

# Konsep, Strategi dan Contoh Pemodelan Hidrologi DAS

*by* Kustamar Kustamar

---

**Submission date:** 28-Aug-2019 12:44PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1164306077

**File name:** Konsep Strategi dan Contoh Pemodelan Hidrologi DAS.pdf (8.56M)

**Word count:** 27725

**Character count:** 158411

## BAB I PENDAHULUAN

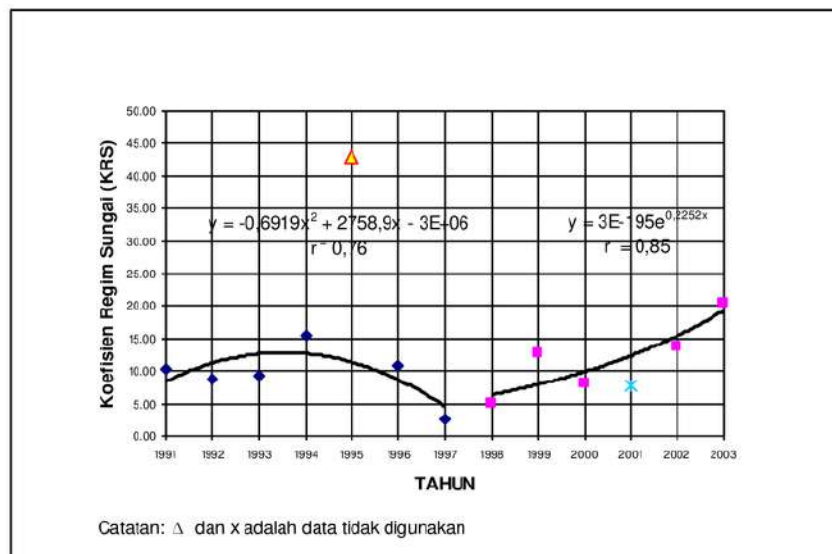
### 1.1. Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah tangkapan hujan yang secara hidrologis terpisah dari daerah sekitarnya, dan mengalihragamkan hujan menjadi aliran sungai sesuai dengan kondisi lingkungannya. Korelasi antara perubahan penggunaan lahan dengan debit sungai didapati pada hasil pengamatan DAS Ciliwung atas, yaitu: perubahan 70% penggunaan lahan berupa: hutan berkurang 2%, perkebunan berkurang 5%, tanaman tahunan dataran tinggi bertambah 15%, sawah berkurang 28%, pemukiman bertambah 20%, yang diikuti kenaikan debit puncak banjir sebesar 66% (Agus *et al.*, 2003). Van Dijk (2002) mensimulasi penataan Sub DAS Konto Atas, dengan merubah 8% penggunaan lahan dari kebun campuran menjadi hutan diperoleh kenaikan debit musim kemarau sebesar 5% dan penurunan debit puncak banjir sebesar 22%.

Hasil analisa perubahan jenis dan kondisi penggunaan lahan pada Sub DAS Lesti antara tahun 1997 hingga 2002 adalah sebagai berikut: hutan alami berkurang 2,43 %, hutan rapat berkurang 1,95 %, hutan parsial bertambah 1,14 %, dan hutan jarang berkurang 0,18 %. Sedangkan kebun berkurang 0,18 %, tegalan bertambah 10,94 %, pemukiman bertambah 0,46%, padang rumput bertambah 0,02 %, dan belukar alam berkurang 0,48 %. Dari pengamatan di lapangan diperoleh informasi bahwa perubahan tersebut mayoritas akibat penebangan hutan secara liar untuk diambil kayunya dan pembukaan lahan baru untuk budidaya pertanian.

Secara hidrologis, dapat dipahami bahwa dampak dari perubahan jenis dan kondisi penggunaan lahan tersebut mengakibatkan meningkatnya aliran limpasan permukaan, dan menurunnya aliran air tanah. Hasil analisa fluktuasi debit Kali Lesti yang dinyatakan dalam nilai koefisien regim sungai (KRS) mulai tahun 1998 cenderung naik (Gambar 1). Dengan demikian terlihat adanya hubungan antara perubahan penggunaan lahan dan kenaikan nilai KRS di Sub DAS Lesti.

Oleh karena hal tersebut untuk mengendalikan fluktuasi debit sungai dapat dilakukan dengan jalan merubah jenis dan atau memperbaiki kondisi penggunaan lahan.



Sumber: Diolah dari data debit rerata harian Sta. Tawangrejeni (PERUM JASA TIRTA I, 2003).

Gambar 1. Koefisien Regim Sungai (KRS) Kali Lesti

Dalam proses alih ragam hujan menjadi aliran sungai, pada setiap fase perubahannya dipengaruhi berbagai faktor yang saling terkait. Beberapa faktor utama yang dimaksud meliputi: intensitas dan durasi hujan, bentuk DAS, kerapatan sistem drainase, topografi, tekstur dan

kepadatan tanah, permukaan air tanah, dan kondisi penggunaan lahan (Sosrodarsono, 1987; Harto, 1993; Asdak, 1995). Faktor-faktor tersebut berpengaruh antara lain dalam bentuk: intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, kecepatan aliran limpasan permukaan, dan kecepatan aliran air tanah.

Koefisien Resim Sungai (KRS) adalah perbandingan antara debit maksimum dan minimum sepanjang tahun, sehingga mewakili fluktuasi debit sungai yang menurut Suripin (2002) dapat digunakan untuk mengukur kualitas suatu DAS.

Sistem informasi geografis (SIG) merupakan bagian dari sistem informasi yang berreferensi geografis, dengan demikian sangat sesuai digunakan dalam analisa data spasial. Setiap DAS mempunyai karakter yang spesifik, yang pada umumnya diwarnai dengan variabilitas spasial (kondisi penggunaan lahan, sebaran hujan, dan topografi) yang kompleks. Dinamika perubahan kondisi penggunaan lahan terjadi sangat cepat, sehingga informasi spasial dalam skala makro yang diperoleh dari bentuk peta seringkali sudah tidak sesuai lagi. Kesulitan memperoleh informasi kondisi penggunaan lahan dalam skala makro yang *uptodate* dapat diatasi dengan memanfaatkan citra satelit.

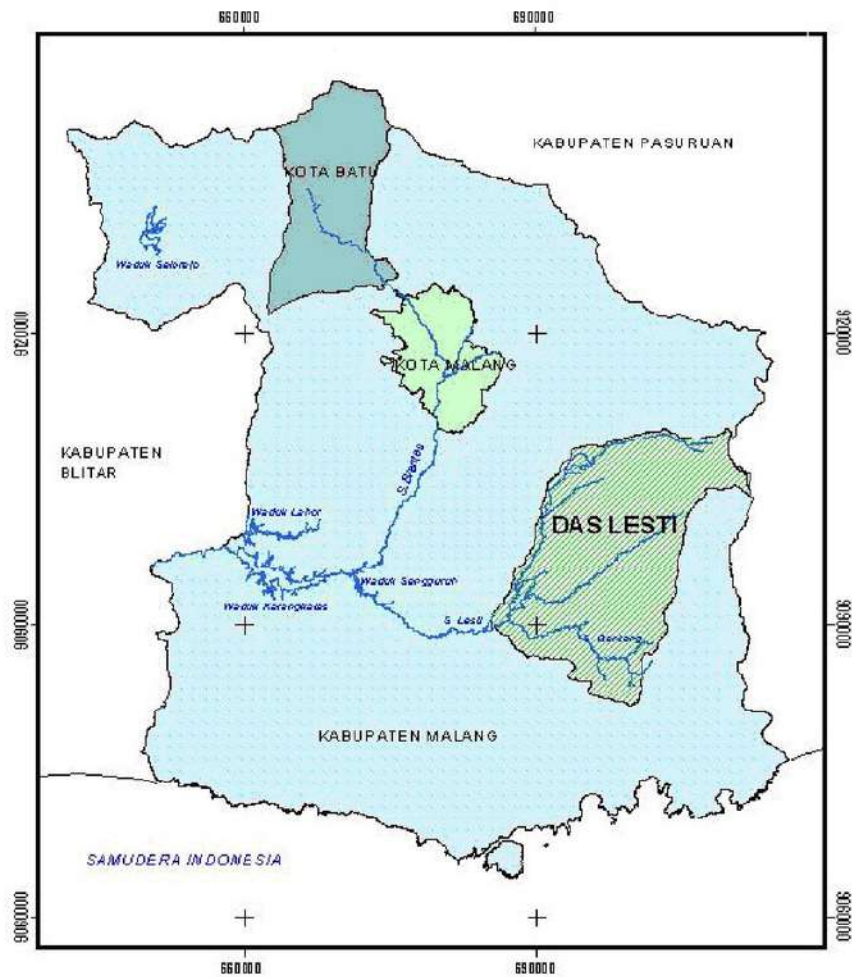
Oleh karena rumitnya proses alih ragam hujan menjadi aliran di sungai tersebut, maka untuk menganalisa efek perubahan kondisi penggunaan lahan terhadap fluktuasi aliran sungai diperlukan adanya model. Model tersebut hendaknya berjenis konseptual-terdistribusi, untuk mengatasi kendala varian spasial: sebaran hujan, topografi, penggunaan lahan, bentuk dan ukuran DAS, serta kerapatan sistem drainase. Untuk menghitung nilai KRS, maka model harus dapat menghitung debit jam-jaman menerus selama 1 tahun. Agar dapat mengidentifikasi kondisi lahan

untuk menentukan daerah yang lebih diprioritaskan jika direncanakan perbaikan penggunaan lahan, model perlu dilengkapi dengan model identifikasi kondisi lahan. Model juga perlu dilengkapi sarana agar dapat membaca masukan informasi kondisi penggunaan lahan hasil analisa citra satelit, dan mencetak hasil rencana penggunaan lahan yang dapat diubah kedalam bentuk peta berbasis sistem informasi geografis.

1 Berbagai model telah dibangun, baik yang berjenis terdistribusi (*distributed*) maupun kempal (*lumped*) (Singh, 2002). Kemampuan model-model tersebut bervariasi, mulai dari menghitung debit limpasan permukaan, aliran air tanah, hidrograf debit sungai, hingga erosi permukaan. Model inti dari seluruh model tersebut adalah model hidrologi DAS, yang berfungsi menghitung debit sungai akibat adanya hujan. 1 Model hidrologi DAS terdiri dari 3 komponen utama, yaitu: model sebaran air arah vertikal, model limpasan permukaan, dan model aliran air tanah. Untuk membangun model agar sesuai dengan permasalahan yang dihadapi masing-masing peneliti, maka model hidrologi DAS dilengkapi dengan model penunjang. Beberapa di antara model penunjang tersebut adalah: model erosi permukaan, model transportasi sedimen dan zat kimia, serta model manajemen waduk (periksa Tabel 6).

Untuk mewujudkan model dengan deskripsi yang telah diuraikan di atas, maka dalam penelitian ini sebagai model inti dipilih model hidrologi DAS berjenis konseptual-terdistribusi. Kualitas model ditingkatkan dengan mengadakan perbaikan dalam hal: pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi, antisipasi kemungkinan terjadinya ketidakstabilan skema yang digunakan dalam penyelesaian numerik, kemampuan menghitung KRS, dan simulasi penggunaan lahan, serta membaca data masukan dan mencetak hasilnya.

Sebagai sarana uji model perlu dipilih DAS yang sesuai, yaitu terjadi perubahan penggunaan lahan yang disertai dengan perubahan fluktuasi debit sungai, dan didukung data yang cukup. Berdasarkan kondisi permasalahan dan melihat ketersediaan data yang ada, serta lokasi yang relatif dekat dengan Kota Malang (Gambar 2) maka Sub DAS Lesti dipilih sebagai sarana uji model.



Gambar 2. Lokasi Sub-DAS Lesti

## 1.2. Identifikasi Masalah

Banjir dan kekeringan merupakan unsur hidrologi yang digunakan sebagai parameter nilai kualitas DAS, selain erosi dan sedimentasi, penurunan produktifitas, serta pendapatan rendah (Departemen Kehutanan RI, 1998). Frekuensi terjadinya bencana banjir di Indonesia menunjukkan kecenderungan yang semakin meningkat, dan mayoritas diprediksi akibat perubahan jenis penggunaan lahan dan atau kerusakan kondisi vegetasinya. Debit limpasan permukaan merupakan bagian dari debit sungai yang lebih dominan, dan besarnya berbanding terbalik dengan debit air tanah. Oleh karena hal tersebut usaha memperkecil limpasan permukaan dipandang efektif untuk mengendalikan fluktuasi debit sungai. Proses alih ragam hujan menjadi aliran sungai pada suatu DAS sangat rumit, karena dipengaruhi berbagai faktor dan mengalami beberapa fase perubahan. Oleh karena rumitnya proses tersebut maka untuk menganalisa efek perubahan kondisi penggunaan lahan terhadap fluktuasi aliran sungai memerlukan model. Selain menghitung debit sungai dan KRS, model juga harus dapat mengidentifikasi kondisi lahan, dan membaca data hasil analisa citra satelit sebagai informasi kondisi penggunaan lahan, dan mencetak hasil rencana penggunaan lahan berbasis SIG.

Berbagai jenis model yang berkaitan dengan hidrologi dan rencana pengelolaan DAS sudah dibangun, dengan segala kelebihan dan keterbatasannya. Semua model tersebut terdiri dari model hidrologi DAS sebagai model inti, dan dilengkapi dengan model lainnya sebagai pendukung sesuai dengan tujuannya.

Untuk mendapatkan model yang sesuai, harus dipilih model inti yang tepat dan dilakukan perbaikan terhadap kekurangan yang ada. Agar dapat digunakan secara efektif sesuai dengan tujuannya, maka model perlu

dilengkapi dengan model dan sarana pendukung. Dipilihnya data lapangan sebagai sarana uji model diharapkan dapat melahirkan model yang sudah teruji dan lebih siap diaplikasikan, yang dalam penelitian ini dipilih sub DAS Lesti.

### 1.3. Rumusan Masalah

Permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun **Model Simulasi Penggunaan Lahan Untuk Mengendalikan Fluktuasi Debit Sungai** dengan inti model hidrologi DAS berjenis konseptual-terdistribusi, dan dilengkapi model identifikasi kondisi lahan dengan masukan informasi jenis dan kondisi penggunaan lahan dari analisa data citra satelit, hujan jam-jaman dan fisik DAS, yang dapat digunakan secara efektif untuk merencanakan penggunaan lahan dan memprediksi fluktuasi debit sungai?
2. Sampai seberapa jauh model yang dihasilkan dapat digunakan untuk merencanakan penggunaan lahan dan memprediksi fluktuasi debit Kali Lesti?

### 1.4. Hipotesis

1. Dengan inti model hidrologi DAS berjenis konseptual-terdistribusi, dilengkapi model identifikasi kondisi lahan, dan sarana penunjang lainnya sehingga berkemampuan: menggunakan data masukan kondisi penggunaan lahan hasil analisa citra satelit, memprediksi nilai KRS dan menghasilkan rencana penggunaan lahan berbasis SIG, diharapkan dapat dibangun model yang secara efektif dapat digunakan dalam **simulasi penggunaan lahan untuk mengendalikan fluktuasi debit sungai**.



2. Perubahan penggunaan lahan yang disimulasikan dengan model diduga mempengaruhi fluktuasi debit sungai yang ditunjukkan dengan nilai KRS.
3. Dengan masukan data hidrologis dan data fisik Sub DAS Lesti dapat dihasilkan rencana penggunaan lahan yang dipilih berdasarkan nilai KRS terkecil.

### 1.5. Batasan Masalah

Agar diperoleh model yang dapat digunakan secara efektif dalam <sup>1</sup> simulasi penggunaan lahan untuk mengendalikan fluktuasi debit sungai, maka dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Model dibangun dengan inti model hidrologi DAS berjenis konseptual-terdistribusi, dilengkapi model identifikasi kondisi lahan serta sarana pendukung lainnya, menggunakan data Sub DAS Lesti sebagai sarana uji model.
2. Dianggap tidak terjadi perubahan kondisi penggunaan lahan selama periode waktu tinjauan fluktuasi debit sungai.
3. Komponen hidrologis yang dipilih dalam pemodelan meliputi: hujan, intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, dan debit.
4. Digunakan nilai koefisien intersepsi dan nilai koefisien kekasaran Manning yang diperoleh dari referensi hasil penelitian yang sudah ada.
5. Tidak memodelkan penurunan puncak debit akibat pengaruh palung sungai dan bangunan pelengkapannya.

### 1.6. Tujuan dan Manfaat Hasil Penelitian

1. Penelitian diharapkan dapat menghasilkan model berjenis konseptual - terdistribusi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lahan,

merencanakan perbaikan penggunaan lahan, serta menghitung debit dan KRS, pada suatu DAS.

2. Aplikasi model pada Sub-DAS Lesti diharapkan dapat menghasilkan alternatif rencana penggunaan lahan dan prediksi nilai KRS-nya.

### 1.7. Landasan Pemikiran

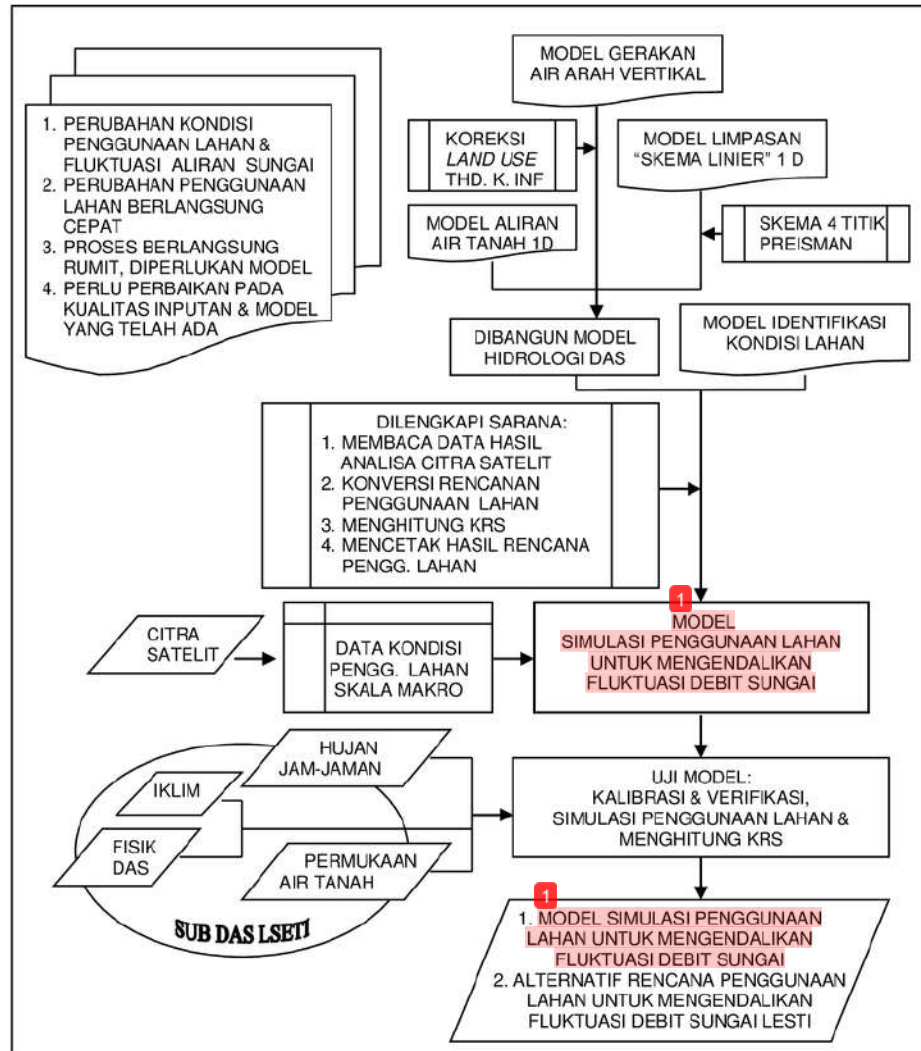
Fluktuasi aliran sungai sangat dipengaruhi kondisi lingkungan pada suatu DAS, oleh karenanya untuk mengendalikan fluktuasi debit tersebut harus dimulai dari penataan penggunaan lahan dan perbaikan kondisinya untuk meningkatkan kualitas DAS. Teknologi penginderaan jauh semakin berkembang, ditandai dengan tingkat resolusi yang semakin tinggi sehingga ketelitian dalam mendeteksi kondisi penggunaan lahan semakin teliti juga. Dengan model yang sesuai, citra hasil dari penginderaan jauh tersebut setelah diadakan pengecekan di lapangan tentunya dapat digunakan untuk menangani perubahan kondisi penggunaan lahan pada suatu DAS. Dengan demikian diharapkan dapat untuk mengatasi sulitnya memperoleh informasi kondisi penggunaan lahan dalam skala makro yang *uptodate*.

Model dengan inti model hidrologi DAS telah banyak dikembangkan, tentunya dilengkapi dengan berbagai model lain sesuai dengan tujuan dan keterbatasan kondisinya. Dengan harapan dapat meningkatkan kualitas, serta menyesuaikan dengan perkembangan kondisi yang terjadi maka dalam penelitian ini model hidrologi DAS berjenis konseptual-terdistribusi yang telah diperbaiki digabung dengan model identifikasi kondisi lahan, sehingga menjadi model baru yang secara efektif dapat digunakan dalam <sup>1</sup> simulasi penggunaan lahan untuk mengendalikan fluktuasi debit sungai. Untuk meningkatkan kemampuannya, model dilengkapi dengan: sarana

konversi penggunaan lahan, kemampuan menghitung debit menerus selama 1 tahun dan nilai KRS, sarana membaca informasi kondisi penggunaan lahan hasil analisa citra satelit, dan mencetak hasil rencana penggunaan lahan berbasis SIG.

Sebelum digunakan, tentunya dilakukan serangkaian pengujian terhadap model yang dikembangkan. Pengujian yang dimaksud meliputi uji kemampuan model dalam menghitung debit limpasan permukaan, debit aliran air tanah, dan nilai KRS. Demikian juga dalam hal membedakan variasi jenis dan kondisi penggunaan lahannya.

Dengan model yang dihasilkan dapat direncanakan berbagai skenario rencana penggunaan lahan, serta alternatif luas lahannya. Alternatif luas lahan yang dimaksud ditentukan berdasarkan urutan prioritas kondisi lahan yang akan diperbaiki penggunaannya. Rencana penggunaan lahan yang terbaik dengan tujuan mengendalikan fluktuasi debit sungai dapat dipilih berdasarkan nilai KRS yang paling kecil. Uraian tersebut diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Deskripsi Sub DAS Lesti**

Sub Das Lesti mempunyai luas 58.384 ha terletak pada wilayah administrasi Kabupaten Malang, terdiri dari 12 kecamatan dan 90 desa terbagi menjadi 3 Sub Sub DAS dengan luas masing-masing:

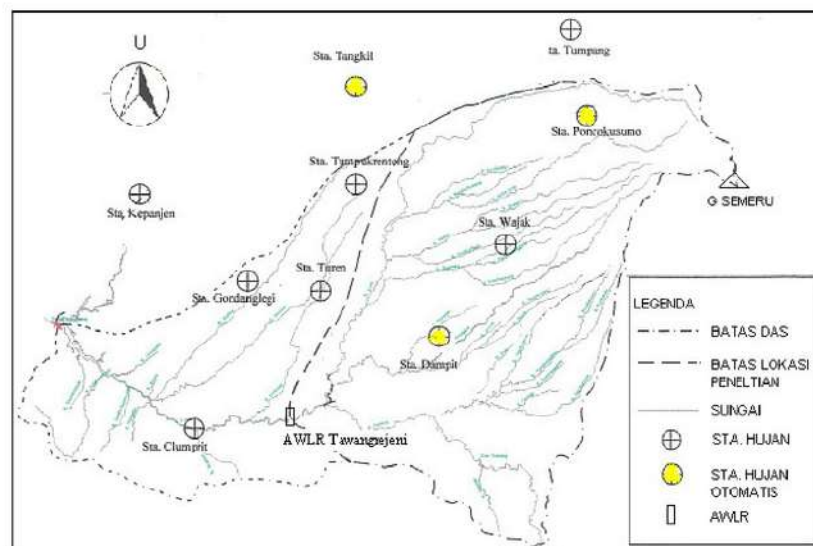
- a. Sub Sub DAS Lesti Hulu seluas: 28.790 ha,
- b. Sub Sub DAS Genteng seluas: 11.551 ha, dan
- c. Sub Sub DAS Lesti Hilir seluas: 18.043 ha.

Topografi Sub DAS Lesti terdiri dari dataran dan pengunungan, dengan elevasi terendah +235 m dpl. sampai dengan +3.676 dpl. Hulu Kali Lesti terletak pada Gunung Semeru, dan bermuara pada Kali Brantas tepatnya pada Bendungan Sengguruh di wilayah Kapanjen Kabupaten Malang. Di Sub DAS Lesti terdapat beberapa anak sungai, dengan sungai utama Kali Lesti dan Kali Genteng. Sedangkan alat ukur debit terletak pada jembatan Tawangrejeni (BP DAS Brantas Surabaya, 2003).

