, sawah dan waduk (Tabel 12).



Gambar 24. Peta kelas kemampuan lahan DAS Konto



Gambar 25. Peta arahan penggunaan lahan sesuai kemampuan lahan

### 5.3.4.3 Penggunaan Lahan Sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah

Skenario ini mensimulasikan penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah. Penggunaan lahan yang digunakan adalah rencana penggunaan lahan yang sudah ditetapkan atau dirancang dan sesuai dengan tata ruang wilayah di DAS Konto. Penggunaan lahan yang dibuat disesuaikan rencana struktur dan pola ruang untuk perkembangan di daerah tersebut.

Penggunaan lahan menurut rencana tata ruang wilayah ada 7 macam penggunaan lahan yaitu hutan lindung, tegalan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, kebun, pemukiman dan waduk (Tabel 13).



Tabel 13. Penggunaan Lahan Sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
Hutan Lindung	8383.858	34
Kebun	3687.900	15
Pemukiman	2237.676	9
Sawah Irigasi	1213.032	5
Sawah Tadah Hujan	3087.954	13
Tegalan	5376.770	22
Waduk	325.580	1

#### 5.4 Intensitas Hujan

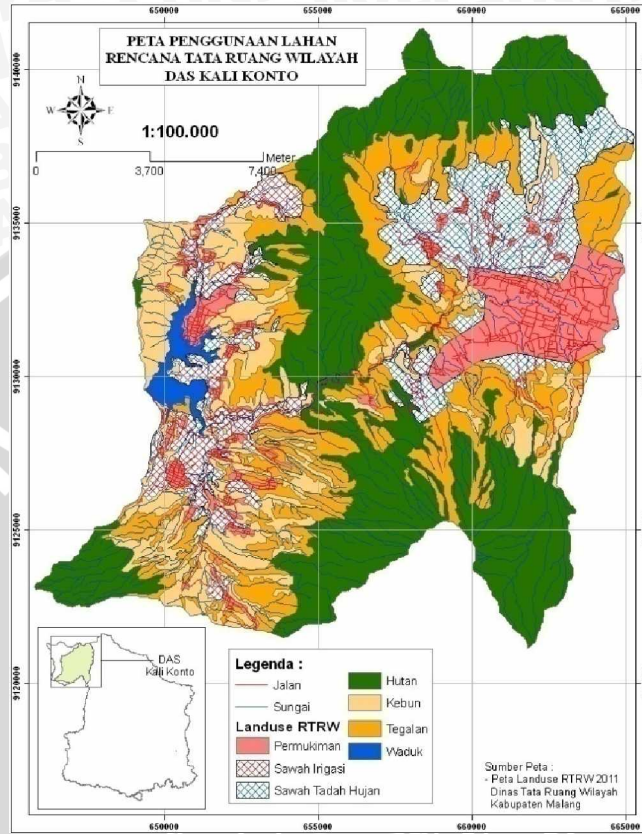
Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang dinyatakan sebagai ketebalan air (*rainfall depth*) dengan satuan millimeter (mm). Durasi hujan adalah lama waktu hujan yang terjadi, dinyatakan sebagai satuan waktu menit, jam, hari. Jadi intensitas hujan adalah ukuran yang menyatakan tebal hujan dalam satuan durasi tertentu seperti mm/jam, mm/hari, dan mm/bulan (Soewarno, 2000).

Satuan intensitas hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah millimeter perhari (mm/hari) yang diolah dari rerata hujan harian perbulan dari tahun 2001 sampai dengan 2010. Hasil analisa menunjukkan bahwa rerata intensitas hujan tertinggi terjadi pada bulan januari yaitu 386 mm/bulan dan 23 mm/hari.

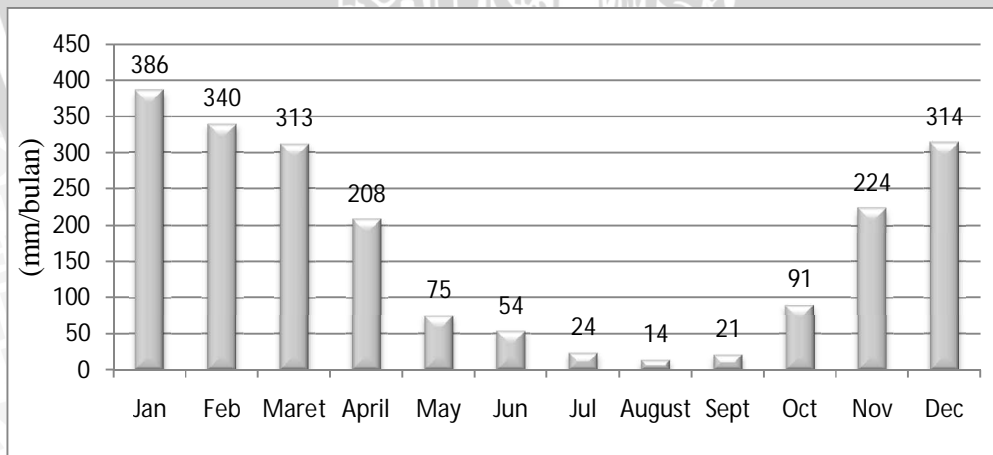
Peta isohyet disusun berdasarkan besarnya nilai intensitas hujan bulan Januari di masing-masing titik stasiun pengukuran. Penggunaan metode isphyet karena metode ini mempertimbangkan faktor topografi dalam menentukan sebaran intensitas hujannya. Tingkat ketelitian yang diperoleh juga lebih tinggi dibandingkan metode lain yaitu polygon thiessen dan rerata aritmatik (Asdak, 2007 dan Soewarno, 2000).