Dalam penelitian ini, cakupan Sub DAS Lesti yang digunakan sebagai sarana pengembangan dan uji model meliputi Sub Sub DAS Genteng, Sub Sub DAS Lesti Hulu, dan sebagian Sub Sub DAS Lesti hilir, yang secara hidrologis merupakan daerah tangkapan hujan pada alat ukur debit Tawangrejeni dengan luas 38.240 ha (Gambar 4). Terdapat 34 buah bangunan pengambilan air untuk irigasi, dengan jumlah luas baku sawah adalah 1480 ha pada Daerah Irigasi (D.I.) Lesti Utara, dan 1255 ha pada D.I. Lesti Selatan (Lampiran 1). Jumlah debit pengambilan untuk mengairi

sawah di kedua D.I. tersebut berkisar antara 1, 348 m<sup>3</sup>/detik hingga 3,766 m<sup>3</sup>/detik (Lampiran 1).

Di lokasi penelitian dan sekitarnya terdapat 10 buah stasiun hujan, akan tetapi karena yang digunakan sebagai masukan adalah hujan jam-jaman maka hanya dipilih 3 stasiun terdekat yang berupa alat pencatat hujan otomastis (Sta. Tangkil, Sta. Poncokusumo, dan Sta. Dampit) (Gambar 4).



Sumber: Dinas Pengairan Kab. Malang (2004)

Gambar 4. Batas Sub DAS Lesti dan Lokasi Sta. Hujan

## 2.2. Simulasi Penggunaan Lahan

Ekosistem dalam DAS merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap DAS. Aktifitas dalam DAS yang menyebabkan perubahan ekosistem, misalnya perubahan penggunaan lahan, khususnya di daerah hulu, dapat memberikan dampak ke daerah

hilir berupa perubahan fluktuasi debit sungai, dan kandungan sedimen, serta material terlarut di dalamnya. Komponen hidrologi yang terkena dampak kegiatan pembangunan di dalam DAS meliputi: koefisien aliran permukaan, koefisien resim sungai, nisbah debit maksimum-minimum, kadar lumpur atau kandungan sedimen layang sungai, laju, frekuensi, dan periode banjir, serta keadaan air tanah (Suripin, 2002).

Penelitian tentang optimasi penggunaan lahan yang dalam operasionalnya dilakukan dengan mencoba berbagai kondisi penggunaan lahan dengan model simulasi yang telah dilakukan antara lain ialah:

- a. Suhartanto (2001) memilih metode simulasi dengan model ANSWER dalam optimasi pengelolaan DAS di Sub DAS Cidanau, Propinsi Banten. Sebagai fungsi tujuan ialah meminimalkan laju erosi permukaan, dan menghasilkan skenario rencana pengelolaan DAS yang optimal.
- b. Yeo *et al.* (2003) melakukan optimasi penggunaan lahan untuk mengurangi puncak limpasan langsung. Simulasi dilakukan dengan coba-coba memperbaiki penggunaan lahan SUB-DAS bagian tenggara dari Danau Erie. Dari penelitian tersebut dihasilkan panduan rencana penggunaan lahan.

### **2.3. Identifikasi Kondisi Lahan**

Berbagai metode identifikasi lahan kritis telah dikembangkan sesuai dengan permasalahan dan tujuan rencana rehabilitasi lahan yang akan dilakukan, yaitu antara lain meliputi: Perhitungan Tingkat Bahaya Erosi, Penilaian Lahan Kritis, Penilaian Kemampuan Penggunaan Lahan, dan Penilaian Aspek Ekonomi. Jika masalah utama yang sedang atau telah terjadi di DAS adalah besarnya fluktuasi aliran, misalnya banjir yang tinggi

dan kekeringan maka dipandang perlu untuk dilakukan penilaian tentang tingkat kekritisan peresapan terhadap air hujan (Departemen Kehutanan, 1998). Paradikma yang digunakan ialah semakin besar tingkat resapan (infiltrasi) maka semakin kecil limpasan permukaan, sehingga debit banjir menurun dan sebaliknya aliran dasar dapat naik.

Tingkat infiltrasi ditentukan oleh: hujan, jenis tanah, kelerengan, dan kondisi penggunaan lahan. Hujan, jenis tanah, dan kelerengan merupakan faktor alami, sedangkan penggunaan lahan merupakan faktor di bawah pengaruh aktifitas manusia. Masing-masing komponen diberi bobot, dan nilai akhir hasil tumpang-susun faktor alami dibandingkan dengan nilai faktor penggunaan lahan. Hasil perbandingan digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kekritisan lahan.

Teknik identifikasi daerah resapan dapat didekati dengan metode penumpang-susunan peta (*map over-lay*) (McHard, 1971; Carpenter, 1979) dalam Departemen Kehutanan (1998). Untuk daerah yang tidak terlalu luas, dapat dilakukan dengan cara manual. Sebaliknya untuk DAS yang luas perlu bantuan SIG. Luas DAS juga menentukan peta dasar yang digunakan, apakah cukup merujuk kepada peta topografi, foto udara, atau citra satelit. Klasifikasi masing-masing faktor dilakukan dengan pedoman sebagai berikut:

#### 1. **Topografi**

Dari peta topografi diubah menjadi peta kelerengan dan dapat ditransformasikan berdasarkan pengaruhnya terhadap tingkat infiltrasi, dengan pedoman sebagai berikut.



Tabel 1. Klasifikasi Kelerengan dan Tingkat infiltrasi

Klas	Ke- lerengan	Deskripsi	Transformasi Nilai Faktor	
			<i>Infiltrasi</i>	<i>Notasi</i>
I	< 8	Datar	> 0,80	a
II	8 – 15	Landai	0,70 – 0,80	b
III	15 – 25	Bergelombang	0,50 – 0,70	c
IV	25 – 40	Curam	0,20 – 0,50	d
V	> 40	Sangat Curam	< 0,20	e

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

## 2. Tanah

Dari setiap jenis tanah perlu dilakukan pengujian karakteristik tanah dan geohidrologi, yang selanjutnya ditransformasi berdasarkan hubungannya dengan infiltrasi dengan klasifikasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Permeabilitas dan Infiltrasi

Klas	Deskripsi	Permeabilitas (cm/jam)	Transformasi Nilai Faktor	
			<i>Infiltrasi</i>	<i>Notasi</i>
I	Cepat	> 12,7	> 0,45	a
II	Agak Cepat	6,3 – 12,7	0,20 – 0,45	b
III	Sedang	2,0 – 6,3	0,10 – 0,20	c
IV	Agak Lambat	0,5 - 2,0	0,04 – 0,10	d
V	Lambat	< 0,5	< 0,04	e

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

Jika klasifikasi tersebut dikaitkan dengan jenis tanah yang terdapat di Jawa, maka Tabel 2 dapat dikonversikan menjadi Tabel 3. Pemberian nama tanah dalam klasifikasinya, di Indonesia terdapat beberapa kali perubahan dan dalam perkembangannya penggunaan sistem klasifikasi tersebut juga belum seragam.

Tabel 3. Klasifikasi Potensi Infiltrasi

Parameter	Klas	Deskripsi	Notasi	Jenis Tanah
Infiltrasi	I	Besar	a	Andosol Hitam
	II	Agak Besar	b	Andosol Coklat
	III	Sedang	c	Regusol
	IV	Agak Kecil	d	Latosol
	V	Kecil	e	Aluvial

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

Mengingat bahwa faktor fisik tanah merupakan hal yang dominan pengaruhnya terhadap nilai infiltrasi, oleh karenanya peneliti berpendapat bahwa klasifikasi tanah lebih efektif jika didasarkan klas teksturnya.

### 3. Curah Hujan

Secara potensial, infiltrasi akan lebih besar untuk hujan dengan periode waktu terjadinya lebih panjang. Sehubungan dengan kondisi yang demikian, maka dalam kaitannya dengan infiltrasi faktor hujan dikembangkan sebagai faktor "hujan infiltrasi" yang disingkat RD. Dimana nilai  $RD = \text{curah hujan tahunan} \times \text{jumlah hari hujan} / 100$ . Hasil perhitungan nilai RD tersebut dalam kaitannya dengan potensi infiltrasinya dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Tabel 4. Klasifikasi Nilai RD dari Hujan

Klas	Deskripsi	"Nilai hujan infiltrasi" RD (Hujan Tahunan x Jumlah hari Hujan/100)	Notasi
I	Rendah	< 2500	a
II	Sedang	2500 – 3500	b
III	Agak Besar	3500 – 4500	c
IV	Besar	4500 – 5500	d
V	Sangat Besar	> 5500	e

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

#### 4. Tipe Penggunaan Lahan

Peran vegetasi dan Penggunaan lahan dalam kaitannya dengan nilai tingkat infiltrasi aktual secara kualitatif dibuat klasifikasi seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Penggunaan Lahan dan Tingkat Infiltrasi Aktual

Parameter	Klasifikasi			Tipe Penggunaan Lahan
	Klas	Deskripsi	Notasi	
Infiltrasi	I	Besar	A	Hutan Lebat
	II	Agak besar	B	Hutan Produksi, Perkebunan
	III	Sedang	C	Semak, Padang Rumput
	IV	Agak Kecil	D	Hortikultura (landai)
	V	Kecil	E	Pemukiman, Sawah

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

Konsep peran vegetasi yang dimunculkan dalam model RLKT ini, dalam kenyataannya tidak terakomodasi dalam Tabel 5. Padahal, tingkat kerapatan atau jenis vegetasi sangat berpengaruh terhadap intersepsi yang sudah tentu berpengaruh terhadap potensi hujan yang dapat diresapkan ke dalam tanah sebagaimana terlihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10. Oleh karenanya perlu adanya model yang mengakomodasi tingkat kerapatan atau jenis vegetasi.

#### 5. Klasifikasi Kondisi Daerah Resapan

Kriteria yang dipakai untuk mengklasifikasi kondisi daerah resapan adalah sebagai berikut (Departemen Kehutanan,1998):

- I. Kondisi Baik, jika nilai "infiltrasi aktual" lebih besar dari nilai "infiltrasi potensial".

- II. Kondisi Normal Alami, jika: nilai "infiltrasi aktual" sama dengan nilai "infiltrasi potensial"-nya.
- III. Kondisi Mulai Kritis, jika: nilai "infiltrasi aktual" turun setingkat dari nilai "infiltrasi potensial"-nya.
- IV. Kondisi Agak Kritis, jika: nilai "infiltrasi aktual" turun dua tingkat dari nilai "infiltrasi potensial"-nya.
- V. Kondisi Kritis, jika: nilai "infiltrasi aktual" turun tiga tingkat dari nilai "infiltrasi potensial"-nya.
- VI. Kondisi Sangat Kritis, jika: nilai "infiltrasi" berubah dari sangat besar menjadi sangat kecil.

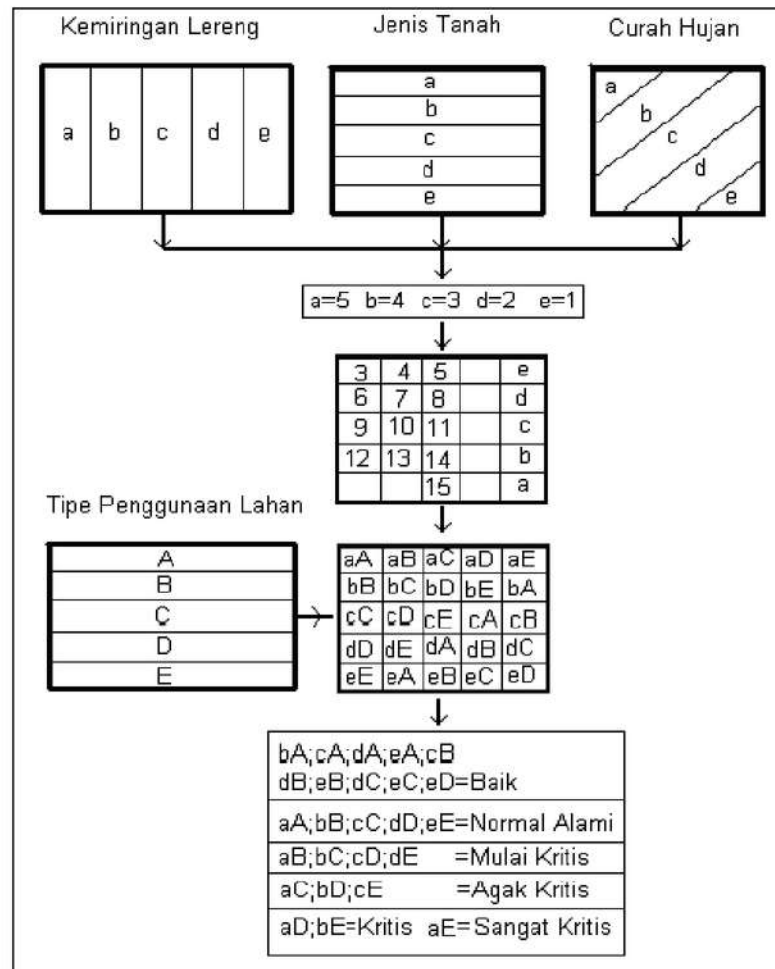
Secara grafis, Model Identifikasi Lahan Kritis versi RLKT tersebut diilustrasikan pada Gambar 5.

Dari pedoman klasifikasi kondisi daerah resapan di atas, dan Gambar 5 maka perlu dipahami bahwa yang dimaksud dengan "infiltrasi aktual" ialah besarnya infiltrasi yang mewakili jenis penggunaan lahan sebagai wujud aktifitas manusia, sedangkan "infiltrasi potensial" ialah besarnya potensi infiltrasi dari daerah resapan yang terbentuk secara alami.

## 2.4. Model Hidrologi Daerah Aliran Sungai

### 2.4.1. <sup>1</sup>Perkembangan Model Hidrologi DAS

Hidrologi telah digambarkan oleh Penman pada tahun 1961 sebagai ilmu pengetahuan yang mencoba untuk menjawab pertanyaan "Apa yang terjadi pada hujan?". Pernyataan ini seperti suatu pertanyaan yang cukup sederhana, tetapi pengalaman yang ditunjukkan deskripsi kuantitatif pada tahap "lahan" dari siklus hidrologi menjadi sangat rumit dan terdapat banyak ketidak-pastian (Singh, 2002).

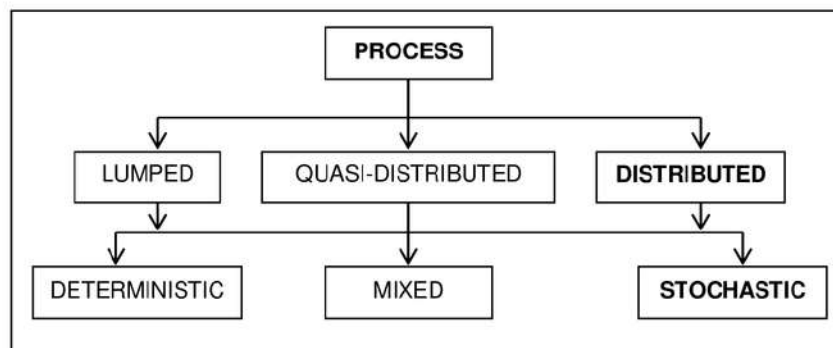


Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

Gambar 5. Skema Identifikasi Lahan Kritis Model RLKT

**1** Istilah " hidrologi DAS" didefinisikan sebagai cabang hidrologi yang berhubungan dengan pengintegrasian proses hidrologis di DAS dalam kaitannya dengan sifat responsif suatu DAS. Proses hidrologis dan ketidakteragaman spasialnya diperlihatkan oleh iklim, topografi, geologi, lahan, tumbuh-tumbuhan, dan penggunaan lahan.

Pekembangan model hidrologi DAS berlangsung sangat cepat, baik dalam hal jumlah, konsep pendekatan masalah, maupun teknik analisa data. Hal tersebut tentunya sangat berkaitan dengan berkembangnya sistem komputasi data, dan teknik akuisisi data. Berdasarkan data yang terdokumentasi, dalam tinjauan penanganan variabilitas spasial data, model hidrologi DAS dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu: terdistribusi (*distributed*), agak terdistribusi (*quasi-distributed*) dan kempal (*lumped*) (Gambar 6).



Gambar 6. Klasifikasi Proses-Dasar Model DAS

**1** Model berjenis kempal, memandang suatu DAS sebagai satu kesatuan, dan oleh karenanya tidak memperhitungkan variasi spasial baik dalam proses, input, kondisi batas, maupun terhadap besaran hidrologisnya. Sebaliknya, model berjenis terdistribusi, sesuai untuk menangani variabilitas spasial baik dalam hal fisik DAS maupun unsur hidrologisnya dengan penyelesaian persamaan untuk masing-masing kelompok data atau grid. Model berjenis terdistribusi sesuai untuk menangani kondisi DAS yang kompleks dengan konsekuensi diperlukan data masukan yang sangat banyak, sedangkan model yang berjenis kempal bersifat sebaliknya. Untuk mereduksi jumlah kebutuhan data

masukannya tersebut, selanjutnya dikembangkan model berjenis Semi-terdistribusi (*Quasi-Distributed*).

Model berjenis terdistribusi dipandang sesuai untuk optimasi penggunaan lahan, karena dapat mengakomodasi variabilitas spasial kondisi penggunaan lahan. Oleh karenanya kajian pustaka dilakukan secara detail hanya terhadap model yang bersifat terdistribusi. Ringkasan dari deskripsi masing-masing model disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rangkuman Deskripsi Model Hidrologi DAS berjenis Terdistribusi

No (1)	Identitas Model (2)	Komponen dan Pendekatan Konsep (3)	Kemampuan (4)
1	SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Arnold <i>et al.</i> (1993)	1. Hydrology, dan Biogeochemistry dengan konsep water-balance. 2. Limpasan permukaan dengan persamaan SCS 3. Aliran di Sungai, dengan routing. 4. Aliran air tanah. 5. SIG untuk analisis data dan penyajian hasil.	Prediksi efek perubahan: cuaca, vegetasi. Manajemen waduk terhadap produksi sedimen dan zat kimia pada DAS besar.
2	TOPOG_IRM (CSIRO AUSTRALIA) Short <i>et al.</i> (1990) <i>dalam</i> Singh <i>et al.</i> , 2002	1. Transpirasi dengan resistensi kanopy fungsi asimilasi bersih, kelembaban relatif, dan konsentrasi CO <sub>2</sub> 2. Infiltrasi dan Limp. Permukaan dengan model: Pers. Richards 3. Model gabungan antara vegetasi dengan atmosfer dengan konsep perubahan nilai dari defisit tekanan uap dari udara di kanopy 4. Keseimbangan karbon tanaman, dengan simulasi tumbuh tanaman	Prediksi interaksi dinamik antara tanah-vegetasi-atmosfer pada DAS
3	FRHYMAP (Flood Risk and Hydrological Mapping) CREBS <i>et al.</i> (2001)	Model Hidrologi, dan hidrolika: 1. Limpasan permukaan (2-D), 2. Imbunan air tanah, 3. Evapotranspirasi potensial jam-jaman, dengan Penman-Montrith.	Prediksi pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit banjir, dan permukaan air tanah
4	SHAL Zimmermann <i>et al.</i> (1995) <i>dalam</i> Singh <i>et al.</i> (2002)	Hidrologi, dan hidrolika. 1. Hujan, Evapotranspirasi, 2. Tampang permukaan, infiltrasi, 3. Limpasan permukaan 2-D, 4. Perkolasi, aliran di lapisan tidak jenuh, aliran jenuh.	Analisa hidrograf jam-jaman, dan profil memanjang muka air maksimum di sungai
5	SWIM (Soil and Water Integrated Model) Krysanova, <i>et al.</i> (1993) <i>dalam</i> Hattermann <i>et al.</i> (2002)	1. Limpasan permukaan dengan metode SCS (Soil Conservation Service) 2. Aliran lateral air tanah dengan Cinematic storage model; aliran air tanah dengan Smedema & Rycroft; 3. Aliran antar subbasin dengan Flood Routing Muskingum	Simulasi siklus hidrologi, erosi, pertumbuhan vegetasi, dan transportasi unsur hara pada DAS ukuran meso.

Lanjutan Tabel 6

(1)	(2)	(3)	(4)
6	PRMS (Precipitation Runoff Modeling System) United States Geological Survey) (CREBS <i>et al.</i> , 2001)	1. Intersepsi fungsi dari kerapatan vegetasi, 2. Evapotranspirasi fungsi radiasi matahari, 3. Aliran air di atas dan bawah permukaan dengan routing Non-linier, 4. DAS dibagai dalam HRU 5. Dilengkapi SIG untuk: menampilkan data spasial dalam proses maupun hasil simulasi	Prediksi Debit harian, kontinyu
7	MIKE-SHE Gabungan antara: MIKE-11 (DHI) DAN SHE (European Hydrological System Model, 1980 <i>dalam</i> IGWC, 2004)	1. SHE: Intersepsi. Aliran air di tanah tidak jenuh dengan persamaan Richard, Aliran air tanah dengan persamaan 3-D., Limpasan permukaan dengan 2-D persamaan difusi, 2. MIKE-11: aliran di saluran dengan routing 1-D.	Simulasi proses Aliran air di DAS
8	InHM (Integrated Hydrology Model) (Joel VanderKwaak, <i>et al.</i> , 1993 <i>dalam</i> IGWC, 2004)	1. Limpasan permukaan dengan 2-D difusi gelombang, 2. Aliran melalui media porus jenuh dengan model Richard 3-D,	Menghitung Aliran air permukaan dan bawah permukaan, serta transporasi sedimen
9	IGSM2 (Integrated Groundwater-Surface Water Model 2) (Emin Can Dogrul dan Tariq Kadir, dikembangkan dari WRIME, Dr. Young Yoon, 1991 <i>dalam</i> IGWC, 2004)	1. Analisa aliran horizontal aliran air tanah dengan finite elemen, 2. Antar lapis didekati oleh gerakan air vertikal.	Simulasi elevasi muka air tanah dalam berbagai lapis aquifer
10	MOGROW (Quener, 1994)	Gabungan model: Limpasan Permukaan, aliran air tanah di zone tidak jenuh, dan zone jenuh. 1. Aliran air tanah di Zone jenuh, dengan Grid segi tiga dan aliran 3 D. 2. Aliran air pada zone tidak jenuh didekati dengan aliran satu dimensi, dan dideliniasi berdasarkan penggunaan lahan. 3. Aliran limpasan permukaan dianalisa dengan aliran seragam 1 D, dan topografi dibuat grid bujursangkar	Prediksi Debit sungai, kontinyu
11	ANSWERS (Areal Non-point Source Watershad Environment Response Simulation) (Beasley dan Huggin, 1981, <i>dalam</i> Connolly <i>et al.</i> , 1993, Suhartanto, 2001)	1. Erosi dan sedimentasi dengan model USLE 2. Limpasan permukaan dengan "Hortonian overland flow runoff model" 3. Infiltrasi: "Holtan Model" diganti "Green and Ampt Model" 4. Permukaan lahan dibuat grid bujursangkar	Menghitung limpasan permukaan, mengevaluasi dan merumuskan tata guna lahan sesuai aspek konservasi dengan tujuan pengendalian erosi lahan



Lanjutan Tabel 6

(1)	(2)	(3)	(4)
12	MODFLOW (Helena Solo-Gabriele and Mark Nemeth, 2003 dalam IGWC, 2004)	Gabungan model limpasan permukaan dan aliran air tanah 1. Limpasan permukaan dengan aliran tidak permanen 1 D 2. Aliran air tanah, deferensi hingga 3-D 3. Sistem Data base dengan SIG	Prediksi Debit sungai, kontinyu
13	"Model yang dibangun"	Gabungan model: Simulasi Penggunaan Lahan (Identifikasi Kondisi Lahan, dan Alternatif Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan) dan Hidrologi DAS (Aliran Limpasan Permukaan, Gerakan Air Arah Vertikal, dan Aliran Air Tanah) 1. Limpasan Permukaan, dengan Aliran bebas Tidak Permanen 1 D 2. Imbuhan Air Tanah, dengan konsep Keseimbangan Kelembaban Tanah 3. Aliran Air Tanah dengan Aliran Tidak Permanen melalui media porus 1 D 4. Permukaan lahan dan permukaan air tanah dibuat grid bujursangkar 5. Berbasis SIG	Identifikasi kondisi lahan, simulasi rencana penggunaan lahan, prediksi debit kontinyu jam-jaman, nilai KRS, dapat memanfaatkan kondisi penggunaan lahan hasil analisa citra satelit.

Dari ringkasan deskripsi masing-masing model hidrologi DAS pada Tabel 6 diperoleh catatan sebagai berikut:

1. Pada umumnya, model hidrologi DAS dibuat hanya untuk melihat tanggapan suatu DAS terhadap hujan. Oleh karenanya kondisi penggunaan lahan dianggap merupakan sesuatu yang bersifat "sudah ditetapkan". Dalam penelitian ini model hidrologi DAS digabung dengan model simulasi penggunaan lahan, yang terdiri dari model identifikasi kondisi lahan dan model rencana perbaikan penggunaan lahan. Dengan demikian, dapat dihasilkan model yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lahan, merencanakan perbaikan penggunaan lahan, dan menghitung debit yang terjadi akibat hujan sepanjang tahun, serta nilai KRS.
2. Mayoritas model merupakan gabungan dari model limpasan permukaan dan aliran air tanah, serta mencakup parameter: Intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, dan aliran air tanah. Hal

tersebut sesuai dengan tujuan pemodelan, yaitu memprediksi debit sungai dan atau erosi permukaan dari sebuah DAS akibat hujan.

Kecepatan aliran air tanah relatif lebih lambat dibanding dengan kecepatan aliran limpasan permukaan, oleh karenanya jika di dalam model diadakan penggabungan maka perlu adanya strategi khusus. Di dalam penelitian ini, hal tersebut disiasati dengan jalan memisah dalam sub-program yang berbeda.