Hasil interpolasi data hujan menunjukkan bahwa intensitas hujan di DAS Konto berkisar antara 16 mm/hari sampai dengan 22 mm/hari. Secara spasial, besarnya intensitas hujan semakin meningkat ke arah hulu DAS Konto (Gambar 24). Hal ini disebabkan oleh pengaruh topografi DAS Konto yang berbukit dan bergunung sehingga hujan terjadi karena proses naiknya udara lembab yang

melewati halangan bukit atau gunung. Proses terjadinya hujan jenis ini dinamakan hujan orografi.



Gambar 26. Peta penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah



Gambar 27. Grafik intensitas hujan bulanan di DAS Konto

### 5.5 Luasan DAS

Peta luas DAS (A) menggunakan batas administrasi yang dirubah menjadi data raster dengan resolusi 30 meter. Satuan luas DAS (A)  $\text{km}^2$ , maka harus dikonversi dari  $\text{m}^2$  menjadi  $\text{km}^2$ . Sehingga luas per piksel menjadi  $0,0009 \text{ km}^2$ .

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . \text{luas piksel} (km^2)$$

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . \text{luas piksel} (m^2/km^2)$$

Dimana luas DAS = luas piksel, satuan piksel 30 meter  $\times$  30 meter =  $900 \text{ m}^2$ . Luas satuan  $\text{m}^2$  harus dikonversi menjadi  $\text{km}^2$  sehingga menjadi  $0.0009 \text{ km}^2$ .

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . 0,0009$$

$$Q(m^3/dt) = 0,012 . C . I (mm/hari) . 0,0009 (km^2)$$

### 5.6 Debit Puncak Limpasan Permukaan (Q)

Debit puncak limpasan permukaan di berbagai penggunaan lahan untuk membandingkan nilai debit puncak limpasan permukaan di berbagai perlakuan penggunaan lahan dan mengetahui nilai debit puncak limpasan tertinggi yang terjadi pada setiap skenario penggunaan lahan.

#### 5.6.1 Nilai Q pada Skenario 1

Hasil pemodelan yang dilakukan pada Skenario 1 menghasilkan nilai debit puncak limpasan permukaan yaitu  $38,287 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Hal ini dipengaruhi oleh nilai rerata koefisien aliran permukaan yang tinggi yaitu 73,11. Koefisien aliran permukaan pada Skenario 1 termasuk kedalam kelas tinggi karena sebagian penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kondisi fisik daerah DAS Konto. Seperti dengan kondisi kelerengan yang curam banyak digunakan sebagai tegalan, yang seharusnya dengan kondisi seperti itu seharusnya di fungsikan sebagai hutan. Dan ada pulaawan yang dapat mengurangi nilai koefisien aliran permukaan.

#### 5.6.2 Nilai Q pada Skenario 2

Nilai debit puncak limpasan permukaan pada Skenario 2 yaitu  $37,62 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Hal ini dipengaruhi nilai rerata koefisien aliran permukaan yaitu 71,44. Dengan penggunaan lahan yang sesuai kondisi fisik atau kemampuan lahan

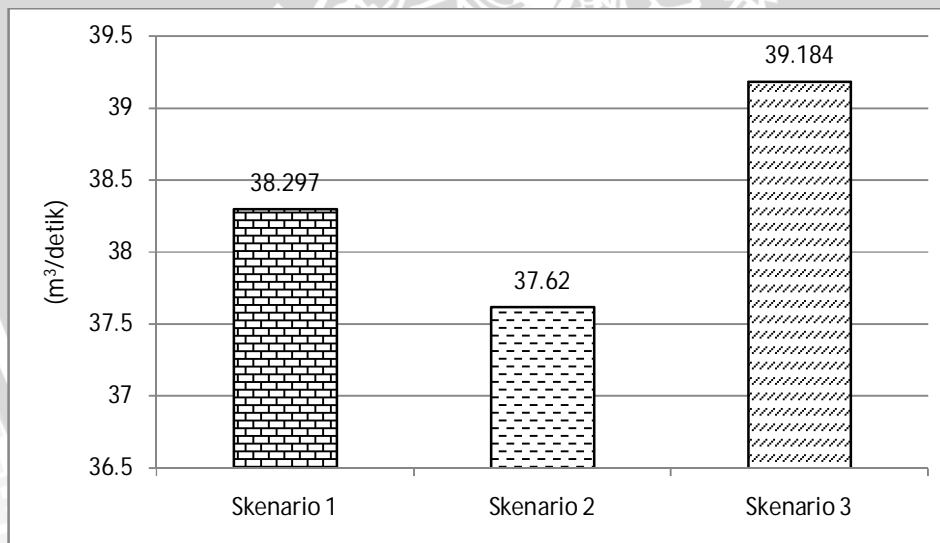
daerah DAS Konto, tetapi ada penggunaan lahan awan yang asumsinya dapat mengurangi nilai rerata koefisien aliran permukaan.

### 5.6.3 Nilai Q pada Skenario 3

Nilai debit puncak limpasan permukaan pada Skenario 3 yaitu 39,184 m<sup>3</sup>/detik. Dengan nilai rerata koefisien aliran yaitu 74,24. Dengan penggunaan lahan 34 % hutan dan pada skenario ini tidak ada awan. Hal ini awan dapat mengakibatkan penambahan nilai rerata koefisien aliran permukaan.