#### **2.4.2. Penggunaan Model Hidrologi DAS**

Model matematika hidrologi DAS dirancang untuk menjawab Pertanyaan Penman's pada suatu tingkatan detail yang tergantung pada masalah yang ada dan digunakan dalam spektrum yang luas berkisar antara manajemen DAS ke disain rancang-bangun. Model-model tersebut digunakan dalam perencanaan, disain, dan proyek perancangan, untuk memelihara air dan sumber daya lahan, serta untuk melindungi kualitasnya. Dalam tinjauan lahan, model digunakan untuk bervariasi tujuan, seperti perencanaan dan merancang praktek konservasi lahan, manajemen air irigasi, reklamasi lahan rawa, dan manajemen permukaan air di bawah tanah. Dalam cakupan yang lebih luas, model digunakan untuk proyek perlindungan banjir, rehabilitasi Dam, manajemen pengendalian banjir, evaluasi kualitas air, dan peramalan persediaan air.

Model DAS digunakan untuk memahami interaksi dinamis antar iklim dan "land-surface hidrologi". Sokrut (2001) memanfaatkan model hidrologi berjenis terdistribusi gabungan dari model limpasan permukaan dengan model bawah permukaan sebagai alat untuk mengelola DAS. Yeo *et al.* (2003) menggabung model hidrologi dengan model

penggunaan lahan untuk optimasi rencana penggunaan lahan dengan tujuan memperkecil puncak debit limpasan permukaan. Rencana penggunaan lahan optimal yang diperoleh dapat penurunan puncak debit akibat hujan dengan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun sebesar 15% hingga 20% dari kondisi semula.

Dalam manajemen air tanah diperlukan alat yang dapat memberikan gambaran tentang segala respon yang akan terjadi dari setiap keputusan yang akan diambil (Bear *et al.*, 1992). Model air tanah adalah penyederhanaan dari sistem nyata (air tanah) dalam hal hubungan antar faktor-faktor yang berpengaruh serta responsinya terhadap pengaruh luar. Dari beberapa faktor, kemampuan dan ketepatan model dalam memprediksi laju dan arah aliran air tanah sangat penting artinya dalam perencanaan dan penerapan konservasi air tanah. Secara ringkas, model DAS sudah menjadi suatu alat penting untuk perencanaan sumber daya air, pengembangan, dan manajemen.

Pada dekade tahun 1980 dan 1990-an, model hidrologi dihubungkan dengan: ilmu kimia, geologi, biologi lingkungan, meteorologi, dan ilmu iklim. Penghubungan tersebut dilakukan dengan 2 (dua) pertimbangan. Pertama, peningkatan pemahaman tentang variabilitas spasial dari proses hidrologi dan peran tentang penyekalaan. Ke dua, revolusi digital memungkinkan pemakaian SIG, teknik penginderaan jauh, dan manajemen sistem database. Di masa yang akan datang, model matematika hidrologi DAS menjadi sarana untuk: perencanaan sumber daya air, pengembangan, disain, operasi, dan manajemen. Hal ini mengantisipasi bahwa masa depan akan semakin berkembang pengintegrasian model Hidrologi DAS dengan manajemen ekologis dan lingkungan.

Banyak dari model hidrologi DAS yang sekarang adalah bersifat komprehensif, distributed, dan berbasis pada kondisi fisik. Mereka memiliki kemampuan dengan teliti menirukan hidrologi DAS dan dapat diaplikasikan pada suatu cakupan luas dari permasalahan sumber daya air (Singh *et al.*, 2002). Gabungan dari beberapa model dapat menjadi sebuah sistem sebagai alat bantu sebagai panduan dalam proses pengambilan keputusan (Buchanan *et al.*, 2001). Dalam manajemen pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan, "Decision Support System" (DSS) memerlukan sarana yang dapat digunakan untuk analisis spasial yang secara otomatis dapat digunakan untuk analisis kesesuaian lahan. Dengan teknologi yang sesuai, DSS dapat ditingkatkan mulai dalam hal "architecture", hingga implementasi, dengan sistem komputasi mutakhir, misalnya dalam bentuk Sistem Informasi Geografis (SIG).

Dalam perkembangannya, DSS yang dikembangkan dan dilengkapi dengan sarana analisis spasial dikenal dengan "Spatial Decision Support System" (SDSS). Pemanfaatan "Decision Support" (DS) dalam pengaturan lahan, yang terdokumentasi antara lain seperti pada Tabel 7. SDSS di Indonesia berkembang pesat dalam hal penggalian informasi potensi sumberdaya alam (bahan tambang), dan kesesuaian lahan. Demikian juga dalam hal antisipasi bencana alam, SDSS digunakan sebagai sistem peringatan dini misalnya untuk memprediksi daerah rawan longsor, dan sungai rawan banjir. Dengan dicetuskannya revolusi teknologi informasi, penginderaan jauh, teknologi satelit, sistem informasi geografis, visual grafik, dan manajemen data base, model hidrologi terus semakin canggih dan terintegrasi dengan model proses lain. Demikian juga dengan penelitian ini, diharapkan menghasilkan model yang dapat

dikembangkan menjadi SDSS yang dapat digunakan dalam pengelolaan DAS.

Tabel 7. Pemanfaatan *Decision Support* Dalam Pengaturan Lahan

No	Pembuat	Tahun	Masalah
1	Harbor	1994	Pengaruh perubahan pengguna lahan terhadap pengisian kembali air tanah.
2	Vadas, <i>et al.</i>	1994	Sistem peringatan di " <i>Central Valley, California</i> ).
3	Garcia dan Armbruster	1997	Analisis untuk perlindungan (habitat) Alam
4	Arnold, <i>et al.</i>	2000	Pengaruh perubahan Penggunaan Lahan terhadap kualitas air.
5	Quantrochi, <i>et al.</i>	2000	Investigasi perubahan panas kota.
6	Recalata, <i>et al.</i>	2000	Konflik antar pengguna air (industri & pertanian, di Valencia, Spanyol.
7	Sanders & Tabuchi	2000	Penggabungan data lingkungan dan resiko banjir dalam perencanaan kawasan, di Inggris.
8	"Tim Peneliti"	2004	Simulasi kondisi penggunaan lahan untuk pengendalian fluktuasi debit sungai

Sumber: Buchanan, *et al.* (2001)

### 2.4.3. Komponen Model Hidrologi Daerah Aliran Sungai

#### 2.4.3.1. Intersepsi

Intersepsi merupakan bagian dari komponen hidrologi yang dalam analisa neraca air memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah air hujan yang akan menjadi air limpasan permukaan dan bawah permukaan.

Seiring dengan pertumbuhan tanaman, pengaruh kondisi vegetasi terhadap intersepsi (It) adalah sebagai berikut (Asdak,1995):

1. Semakin berkurangnya jumlah air lolos (Al), sejalan dengan semakin rapatnya tajuk.
2. Semakin bertambahnya aliran batang (Ab), walau dalam jumlah yang sedikit.
3. Semakin meningkatnya kapasitas tampungan permukaan tajuk, daerah seresah.

Penelitian dari beberapa hutan tropis Amazon, Afrika, dan Asia menunjukkan besarnya air hujan yang terintersepsi oleh vegetasi hutan sangat bervariasi, yaitu:

1. Hutan di Jawa Barat berkisar 21% (Calder *et al.* , 1986 dalam Asdak,1995),
2. Hutan di Sabah, Malaysia sama dengan 17% (Sinun *et al.* , 1992),
3. Hutan di India berkisar 31% (Rao, 1987 dalam Asdak,1995), dan
4. Hutan Tropis di Kalimantan adalah 11% (Asdak, 1998).

Pada daerah persawahan, besarnya intersepsi sangat dipengaruhi oleh jenis dan kerapatan tanaman, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Persentase Hujan Yang Sampai ke Tanah Akibat Intersepsi Tanaman di Sawah

Jenis Tanaman	Peneliti						
	Wollny (jumlah tanaman tiap m <sup>2</sup> )					Haynes	Smith
	0	36	64	100	144		
<b>Jagung</b>	100	62,9	60,7	67,0	44,5	68	84,5
<b>Kedelai</b>	100	88,4	78,2	69,5	64,3	65	85,4
<b>Oats</b>	100	-	78,5	78,4	78,9	93	93,1

Sumber : Suripin (2002)

<sup>2</sup> Dalam kaitannya dengan intersepsi, jenis kebun dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu: kebun campuran dan kebun sejenis. Nilai intersepsi dari masing-masing jenis ditampilkan pada Tabel 9, dan Tabel 10.

Tabel 9. Nilai Intersepsi pada Kebun Campuran di DAS Konto Atas

No.	Parameter	% dari hujan kotor
1	Evaporasi dari kanopi	0,30
2	Intersepsi saat hujan berlangsung	17,6
3	Intersepsi setelah hujan	8,8

Sumber: Van Dijk (2002) yang telah diolah

Tabel 10. Nilai Intersepsi pada Kebun dengan Tanaman Sejenis

No.	Jenis Tanaman	Int. (%)	Referensi
1	<i>Acacia aneura</i>	13,0	Pressland (1973)
2	<i>Acacia harpophylla</i>	15,2	Tunstall (1973)
3	<i>Aegle marmelos</i>	13,1	Yadav and Mishra (1985)
4	<i>Agropyron koeleria</i>	22,3	Couturier and Ripley (1973)
5	<i>Bouteloua Curtipendula</i>	18,1	Thurrow <i>et al.</i> (1987)
6	<i>Crosotebush</i>	12,2	Tromble (1988)
7	<i>Digitaria deceumbens</i>	15,5	Acevedo <i>et al.</i> (1993)
8	<i>Eucalyptus</i>	8,3	Pook <i>et al.</i> (1991)
9	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	14,3	Heth and Karschon (1963)
10	<i>Eucalyptus Regnans</i>	23,3	Langford and O'Shaughnessy (1978)
11	<i>Eucalyptus Rossii</i>	10,6	Smith (1974)
12	<i>Eucalyptus Obliqua</i>	15,0	Feller (1981)
13	<i>Hilaria belangeri</i>	10,8	Thurrow <i>et al.</i> (1987)
14	<i>Mixed conifer and hardwood</i>	22,0	Moul and Buell (1955)
15	<i>Montance rain forest</i>	18,2	Vaneklass <i>et al.</i> (1990)
16	<i>Oats</i>	20,5	Wollny (1890)
17	<i>Pinus radiata</i>	26,5	Pook <i>et al.</i> (1991)
18	<i>Pinus rigida</i>	19,1	Kim and Woo (1988)
19	<i>Pinus wallichina</i>	21,0	Singh and Gupta (1987)
20	<i>Rain forest</i>	8,9	Llyot <i>et al.</i> (1988)
<sup>2</sup> 21	<i>Rain forest</i>	27,0	Sollins and Drewry (1970)
22	<i>Soya beans</i>	32,0	Wollny (1890)
23	<i>Tarbush</i>	6,1	Tromble (1988)
24	<i>Neopanax arboreum scrub</i>	27,0	Wells and Blake (1972)
25	<i>Cypress</i>	26,0	Pereira (1952)
26	<i>Bamboo</i>	20,0	Pereira (1952)

Sumber: Zhang *et al.* (1999)

#### 2.4.3.2. Evapotranspirasi

Hujan jatuh ke permukaan bumi, sebagian menguap kembali ke atmosfer (evaporasi) dan yang lain sampai ke permukaan lahan. Sebelum <sup>2</sup> mencapai permukaan lahan, sebagian air yang jatuh di tumbuhan, akan terperangkap dalam proses intersepsi kemudian menguap kembali. Air di zona perakaran dan di lapisan bawahnya secara kapiler naik ke daun, dan menguap melalui stomata daun dalam proses transpirasi sedangkan air yang naik ke permukaan lahan kemudian menguap dalam proses evaporasi.

Terdapat 2 (dua) kelompok jenis pendekatan untuk mengetahui besarnya nilai evapotranspirasi, yaitu: Neraca Air dan Neraca Energi. Pendekatan Neraca Air, diterapkan untuk mengetahui besarnya jumlah kehilangan air pada suatu DAS, atau kawasan drainase yang secara hidrologis terkontrol.

Jika semua besaran volume air, baik sebagai masukan maupun keluaran (kecuali evapotranspirasi) dapat diukur maka dengan persamaan neraca air dapat diketahui besarnya kehilangan air akibat evapotranspirasi. Sebaliknya, pendekatan keseimbangan energi dilakukan dengan menyelesaikan satu persamaan yang memuat semua sumber dan kehilangan energi, serta menyisakan evapotranspirasi sebagai satu-satunya hal yang tidak diketahui. Metode ini memerlukan data yang banyak, sehingga jarang digunakan (Marjuki, 1993).

Berangkat dari pengertian bahwa evapotranspirasi akan terjadi jika terpenuhi adanya 2(dua) kondisi utama, yaitu faktor energi yang menyebabkan terjadinya evapotranspirasi, dan faktor air yang dapat dievapotranspirasikan. Faktor-faktor tersebut ialah: radiasi matahari, angin, kelembaban relatif, dan temperatur. Dari penelitian secara empiris



hubungan dari evapotranspirasi dengan beberapa faktor tersebut menghasilkan beberapa persamaan, yaitu Persamaan: Penman, Turc, Jensen and Haise, Blaney and Criddle, serta Thornthwaite. Nilai yang diperoleh dari rumusan empiris tersebut merupakan besarnya evapotranspirasi potensial (*potential evapotranspiration*). Sedangkan besarnya evapotranspirasi yang terjadi atau evapotranspirasi nyata (*actual evapotranspiration*) sangat tergantung ketersediaan kandungan air yang dapat diuapkan.

Uji banding telah dilakukan di Venezuela tahun 1963 (Gambar 7) antara formulasi: Jensen and Haise, Blaney and Criddle, dan Thornthwaite, dengan pengukuran langsung diperoleh hasil bahwa metode Thornthwaite cenderung memperoleh nilai paling rendah (Kijne, 1980). Demikian juga perbandingan antara Metode: Penman, Thornthwaite, Priestley and Taylor, dengan SSiB (Simplified Simple Biosphere Model) di Illinois 1998, periksa Gambar 8 (Mocko, *et al.*, 1998).

Persamaan Evapotranspirasi Potensial metode Thornthwaite ialah sebagai berikut (Kijne, 1980):

$$E_{tk} = C_t * E_{ts} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

$$E_{ts} = 1,6 \left( 10 * \frac{T}{I} \right)^a \dots\dots\dots (2)$$

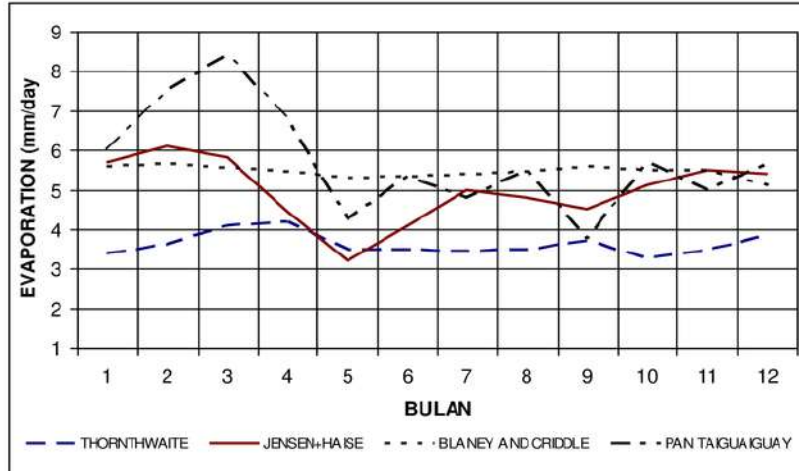
$C_t$  = konstanta, yang besarnya dipengaruhi oleh lokasi penelitian yang diberikan pada Tabel: L2-1 dan L2-2 (Lampiran 2). Sedangkan nilai:  $a$ ,  $i$ , dan  $I$  adalah:

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,000077 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239 \quad (3)$$

$$i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1,514} \dots\dots\dots (4)$$

$$I = \sum_{\text{Januari}}^{\text{Desember}} i \dots\dots\dots (5)$$

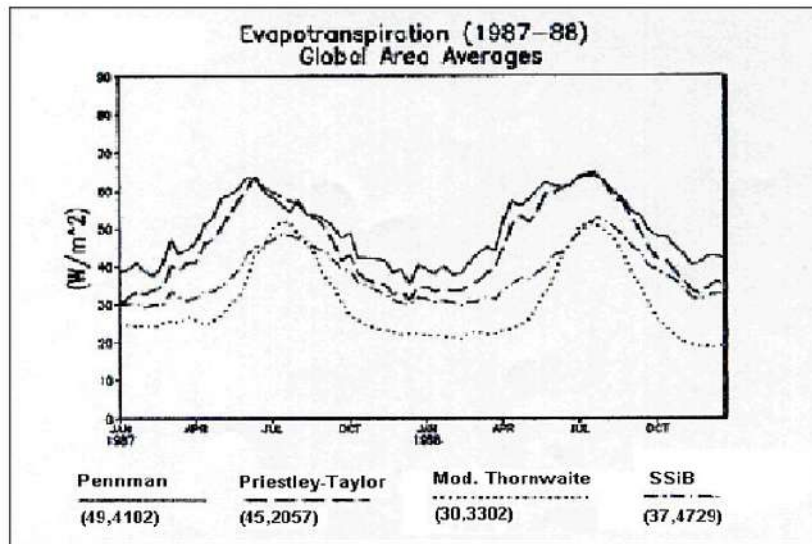
Etk = kapasitas Evapotranspirasi bulanan (cm/bulan),  
 Ets = kapasitas Evapotranspirasi bulanan semula / belum di  
 sesuaikan dengan lokasi penelitian (cm/bulan),  
 T = rerata temperatur udara harian (°C),



Gambar 7. Hasil Uji Banding Nilai Evapotranspirasi Potensial di Venezuela tahun 1963 (Kijne, 1980)

#### 2.4.3.3. Model Limpasan Permukaan

Dalam pemodelan hidrologi DAS yang bersifat terdistribusi, proses aliran air di atas permukaan lahan didekati dengan aliran air melalui saluran terbuka. Berkaitan dengan parameter debit dan kedalaman air, dalam tinjauan spasial terdapat 2 pilihan anggapan jenis aliran yaitu: aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tidak seragam (*non-uniform flow*). Sedangkan dalam tinjauan waktu terdapat pilihan aliran seragam (*steady flow*) atau tidak seragam (*unsteady flow*) (Henderson, 1989).



Gambar 8. Hasil Uji Banding Nilai Evapotranspirasi di Illinois 1998 (Mocko, *et al.*, 1998)

Teknik analisa, dapat dilakukan dalam: satu, dua, atau tiga dimensi. Untuk analisa aliran tidak permanen satu dimensi digunakan persamaan kontinuitas, dan kekekalan momentum (Luknanto, 1992). Persamaan kontinuitas yang dimaksud adalah:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_{lat} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan : Q, A, X, dan q adalah debit, luas tampang basah, panjang penggal saluran, dan debit aliran samping.

Dengan pembagian luas DAS ke dalam grid bujursangkar memungkinkan digunakan persamaan kekekalan momentum yang paling sederhana (tampang sungai prismatis) dari sebuah penggal sungai ialah (Haji, *et al.* 2001, Suharto, 2002):

$$A = \alpha l Q^{\beta 1} \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan Manning yang diturunkan dengan anggapan  $S_0 = S_f$  dan  $R=A/P$ , maka jika dibawa ke dalam bentuk Persamaan (7) akan menjadi:

$$A = \left( \frac{N * P^{(2/3)}}{\sqrt{S_o}} \right)^{(3/5)} * Q^{(3/5)} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan : N, So, dan P adalah koef. Kekasaran Manning, kemiringan permukaan lahan, dan keliling basah.

Sehingga:  $\alpha 1 = \left( \frac{N * P^{(2/3)}}{\sqrt{S_o}} \right)_{0.6}$  dan  $\beta 1 = 0.6$  ..... (9)

Turunan pertama dari Pers. (7) adalah:

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \alpha 1 * \beta 1 * Q^{(\beta 1 - 1)} * \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Substitusi Pers. (10) ke Pers. (6) diperoleh:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \alpha 1 * \beta 1 * Q^{(\beta 1 - 1)} * \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \dots\dots\dots (11)$$

Penyelesaian dari Persamaan (11) dengan menggunakan skema linier, selanjutnya diperoleh persamaan (Haji, 2001, dan Suharto, 2002):

$$Q_{(i)}^{(n+1)} = \frac{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta X} Q_{(i-1)}^{(n+1)} + \alpha 1 * \beta 1 * Q_i^n * \left[ \frac{(Q_{i-1}^n + Q_i^n)}{2} \right]^{(\beta 1 - 1)} + \left[ \Delta X * (1 - f)_{i+1}^{n+1} \right] \right]}{\left( \frac{\Delta t}{\Delta X} + \alpha 1 * \beta 1 * \left[ \frac{(Q_{i-1}^n + Q_i^n)}{2} \right]^{(\beta 1 - 1)} \right)} \dots\dots\dots (12)$$

Dengan: Q, Δt, ΔX, β1, i, dan n adalah debit, selang waktu hitungan, ukuran sel, 0,6, notasi sel, dan notasi waktu. Sedangkan (1-f) adalah komponen hujan yang tak terinfiltrasi dan terabstraksi.

Di dalam penelitian ini, skema tersebut diperbarui dengan skema 4 titik Preisman, karena akan diperoleh penyelesaian numerik yang lebih stabil (Luknanto, 1992). Proses penyelesaian persamaan beda hingga dijelaskan pada Lampiran: 20, yang mana bentuk akhir persamaan debit yang diperoleh adalah:

$$Q_{i+1}^{n+1} = \frac{4 * \Delta X * \Delta t}{(\alpha 1 * \beta 1 * \theta * \Delta X * \Delta t + 4 \Delta t + 2 \Delta X)} * \left\{ \left( \frac{\theta}{\Delta X} + 1 \right) - \alpha 1 * \beta 1 * \frac{\theta}{2} \right\} Q_{(i)}^{(n+1)} - \frac{1 - \theta}{2} (\Delta Q_i)^{(\beta 1 - 1)} * \left\{ \frac{1}{2 \Delta t} (\Delta Q^n) + \frac{1}{2 \Delta t} Q_{i+1}^n + \frac{\Delta X}{\Delta t} \left[ \frac{\theta}{2} (AAP_i^{n+1} + AAP_{i+1}^{n+1}) + \frac{1 - \theta}{2} (AAP_i^n + AAP_{i+1}^n) \right] \right\} \dots \dots \dots (13)$$

Dengan: Q, AAP,  $\Delta t, \Delta X, \beta 1, i$ , dan <sup>1</sup> n adalah debit, tinggi air di atas permukaan tanah, selang waktu hitungan, ukuran sel, 0,6 , notasi sel, dan notasi waktu. Sedangkan  $\theta$  adalah koefisien pemberat ruang pada skema Preisman.

$$\alpha 1 = \left( \frac{N * P^{(2/3)}}{\sqrt{S_o}} \right)_{0,6} \quad \text{dan} \quad \beta 1 = 0.6 \quad \text{dimana } S_o \text{ dan } N$$

adalah: kemiringan lereng dan Koefisien kekasaran Manning yang besarnya diberikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Koefisien Kekasaran Manning

Penggunaan Lahan		Koef. Kekasaran Manning
Jenis	Kondisi	
Pemukiman	72% kedap air	0,075
Pertanian	Kondisi Tanaman Baik	0,004
Semak Belukar	Alami	0,037
Hutan / Tanaman Keras	Kondisi Baik	0,600
Permukaan Air	Air Menggenang	0,037
Lahan basah Selain Hutan	Kondisi Tanaman Baik	0,130
Lahan Terbuka	Tandus	0,050
Rumput		0.04 *)
Beton	Kedap air	0.014 *)

Sumber: Yeo *et al.* (2003) dan \*) Wong *et al.* (1992)

#### 2.4.3.4. Air Pada Lapisan Tanah Tidak Jenuh

<sup>2</sup> Air yang mencapai permukaan lahan sebagian akan meresap (infiltrasi) ke bawah permukaan lahan menjadi air bawah permukaan, sedangkan sisanya tertahan di atas permukaan lahan. Dalam proses infiltrasi, sebagian air mengisi dan tinggal di daerah perakaran bermanfaat bagi tanaman dan organisme, sebagian meresap ke bagian lebih dalam lagi (perkolasi) sampai pada lapisan jenuh air. Infiltrasi nyata (InfN) sangat tergantung dari kapasitas infiltrasi (InfK), dan bagian dari air hujan yang berpotensi untuk diresapkan.

Besarnya kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh faktor: (1). Dalamnya genangan di atas permukaan tanah, (2) Kadar Air Tanah, (3) Fisik tanah (4) Tumbuh-tumbuhan (Sumarto, 1986).

Faktor tumbuh-tumbuhan dapat berpengaruh terhadap besarnya kapasitas infiltrasi karena aktifitas pada sistem perakaran dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah, dan ruang pori makro. Dengan demikian secara tidak langsung dapat dinyatakan bahwa penggunaan lahan berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Walaupun penelitian tentang hal ini masih relatif sedikit, dalam penelitian ini diusulkan adanya suatu koefisien yang menyatakan besarnya pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi.

Dalam kaitannya dengan faktor fisik tanah, Rawls *et al.* (1982) merekomendasikan nilai infiltrasi yang merupakan fungsi dari klas tekstur tanah. Sedangkan Pitt. *et al.* (2001) melakukan pengukuran kapasitas infiltrasi di Monte Carlo, menghasilkan nilai yang selain dipengaruhi <sup>2</sup> tekstur tanah juga dipengaruhi tingkat kepadatannya (Tabel 12).