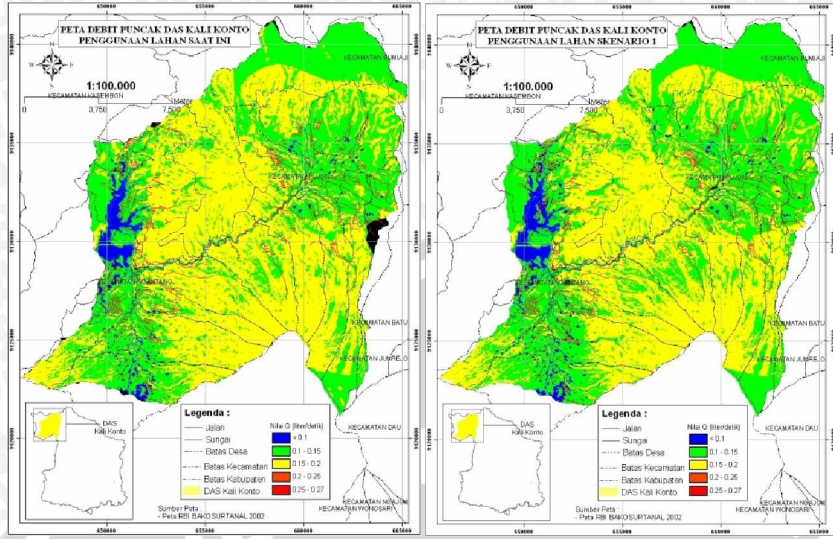
### 5.6.4 Nilai Q pada Berbagai Skenario

Nilai debit puncak limpasan permukaan tertinggi terjadi pada Skenario 3 dengan nilai yaitu 39,2 m<sup>3</sup>/detik dan nilai terendah terjadi pada Skenario 2 yaitu 37,62 m<sup>3</sup>/detik (Gambar 22). Debit puncak limpasan permukaan dipengaruhi oleh koefisien aliran permukaan, intensitas hujan dan luasan DAS. Dengan semakin tinggi nilai rerata koefisien aliran permukaan maka akan semakin tinggi debit puncak limpasan permukaan yang terjadi.



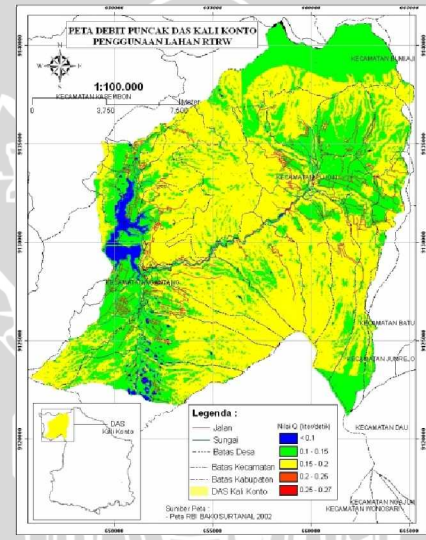
Gambar 28. Grafik debit puncak limpasan permukaan pada berbagai skenario

Besarnya nilai koefisien aliran permukaan banyak disebabkan oleh kemiringan lereng yang didominasi kelerengan yang curam. Selain itu penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kelerengan yang curam juga ikut menyumbang tingginya koefisien aliran permukaan.



(Skenario 1)

(Skenario 2)



(Skenario 3)

Gambar 29. Sebaran limpasan permukaan pada berbagai skenario

Pada (Gambar 29) menunjukkan warna biru menunjukkan nilai debit puncak limpasan permukaan yang paling rendah, warna hijau menunjukkan nilai debit puncak limpasan permukaan yang sedang, warna merah menunjukkan nilai debit puncak limpasan permukaan yang tinggi.

Perbedaan debit puncak limpasan permukaan yang terjadi pada ketiga skenario terlihat berbeda dengan sebaran yang nilai debit puncak yang tinggi

sebarannya berbeda. Hal tersebut karena penggunaan pada setiap skenario memiliki komposisi penggunaan lahan yang berbeda. Pada Skenario 1 yang mengalami debit puncak tinggi terjadi pada penggunaan lahan ladang atau tegalan dan dengan kelerengan sangat tinggi. Pada Skenario 2 debit puncak yang tinggi terjadi pada penggunaan lahan ladang atau tegalan dengan kelerengan curam. Dengan jumlah penggunaan lahan kebun atau agroforestri yang lebih tinggi maka dapat mengurangi terjadinya debit puncak. Pada Skenario 3 yang mengalami debit puncak tinggi terjadi pada penggunaan lahan ladang atau tegalan, karena jumlah luasan penggunaan lahan ladang atau tegalan lebih tinggi dibandingkan Skenario 1 dan Skenario 2 maka pada Skenario 3 terjadi debit puncak aliran permukaan paling tinggi dari semua skenario yang digunakan.

Tabel 14. Sebaran nilai pada setiap desa pada berbagai skenario penggunaan lahan

Kelurahan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Kelurahan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
	(m <sup>3</sup> /detik)				(m <sup>3</sup> /detik)		
Desa Banjarejo	1.288	1.235	1.271	Desa Pondokagung	0.029	0.035	0.039
Desa Banturejo	0.411	0.416	0.409	Desa Pujon Kidul	2.050	2.019	2.109
Desa Bendosari	2.498	2.437	2.495	Desa Pujon Lor	2.110	2.095	2.180
Desa Jombok	0.214	0.222	0.239	Desa Purworejo	2.162	2.093	2.130
Desa Kaumrejo	0.664	0.645	0.697	Desa Sidodadi	2.587	2.531	2.588
Desa Madiredo	1.308	1.276	1.329	Desa Sukomulyo	2.451	2.406	2.518
Desa Mulyorejo	0.946	0.908	0.958	Desa Sumberagung	0.957	0.914	0.973
Desa Ngabab	1.694	1.625	1.721	Desa Tawang Sari	1.284	1.245	1.318
Desa Ngantru	1.434	1.423	1.461	Desa Tulungrejo2	0.208	0.208	0.232
Desa Ngroto	0.637	0.635	0.671	Desa Tulungrejo	1.417	1.362	1.463
Desa Pagersari	1.984	1.984	2.082	Desa Waturejo	0.559	0.538	0.586
Desa Pandansari	0.296	0.308	0.317	Desa Wiyurejo	1.275	1.228	1.323
Desa Pandesari	0.725	0.865	0.945	Kehutanan	7.421	7.329	7.434
Desa Pesanggrahan	0.015	0.016	0.016				

Pada Tabel 14 menunjukkan area atau wilayah yang memiliki nilai debit puncak tertinggi terjadi pada area kehutanan yaitu pada Skenario 1 : 7,421 m<sup>3</sup>/detik, Skenario 2 : 7,329 m<sup>3</sup>/detik dan Skenario 3 : 7,434 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini disebabkan karena area yang dimiliki oleh kehutanan memiliki luasan yang paling luas dibandingkan dengan luasan desa-desa di sekelilingnya dan dengan banyaknya alih guna lahan yang terjadi maka berpotensi terjadinya debit puncak.

### 5.6.4 Perbandingan debit puncak berbagai skenario menggunakan Uji T Berpasangan

Perbandingan debit puncak berbagai skenariodilakukan untuk mengetahui apakah skenario tersebut dapat digunakan untuk usaha perbaikan. Validasi dilakukan dengan metode uji T-Berpasangan untuk membandingkan nilai debit puncak eksisting dengan hasil model skenario yang merupakan data hasil model simulasi yang dilakukan pada beberapa skenario dan diambil di beberapa titik berdasarkan nilai yang berbeda. Hasil perhitungan uji T-Berpasangan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji T berpasangan

	Rata-rata	N	Standar Deviasi	P Value	Keterangan
<b>Skenario 1</b>	0.1742	5	0.00864	0.049	berbeda nyata
<b>Skenario 2</b>	0.152	5	0.01279		
<b>Skenario 1</b>	0.1742	5	0.00864	0.063	tidak berbeda nyata
<b>Skenario 3</b>	0.1572	5	0.00654		
<b>Skenario 2</b>	0.152	5	0.01279	0.247	tidak berbeda nyata
<b>Skenario 3</b>	0.1572	5	0.00654		

Pada Tabel menunjukkan hasil Uji T berpasangan antara eksisting dengan skenario kelas kemampuan lahan berbeda nyata dan hasil Uji T berpasangan antara Skenario 1 dengan Skenario 2 dan antara Skenario 2 dengan Skenario 3 yaitu tidak berbeda nyata. Dari hasil tersebut dapat diketahui apabila berbeda nyata, berarti skenario kelas kemampuan lahan dapat digunakan dalam usaha perbaikan penggunaan lahan. Dan apabila tidak berbeda nyata, skenario tersebut tidak dapat digunakan dalam usaha perbaikan penggunaan lahan. Karakteristik DAS yang penting dapat dikaji berdasarkan morfometri. Karakteristik DAS tersebut adalah panjang das, kemiringan das dan kerapatan aliran.

Panjang DAS Konto menurut pola aliran pada DAS Konto yang disajikan pada Gambar 13, air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan lebih cepat sampai ke sungai atau induk sungai. Dengan karakteristik panjang DAS yang seperti itu maka lebih mudah terjadi debit puncak. Kemiringan DAS Konto dapat

dicerminkan dengan karakteristik kelerengan pada DAS Konto. Dengan kelerengan yang curam maka air yang jatuh pada permukaan akan cepat mengalir.

Selain karakteristik DAS seperti yang disebutkan di atas, penggunaan lahan dan curah hujan merupakan karakteristik DAS yang tidak kalah pentingnya. Penggunaan lahan dan curah hujan memang tidak terkait dengan morfometri DAS, namun dalam kajian tentang debit puncak dengan menggunakan DAS sebagai unit analisis, keduanya merupakan faktor yang sangat penting. Dengan banyaknya alih guna lahan yang terjadi pada suatu DAS maka penggunaan lahan menjadi sangat penting terhadap terjadinya debit puncak.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

1. Metode rasional dapat digunakan untuk menduga nilai debit puncak limpasan permukaan di DAS Konto. Nilai debit puncak air lairan permukaan pada berbagai skenario penggunaan lahan yaitu pada Skenario 1 adalah 38,297 m<sup>3</sup>/detik, Skenario 2 adalah 37,62 m<sup>3</sup>/detik, dan pada Skenario 3 adalah 39,184 m<sup>3</sup>/detik.
2. Penambahan kebun atau agroforestri dan hutan dapat mengurangi nilai rerata koefisien aliran permukaan. Seperti pada Skenario 1 dengan kebun atau agroforestri 15 % dan hutan 43 % memiliki nilai rerata 73,11, Skenario 2 dengan kebun atau agroforestri 49 % dan hutan 32 % memiliki nilai rerata koefisien aliran permukaan 71,44, dan Skenario 3 dengan kebun atau agroforestri 15 % dan hutan 34 % memiliki nilai rerata koefisien aliran permukaan 74,24.
3. Nilai rerata koefisien aliran permukaan berpengaruh terhadap nilai debit puncak limpasan permukaan. Semakin rendah nilai rerata koefisien aliran permukaan maka semakin rendah pula nilai debit puncak limpasan permukaan yang terjadi.
4. Nilai debit puncak limpasan permukaan pada berbagai skenario yang memiliki nilai terendah yaitu pada Skenario 2 yaitu 37,62 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan sesuai rencana tata ruang wilayah disusun hanya mempertimbangkan dari aspek ekonomi yang bertujuan pengembangan DAS Konto (Kecamatan Pujon dan Kecamatan Ngantang) agar perekonomian berkembang dengan pesat.