<sup>2</sup> Tabel 12. Rerata Infiltrasi di Monte Carlo

Kelompok	Jumlah titik uji	Rerata infiltrasi (inci/jam)
Tanah berpasir Tidak dipadatkan ( <i>Noncompacted sandy soils</i> )	36	13
Tanah berpasir dipadatkan ( <i>Compacted sandy soils</i> )	39	1,4
Tanah liat kering dan tidak dipadatkan ( <i>Noncompacted and dry clayey soils</i> )	18	9,8
Semua jenis tanah lainnya - kering dan dipadatkan, serta seluruh kondisi kelembaban ( <i>All other soils - compacted and dry, plus all wetter conditions</i> )	60	0,2

Sumber: Pitt *et al.* (2001)

Terdapat 2 (dua) jenis model infiltrasi, yaitu: model empiris dan model berbasis fisik. Model empiris, dikembangkan berdasarkan pengamatan langsung dari kumulatif air yang terinfiltrasi. Persamaan yang dihasilkan hanya memperhatikan kumulatif infiltrasi dan rerata infiltrasi tanpa memperhitungkan sebaran kandungan airtanahnya. Model yang berjenis empiris tersebut ialah: Kostiaikov's Equation, Horton's Equation, Mezenchev's Equation, SCS Equation, Holtan's Equation, dan Boughton's Equation.

Model yang berbasis fisik, ialah: Green-Ampt Models (USEPA, 1998). Karena model ini dikembangkan atas dasar pendekatan proses fisik, maka dinilai sesuai jika digunakan dalam pemodelan hidrologi yang berbasis pendekatan kejadian fisik (Freyberg *et al.*, 1980).

Singh *et al.*,(2002) menjelaskan bahwa: salah satu usaha yang paling awal untuk mengembangkan suatu teori infiltrasi ialah Green and Ampt, yang menggunakan prinsip penyederhaan tentang ilmu fisika dan memperoleh suatu rumusan yang masih populer untuk menghitung kapasitas infiltrasi. Persamaan dari Model Green and Ampt adalah:

$$I = K_s t - (h_f - h_s)(\phi_s - \phi_0) \log_e \left[ 1 - \frac{I}{(h_f - h_s)(\phi_s - \phi_0)} \right] \dots\dots\dots (14)$$

Dengan:

$K_s$  = Daya hantar hidraulik tanah;  $\text{InfN}(t)$  = Infiltrasi kumulatif dalam waktu  $t$ ,  $h_s$  = tinggi tekan air pada permukaan lahan,  $h_f$  = tinggi tekan air pada kedalaman  $Z$ , dan  $\phi_s$  = kandungan air dalam keadaan jenuh,  $\phi_o$  = kandungan air dalam keadaan kering

Dengan asumsi tidak terdapat masukan maupun keluaran air selain akibat gradien energi di lapisan tanah paling bawah, aliran keluar dari lapisan tidak jenuh dapat diprediksi dengan persamaan (Kendy *et al.*, 2003):

$$L \frac{d\phi}{dt} = -K(\phi) \quad \dots\dots\dots (15)$$

dengan:  $L$ ,  $\phi$ ,  $t$ , dan  $K$  adalah ketebalan lapisan tanah tidak jenuh, rerata kandungan air tanah, waktu tinjauan, dan daya hantar hidraulik tanah tidak jenuh. Penyelesaian persamaan (10) memerlukan persamaan  $K$  yang merupakan fungsi  $\phi$ .

Dalam hal ini diusulkan bentuk persamaan berupa eksponensial, dengan bilangan tak berdimensi  $\beta$ , sebagai berikut :

$$K(\phi) = K_s \cdot \text{exp} \left( -\beta \frac{\phi_s - \phi}{\phi_s - \phi_d} \right) \quad \dots\dots\dots (16)$$

dengan:  $K_s$ ,  $\phi_s$ , dan  $\phi_d$  adalah daya hantar hidraulik tanah jenuh, dan rerata kandungan air tanah dalam keadaan kering.

Dengan anggapan  $\phi_d = 0$ , dan penyelesaian integral menghasilkan persamaan:

$$\phi_{(t+\Delta t)} = \phi_s - \frac{\phi_s}{\beta} \ln \left[ \frac{\beta K_s \Delta t}{L \phi_s} + \text{exp} \cdot \frac{\beta}{\phi_s} (\phi_s - \phi_{(t)}) \right] \quad \dots\dots\dots (17)$$

dengan:

$L$  = ketebalan lapisan tanah tidak jenuh,  
 $\phi$  = rerata kandungan air tanah,  
 $\phi_s$  = rerata kandungan air tanah dalam keadaan jenuh,



$K_s$  = daya hantar hidraulis tanah jenuh,  
 $\beta$  = Konstanta tak berdimensi  
 $t$  = waktu tinjauan, dan daya hantar hidraulis tanah tidak jenuh.

Mengakomodasi adanya pengaruh infiltrasi nyata (InfN), dan Evapotranspirasi nyata (EtN) terhadap kondisi kelembaban tanah, dalam studi didekati dengan konsep keseimbangan massa. Berkaitan dengan Persamaan (17) diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\phi_{(t+\Delta t)} = \phi_s - \frac{\phi_s}{\beta} \ln \left[ \frac{\beta K_s \Delta t}{L \phi_s} + \exp. \frac{\beta}{\phi_s} (\phi_s - \phi_{(t)}) \right] + \text{InfN}_{(t)} - \text{EtN}_{(t)} \dots (18)$$

#### 2.4.3.5. Pergerakan Air Pada Lapisan Tanah Jenuh

Dalam tinjauan spasial, terdapatnya beda tinggi dari Permukaan Air Tanah, menunjukkan adanya kecenderungan terjadinya aliran air tanah. Besarnya debit air tanah yang mengalir melalui aquifer bebas, sebanding dengan perbedaan tinggi air di kedua sisi tinjauan yang ada. Pernyataan tersebut jika dinyatakan dalam matematika adalah sebagai berikut (Harto, 1993):

$$Q_{at} = K_p A (h_1 - h_2) / \Delta L \dots \dots \dots (19)$$

Dengan : A, h, L, dan  $K_s$  adalah: luas penampang, tinggi muka air tanah dari dasar aquifer tanah, panjang media aliran (aquifer), dan daya hantar hidraulis tanah.

Uraian selengkapnya tentang penggunaan persamaan tersebut dalam analisa debit air tanah dijelaskan pada Lampiran 21.

## 2.5. Kalibrasi dan Verifikasi

Kalibrasi Model DAS perlu dilakukan 2 (dua) kali pada kejadian yang lampau, dengan fokus pada empat masalah pokok yaitu (Gupta *et al.*, 1998):

1. Pengembangan khusus tentang teknik untuk menangani kesalahan presentasi data;
2. Pencarian algoritma untuk estimasi parameter yang nyata;
3. Penentuan dari suatu pendekatan kuantitas sesuai dengan macam informasi jenis data, dan
4. Penyajian yang efisien ketidak-pastian model yang dikalibrasi (struktur dan parameter) dan gambaran ketidak-pastian ke dalam ketidak-pastian dalam tanggapan model.

## **2.6. Analisis Sensitivitas**

Analisis sensitivitas dirancang untuk mempelajari pengaruh perubahan dalam parameter suatu model terhadap pemecahan masalah. Dalam Model Linier Programing, analisis ini memberikan karakteristik dinamis pada model yang memungkinkan seorang analis untuk mempelajari perilaku pemecahan optimum sebagai hasil dari perubahan dalam parameter model (Taha, H.A., 1996).

Dalam bentuk yang lain, analisis sensitivitas dilakukan untuk mempelajari karakteristik serta mengetahui besarnya pengaruh dari masing-masing parameter terhadap tujuan model.

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

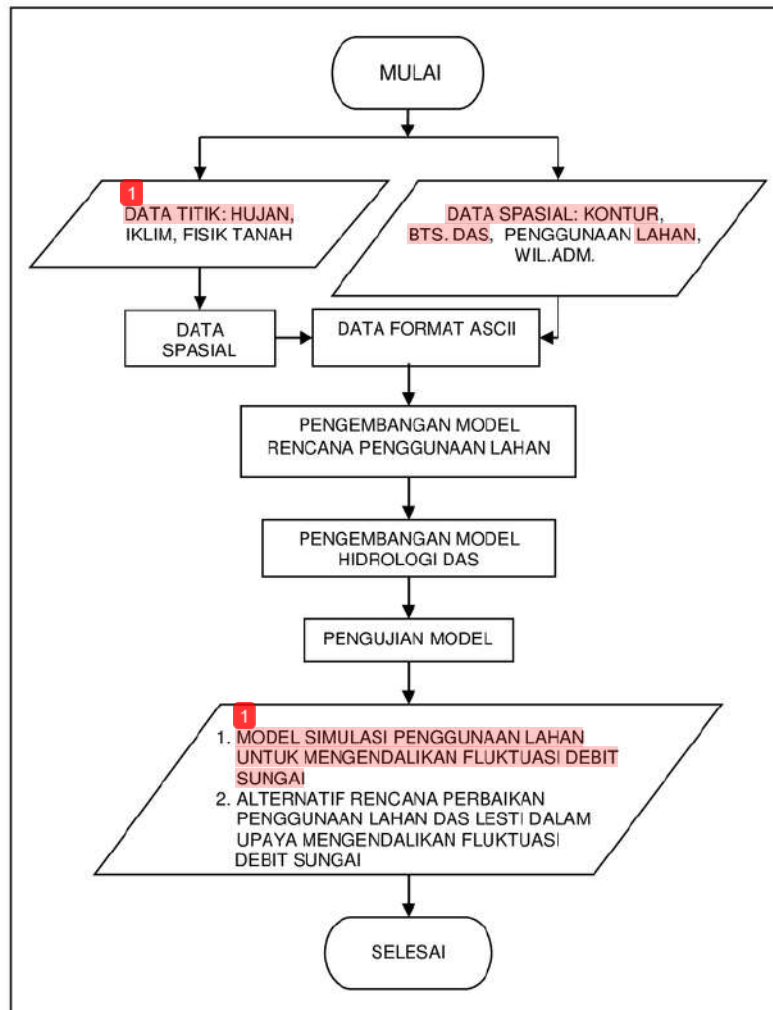
### 3.1. Kerangka Operasional

#### 3.1.1. Tahapan Proses

Tahapan proses penelitian ini dijelaskan pada Tabel 13, sedangkan rangkaian kegiatannya dapat diperiksa pada Gambar 9.

Tabel 13. Tahapan Proses Penelitian

Kelompok		1 Sub Kelompok	Tahapan Proses	
A.	Pengelolaan Data	Data Titik (hujan, iklim, fisik tanah)	1.	Akuisisi Data Titik
		Data Spasial (kontur, Bts. DAS, Penggunaan lahan, Sta. Hujan, Wil. adm.)	2.	Akuisisi Data spasial
		Jenis dan Format Data	3.	Merubah Data Titik Menjadi Data Spasial
			4.	Merubah Data Spasial dari format vektor ke dalam format ASCII
B.	Pengembangan Model Simulasi Penggunaan Lahan	Model Identifikasi Kondisi Lahan	5.	Modifikasi & Pemrogram
		Sarana konversi rencana perbaikan penggunaan lahan	6.	Pemrogram
C.	Pengembangan Model Hidrologi DAS	Model Gerakan Air Arah Vertikal	9.	Modifikasi model & pemrograman
		Model Limpasan Permukaan	11.	Modifikasi model & pemrograman
		Model Air Tanah	12.	Pemrogram
D.	Pengujian Model	Kalibrasi & Verifikasi	13.	Simulasi nilai parameter: DT, KTP, dan Ks. Kalibrasi menggunakan data tahun 1997, sedangkan verifikasi menggunakan data tahun 2003.
		Uji sensitivitas	14.	Simulasi nilai kapasitas evapotranspirasi, dan jenis penggunaan lahan.
		Identifikasi Kondisi Lahan	15.	Mengidentifikasi kondisi lahan tahun 1997 & 2003
		Alternatif Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan	16.	Perencanaan skenario & Alternatif Penggunaan Lahan
		Nilai KRS	17.	Menghitung Nilai KRS



Gambar 9. Bagan Alir Penelitian

### 3.1.2. Sarana Uji Model

Sebagai sarana uji model digunakan sebagian dari Sub DAS Lesti (Gambar 4), yang secara administratif terletak pada wilayah dari 56 (lima puluh enam) desa, di 7 (tujuh) kecamatan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Wilayah Administratif Lokasi Penelitian (Sub DAS Lesti)

No.	Kecamatan	Desa	
1	AMPELGADING	1. SIMOJAYAN	2. TAMANSARI
2	DAMPIT	1. AMADANOM 2. BATURETNO 3. BUMIREJO 4. DAMPIT 5. JAMBANGAN	6. MAJANG TENGAH 7. PAMOTAN 8. POJOK 9. REMBUN 10. SRIMULYO 11. SUMBERSUKO
3	PONCOKUSUMO	1. DAWUHAN 2. JAMBESARI 3. KARANGANYAR 4. NGADAS	5. NGADIRESO 6. PANDANSARI 7. PONCOKUSUMO 8. SUMBEREJO
4	SUMBERMANJING WETAN	1. DRUJU 2. ARJOKUNCARAN 3. KLEPU 4. SEKARBANYU	5. SUKODONO 6. SUMBERMANJING-WETAN 7. TEGALREJO
5	TIRTOYUDO	1. AMPELGADING 2. GEDUNGSARI 3. JOGOMULYAN 4. KEPATIHAN 5. SUKOREJO 6. SUMBERTANGKIL	7. TAMANKUNCARAN 8. TAMANSATRIAN 9. TIRTOYUDO 10. TLOGOSARI 11. WONOAGUNG
6	TUREN	1. GEDOGWETAN 2. PAGEDANGAN 3. SANANKERTO	4. SANANREJO 5. TALOK 6. TAWANGREJENI
7	WAJAK	1. BAMBANG 2. BLAYU 3. BRINGIN 4. CODO 5. DADAPAN	6. PATOKPICIS 7. SUKOLILO 8. SUMBERPUTIH 9. WAJAK 10. WONOAYU

Sumber: Bakosurtanal (2001)

### 3.2. Pengelolaan Data

Bedasarkan jenisnya, data dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi data titik dan data spasial. Data titik meliputi data: hujan, iklim, dan fisik tanah, sedangkan data spasial terdiri dari data: kontur, jenis dan kondisi penggunaan lahan, lokasi stasiun hujan, dan wilayah administratif.

Data yang metode pengumpulannya dilakukan secara skunder, meliputi: a). Fisik DAS, b). Data Hidrologi, dan c). Informasi pendukung. Sedangkan data yang diamati secara langsung di lapangan atau diteliti di laboratorium meliputi: tekstur tanah, kapasitas infiltrasi, batas kapasitas lapangan, permukaan air tanah, dan kondisi penggunaan lahan.

Deskripsi dari masing-masing kegiatan tersebut diuraikan sebagai berikut:

### **3.2.1. Akuisisi Data**

#### **3.2.1.1. Fisik DAS**

Data Fisik DAS, terdiri dari: topografi, kondisi penggunaan lahan, dan jenis tanah. Oleh karena data spasial karakteristik fisik suatu DAS pada umumnya sangat variatif, maka jika diperlukan ketelitian yang tinggi memerlukan volume data yang besar. Sumber utama informasi topografis sebelum 1980-an terdiri dari peta. Kemajuan dalam pemetaan digital menyajikan sarana penting untuk menghadirkan 3 (tiga) dimensi alami dari lanskap. Dalam penelitian ini digunakan peta topografi hasil pemetaan dari Badan Survey Tanah Nasional (Bakosurtanal) pada tahun 2001, dengan skala 1:25.000.

Untuk mempermudah dalam operasional selanjutnya peta topografi ditransfer ke dalam bentuk digital, dibuat sesuai dengan batas DAS, dan dibagi dalam 3 tematik yaitu tematik: kontur (Lampiran 3), jenis penggunaan lahan (Lampiran 4), serta batas administrasi (Lampiran 5 dan Lampiran 6).

### **3.2.1.2. Data Hidrologi**

Data Hidrologi, meliputi: hujan jam-jaman dan letak stasiunnya, suhu, serta debit sungai.

#### **➤ Hujan**

Data hujan jam-jaman yang digunakan merupakan hasil pengukuran 3 (tiga) buah stasiun pengukur hujan otomatis, yaitu stasiun: Poncokusumo, Tangkil, dan Dampit.

#### **➤ Debit**

Debit sungai jam-jaman dikutip dari hasil pencatatan elevasi permukaan air sungai pada Stasiun AWLR Tawangrejeni yang telah ditransfer menjadi data debit. Data debit rerata harian, dipilih mulai tahun 1991 hingga 2003 untuk mengetahui pola sebaran nilai KRS. Untuk kalibrasi dan simulasi model, digunakan data debit jam-jaman, dan dalam penelitian ini dipilih tahun 1997 dan tahun 2003. Dimana kedua data tersebut dianggap mewakili dua kondisi penggunaan lahan, yaitu sebelum dan sesudah adanya perubahan yang cukup signifikan.

### **3.2.1.3. Informasi Pendukung**

Informasi pendukung yang diperlukan dalam penelitian ini ialah rencana penggunaan lahan yang tertuang di dalam Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Malang.

### **3.2.2. Pengamatan Peubah**

Peubah yang diamati langsung di lapangan atau diteliti di laboratorium meliputi: tekstur tanah, kapasitas infiltrasi, batas kapasitas lapangan, permukaan air tanah, jenis dan kondisi penggunaan lahan.

### 3.2.2.1. Kapasitas Infiltrasi, Batas Kapasitas Lapangan, dan Tekstur tanah

Untuk mengetahui kapasitas infiltrasi, pada setiap lokasi dengan jenis tanah dan penggunaan lahan yang berbeda dilakukan pengukuran langsung di lapangan. **Pengukuran kapasitas infiltrasi dilakukan dengan “double ring infiltrometer”** (Gambar 10). Eksplorasi data jenis tanah dilakukan dari peta tinjau skala 1:250.000 (Lampiran 7).

Pada lokasi yang sama diambil contoh tanahnya untuk dilakukan uji: tekstur, kandungan bahan organik tanah (BOT), kelembaban tanah pada kondisi jenuh dan kapasitas lapang di laboratorium. Hasil uji hubungan antara tekstur tanah dan kapasitas infiltrasi tanah dibandingkan dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya (Tabel 15), sebelum digunakan dalam proses berikutnya.



Gambar 10. Pengukuran Kapasitas Infiltrasi  
(Lokasi: 691239,9092989; Waktu: 05 Mei 2005)



Tabel 15. Nilai Kapasitas Infiltrasi

Klas Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi	
	(mm/jam)	(mm/hari)
Pasir ( <i>Sand</i> )	21.01	505
Pasir berlempung ( <i>Loamy sand</i> )	6.12	147
Lempung berpasir ( <i>Sandy loam</i> )	2.59	62
Lempung ( <i>Loam</i> )	1.32	32
Lempung berdebu ( <i>Silt loam</i> )	0.69	16
Lempung liat berpasir ( <i>Sandy clay loam</i> )	0.43	10
Lempung berliat ( <i>Clay loam</i> )	0.23	5
Lempung liat berdebu ( <i>Silty clay loam</i> )	0.15	4
Liat berpasir ( <i>Sandy clay</i> )	0.13	3
Liat berdebu ( <i>Silty clay</i> )	0.10	2
Liat ( <i>Clay</i> )	0.05	1

Sumber: Rawls *et al.* (1982)

Selain diuji untuk mengetahui teksturnya, contoh tanah dari masing-masing lokasi diuji juga kandungan air, serta kapasitas lapang dan tanah mulai jenuh yang dinyatakan dalam batasan  $pF= 4,2$  dan  $pF= 2,54$ . Untuk menekan sekecil mungkin pengaruh suhu sekitar terhadap kondisi contoh tanah maka contoh tanah segera dikemas dengan plastik warna hitam rangkap 3 (tiga), dan segera dibawa ke laboratorium untuk diuji. Kandungan air tanah alami didapat dengan jalan mengurangi berat tanah dalam kondisi alami (asli) dengan berat tanah kering oven, sedangkan pengujian kandungan air tanah jenuh dilakukan dengan mengurangi berat tanah dalam kondisi jenuh dengan berat tanah kering oven.

### 3.2.2.2. Permukaan Air Tanah

Dengan anggapan kedalaman permukaan air tanah relatif stabil pada akhir musim kemarau, maka dalam penelitian ini pengukuran kedalaman air dilakukan pada minggu ke 3 dan ke 4, bulan September 2003. Untuk pemetaan air tanah, digunakan peta topografi sebagai peta dasar dan titik-titik informasi elevasi permukaan air tanah. Lokasi dari masing-masing titik informasi direncanakan tersebar merata di seluruh

daerah kajian. Informasi elevasi permukaan air tanah diperoleh dengan jalan mengurangi elevasi permukaan tanah dengan kedalaman permukaan air tanah pada koordinat yang sama yang diukur dengan jalan:

- A. Pengukuran kedalaman permukaan air di sumur penduduk atau kedalaman permukaan air sungai di jembatan.
- B. Pendugaan permukaan air tanah dengan pengukuran geolistrik tahanan jenis.

#### Pengukuran Kedalaman Permukaan Air Sumur Penduduk

Di setiap lokasi rencana titik pengukuran, jika terdapat sumur penduduk atau jembatan maka dilakukan pengukuran kedalaman permukaan airnya. Koordinat dan elevasi titik pengukuran diukur dengan *Geo Positioning System* (GPS), dengan sistem koordinat yang telah disesuaikan dengan sistem koordinat peta topografi. Kedalaman permukaan air sumur atau permukaan air sungai di jembatan diukur langsung menggunakan meteran yang diberi pemberat di ujungnya.

#### Pendugaan Permukaan Air Tanah

##### A. Uraian Umum

Pada daerah yang tidak terdapat sumur penduduk atau jembatan, untuk mengetahui permukaan air tanah dilakukan dengan mengadakan pendugaan berdasarkan tahanan jenis tanah. Untuk mengetahui tahanan jenis tanah, dilakukan pengukuran tahanan jenis semu dengan Geolistrik. Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi, serta bagaimana cara mendeteksinya di permukaan tanah. Ada beberapa

macam metode geolistrik, salah satunya adalah metode resistivitas atau tahanan jenis yang digunakan dalam penelitian ini. Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda, dapat diturunkan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur.

Dari berbagai jenis konfigurasi yang ada (*Wenner*, *Schlumberger*, *Wenner-Schlumberger*, *Pole-dipole*, dan *Dipole-dipole*) dalam penelitian ini dipilih konfigurasi Wenner karena konsepnya relatif sederhana sehingga cepat dalam pelaksanaannya. Hal tersebut sesuai untuk jenis pengukuran dengan jumlah lokasi yang banyak, seperti dalam penelitian ini. Dari jarak masing-masing elektroda arus dan tahanan semu yang terbaca, dapat dihitung tahanan jenis tanahnya. Permukaan air tanah dangkal pada akuifer bebas dapat diketahui dengan analisis *Kumulative Moore*, sedangkan jenis tanah diinterpretasikan berdasarkan tahanan jenis tanahnya.

#### B. Alat yang digunakan

Pendugaan jenis, dan kedalaman tanah, serta permukaan air-tanah dilakukan dengan Geolistrik Resistivitas, yaitu Terrameter SAS 300C dari ABEM yang terdiri dari:

- ✓ Alat Geolistrik Resistivitas, yaitu Terrameter SAS 300C dari ABEM.
- ✓ Sumber arus DC: Power Supply 12 volt, Nicd battery 4 Ah 12 volt.
- ✓ Dua elektroda arus.
- ✓ Dua elektroda potensial.
- ✓ Kabel penghubung untuk masing-masing *elektroda steel*, baik elektroda arus maupun elektroda potensial.

✓ *Roll meter*, Palu, GPS, dan Patok sebagai sarana bantu.

### C. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja dari alat geolistrik tahanan jenis tersebut, pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu: bagian kumulator dan potensiometer. Bagian kumulator mengubah isyarat arus searah menjadi arus bolak-balik terkomutasi yang kemudian diinjeksikan ke dalam bumi, sedangkan bagian potensiometer berfungsi untuk mengukur besar potensial yang terjadi di permukaan bumi.

### D. Pelaksanaan Pengukuran

Dalam pekerjaan pengukuran geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi Wenner, elektroda selalu disusun sepanjang garis lurus dalam kondisi permukaan yang datar. Elektroda-elektroda potensial dipasang di antara dua elektroda arus, dengan jarak yang sama dan simetris (Gambar 11).



Gambar 11. Pengukuran Tahanan Jenis Tanah  
(Lokasi: 694519, 9091148; Waktu: September 2004)

Penambahan jarak dimulai dari jarak terkecil, berangsur bertambah panjang secara konstan hingga jarak terpanjang sesuai dengan kedalaman informasi batuan yang diinginkan (Laboratorium Fisika Bumi, 1997). Target kedalaman minimal dibatasi pada kondisi di mana informasi permukaan air tanah sudah diperoleh. Hal ini ditandai dengan terbacanya tahanan jenis yang sangat kecil.

#### E. Analisa Data

Untuk mengetahui informasi tahanan jenis batuan di setiap kedalaman, maka dilakukan pengukuran tahanan jenis pada titik ukur yang bermasangan dengan jarak elektroda yang sama. Oleh karena penambahan jarak elektroda dilakukan dengan konstan, maka dengan metode *Barnes Layer Calculation* dapat diketahui informasi tahanan jenis tanah pada setiap kedalaman tertentu.