### 6.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengukuran debit puncak limpasan permukaan langsung dilapangan.
2. Penggunaan data curah hujan dengan satuan mm/jam agar dapat memberikan akurasi yang lebih baik.
3. Penggunaan data citra satelit dengan resolusi tinggi dapat memberikan akurasi yang lebih baik untuk pembuatan peta penggunaan lahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar,Azhan. 2009. Kelas Kemampuan Lahan. Modul Kuliah Perencanaan Pengembangan Wilayah. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Arifaini Nur, Susilowati Kartini, Indriana Dyah, Siregar M Amril. 2008.*Kajian Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Tulang Bawang Dengan Metode Kinematis Muskingum*. Available At :<http://lemlit.unila.ac.id/file/arsip%202009/SATEK%202008/VERSI%20PDF/bidang%2011/XI-20.pdf>. (Verified 19 Maret 2010).
- Arsyad Sitanala. 2006. Konservasi Tanah dan Air.Institut Pertanian Bogor. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Barus, Baba.1997.*Sistem Informasi Geografi : Sarana Menajemen Sumberdaya*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Danoedoro, Projo.2003. Latihan Dasar Analisis Citra Satelit dengan Ilwis 3.3. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Darmawan, A., Nikinan, S.P., dan Hermawan. 2003. *Pemetaan Geologi Teknik Daerah Malang Dan Sekitarnya, Jawa Timur*. Available online at <http://www.dgtl.esdm.go.id/peta/web/GTMalang.html>.
- Ekadinata, Andree dan Dudy Kurnia Nugroho. 2007. *Sistem Infomasi Geografis dan Penginderaan Jarak Jauh : Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Yang Berbasis Sumber Daya Alam – Modul Pelatihan 2 : Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Satelit*.World Agroforestry Centre. Bogor.
- Girsang, F. 2008. *Analisis Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak Dengan Metode Rasional Pada Das Belawan Kabupaten Deli Serdang*. Available At:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/7542/1/09E00482.pdf> . (Verified 20 Maret 2010).
- Hartanto. 2003. *Deteksi Luas Genangan*. Available At: <http://www.rsgisforum.net/cgi-bin/index.cgi?action=viewnews&id=4>. (Verified 10 Jun. 2008).
- ITC, 2002. ILWIS Application: Determination of Peak Discharge. <http://www.itc.nl/ilwis/applications/application11.asp>. 05 Juli 2012.
- Jakarta.Sunarhadi Amin, et al., 2001. *Pengelolaan Sempadan Sungai Brantas di Kota Malang*. Available At: <http://ppsub.ub.ac.id/perpustakaan/abstraksi/tesis/Muhammad-Amin->

Sunarhadi-PENGELOLAAN-SEMPADAN-SUNGAI-BRANTAS-DI-KOTA-MALANG.-JAWA-TIMUR.pdf.(Verified 20 Maret 2010).

- Kodoatie, J. Robert dan Sugiyanto. 2002. *Banjir (Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan)*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Laan. 2007. *Faktor-Faktor Penyebab Banjir*. Available At: <http://mbojo.wordpress.com/2007/03/16/faktor-penyebab-banjir-1>.(Verified 7 Mar 2010).
- Linsley, R. K. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga.
- Lusiana B, Widodo R, Mulyoutami E, Nugroho DA dan van Noordwijk M. 2008. *Perubahan Tutupan Lahan Sebagai Indikator Kondisi Hidrologis Kawasan*. Studi Kasus di DAS Talau Kabupaten Belu NTT. World Agroforestry: Bogor.
- Putro Utomo, Adymas. 2008. Skripsi : *Estimasi Sebaran Daerah Rawan Banjir Bandang Sub Daerah Aliran Sungai (Das) Sumber Brantas Kota Batu Aplikasi : Model Genriver & Sistem Informasi Geografi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Raharjo, Pugu. 2009. *Pemodelan Hidrologi Untuk Identifikasi Daerah Rawan Banjir Di Sebagian Wilayah Surakarta Menggunakan Sig (Sistem Informasi Geografi)*. Available At :<http://puguhdraharjo.wordpress.com/2009/05/29/pemodelan-hidrologi-untuk-identifikasi-daerah-rawan-banjir-di-sebagian-wilayah-surakarta-menggunakan-sig-sistem-informasi-geografi/>. (Verified 19 Maret 2010).
- Sudaryatno. 2002. *Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Garang Semarang Dengan Menggunakan Teknologi Inderaja dan Sistem Informasi Geografis*. Available At : <http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/download.php?dataId=6444>. (Verified 20 Maret 2010).
- SukaryonoIndra. 2008. *Intergrasi Pertimbangan Lingkungan Dalam Rencana Tata Ruang*. Wacana Edisi 3dari Kementerian Lingkungan Hidup.
- Suroso dan Hery Awan Susanto. 2006. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjaran*. Available At: <http://www.linkpdf.com/download/dl/75-pengaruh-perubahan-tata-guna-lahan-terhadap-debit-banjir-daerah--.pdf>. (Verified 20 April 2010).
- Toha Zulkarnain, M. 2008. Skripsi : *Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur*. Universitas Brawijaya. Malang.

Tjimpolo, Zainudin L. 2004. *Kajian Masalah Banjir Dan Dampak Negatif Yang Ditimbulkan Di Kabupaten Donggala*. Available At : <http://tjimpolo.blogg.com/files/2009/12/Banjir-dan-Dampak-Negatif.pdf>. (Verified 19 Maret 2010).

Van Noordwijk dan Farida. 2004. *Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan dan Aplikasi Model Genriver Pada DAS Way Besai, Sumberjaya*. Available At: <http://www.worldagroforestrycentre.org/SEA/Publications/files/journal/JA0019-04.PDF>. (Verified 20 Apr. 2010).

Wanielista, M.P. 1990. *Hydrology and Water Quality Control*. John Wiley & Sons. Florida-USA.

Water Ware Consultants, 2007. *Rational Method and Other Peak Discharge Methods*. Water Ware Consultants, 6839 Sycamore Creek Ct., Centerville, OH 45459. All rights reserved. <http://www.engr.udayton.edu/civil/CEE1>.