Dari grafik yang menggambarkan hubungan antara kedalaman dengan tahanan jenis tanah, dapat diketahui jenis batuan, ketebalan, dan formasi kedalamannya.

Dengan dasar pemahaman bahwa air merupakan konduktor listrik yang baik, maka batuan semakin jenuh akan memiliki tahanan jenis yang semakin kecil. Jika nilai tahanan jenis tersebut dikumulatikan, maka akan terbentuk belokan garis regresi yang tajam dibandingkan dengan lengkung garis sebelum dan sesudahnya. Dengan demikian jika pada garis lengkung sesudah dan sebelum titik belok yang tajam tersebut dibuat garis singgung, maka titik temu dari keduanya merupakan posisi permukaan air tanah. Konsep tersebut dikenal dengan metode analisis Kumulatif Moore.

#### F. Interpretasi Hasil

Dari informasi tahanan jenis semu yang diperoleh dari pengukuran dan analisa sebelumnya, dapat diinterpretasikan jenis batuan dan kedalamannya. Interpretasi jenis batuan dilakukan dengan panduan tabulasi nilai tahanan jenis dan jenis batumannya, serta pengamatan geologi di lapangan.

#### G. Pemetaan Permukaan Air tanah

Dari informasi kedalaman air tanah di setiap titik koordinat, dan peta topografi maka dapat dihitung elevasi permukaan air-tanahnya. Dengan bantuan sarana grafis-komputasi, informasi koordinat titik dan elevasi permukaan air tanah dapat dibuat peta permukaan air tanah.

### **3.2.2.3. Jenis dan Kondisi Penggunaan Lahan**

Teknik pengumpulan data baru, terutama penginderaan jauh, satelit, dan radar, memperoleh banyak perhatian di dalam era 1980-an dan diikuti pemakaian selanjutnya. Penginderaan jauh, satelit, dan radar merupakan jalan keluar dari kesulitan utama dalam memperoleh data yang dibutuhkan dalam pemodelan hidrologi DAS skala makro. Peningkatan kemampuan untuk mengamati data hidrologi, dan usaha penggabungan data penginderaan jauh dan teknologi spasial pada model DAS maka sangat memungkinkan dapatnya dimanfaatkan untuk: peramalan banjir yang bersifat real-time, peramalan cuaca, meramalkan jangka pendek musiman awan-runoff, evolusi strategi manajemen DAS untuk perencanaan konservasi, dan pengembangan jasa untuk melaporkan musim kering, hingga memetakan potensi air tanah.

Dalam penelitian ini, data jenis dan penggunaan lahan digunakan hasil penginderaan jauh pada tahun 1997 (Lampiran 8) dan 2002 (Lampiran 9). Dalam pengembangan model, kondisi penggunaan lahan dikelompokkan dalam 13 (enam) jenis, yaitu: hutan asli, hutan lebat, hutan parsial, hutan jarang, kebun campuran, kebun sejenis, tegalan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, pemukiman, rumput, dan belukar, serta genangan air tawar.

Identifikasi jenis dan kondisi penggunaan lahan, dilakukan dengan jalan interpretasi perbedaan warna. Sebagai panduan dalam melakukan klasifikasi penggunaan lahan tersebut, maka diadakan pengecekan ke lapangan untuk mencocokkan antara gambar di atas foto dengan kondisi nyata di lapangan. Pengecekan dilakukan dengan memilih berbagai lahan dengan luasan masing-masing petak uji berukuran sekitar 100 m kali 100 m, dan mengetahui koordinatnya.

Klasifikasi jenis dan kondisi penggunaan lahan dilakukan dengan orientasi: besarnya koefisien intersepsi, dan besarnya nilai koefisien kekasaran Manning ( $n$ ). Operasional dari konsep tersebut adalah sebagai berikut:

a. Jenis Penggunaan Lahan Hutan.

Klasifikasi besarnya nilai intersepsi pada jenis penggunaan lahan hutan dapat dibagi berdasarkan kondisinya, yaitu: hutan asli, dan hutan setelah penebangan dengan kondisi kanopi: rapat, parsial, dan jarang (Asdak et al., 1998). Sedangkan dari tinjauan besarnya nilai koefisien kekasaran Manning ( $n$ ) hanya terdapat 1 klas, yaitu: hutan/tanaman keras (Yeo et al., 2003). Oleh karenanya dalam penelitian ini pada

penggunaan lahan jenis hutan dibedakan menjadi: hutan alam (hutan lindung), hutan rapat, hutan parsial, dan hutan jarang.

Pelaksanaan pengukuran kerapatan kanopi tanaman dengan metode mengukur luas bayangan di atas permukaan lahan tidak mungkin diterapkan, sebagai gantinya digunakan pendekatan pengukuran rerata jarak antar pohon serta pengamatan visual kerapatan tajuk dengan pandangan mata. Jarak antar pohon diklasifikasi berturut-turut sebagai berikut: kurang dari 8 meter, antara 8 hingga 18 meter, lebih dari 18 meter adalah hutan berkanopi rapat, parsial, dan jarang. Hal tersebut diperkuat dengan pandangan mata dengan kriteria: hutan berkanopi rapat jika bagian yang tertutup daun cenderung lebih banyak, hutan berkanopi parsial jika sebaliknya, dan hutan berkanopi jarang jika antar lingkaran kanopi terdapat jarak yang cukup jauh sehingga tidak saling bersinggungan.

#### b. Jenis Penggunaan Lahan Selain Hutan

Jenis penggunaan lahan selain hutan, terdiri dari: kebun campuran, kebun sejenis, sawah irigasi, sawah tadah hujan, tegalan, pemukiman, rumput, dan belukar, serta genangan air tawar.

Penggunaan lahan jenis kebun dibedakan menjadi 2, yaitu: kebun dengan berbagai jenis tanaman yang selanjutnya disebut kebun campuran, dan kebun dengan tanaman sejenis yang selanjutnya disebut kebun sejenis. Dari tinjauan koefisien intersepsi antara kebun campuran dan kebun sejenis dibedakan, sedangkan dari tinjauan besarnya koefisien kekasaran Manning ( $n$ ) dianggap sama.

Untuk mengurangi tingkat kerumitan dalam pemodelan, kondisi penggunaan lahan pada jenis penggunaan lahan sawah (sawah tadah



hujan dan sawah irigasi), dan tegalan dianggap tidak terjadi perubahan selama periode tujan fluktuasi debit sungai (satu tahun) walaupun pada kenyataannya terdiri dari tanaman semusim. Besarnya nilai koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran Manning adalah sama. Mengakomodasi adanya perkembangan penelitian tentang koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran sehingga dihasilkan nilai yang berbeda, maka dalam pengembangan model dibuat terpisah di antara ke tiga jenis penggunaan lahan tersebut.

Jenis penggunaan lahan untuk pemukiman, mempunyai nilai koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran Manning yang berbeda dari jenis penggunaan lahan yang lain. Oleh karenanya dalam model jenis penggunaan lahan pemukiman dibuat terpisah dari jenis penggunaan lahan lainnya.

Pada suatu DAS seringkali walaupun tidak terdapat penggunaan lahan untuk padang rumput, akan tetapi secara alami pada sebagian luasannya berupa rumput alam. Dan oleh karena mempunyai nilai koefisien intersepsi dan koefisien Manning tersendiri, maka dalam model jenis penggunaan lahan berupa padang rumput juga dibuat terpisah dari jenis penggunaan lahan lainnya.

Belukar merupakan vegetasi yang tumbuh secara alami, yang pada umumnya terdapat pada hutan lindung. Koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran Manning pada penggunaan lahan belukar memiliki nilai tersendiri, oleh karenanya dalam model juga dibuat terpisah.

### **3.2.3. Merubah Data Titik Menjadi Data Spasial**

Sesuai dengan jenis model yang dikembangkan (terdistribusi), maka semua data ditransformasikan ke dalam bentuk spasial.

Berdasarkan peta hasil transformasi tersebut, selanjutnya dibagi dalam bentuk grid segi empat dengan ukuran setiap sel adalah 100 m x 100 m. Informasi dari setiap sel dinyatakan dalam bentuk ASCII agar dapat dibaca dan diolah dengan bahasa pemrograman.

#### **3.2.3.1. Batas DAS**

Berdasarkan data Digital Elevation Model (DEM) (Lampiran 10), Sub DAS Lesti dibatasi. Dengan batas yang telah diperoleh (Lampiran 11), peta kontur dipotong dan diubah ke dalam bentuk ASCII. Daerah yang terletak di dalam DAS diberi identitas yang berbeda dengan yang berada di luar DAS. Proses pembuatan batas DAS dapat diperiksa pada Lampiran 12.

#### **3.2.3.2. Penggunaan Lahan**

Berdasarkan Peta Rupa Bumi digital skala 1:25.000 yang diterbitkan Bakosurtanal Tahun 2001, setelah dipotong dan hanya diambil yang terletak di dalam batas Sub DAS Lesti selanjutnya dibuat peta dalam format ASCII. Urutan proses olah data tersebut dapat diperiksa pada Lampiran 13.

#### **3.2.3.3. Kondisi Penggunaan Lahan**

Untuk mengetahui kondisi penggunaan lahan, dalam penelitian ini digunakan data citra satelit Landsat yang terdiri dari:

1. Citra Satelit Landsat TM 5 perekaman tahun 1997
2. Citra Satelit Landsat ETM7 perekaman tahun 2002

Pengolahan Citra Satelit menggunakan perangkat lunak ER Mapper, sedangkan proses analisa spasialnya digunakan perangkat

lunak Arcview (Prahasta, 2002). Uraian selengkapnya dapat diperiksa pada Lampiran 14.

#### 3.2.3.3.1. Merubah data citra ke dalam format ER Mapper

Tahap awal pengolahan citra satelit ialah dilakukannya proses importing data, yaitu merubah semua format data baik dalam bentuk data vector ataupun raster menjadi format ER Mapper. Format data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data Citra Landsat ETM7 dalam bentuk raster yakni file dalam format \*.HDF,
2. Data Citra Landsat TM5 dalam bentuk raster yang telah mempunyai format ER Mapper (\*.Ers).
3. Data vektor jalan, sungai dan batas daerah penelitian dalam format file \*.dxf, yang akan digunakan dalam proses koreksi geometri dan pemotongan citra.

Data kondisi penggunaan lahan berupa citra Landsat ETM 7, diimport menggunakan software Wordpad yang selanjutnya akan ditampilkan keterangan mengenai data-data yang menyertai citra tersebut, yang dibutuhkan di sini adalah informasi mengenai jumlah baris dan kolom pixel yang membangun citra tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan proses import dalam software ER Mapper.

Dalam proses import data Landsat ETM 7 dilakukan per band, maka untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya tiap band tersebut harus dijadikan satu dataset yang utuh. Kombinasi dari band

yang ada pada Landsat ETM 7 dibuat untuk membantu mengidentifikasi dan interpretasi kondisi penggunaan lahan di permukaan bumi.

Data vektor di sini adalah data spasial garis sungai dan jalan format \*.dxf yang akan digunakan untuk koreksi geometri. Data vektor dapat ditampilkan secara interaktif tanpa merubah format asli data atau data tersebut dirubah dulu menjadi format vector ER Mapper (\*.Erv) agar dapat dilakukan editing seperti mengganti warna, patrun, tipe dan lainnya.

#### 3.2.3.3.2. Koreksi Radiometrik dan Koreksi Geometrik

Karena adanya kesalahan yang disebabkan pengaruh atmosfer dan sensor yang ada pada setelit, maka harus dilakukan proses restorasi citra yang meliputi koreksi radiometrik dan koreksi geometri.

##### 1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik, dalam hal ini adalah menghilangkan Haze dengan cara membatasi nilai spektral yang terekam pada citra dalam tiap Band / salurannya.

##### 2. Koreksi Geometrik

Koreksi Geometri pada tahap ini adalah proses memberikan koordinat geo referensi pada setiap pixel yang ada pada citra.

#### 3.2.3.3.3. Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan untuk menghemat media penyimpanan; membatasi cakupan citra dalam suatu luasan yang sesuai dengan wilayah pengamatan.

#### 3.2.3.3.4. Klasifikasi Multispektral

Klasifikasi bertujuan membuat klas-klas pada citra satelit berdasarkan nilai spektral tiap pixel yang ada.

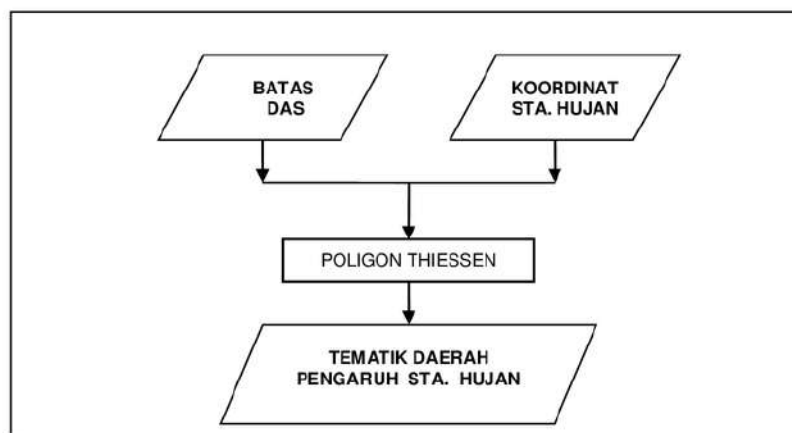
### 3.2.4. Merubah Data Ke Dalam Format ASCII

#### 3.2.4.1. Kondisi Penggunaan Lahan

Untuk keperluan penelitian lebih lanjut, maka hasil klasifikasi dua citra satelit perekaman yang berbeda tersebut harus ditransfer lagi dalam format ASCII. Untuk melakukan transfer tersebut digunakan perangkat lunak Arcview, yang dijelaskan pada Lampiran 14.

#### 3.2.4.2. Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

Dari data letak ke 3 (tiga) stasiun pencatat hujan yaitu: Stasiun Poncokusumo, Stasiun Tangkil, dan Stasiun Dampit, serta batas Sub DAS Lesti dapat dibuat **Peta Tematik Daerah Pengaruh Stasiun Hujan** dengan Model Poligon Thiessen. Periksa Gambar 12.



Gambar 12. Proses Pembentukan Peta Tematik Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

Untuk menghasilkan data daerah pengaruh stasiun hujan dalam format ASCII, maka data peta lokasi stasiun hujan diubah ke dalam format raster (Lampiran 15)

#### 3.2.4.3. Elevasi Permukaan Tanah

Peta Tematik Kontur skala 1:25.000, dengan interval kontur 12,5 m diubah ke dalam bentuk grid. Hal tersebut sesuai dengan tuntutan dari konsep analisa limpasan permukaan dalam model hidrologi. Informasi dari setiap sel diwakili dalam bentuk koordinat dan elevasi dari setiap titik sudut pada setiap sel. Elevasi dari setiap titik pada sudut sel diperlukan untuk menentukan arah aliran dan kemiringan (slope) dari tiap sel dalam analisa debit pada suatu sel, sedangkan koordinatnya digunakan untuk menganalisa aliran air antar sel.

Untuk meminimalkan jumlah data yang harus diproses, maka kontur topografi dipotong sesuai dengan batas Sub DAS Lesti. Peta yang masih berformat vektor tersebut selanjutnya diubah kedalam format raster untuk memperoleh tampilan dalam GRID, dan selanjutnya diubah ke dalam format ASCII (Lampiran 16).

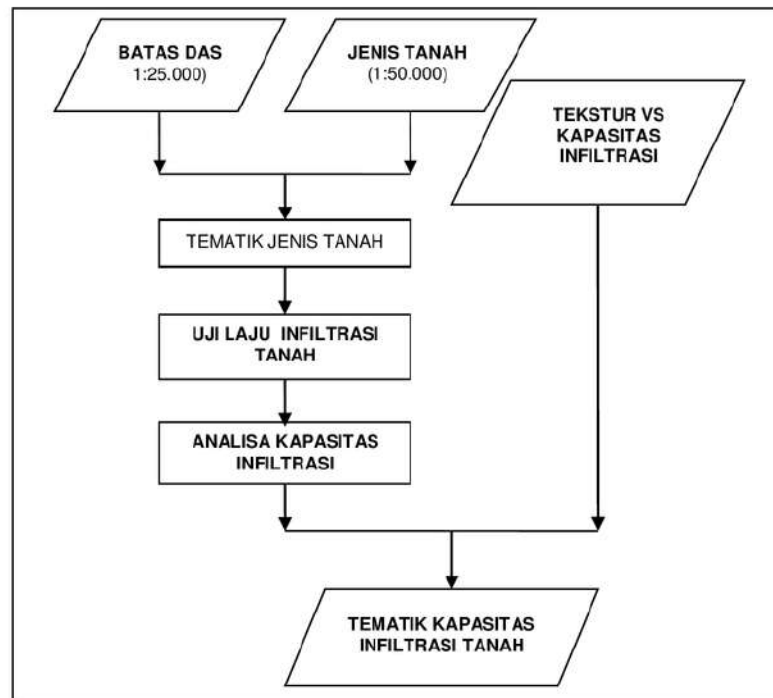
#### 3.2.4.4. Elevasi Permukaan Air Tanah

Dari kedalaman permukaan air tanah atau kedalaman permukaan air sungai di jembatan, dan lokasi titik pengukuran berdasarkan peta topografi selanjutnya dibuat peta elevasi permukaan air tanah. Informasi elevasi permukaan air tanah dalam bentuk titik tersebut, diubah menjadi peta kontur permukaan air tanah. Peta kontur tersebut selanjutnya

dipotong sesuai dengan batas Sub DAS Lesti, dan diubah ke dalam format raster (Lampiran 17).

#### 3.2.4.5. Tekstur Tanah

Untuk mempermudah dalam analisa selanjutnya, berdasarkan peta jenis tanah dibuat peta dalam bentuk digital. Dari peta yang diperoleh, hasil uji klas tekstur tanah dan kapasitas infiltrasi, selanjutnya dibuat: Peta Tematik Kapasitas Infiltrasi (Gambar 13).



Gambar 13. Proses Pembentukan Tematik Kapasitas Infiltrasi Tanah

Peta jenis tanah dipotong sesuai dengan batas Sub DAS Lesti, kemudian diubah menjadi format raster, dan selanjutnya diubah ke dalam format ASCII (Lampiran 18).

#### **3.2.4.6. Wilayah Administrasi**

Dalam Peta Tematik Batas Administrasi, batas administrasi dibuat hingga tingkat wilayah desa. Informasi tersebut digunakan untuk mendukung informasi hasil analisa rencana perbaikan penggunaan lahan. Dengan demikian, lokasi suatu daerah selain ditunjukkan dengan koordinat juga diperjelas dengan data administratif berupa nama desa dan kecamatan.

Untuk mendapatkan informasi wilayah administrasi (desa dan kecamatan) dalam format ASCII, maka dilakukan proses yang secara detail dijelaskan pada Lampiran 19, yang meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memotong Peta Wilayah Administrasi sesuai dengan batas Sub DAS Lesti.
2. Merubah format gambar yang diperoleh dari bentuk vektor ke dalam format raster.
3. Merubah peta Wilayah Administrasi dari bentuk raster ke dalam bentuk ASCII.

### **3.3. Pengembangan Model**

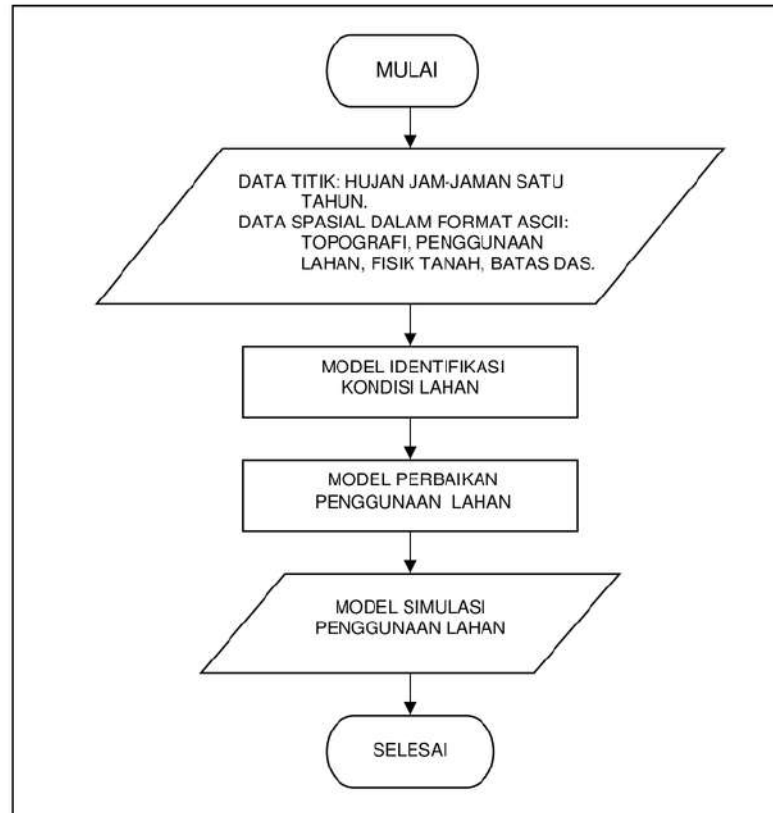
#### **3.3.1. Model Simulasi Penggunaan Lahan**

Model Simulasi Penggunaan Lahan terdiri dari 2 submodel, yaitu: Model Identifikasi Kondisi Lahan, dan Model Perbaikan Penggunaan Lahan (Gambar 14).

Dengan Model Simulasi Penggunaan Lahan diperoleh beberapa alternatif Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan. Setiap alternatif dianalisa responnya terhadap hujan tertentu dengan Model Hidrologi DAS, sehingga diperoleh debit sungai dan nilai KRS. Rencana



Perbaikan Penggunaan Lahan yang menghasilkan nilai KRS yang paling sesuai dengan yang diharapkan, merupakan rencana penggunaan lahan terpilih.



Gambar 14. Model Simulasi Penggunaan Lahan

#### 3.3.1.1. Model Identifikasi Kondisi Lahan

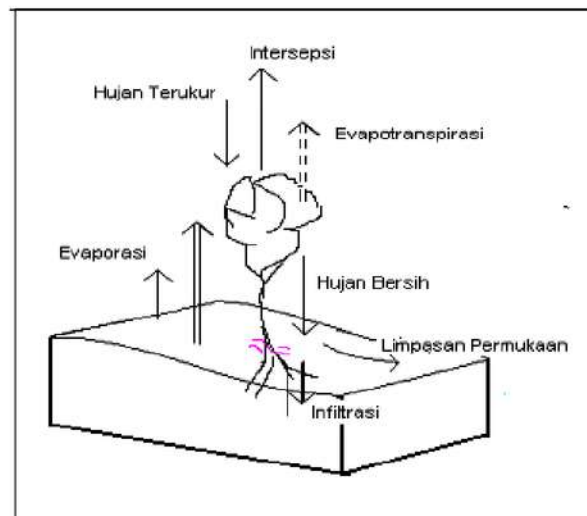
Sesuai dengan latar belakang dibangunnya model dalam penelitian ini, permasalahan utama yang dihadapi adalah terjadinya penurunan kualitas kondisi penggunaan lahan di DAS yang mengakibatkan terjadinya peningkatan fluktuasi debit air di sungai. Limpasan permukaan, merupakan komponen debit yang mengalami perubahan lebih tajam dibandingkan dengan aliran air tanah. Oleh

karenanya tingkat kekritisian lahan diidentifikasi dengan tinjauan terhadap faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya debit limpasan permukaan.

Untuk mendeskripsikan faktor-faktor yang secara hidrologis berpengaruh terhadap limpasan permukaan, maka dilakukan pembahasan detail terhadap proses berubah bentuknya hujan hingga menjadi limpasan permukaan, periksa Gambar 15.

### 1. Faktor-faktor yang Berpengaruh

Deskripsi unsur-unsur hidrologi yang berpengaruh terhadap limpasan permukaan, adalah sebagai berikut:



Gambar 15. Proses Limpasan Permukaan

#### a. Jenis dan Kondisi Penggunaan

Hujan jatuh (hujan terukur), sebagian menimpa tumbuhan sehingga sebagian airnya terintersepsi, sisanya mencapai permukaan lahan (hujan bersih). Sebaliknya hujan yang tidak

menimpa tumbuhan, semua airnya akan mencapai permukaan lahan (hujan bersih).

Sebaliknya hujan yang tidak menimpa tumbuhan, semua airnya akan mencapai permukaan lahan (hujan bersih). Kuantitas air hujan yang terintersepsi, sangat ditentukan oleh kondisi vegetasi. Dengan demikian maka kondisi penggunaan lahan dapat dianggap merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap limpasan permukaan. Pemberian nilai bobot pengaruh dan pembuatan klasifikasinya dilakukan sebagai dijelaskan pada Tabel 16.