Wicaksono S Kurniawan. 2010. Tesis : *Kajian Pengurangan Risiko Banjir Melalui Simulasi Bentuk Penggunaan Lahan Dari Aspek Hidrologi Di DAS Samin*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



LAMPIRAN

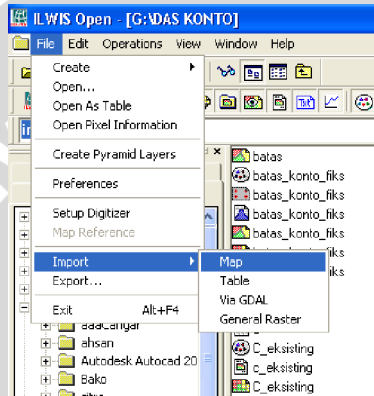
Pra Pengolahan Citra Satelit

Lampiran 1. Import Data

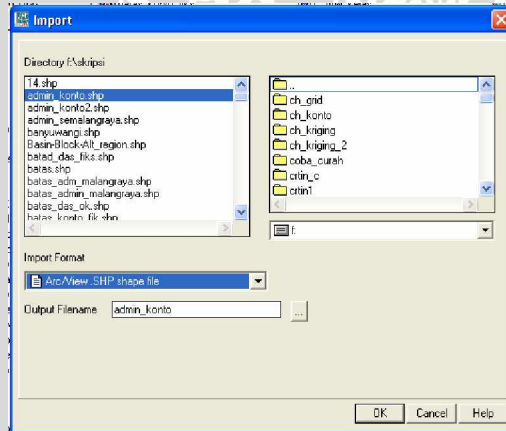
Import data dilakukan untuk mengubah format data tertentu menjadi format data yang dapat dibaca oleh ILWIS. Format data yang dapat diakses oleh ILWIS antara lain : .tiff, .gif, .ascii, .bmp, dan lain-lain.

Tahapan import data yang dilakukan sebagai berikut :

1. File à Import à Map



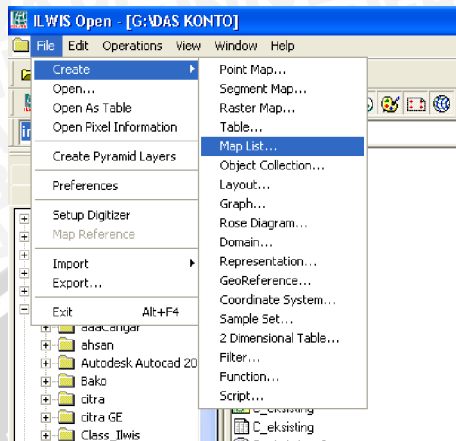
2. Jendela "Import" akan terbuka. Lakukan akses ke direktori



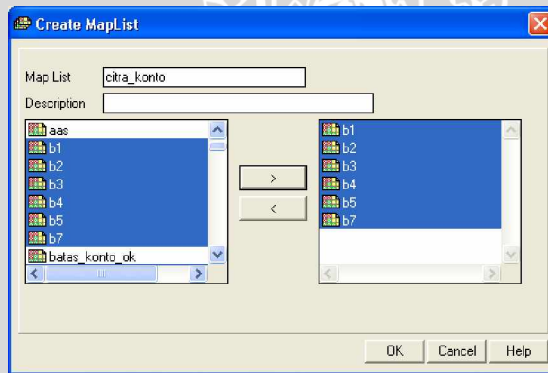
Untuk import data citra satelit gunakan Via GDAL.

Untuk membuat citra composit interaktif sebagai berikut :

1. File à Create à Map List



2. Jendela “Create Maplist” muncul. Pilih file yang akan dicompositkan lalu klik OK



### Lampiran 2. Koreksi Radiometri

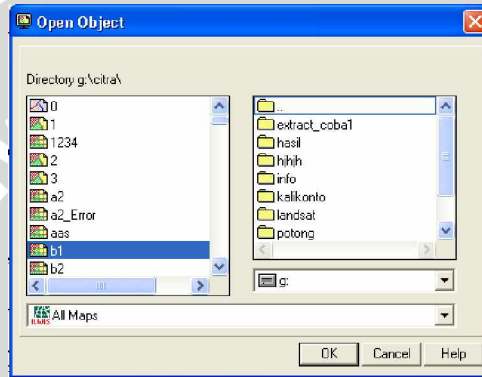
Terdapat berbagai macam metode untuk melakukan koreksi radiometrik padacitra satelit. Metode yang paling sederhana disebut metode *dark object subtraction (DOS)*. DOS mengasumsikan bahwa nilai digital objek tergelap dipermukaan bumi haruslah nol. Pada kenyataannya, nilai digital padamasingmasingkanal (band) di sebuah citra satelit tidak selalu nol. Koreksi radiometrik menggunakan DOS dilakukan dengan mengurangi nilai digital pada masingmasingkanal sehingga didapatkan nilai nol untuk objek dengan reflektansiterendah.

Jika  $y$  adalah nilai spektral masing-masing piksel dan kisarannya adalah  $y_{min} - y_{max}$ , maka koreksi radiometrik menggunakan DOS adalah  $koreksi = y - y_{min}$ . Misalnya, kanal/band 1 di citra Landsat memiliki rentang nilai antara 25 – 230. Nilai minimum 25 merupakan kesalahan karena nilai seharusnya adalah nol. Koreksi radiometrik dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

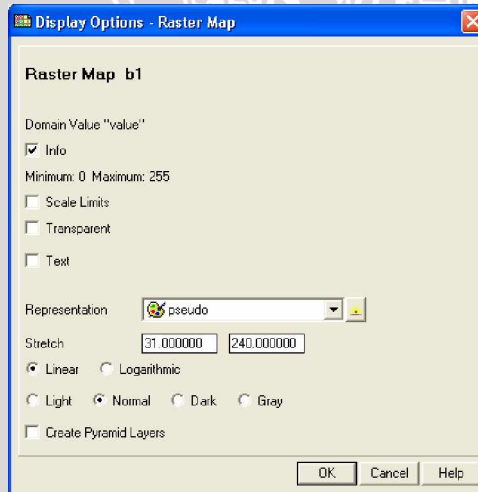
$$\text{Nilai piksel terkoreksi} = \text{nilai piksel} - 25$$

Tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

1. File → Open → pilih band yang akan dibuka → klik OK

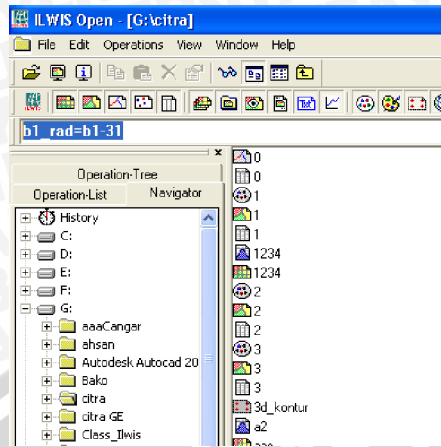


2. Muncul **Display Options – Raster Map**



Jika nilai Minimum tidak “0” maka dilakukan pengurangan sesuai nilai Minimum. Misalnya “31” maka dilakukan pengurangan “31”.

3. Jika nilai minimum “31” maka buatlah script band dan dilakukan operasinya.



Klik Enter

- Rubahlah domain dari value menjadi image

Dari operation-tree, arahkan pointer ke nama band [band1\_rad], lalu klik kanan, klik properties, lalu klik Edit Definition, lalu rubahlah domain dari value ke image terus klik OK.

### Lampiran 3. Koreksi Geometri

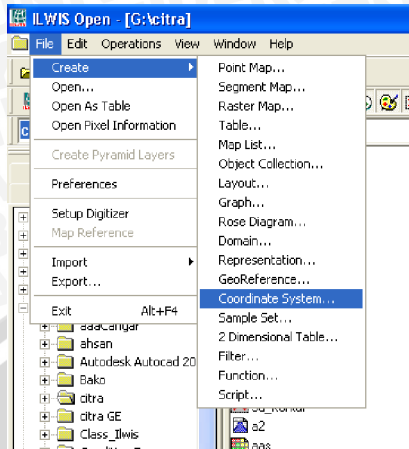
Koreksi geometrik dilakukan dengan menghubungkan piksel pada citra satelit dengan lokasinya sebenarnya di permukaan bumi. Lokasi sebenarnya ini biasanya berbentuk titik yang diukur langsung di lapangan pada objek yang mudah dikenali di citra (misalnya: persimpangan jalan, percabangan sungai, dan lainlain). Titik koreksi ini dikenal dengan sebutan titik kontrol lapangan (*ground control point/GCP*). Setiap GCP akan menghubungkan satu posisi pada citra satelit dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi. Terdapat dua metode koreksi geometrik: koreksi geometrik dari citra ke peta dan koreksi geometrik dari citra ke citra. Perbedaan mendasar dari dua metode ini adalah sumber informasi yang digunakan untuk menghasilkan GCP. Pada koreksi geometrik dari citra ke peta, GCP dihasilkan dari peta yang memiliki koordinat. Sedangkan pada metode koreksi citra ke citra, GCP dihasilkan dari citra satelit lain yang telah terkoreksi.

Tahapan koreksi geometri sebagai berikut :

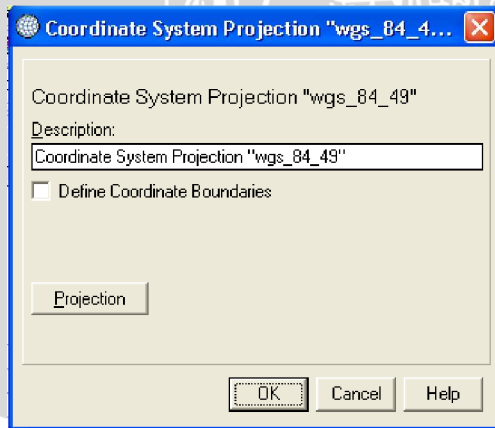
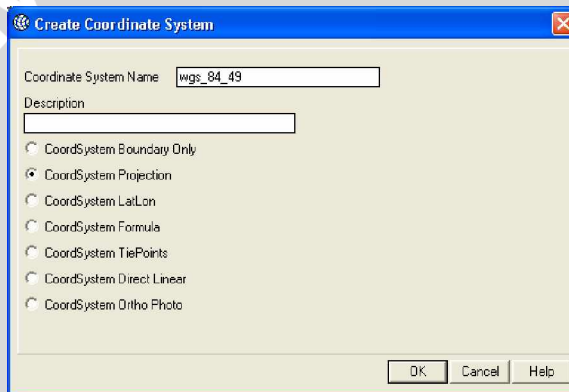
Membuat Georeference yang akan digunakan untuk master koreksi geometrik. Sebelumnya membuat Georeference, harus membuat Coordinate System sebagai berikut :