Tabel 16. Klasifikasi dan Bobot Nilai Penggunaan Lahan

No.	Kondisi Penggunaan Lahan	Klas	Nilai Intersepsi	Notasi
1	Pemukiman, Sawah	V	Rendah	a
2	Tegalan	IV	Sedang	b
3	Semak, Rumput	III	Agak besar	c
4	Hutan Jarang dan hutan parsial, Kebun	II	Besar	d
5	Hutan Alam/Lebat	I	Sangat besar	e

Pembuatan klasifikasi dan pemberian bobot nilai tersebut mengacu pada referensi Tabel 5, yaitu: Klasifikasi Penggunaan Lahan dan Tingkat Infiltrasi Aktual .

b. Kelerengan

Hujan bersih, dalam proses berikutnya terdapat kemungkinan akan berubah bentuk menjadi:

- ✓ Air Bawah Permukaan, merupakan hasil infiltrasi,
- ✓ Evaporasi dari permukaan tanah atau permukaan air, dan

- ✓ Limpasan Permukaan dari air yang tersisa.

Jumlah air hujan yang mengalami evaporasi dinilai sangat sedikit, karena permukaan air dan lahan yang tidak tertutup vegetasi relatif sedikit. Oleh karenanya, jika evaporasi dianggap tidak ada, maka jumlah air di atas permukaan lahan nilainya berbanding terbalik secara linier dengan jumlah air yang terinfiltrasi. Dengan demikian, maka nilai pengaruh kelerengan terhadap infiltrasi pada Tabel 1 dapat digunakan untuk menyusun nilai pengaruh kelerengan terhadap limpasan permukaan (Tabel 17).

Tabel 17. Klasifikasi Kelerengan dan Pengaruhnya Terhadap Limpasan Permukaan

Klas	Kelerengan (%)	Deskripsi	Nilai Pengaruh Faktor	
			Limpasan Permukaan	Notasi
I	> 40	Sangat Curam	Sangat Besar	a
II	25 – 40	Curam	Besar	b
III	15 – 25	Bergelombang	Agak Besar	c
IV	8 – 15	Landai	Sedang	d
V	< 8	Datar	Rendah	e

Sumber: Departemen Kehutanan (1998).

c. Tekstur Tanah

Memberlakukan uraian hubungan antara Limpasan Permukaan dan Infiltrasi di atas, maka berdasarkan nilai pengaruh Permeabilitas dan Infiltrasi Tanah pada Tabel: 2-2, dan hasil pengukuran hubungan tekstur tanah dengan kapasitas infiltrasi, maka dapat digunakan untuk menyusun nilai pengaruh kelerengan terhadap limpasan permukaan (Tabel 18).

Tabel 18. Klasifikasi Klas Tekstur Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Limpasan Permukaan

Klas	Deskripsi	Tekstur	Nilai Pengaruh Faktor	
			Limpasan Permukaan	Notasi
I	Kasar	Sand	Rendah	a
II	Agak Kasar	Sandy loam	Sedang	b
III	Sedang	Loam	Agak Besar	c
IV	Agak Halus	Clay loam	Besar	d
V	Halus	Clay	Sangat Besar	e

d. Hujan

Pengaruh utama dari iklim adalah intensitas dan durasi curah hujan. Intensitas curah hujan mempunyai hubungan langsung dengan limpasan permukaan, karena jika kapasitas infiltrasi dilampaui maka semua kelebihan hujan akan menjadi limpasan permukaan. Intensitas curah hujan tidak dapat terpisahkan dengan durasi, karena tinggi curah hujan yang sama yang terjadi dalam dua durasi yang berbeda akan menghasilkan limpasan yang berbeda juga (Wilson, 1993).

Derajat curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah intensitas hujan, yang pada umumnya merupakan hujan singkat yaitu hujan dengan durasi 2 jam. Pengaruh hujan terhadap limpasan permukaan dan kondisi tanah lapisan atas ditabulasi pada Tabel 19.

## 2. Klasifikasi Kondisi Lahan

Untuk mengidentifikasi kondisi lahan, setiap parameter di lihat posisi klasnya pada pedoman klasifikasi yang telah dibuat (Tabel

17, 18, 19, dan 20). Bobot parameter ditentukan untuk memperoleh skor dari masing-masing parameter.

Tabel 19. Derajat Curah dan Intensitas Hujan

Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/menit)	Nilai Pengaruh Faktor	
		Kondisi Tanah dan Limpasan Permukaan	Notasi
Sangat Lemah	< 0,02	Tanah agak basah	e
Lemah	0,02 – 0,05	Tanah basah semuanya	d
Normal	0,05 – 0,25	Tanah dapat dibuat puddel	c
Deras	0,25 – 1	Air menggenang di seluruh permukaan	b
Sangat Deras	> 1	Saluran dan Drainasi meluap	a

Sumber: Sosrodarsono, et al. (1987)

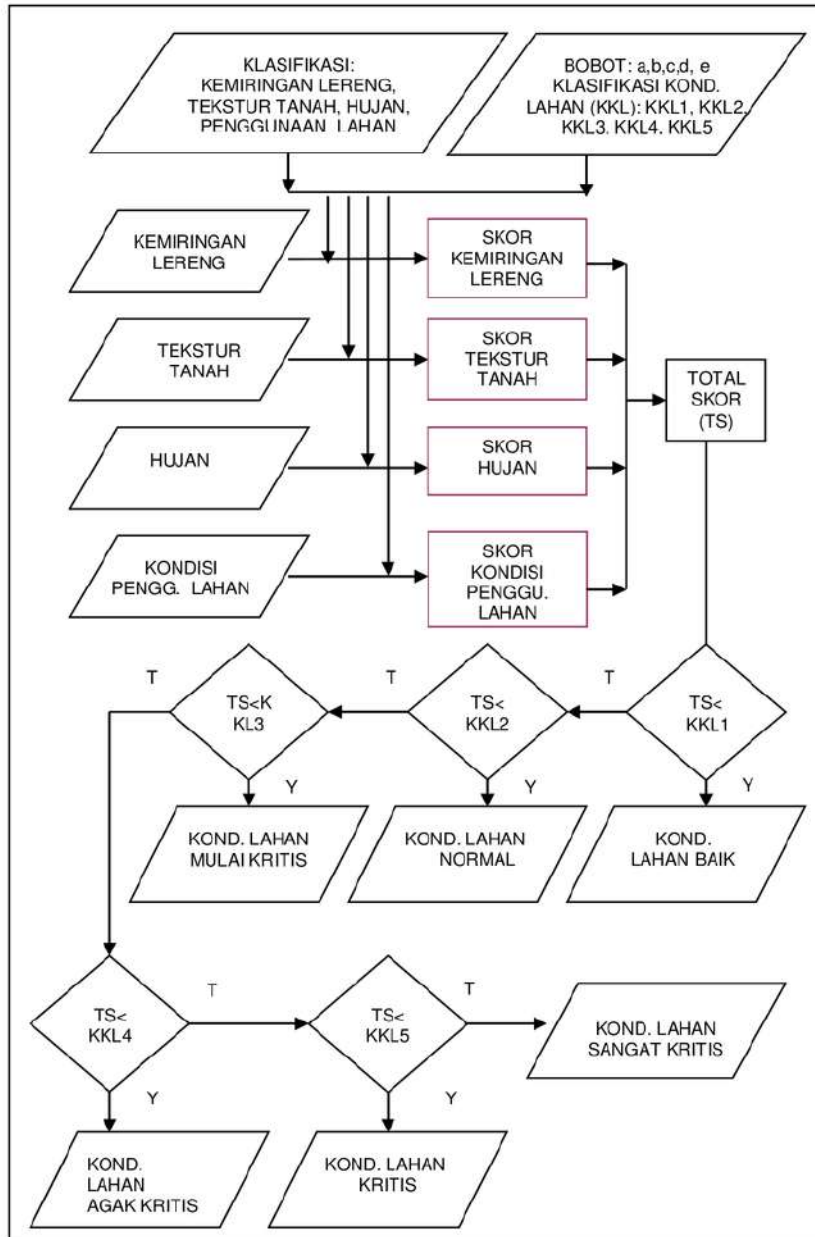
Total Skor (TS) diperoleh dengan menjumlahkan semua nilai dari skor setiap parameter. Kondisi lahan diidentifikasi dan dikelompokkan dalam 6 kondisi yaitu: Sangat Kritis, Kritis, Agak Kritis, Mulai Kritis, Normal Alami, dan Baik dengan kreteria sebagai berikut:

- I. Kondisi Baik, jika Total Skor (TS) < KKL1.
- II. Kondisi Normal Alami, jika Total Skor (TS) <KKL2.
- III. Kondisi Mulai Kritis, jika Total Skor (TS) <KKL3.
- IV. Kondisi Agak Kritis, jika Total Skor (TS) <KKL4.
- V. Kondisi Kritis, jika Total Skor (TS) <KKL5.
- VI. Kondisi Sangat Kritis, jika Total Skor (TS) > KKL5 (Gambar 16).

KKL5 = 18. (Gambar 16).

Hasil klasifikasi kondisi lahan dalam format ASCII dapat diubah ke dalam format Raster, sehingga dapat ditumpang-susunkan dengan informasi lainnya. Dengan demikian luas

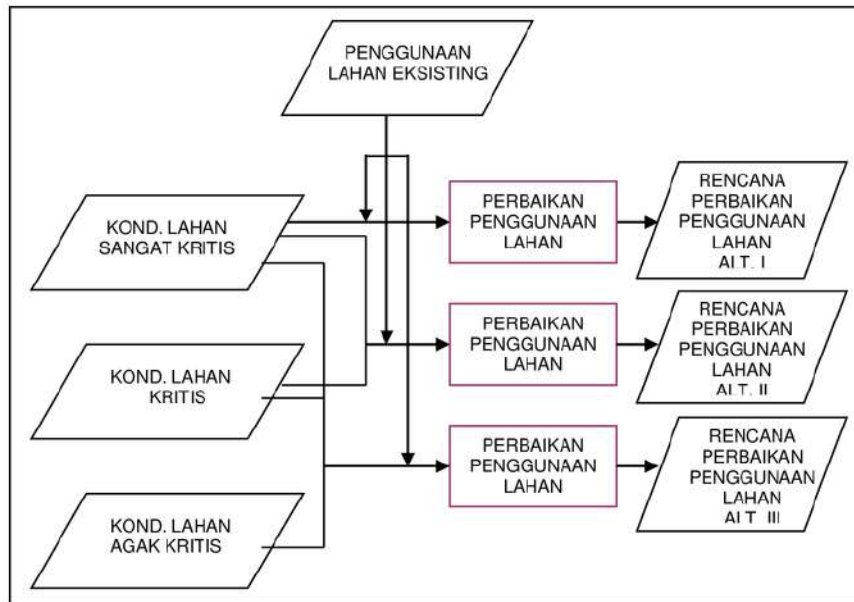
masing-masing kondisi lahan dapat diketahui, dan lokasinya lebih jelas.



Gambar 16. Model Identifikasi Kondisi Lahan

### 3.3.1.2. Model Perbaikan Penggunaan Lahan

Proses perencanaan alternatif perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada Model Perbaikan Penggunaan Lahan yang dijelaskan pada Gambar 17.



Gambar 17. Model Perbaikan Penggunaan Lahan

Untuk mendapatkan alternatif penggunaan lahan, perlu disusun beberapa skenario. Setiap skenario rencana penggunaan lahan dibuat tiga alternatif luasan yang diperbaiki jenis dan kondisi penggunaan lahannya, dengan kriteria sebagai berikut:

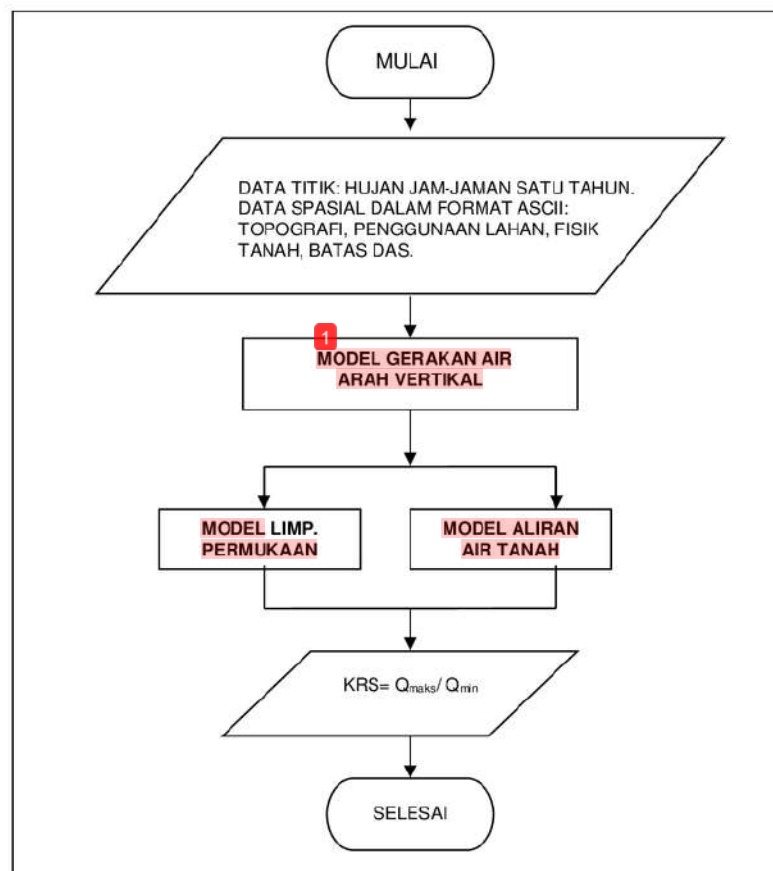
- a. Alternatif I, perbaikan penggunaan lahan hanya dilakukan pada lahan yang berkondisi sangat kritis.
- b. Alternatif II, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan yang berkondisi sangat kritis, dan kritis.



- c. Alternatif III, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan yang berkondisi sangat kritis, kritis, dan agak kritis.

### 3.3.2. Model Hidrologi DAS

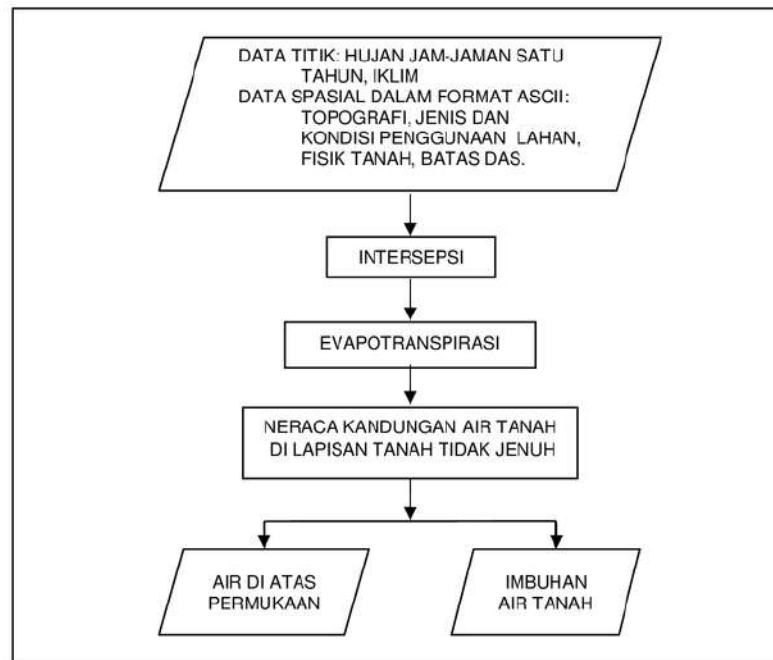
1 Model hidrologi DAS terdiri dari: a) Model Gerakan Air Arah Vertikal, b) Model Limpasan Permukaan, dan c) Model Aliran Air Tanah, dengan Struktur Model dijelaskan pada Gambar 18.



Gambar 18. Model Hidrologi DAS

### 3.3.2.1. **1** Model Gerakan Air Arah Vertikal

Proses perubahan distribusi vertikal air hujan menjadi air di atas permukaan tanah dan imbuhan air tanah, ditirukan dalam Model Gerakan Air Arah Vertikal (Gambar 19).



**1** Gambar 19. Model Gerakan Air Arah Vertikal

Komponen hidrologi yang berpengaruh ialah: Intersepsi, Infiltrasi, dan Evapotranspirasi. Dalam model ini dilakukan proses:

1. Pendistribusian hujan sesuai dengan daerah pengaruh stasiun hujan,
2. Pengaruh koefisien intersepsi terhadap hujan, hingga menjadi hujan bersih,
3. Membagi hujan menjadi komponen air di atas permukaan (AAP) dan air di bawah permukaan,
4. Menghitung pengaruh evapotranspirasi terhadap kadar air di lapisan tanah tidak jenuh,

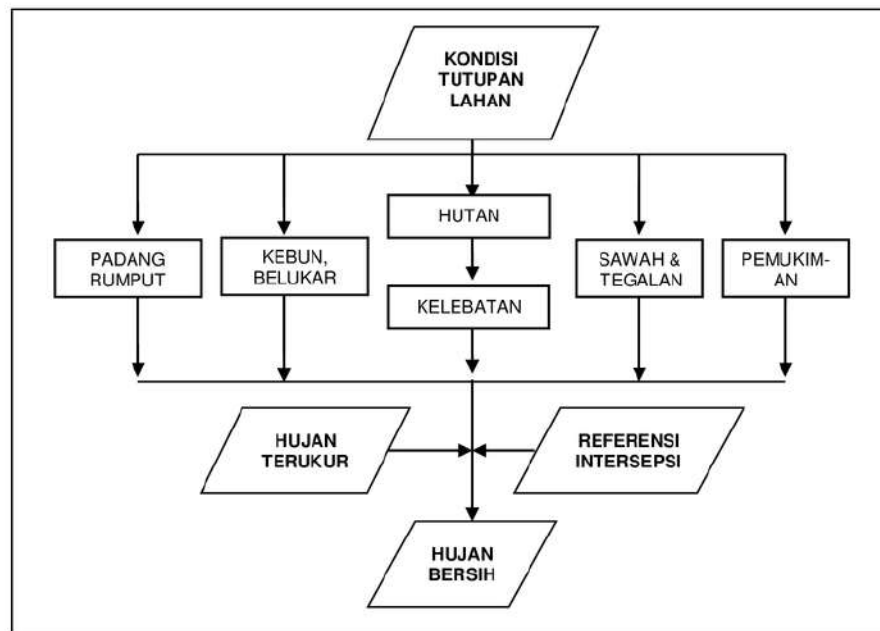
5. Menghitung infiltrasi nyata untuk mengetahui jumlah air yang menjadi imbuhan air tanah, sehingga berpengaruh langsung terhadap debit air tanah.

Dari seluruh rangkaian proses yang ada, faktor kapasitas infiltrasi merupakan data yang paling berperan. Hal tersebut mengingat perannya akan menentukan <sup>2</sup> jumlah air yang akan menjadi limpasan permukaan dan yang akan menjadi debit air tanah. Oleh karena hal tersebut, di dalam program ini diberikan fasilitas untuk menggunakan hingga 10 (sepuluh) buah varian data kapasitas infiltrasi. Hal tersebut tentunya dapat untuk mengakomodasi pengaruh dari faktor-faktor: penggunaan lahan, kepadatan tanah, dan tekstur tanah terhadap kapasitas infiltrasi. Seperti halnya data hujan yang terukur di tiap stasiun hujan, data kapasitas infiltrasi harus didistribusikan ke arah spasial dengan membangun daerah pengaruh sebarannya.

#### 1. Intersepsi

Besarnya intersepsi dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan, jenis komoditas, dan kondisi kerapatannya. Dalam kaitannya dengan analisa intersepsi hujan, jenis dan kondisi penggunaan lahan dikelompokkan menjadi:

1. Hutan, terdiri dari hutan alam (hutan lindung), hutan rapat, hutan parsial, dan hutan jarang.
2. Sawah atau ladang.
3. Kebun, terdiri dari kebun campuran, dan kebun sejenis.
4. Pemukiman,
5. Padang rumput, dan
6. Belukar alami. Periksa Gambar 20.



Gambar 20. Alur Analisa Intersepsi

#### Sawah / Ladang

Berkurangnya jumlah hujan akibat intersepsi pada tanaman di sawah atau ladang, dipengaruhi oleh jenis dan kerapatan tanaman. Karena penelitian ini menjangkau DAS dengan luas sekitar 58 ribu ha, dan analisa debit dilakukan menerus sepanjang tahun maka dalam kaitannya dengan intersepsi, jenis komoditi tanaman di sawah dimana umurnya relatif singkat tidak diperhitungkan. Besarnya nilai intersepsi dihitung berdasarkan rerata nilai intersepsi dari berbagai jenis komoditas pada Tabel 8, yaitu rerata hujan yang sampai ke permukaan tanah adalah 85,08 %, sehingga hujan yang terintersepsi sebesar 14,92 %.

### Hutan

Nilai intersepsi pada jenis penggunaan hutan dalam penelitian ini didekati dengan nilai intersepsi yang dihasilkan dari penelitian di DAS Sungai Mentaya, Kalimantan Tengah. Nilai intersepsi tersebut merupakan fungsi dari kondisi hutan, yang dikelompokkan menjadi: Hutan Alam, dan hutan yang pernah mengalami penebangan. Hutan jenis yang kedua kondisinya dapat diklasifikasi menjadi: Hutan Rapat, Hutan Parsial, dan Hutan Jarang (Tabel 20).

Tabel 20. Nilai Intersepsi Sungai Mentaya, Kal. Tengah

Hutan Asli	Hutan Setelah Ada Penebangan		
	Kanopi Rapat (closed)	Kanopy Parsial (partial)	Kanopi Jarang (gap)
21 %	20,30 %	19,83 %	8,41 %

Sumber: Asdak *et al.* (1998)

### Kebun dan Belukar

Nilai intersepsi dari kebun campuran didekati dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Van Dijk (2002) di DAS Konto atas, yaitu berkisar 17,6 %, dan 17,36 % pada kebun dengan tanaman sejenis (Zhang *et al.*,1999). Referensi besarnya nilai koefisien intersepsi pada penggunaan lahan berupa belukar alami belum ditemui, sedangkan dari pengamatan di lokasi penelitian diperoleh kecenderungan adanya kesamaan dengan kebun campuran sehingga digunakan koefisien intersepsi sebesar 17,6 %.

### Pemukiman

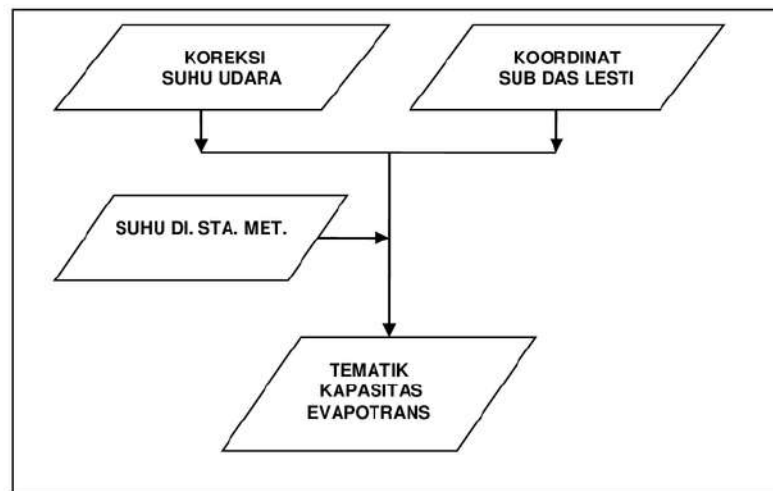
Penguapan kembali air hujan saat terjadinya hujan yang jatuh pada lahan dengan jenis penggunaan lahan berupa pemukiman sangat kecil, oleh karenanya dalam penelitian ini besarnya nilai koefisien intersepsi dianggap = 0%. Anggapan tersebut dilakukan kerana belum diperoleh besarnya nilai koefisien intersepsi pada kawasan pemukiman dari hasil penelitian.

## **2. Evapotranspirasi**

Faktor evapotranspirasi dalam model hidrologi yang dikembangkan, merupakan faktor yang keberlangsungannya ditentukan oleh kondisi kandungan air tanah oleh karenanya dipilih model kapasitas evapotranspirasi. Mempertimbangkan bahwa model yang dikembangkan dalam penelitian ini ialah bertujuan mengetahui jumlah air yang akan mengalir melalui DAS hingga menjadi debit yang dikaitkan dengan fluktuasi debit sungai, serta peran nilai evapotranspirasi sebagai faktor pengurang dan adanya kecenderungan bahwa Model Thornwaite menghasilkan nilai yang relatif kecil dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh model lainnya (Mocko, *et al.*, 1998), maka dipilih Model Thornwaite.

Analisa kapasitas evapotranspirasi tersebut menggunakan Persamaan 1, 2, 3, 4, dan 5, yang mana prosesnya diilustrasikan pada Gambar 21. Dengan demikian, efek terhadap puncak banjir yang dihasilkan akan cenderung lebih tinggi. Pada dasarnya hasil hitungan yang dihasilkan adalah besarnya kapasitas evapotranspirasi dari tinjauan suhu udara. Besarnya evapotranspirasi nyata masih dipengaruhi oleh efek vegetasi dan ketersediaan potensi kandungan air

tanah di lapisan tanah tidak jenuh. Efek vegetasi dalam model ini belum dapat terakomodasi, karena hingga laporan penelitian ini disusun belum diperoleh refensi tentang nilai faktor tanaman dari jenis tanaman hutan (yang diperoleh hanya faktor tanaman budidaya pertanian jenis buah-buahan dan pangan).



Gambar 21. Pembentukan Tematik Kapasitas Evapotrasnpirasi

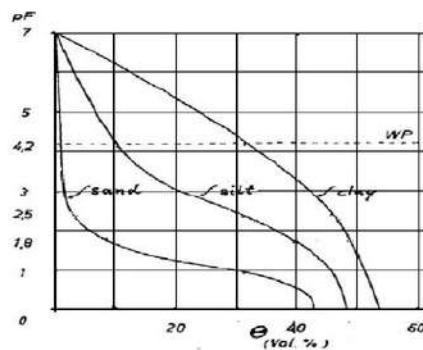
### 3. Dinamika Air di Lapisan Tanah Tidak Jenuh

Faktor infiltrasi (Inf), dan Evapotranspirasi (Et) berpengaruh terhadap kondisi kandungan air pada lapisan tanah tidak jenuh sehingga berperan pada perubahan kelembabannya. Air yang masuk ke dalam lapisan tanah tidak jenuh secara gravitasi dalam proses infiltrasi disebut infiltrasi nyata (InfN), baik berasal dari air hujan, tampungan di permukaan tanah, maupun air irigasi. Energi panas Matahari menyebabkan suhu di atas permukaan tanah lebih tinggi di bandingkan dengan di bawah permukaan tanah. Perbedaan suhu tersebut mengakibatkan terjadinya perbedaan tegangan, dan terjadinya

gerakan air pada pori mikro secara kapiler. Gerakan air secara kapiler ke arah atas tersebut berlangsung saat terjadi evaporasi di permukaan tanah (Ev), dan transpirasi (Tr) pada stomata daun. Kedua proses tersebut berlangsung bersama-sama dan disebut evapotranspirasi (Et). Faktor iklim dan tanaman mempengaruhi kapasitas Evapotranspirasi, sedangkan Evapotranspirasi nyata (EtN) ditentukan oleh ketersediaan air dalam lapisan tanah di daerah perakaran.

Tanaman dapat menyerap air tanah saat kondisi kelembaban tanah melebihi titik layu, oleh karenanya evapotranspirasi hanya berlangsung saat  $pF < 4,2$ . Mengakomodasi adanya pengaruh infiltrasi nyata (InfN), dan Evapotranspirasi nyata (EtN) terhadap kondisi kelembaban tanah, dalam penelitian ini didekati dengan konsep keseimbangan massa yang ditunjukkan pada Persamaan (18).

Sedangkan Kurva hubungan antara kadar air tanah dengan pF untuk tanah bertekstur pasir dan clay diberikan pada Gambar 22.



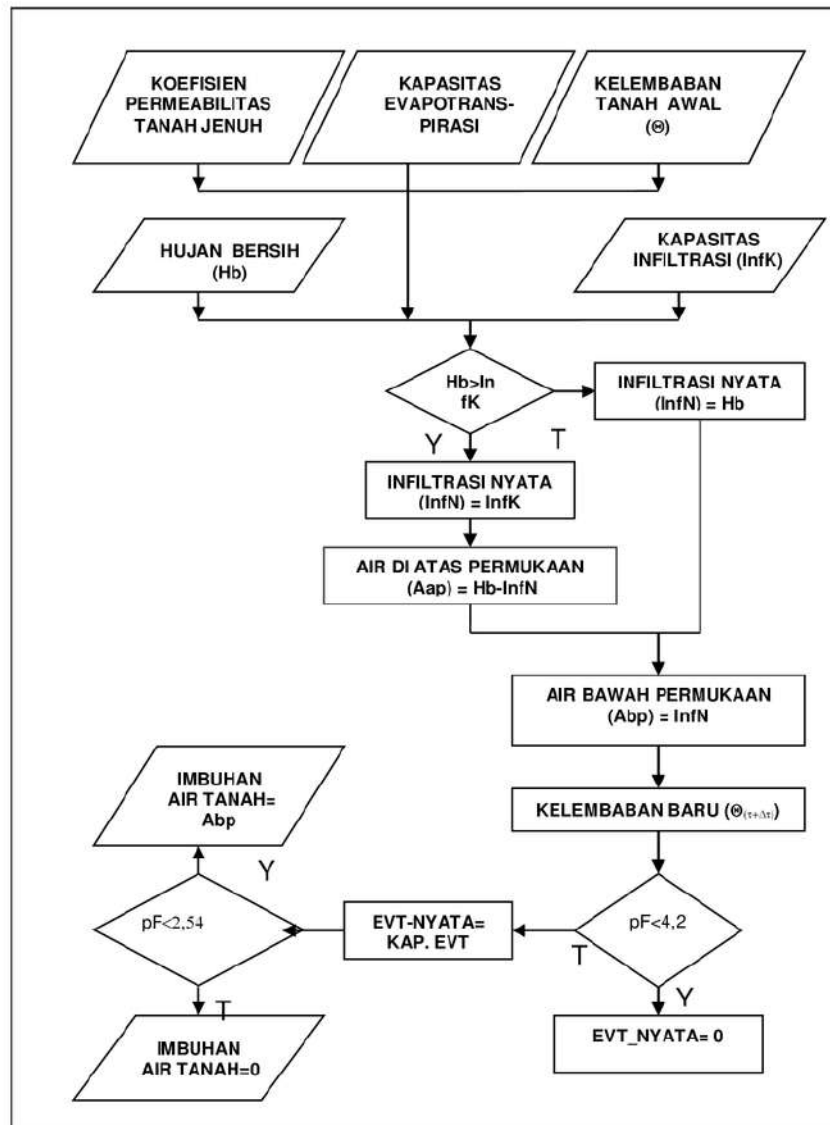
Sumber: Stakman, W.P. (1980)

Gambar 22. Kurva Hubungan Kadar Air Tanah dengan pF

Di saat kandungan air melebihi kapasitas lapangan ( $pF < 2,54$ ) sehingga gaya matrik tidak mampu mengikat partikel air, dengan berangsur-angsur secara gravitasi air turun ke lapisan tanah jenuh



sebagai imbuhan air tanah (lat). Dengan demikian, proses terjadinya imbuhan air tanah berlangsung jika  $pF < 2,54$ . Model Neraca Kandungan Air Tanah di Lapisan Tanah Tidak Jenuh dapat diperiksa pada Gambar 23.

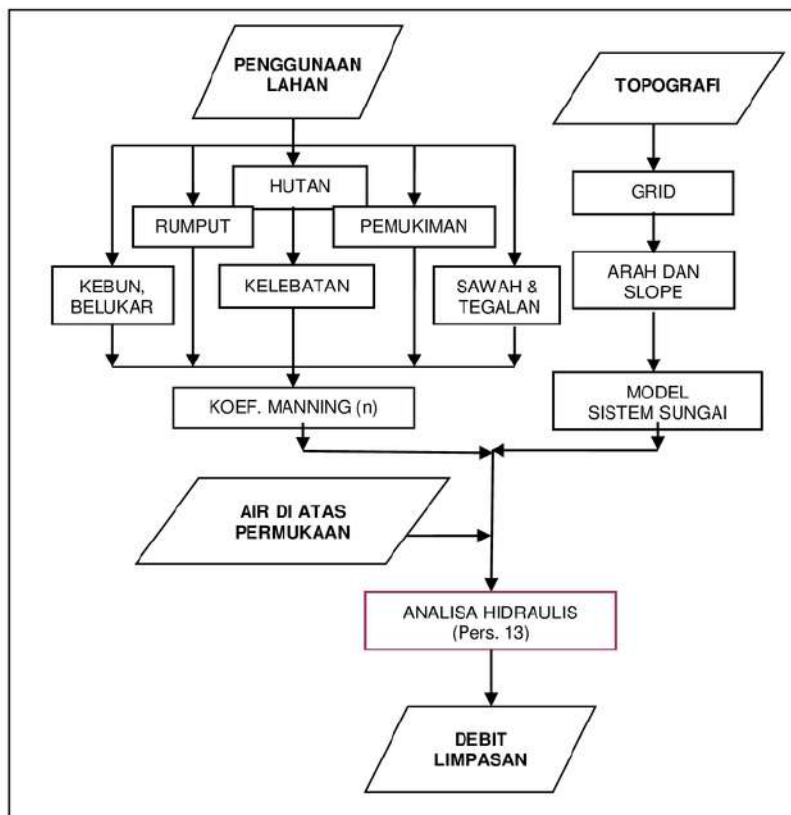


Gambar 23. Model Neraca Kandungan Air Tanah di Lapisan Tanah Tidak Jenuh

### 3.3.2.2. **Model Limpasan Permukaan**

Limpasan permukaan yang secara fisik merupakan aliran air di atas lahan, dalam penelitian ini didekati dengan konsep aliran air melalui saluran terbuka, sehingga berlaku hukum-hukum hidraulika. Besarnya debit dihitung dengan Persamaan (13).

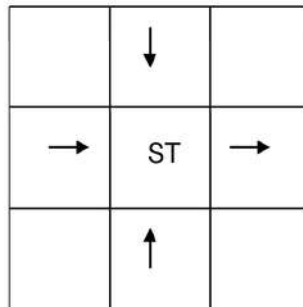
Mengingat analisa dilakukan pada tiap sel, maka berdasarkan informasi dari DAS yang telah dibagi dalam grid bujur sangkar selanjutnya dibangun data spasial arah aliran dan kemiringan topografi. Proses analisa limpasan permukaan dijelaskan dengan alur pada Gambar 24.



Gambar 24. Model Limpasan Permukaan

Untuk menghitung kumulatif aliran, digunakan konsep 4 (empat) sel sekitar (Gambar 25) dengan aturan sebagai berikut:

1. Arah aliran sejajar dengan sisi sel,
2. Semua sel yang arah alirannya menuju sel yang ditinjau akan memberikan kontribusi debit. Dengan demikian, debit di sel yang ditinjau merupakan kumulatif dari seluruh debit yang masuk.
3. Sel yang terletak pada posisi diagonal dari sel yang ditinjau dianggap tidak berpengaruh langsung pada tahap hitungan yang sama.



Catatan: ST = sel yang ditinjau; → adalah: arah aliran

Gambar 25. Skema 4 sel sekitar

Besarnya slope dan arah aliran limpasan permukaan dianggap memiliki nilai tetap, karena dalam model ini tidak memperhitungkan perubahan permukaan tanah akibat erosi permukaan lahan. Dengan demikian analisa arah aliran dan slope hanya dilakukan satu kali di awal kegiatan.

Analisa debit limpasan permukaan di dalam sub model ini dilakukan dalam 2 (dua) dimensi, yaitu: dimensi waktu dan dimensi panjang. Dimensi panjang ditandai dengan hubungan antara 2 sel, sedangkan dimensi waktu memodelkan antara nilai pada waktu yang lalu dengan nilai saat ini (dengan beda waktu DT). Hubungan antara nilai

debit antar waktu dan antar sel dianalisa dengan mengikuti skema 4 titik Preisman.

Dalam analisa ini dimana nilai DX sudah diketahui dari sisi sel, maka faktor DT berperan sangat penting. Nilai DT yang lebih besar dari waktu tempuh aliran air pada sel yang bersangkutan akan mengakibatkan terjadinya pergeseran waktu tiba puncak banjir, dan sebaliknya semakin kecil nilai DT akan mengakibatkan waktu analisa semakin lama.

### 3.3.2.3. **Model Aliran Air Tanah**

Dalam penelitian ini, model aliran air tanah dikembangkan dengan anggapan : a) Secara hidrologis, kondisi tanah dibedakan menjadi zona jenuh dan zona tak jenuh, b) air tanah terdapat pada aquifer bebas. Dalam pemodelan, lapisan aquifer dibagi dalam bentuk grid bujursangkar seperti pembagian terhadap topografi pada model limpasan permukaan. Hal tersebut dilakukan juga oleh Wang *et al.*(1982).

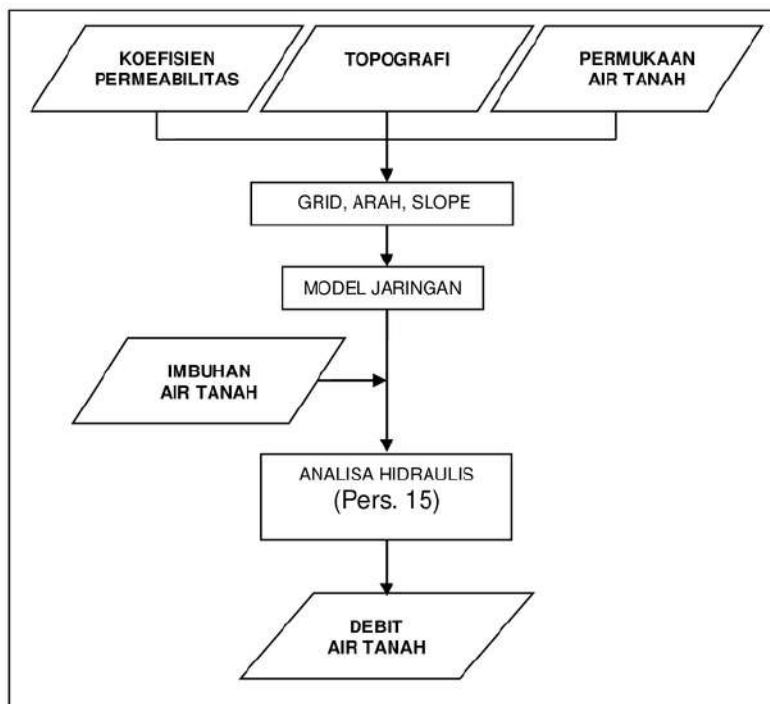
Lapisan tanah jenuh, sebagai aquifer pada pemodelan dianggap dalam keadaan bebas dengan batas bagian luar sama dengan batas DAS. Proses aliran antara Aliran Antara dengan Air Tanah dianggap menyatu, dalam satu arah. Untuk kepentingan tersebut, sistem grid di permukaan lahan diproyeksikan kearah bawah secara vertikal. Setiap sel, mempunyai ukuran ketebalan aquifer di setiap sisinya dan membentuk rangkaian sesuai dengan arah aliran. Skema model dijelaskan dalam Gambar 26. Analisa debit di tiap sel dilakukan dengan Persamaan (19).

Konsep manajemen aliran air antar sel yang digunakan pada sub program Gerakan Horizontal Aliran Air Tanah ialah identik dengan

konsep yang digunakan pada sub program Gerakan Horizontal Aliran Limpasan Permukaan.

Besarnya nilai slope dan arah aliran selalu dihitung ulang pada setiap pergantian waktu hitungan. Hal ini dimaksudkan untuk mengakomodasi perubahan elevasi permukaan air tanah akibat adanya imbuhan air tanah, dan perbedaan debit yang masuk dan keluar sel.

Waktu tempuh yang diperlukan aliran air tanah pada satu sel besarnya relatif cukup besar, dan dengan dinamika perubahan tinggi debit yang relatif kecil maka dapat digunakan nilai DT yang cukup besar, misalnya 1 jam.



Gambar 26. Model Aliran Air Tanah

#### **3.3.2.4. Arah dan Slope**

Kemiringan dihitung dengan membandingkan antara selisih elevasi rerata tertinggi dan terendah, dengan panjang sisi sel. Sedangkan arah aliran dihitung dengan langkah: (1) Menghitung rerata elevasi masing-masing sisi sel, (2) Mencari elevasi rerata yang paling tinggi, dan (3) Menentukan arah, yaitu dari sisi elevasi rerata yang paling tinggi ke sisi hadapannya.

### **3.4. Pengujian Model**

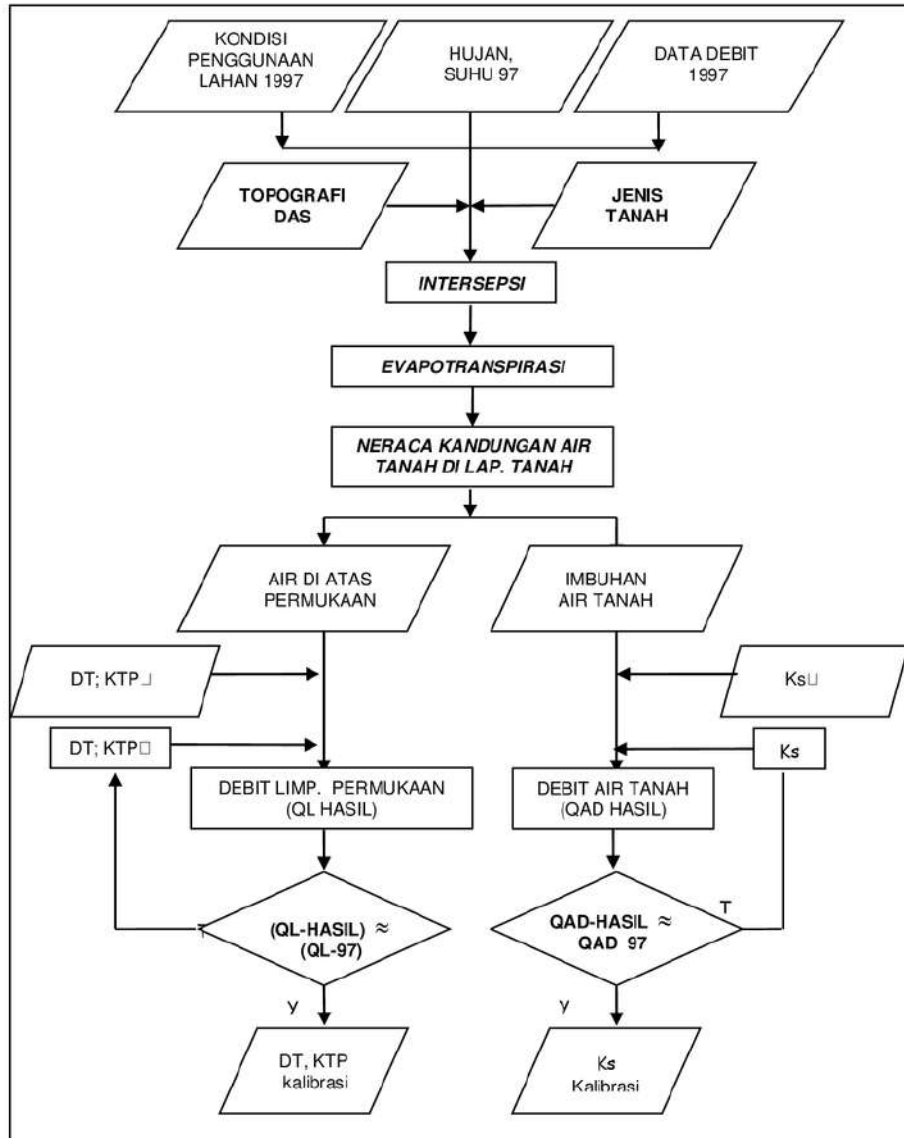
#### **3.4.1. Kalibrasi dan verifikasi**

Secara garis besar, kalibrasi dan verifikasi model dilakukan sebagaimana dijelaskan pada Gambar 27 dan Gambar 28.

1. Nilai "KTP", yaitu koefisien untuk mengoreksi pembagian air di atas dan di bawah permukaan akibat kurang tepatnya nilai kapasitas infiltrasi. Penyediaan fasilitas tersebut (KTP) didasarkan pada kenyataan bahwa kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh berbagai faktor yang hubungannya sangat kompleks, dan perannya yang sangat dominan di dalam menentukan perbandingan antara air yang di atas dan di bawah permukaan tanah. Besarnya air di atas permukaan tanah sangat berpengaruh terhadap besarnya debit limpasan permukaan.
2. Nilai "DT", yaitu selang waktu analisa, berpengaruh terhadap waktu terjadinya debit puncak. Pergeseran terjadinya debit puncak akan diikuti dengan berubahnya nilai debit puncak, karena pada dasarnya nilai ordinat dari hidrograf debit banjir merupakan kumulatif dari ordinat debit pada waktu sebelumnya. Dalam proses akumulasi tersebut tentunya dilakukan pergeseran awal terjadinya debit yaitu sebesar

“DT”. Oleh karena hal tersebut, kalibrasi nilai “DT” juga dilakukan pada analisa limpasan permukaan.

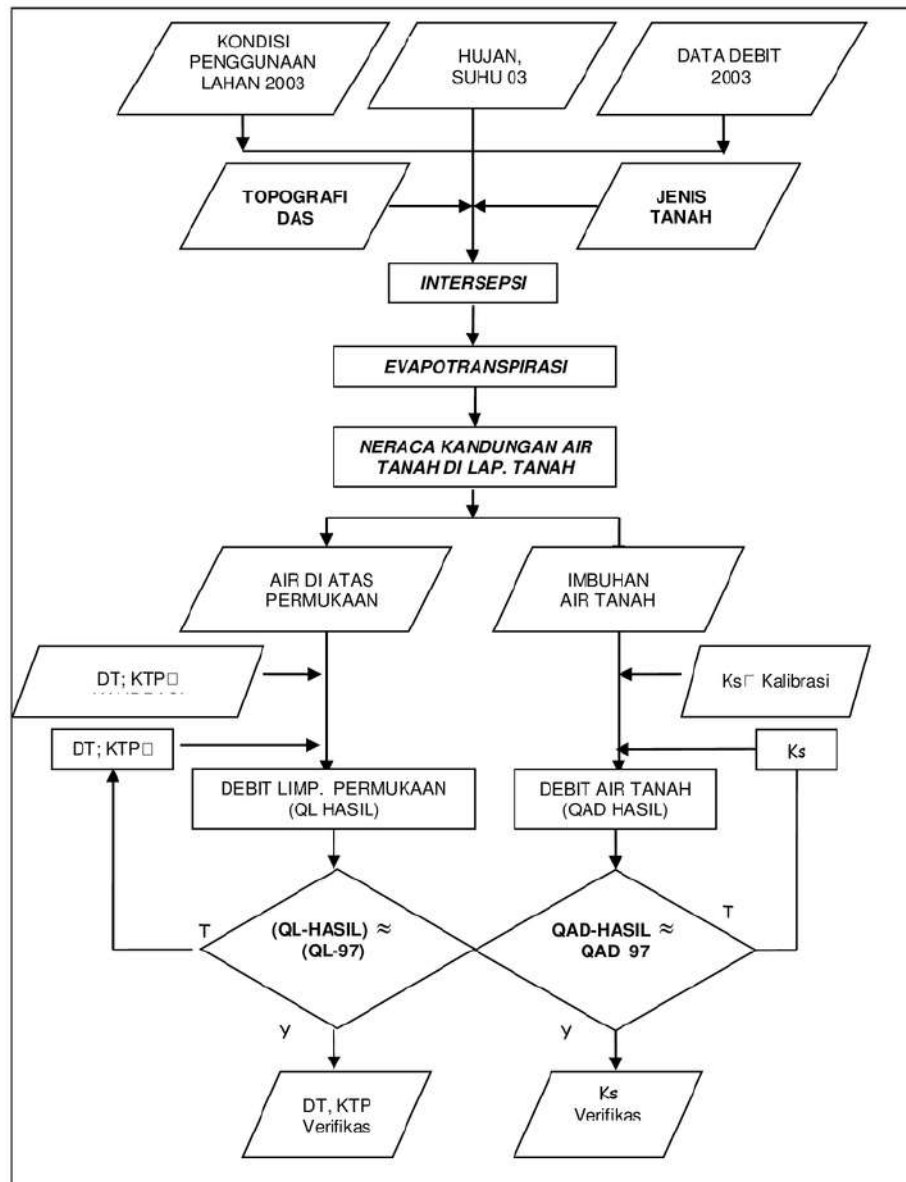
3. Kalibrasi “Ks”, yaitu daya hantar hidraulis aquifer berpengaruh terhadap besarnya debit air tanah.



Gambar 27. Alir Proses Kalibrasi DT, KTP, dan Ks

Pengujian dilakukan dalam 2 (dua) kondisi penggunaan lahan, yaitu:

1. Kondisi penggunaan lahan sebelum terjadi kerusakan, diwakili kondisi tahun 1997 sebagai sarana kalibrasi, dan
2. Kondisi penggunaan lahan sesudah terjadi kerusakan, diwakili kondisi tahun 2003 untuk verifikasi.



Gambar 28. Alir Proses Verifikasi DT, KTP, dan Ks



### **3.4.2. Uji Sensitivitas**

#### **3.4.2.1. Sensitivitas Parameter Evapotranspirasi**

Dalam penelitian ini, parameter jenis dan kondisi penggunaan lahan merupakan peubah bebas yang berpengaruh langsung terhadap nilai koefisien intersepsi, dan koefisien Manning.

Sedangkan terhadap nilai evapotranspirasi, secara teoritis mempunyai pengaruh yang nyata sehingga perlu adanya koreksi dengan mengalikan faktor tanaman (Allen *at al.* 1998). Akan tetapi, hingga model ini dikembangkan dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan hanya terbatas pada tanaman budidaya pertanian. Oleh karenanya pengaruh jenis tanaman tidak diperhitungkan dalam model ini.

Untuk mengetahui besarnya pengaruh nilai evapotranspirasi terhadap hasil model yang dikembangkan, dilakukan uji sensitivitas pengaruh perubahan nilai kapasitas evapotranspirasi (Etk) terhadap perubahan nilai KRS. Simulasi dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dengan perubahan nilai Etk masing-masing: 1%, 5%, dan 10 %.

#### **3.4.2.2. Sensitivitas Parameter Penggunaan Lahan**

Mengingat model yang dikembangkan akan digunakan untuk menghitung KRS akibat hujan pada suatu DAS dengan berbagai macam jenis dan kondisi penggunaan lahan, maka dipandang perlu adanya pengujian sensitivitas model terhadap perubahan penggunaan lahan. Dalam pengujian ini, penggunaan lahan pada seluruh luasan Sub DAS Lesti disimulasikan terdiri dari: hutan rapat, kebun sejenis, ladang atau sawah, dan pemukiman secara bergantian.