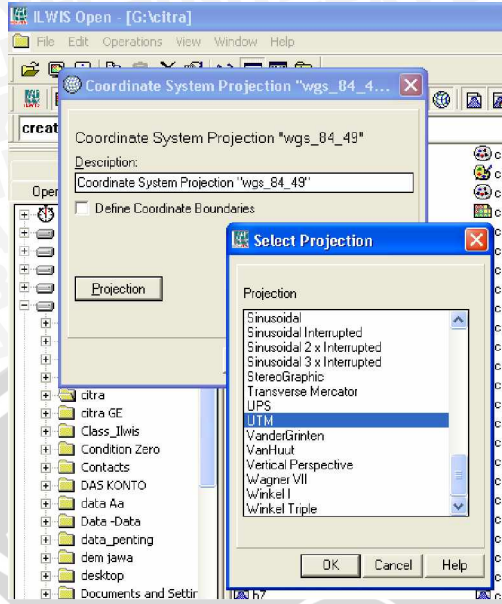
- File à Create à Coordinate System



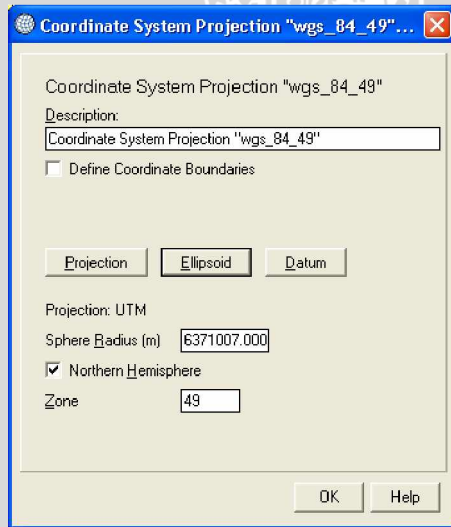
- Muncul Create Coordinate System



Klik Projection lalu muncul Select Projection

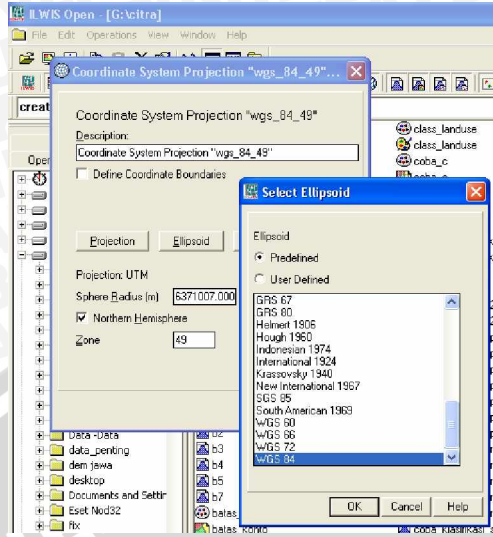


Pada Select Projection pilih UTM à OK

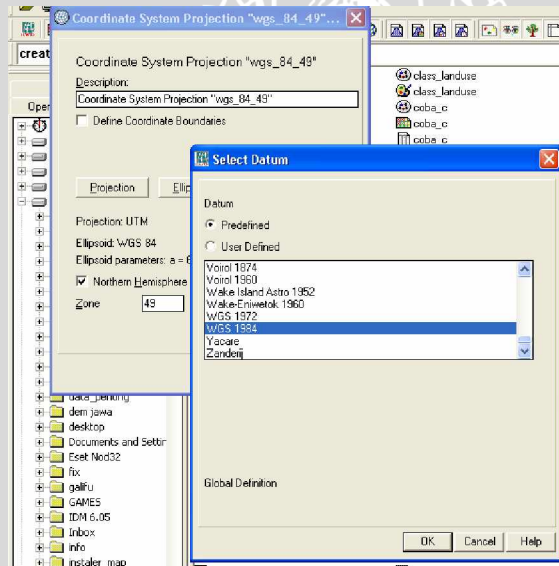


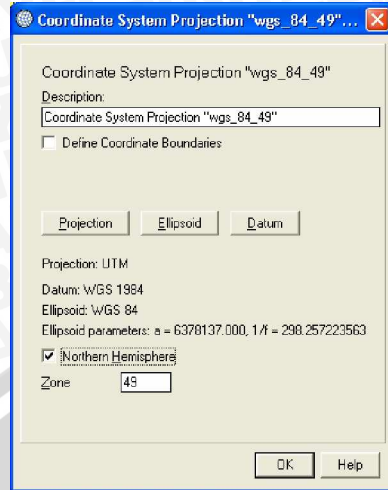
Ketik 49 pada Zone lalu klik Ellipsoid à muncul





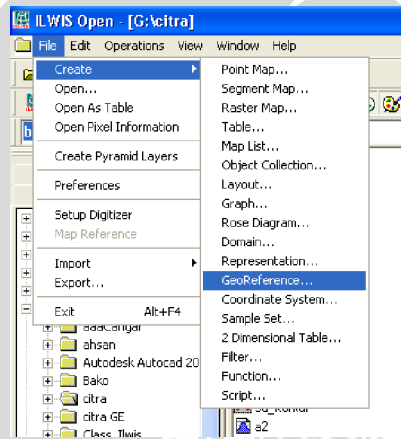
Pada Select Ellipsoid pilih WGS 84 à OK à Datum  
Muncul Select Datum à pilih WGS 84 à OK



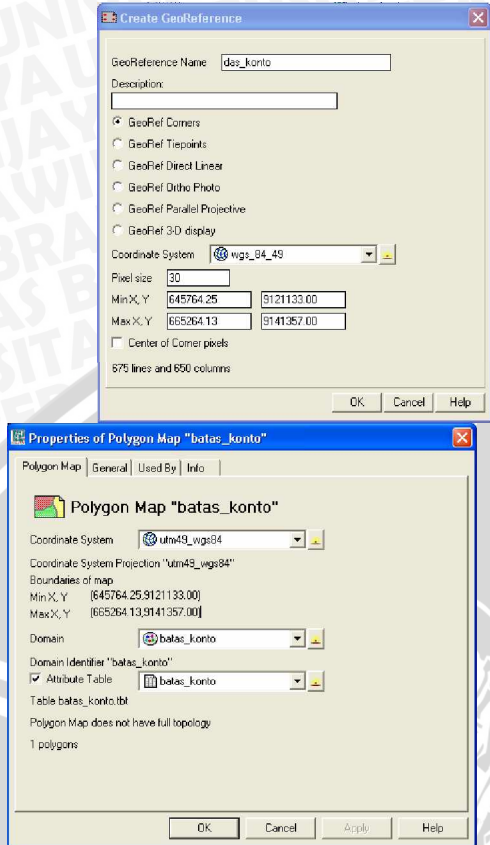


Klik OK

- File à Create à Georeference



- Muncul Create Georeference dan sebelumnya klik kanan pada file batas yang akan digunakan lalu pilih Properties. Dan pada penelitian ini adalah “batas\_konto”



Pada Pixel size diisi 30 karena ukuran pixel citra landsat adalah 30x30. Untuk Min X, Y dan Max X, Y pada Create Georeference diisi sesuai dengan Min X, Y dan Max X, Y pada Properties of polygon Map “batas\_konto”. Setelah melakukan pengisian lalu klik OK.