Secara alamiah sistem perakaran tumbuhan dapat memacu proses agregasi tanah, dan meningkatkan jumlah ruang pori makro. Dengan

demikian, maka akan berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Publikasi hasil penelitian tentang pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi belum dapat dijumpai, sehingga dalam penelitian ini diusulkan adanya suatu koefisien yang diharapkan dapat mengakomodasi pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi. Koefisien tersebut merupakan perbandingan antara kapasitas infiltrasi pada jenis penggunaan lahan tertentu dengan kapasitas infiltrasi pada tanah kosong (pada tekstur tanah yang sama), yang selanjutnya disebut koefisien koreksi (Kk).

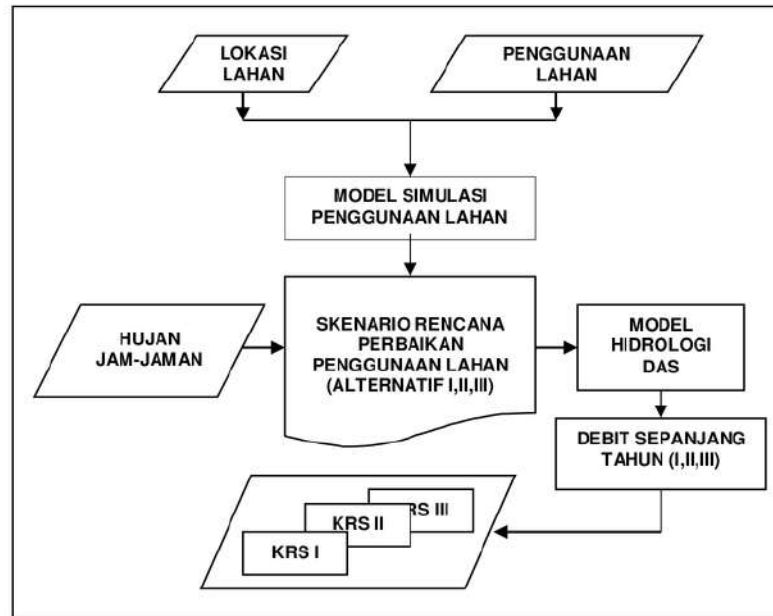
Besarnya Kk dihitung berdasarkan data hasil penelitian tentang kapasitas infiltrasi pada berbagai lokasi dengan kondisi penggunaan lahan yang berbeda. Uji tentang besarnya nilai Kk dilakukan dengan mengaplikasikannya pada model yang dihasilkan dari penelitian ini untuk analisa hidrograf debit, kemudian puncak debit yang dihasilkan dibandingkan dengan data puncak debit hasil pengukuran dalam kondisi eksisting.

#### **3.4.3. Penggunaan Model**

Setelah parameter-parameter DT, KTP, dan Ks dianggap mempunyai nilai yang benar, maka digunakan sebagai masukan pada proses perhitungan debit dan KRS. Dalam simulasi rencana perbaikan jenis dan kondisi penggunaan lahan dibuat berbagai skenario rencana perbaikan penggunaan lahan, dan setiap skenario dibuat 3 (tiga) alternatif perbaikan (Gambar 29) dengan kriteria sebagai berikut:

1. Alternatif I, perbaikan penggunaan lahan dilakukan hanya pada lahan dengan kondisi sangat kritis.

2. Alternatif II, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan dengan kondisi sangat kritis, dan lahan kritis.
3. Alternatif III, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan dengan kondisi sangat kritis, kritis, dan agak kritis.



Gambar 29. Proses Simulasi Penggunaan Lahan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Masukan

##### 4.1.1. Kapasitas Infiltrasi, Batas Kapasitas Lapangan, dan Tekstur Tanah

Penggunaan nilai kapasitas infiltrasi, dan batas kapasitas lapangan dapat didasarkan pada informasi tekstur tanah yang diperoleh dari peta sistem lahan. Tingkat akurasi data-data tersebut dapat ditingkatkan dengan jalan melakukan pengukuran langsung pada beberapa titik contoh yang lokasinya dianggap mewakili seluruh varian tekstur tanah yang ada pada lokasi studi.

Hasil pengukuran parameter fisik tanah, yang antara lain terdiri dari: kapasitas infiltrasi, batas kapasitas lapangan, dan tekstur tanah ditunjukkan pada Tabel 21, sedangkan hasil pengukuran kandungan c, dan bahan organik lainnya pada Tabel 22.

Tabel 21. Hasil Pengukuran Kapasitas Infiltrasi dan Tekstur Tanah

No	ID	K. Infil (mm/jam)	Persentase			KLAS	Penggunaan Lahan
			PASIR	DEBU	LIAT		
1	A	33,4	85	8	7	Pasir	Ladang (Tebu)
2	B	73	77	19	4	Pasir berlempung	Kebun Kopi (Sangat terawat)
3	C	15,4	53	38	9	Lempung 1	Kebun Campuran (tidak terawat)
4	D	19,71	56	43	1	Lempung berpasir	Ladang (Jagung)
5	E	54,2	52	38	10	Lempung 2	Hutan lebat
6	F	54,2	47	38	15	Lempung 3	Ladang (Kubis)
7	G	51,1	41	46	13	Lempung 4	Semak

Sumber: Hasil Survey dan Pengujian Laborat (Mei 2005)

Tabel 22. Hasil Pengukuran Kadar Air , Kandungan C, dan Bahan Organik

No	ID	C (%)	ORG (%)	KADAR AIR (%)			Kondisi Tanah
				LAP	pF 2	pF4,2	
1	A	0,74	1,28	22,10	22,08	<b>12,98</b>	Sedang (Terawat)
2	B	0,93	1,61	22,07	21,51	<b>10,08</b>	Sangat gembur, (Sangat terawat)
3	C	0,43	0,75	32,56	33,54	20,48	Padat (tidak terawat)
4	D	0,74	1,28	20,01	26,00	13,37	Ladang (Jagung)
5	E	2,94	5,08	59,23	45,20	23,58	Gembur (Alami)
6	F	1,05	1,82	28,83	32,81	<b>25,84</b>	Gembur (Terawat)
7	G	1,87	3,24	25,32	31,72	<b>18,12</b>	Gembur (Alami)

Sumber: Hasil Survey dan Pengujian Laborat (Mei 2005)

Pada tanah dengan tekstur yang sama (Lempung), yaitu pada lokasi: C, E, F, dan G besarnya kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan dan tingkat kepadatan tanahnya. Dimana tanah lempung 1 dengan jenis penggunaan lahan berupa kebun campuran dengan kondisi yang tidak terawat sehingga kondisi tanahnya jauh lebih padat mempunyai kapasitas infiltrasi yang jauh lebih rendah. Hal tersebut memperkuat hasil penelitian Pitt *et al.* (2001) sebagaimana terlihat pada Tabel 13.

Dalam tinjauan tekstur tanah Rawls *et al.* (1982) menyatakan bahwa tanah yang bertekstur semakin kasar memiliki kapasitas infiltrasi yang semakin tinggi (Tabel 15). Kecenderungan tersebut didapat juga dari hasil pengamatan dalam penelitian ini (Tabel 22).

Besarnya nilai pF 4,2 pada tanah dengan ID: A, B, F, dan G tidak sebanding dengan urutan persentase kandungan butiran pasir, dan debu, akan tetapi sebanding dengan persentase liat. Kerancuan tersebut terjawab setelah dilakukan analisa sebaran persentase butiran (Lampiran 13), dimana besarnya nilai pF sebanding dengan total luas selimut butiran partikel tanah.

#### 4.1.2. Permukaan Air Tanah

Hasil pengukuran elevasi permukaan air tanah yang dilakukan dengan pengukuran sumur penduduk, permukaan muka air di sungai, dan Geolistrik disajikan dalam Tabel 23.

Pengukuran elevasi permukaan air tanah pada lokasi yang tidak terdapat sumur penduduk dilakukan dengan pendugaan geolistrik.

Tabel 23. Elevasi Permukaan Air Tanah Saat Musim Kemarau

NO	KOORDINAT		EL. GWL	NO	KOORDINAT		EL. GWL
	X	Y			X	Y	
1	688613	9094694	380,60	41	697562	9091354	525,60
2	693676	9097249	486,00	42	697580	9091705	468,00
3	695851	9097124	580,00	43	696731	9090759	475,00
4	692310	9094489	420,00	44	695682	9090921	450,60
5	689314	9093614	367,00	45	688591	9094708	512,00
6	688539	9094084	369,00	46	699697	9091190	547,00
7	688072	9094481	369,75	47	762684	9092969	697,50
8	691782	9092402	394,60	48	687813	9091029	376,40
9	694519	9091148	435,50	49	689243	9090257	359,20
10	695557	9090496	422,80	50	693892	9088668	435,60
11	698459	9090123	506,80	51	688591	9094708	381,00
12	695895	9090394	450,00	52	693373	9097439	445,00
13	695424	9089743	437,00	53	688591	9094708	425,00
14	694496	9090007	394,90	54	689605	9096299	410,40
15	693886	9090958	440,00	55	688591	9094708	380,60
16	694237	9089871	382,00	56	688600	9092200	363,00
17	694310	9089792	390,20	57	688580	9087000	371,00
18	694437	9088744	405,00	58	690750	9087270	389,00
19	694451	9088783	444,00	59	692000	9091450	423,00
20	693232	9088795	429,00	60	690500	9093010	381,00
21	693228	9088988	434,80	61	690750	9096300	420,00
22	693319	9089657	376,50	62	689500	9094000	398,00
23	693199	9089953	415,00	63	690010	9089800	428,00
24	692690	9090875	412,30	64	691300	9091250	466,00
25	691978	9090471	405,00	65	694170	9093100	428,00
26	691081	9091238	419,80	66	697030	9093800	513,00
27	690374	9090136	403,00	67	702400	9089000	547,00
28	688946	9090214	344,30	68	704340	9091100	620,00
29	687848	9091631	346,50	69	706000	9094300	560,00
30	687186	9092080	353,70	70	700000	9094500	570,00
31	701331	9090113	570,00	71	705800	9090300	563,00
32	703536	9092717	657,00	72	701000	9093250	610,00
33	703211	9092808	638,00	73	690600	9098450	720,00
34	702665	9093023	679,00	74	694000	9099600	477,50
35	701889	9093207	687,00	75	694000	9104000	593,00
36	701334	9092523	630,00	76	694500	9108000	631,00
37	700895	9091608	619,00	77	694600	9109000	642,00
38	699168	9091079	502,00	78	691000	9110750	800,00
39	697560	9090954	448,70	79	670080	9104000	904,00
40	697515	9091098	481,00	80	697000	9085700	542,00

Sumber: Hasil Survey (September 2004)

Akurasi dan kerapatan titik informasi elevasi permukaan air tanah sangat berpengaruh terhadap hasil pemetaan elevasi permukaan air tanah.

Dengan Sub DAS seluas 38.240 ha dan jumlah titik pengamatan sebanyak 80 buah, serta topografi yang berbukit setelah dibuat peta kontur dan diubah ke dalam format raster ternyata terdapat beberapa titik yang perlu dikoreksi karena mempunyai elevasi yang justru lebih besar dari elevasi topografi. Proses koreksi tersebut dapat dilakukan secara manual, yaitu dengan jalan membandingkan secara langsung dengan elevasi permukaan lahan pada titik yang sama. Jika proses tersebut tidak dilakukan, maka model secara otomatis akan melakukan koreksi.

#### 4.1.3. Jenis dan Kondisi Penggunaan Lahan

Dengan metode yang dijelaskan pada sub-bab 3.2.2.3, <sup>1</sup> hasil pengecekan kondisi penggunaan lahan jenis hutan, tegalan, kebun campuran, dan semak yang digunakan sebagai data panduan dalam klasifikasi citra ditampilkan pada Tabel 24. Sedangkan jenis penggunaan lahan lainnya dapat langsung diklasifikasi berdasarkan informasi data citra.

Tabel 24. Kondisi Penggunaan Lahan

NO	KOORDINAT		KATEGORI	KETERANGAN
	X	Y		
1	691239	9092989	KEBUN CAMPURAN	KELAPA DAN KOPI
2	705134	9114194	HUTAN PARSIAL	JARAK ANTAR POHON = 8 M (Gambar 30)
3	706497	9115512	HUTAN ASLI	
4	705286	9114320	HUTAN JARANG	JARAK ANTAR POHON = 18 M
5	705436	9114300	HUTAN LEBAT	JARAK ANTAR POHON = 4 M
6	608621	9094857	TEGALAN	
7	689809	9096436	SEMAK	

Sumber: Hasil Survey (Mei 2005)



Gambar 30. Kondisi Penggunaan Lahan Hutan Parsial  
(Lokasi: 705134,9114194; Waktu: Mei 2005)

1  
Kenampakan lain pada citra yang belum teridentifikasi jenis penggunaan lahannya perlu dilakukan verifikasi dengan jalan melakukan pemeriksaan ulang ke lapangan.

#### 4.1.4. Ukuran Grid

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan ukuran grid adalah sebagai berikut:

- a. Semakin kecil ukuran grid, akan diperoleh hasil yang semakin teliti. Hal tersebut terjadi karena semakin rapat jarak antar titik yang mewakili kondisi spasial suatu data.
- b. Dalam kaitannya dengan data topografi, ukuran grid dapat ditentukan sekecil mungkin, karena topografi diwakili peta kontur dengan format vektor. Dengan grid yang semakin rapat, keterwakilan relief topografi



- semakin tinggi sehingga informasi kondisi (dimensi dan kerapatan) sistem sungai yang ada akan terakomodasi.
- c. Berhubung informasi tentang jenis dan kondisi penggunaan lahan digunakan peta berformat raster hasil dari interpretasi citra satelit, maka ukuran grid terkecil yang dapat dipilih ialah sama dengan ukuran piksel dari citra yang digunakan.
- d. Bentuk dan ukuran suatu DAS juga merupakan faktor yang harus dipertimbangkan, karena dalam model yang dihasilkan dalam penelitian ini dibatasi jumlah maksimum kolom dan baris adalah 269 dan 290 buah.
- e. Waktu *running* sangat dipengaruhi oleh ukuran grid karena selain berpengaruh terhadap jumlah kolom dan baris, ukuran grid juga berpengaruh terhadap selang waktu hitungan (DT). Kedua hal tersebut tentunya mempengaruhi besarnya jumlah iterasi dalam hitungan, sehingga berpengaruh langsung terhadap waktu *running* model. Pengaruh ukuran grid terhadap besarnya selang waktu hitungan (DT) maksimum yang dapat dipilih terjadi karena dalam hitungan limpasan permukaan berlaku ketentuan bahwa DT tidak boleh lebih besar dari waktu konsentrasi hujan dalam 1 sel yang terbentuk dari pembuatan grid tersebut. Dalam aplikasi terhadap Sub-DAS Lesti (lihat pembahasan dalam Sub Bab 4.3.1.1.1.), dimana jumlah kolom dan baris adalah 269 dan 290 buah, dan  $DT = 1,3$  menit diperlukan waktu *running* berkisar 28 jam jika debit air tanah dan debit limpasan permukaan dihitung selama 1 tahun, dan 4 jam jika debit air tanah dihitung selama 1 tahun sedangkan debit limpasan permukaan hanya dihitung 1 bulan

#### 4.1.5. <sup>1</sup> Hujan

Dalam proses menghitung debit limpasan permukaan, selalu diperlukan informasi ketebalan air di atas permukaan tanah (AAP) dengan selang waktu  $\Delta T$ . Karena data hujan yang tersedia di lapangan dengan selang waktu terpendek ialah hujan jam-jaman, maka AAP dihitung dengan jalan melakukan interpolasi linier dari data hujan pada jam terdekat.

Sedangkan dalam proses menghitung debit air tanah, diperlukan informasi tentang imbuan air tanah setiap selang waktu hitungan. Penggunaan selang waktu hitungan 1 jam dipandang masih cukup teliti karena kecepatan rambat air melalui media tanah sangat lambat. Dengan demikian karena digunakan data hujan jam-jaman, maka dalam hitungan imbuan air tanah tidak diperlukan interpolasi.

Untuk mendapatkan data hujan jam-jaman yang lengkap selama 1 tahun dan berkualitas tidak mudah, padahal kondisi data tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil model yang diperoleh. Untuk mendapatkan data hujan yang berkualitas, sebaiknya digunakan data hujan terbaru dan sesuai dengan tahun data citra yang digunakan. Dengan menggunakan data hujan terbaru, maka kualitas data hujan yang baik dapat diperoleh dengan jalan melakukan kalibrasi terhadap setiap alat ukur hujan yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan data hujan tahun 1997 dan 2003 sesuai dengan tahun citra yang digunakan. Karena keterbatasan yang ada (data citra serta sarana yang ada), maka kalibrasi alat ukur hujan (dan alat ukur debit) tidak dilakukan sehingga mengalami beberapa kesulitan didalam proses kalibrasi dan verifikasi.

Penggunaan data hujan yang tidak lengkap masih dapat dilakukan, asal bukan pada hujan yang terjadinya beberapa hari sebelum terjadinya hujan yang mempunyai intensitas tertinggi yang menyebabkan terjadinya

debit limpasan permukaan maksimum karena berpengaruh langsung terhadap nilai KRS. Dalam hitungan debit, data hujan berpengaruh langsung terhadap kandungan air tanah pada lapisan tanah bagian atas (Soemarno, 1995) sehingga berpengaruh juga terhadap tebalnya air di atas permukaan tanah (AAP). Ketebalan AAP berpengaruh langsung terhadap debit limpasan permukaan. Karena debit limpasan permukaan maksimum berpengaruh signifikan terhadap nilai KRS, maka adanya rangkaian data hujan jam-jaman (terutama yang terjadi beberapa hari sebelum terjadinya hujan dengan intensitas maksimum) yang lengkap dan berkualitas sangat diperlukan.

#### 4.2. Diskripsi Model

Dalam pengembangan model dilakukan improvisasi terhadap model hidrologi DAS yang telah ada, dan penggabungan dengan model identifikasi kondisi lahan, serta penambahan beberapa sarana untuk meningkatkan kemampuan model. Dengan perlakuan tersebut menghasilkan **Model Simulasi Penggunaan Lahan Untuk Mengendalikan Fluktuasi Debit Sungai**, dengan diskripsi sebagai berikut:

1. Model berjenis konseptual-terdistribusi,
2. Mengakomodasi pengaruh **penggunaan lahan dalam proses alihragam hujan menjadi aliran sungai dengan parameter: kekasaran Manning (n), Koefisien koreksi pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi (Kk), dan Koefisien Intersepsi (It)**
3. **Model Limpasan Permukaan dengan konsep aliran tidak seragam satu dimensi (1D)**, menggunakan skema 4 titik Preissmann.

4. Dapat menghitung debit jam-jaman menerus sepanjang tahun, dan KRS,
5. Dapat mengidentifikasi kondisi lahan,
6. Dapat secara otomatis memperbaiki penggunaan lahan dan menentukan lokasinya sesuai dengan skenario yang di-*input*-kan,
7. Dapat membaca data penggunaan lahan hasil analisa citra satelit,
8. Dapat mencetak peta hasil rencana perbaikan penggunaan lahan berbasis SIG dengan format ASCII yang dapat diubah kedalam format raster atau vektor.

#### 4.3. Tampilan Model

Tampilan program terdiri dari dua kelompok, yaitu: kelompok tampilan MEMPERBAIKI DATA dan kelompok tampilan MELIHAT HASIL.

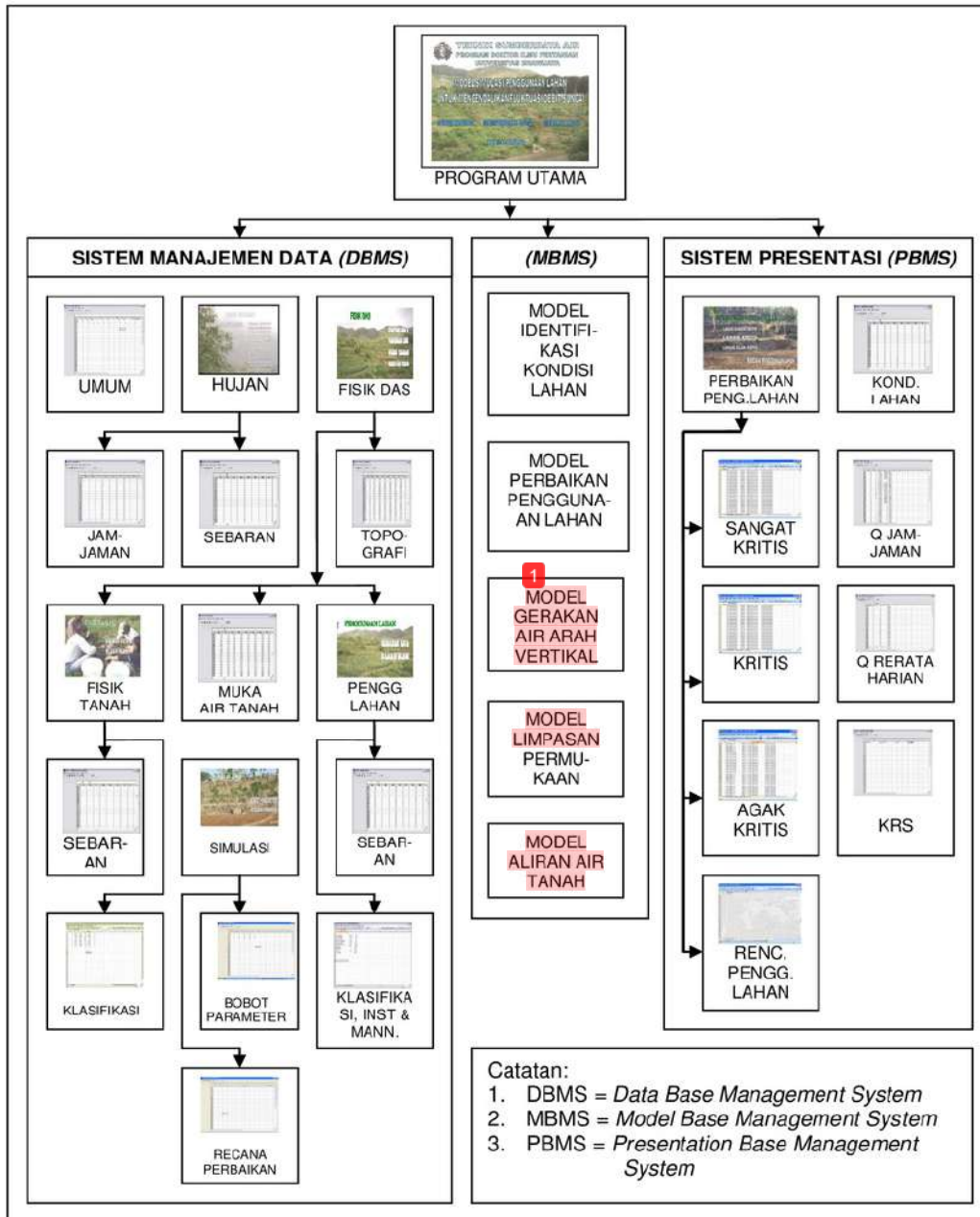
Kelompok tampilan MEMPERBAIKI DATA terdiri dari sub kelompok tampilan: UMUM, HUJAN, FISIK DAS, dan SIMULASI, dengan uraian sebagai berikut:

- a). Sub kelompok HUJAN terdiri dari: tampilan data poligon, dan tampilan file data hujan jam-jaman bulan JANUARI hingga bulan DESEMBER.
- b). Sub kelompok FISIK DAS terdiri dari: tampilan file data TOPOGRAFI, dan MUKA AIR TANAH, serta sub-sub kelompok tampilan: FISIK TANAH dan PENGGUNAAN LAHAN. Yang mana sub-sub kelompok tampilan FISIK TANAH terdiri dari tampilan file data SEBARAN dan KLASIFIKASI. Sedangkan sub-sub kelompok tampilan PENGGUNAAN LAHAN terdiri dari tampilan file data PENGGUNAAN LAHAN dan KOEF. INTERSEPSI & MANNING.
- c). Sub kelompok SIMULASI, terdiri dari tampilan data: BOBOT PARAMETER, dan RENCANA PERBAIKAN.

Kelompok tampilan MELIHAT HASIL terdiri dari tampilan file hasil analisa: KONDISI LAHAN, DEBIT JAM-JAMAN, DEBIT RERATA HARIAN, dan KRS, serta sub kelompok PERBAIKAN PENGGUNAAN LAHAN. Sub kelompok PENGGUNAAN LAHAN terdiri dari tampilan file hasil analisa: RENCANA PERBAIKAN LAHAN SANGAT KRITIS, RENCANA PERBAIKAN LAHAN KRITIS, RENCANA PERBAIKAN LAHAN AGAK KRITIS, dan RENCANA PENGGUNAAN LAHAN. Skema organisasi tampilan program tersebut ditampilkan pada Gambar 31.

Program dapat diaktifkan dengan melakukan "dobel\_klik" pada file: SAMPUL PROGRAM kemudian dilanjutkan dengan menekan tombol F5, maka akan terlihat tampilan seperti pada Gambar 32. Pada tampilan gambar tersebut terdapat alternatif langkah yang dapat dipilih, yaitu: MENGHITUNG, MEMPERBAIKI DATA, MELIHAT HASIL, dan KELUAR.

Pilihan MENGHITUNG merupakan perintah kepada program untuk melakukan hitungan debit dan KRS, sedangkan pilihan MEMPERBAIKI DATA dapat digunakan untuk sarana melihat dan atau memperbaiki data. Hasil hitungan dapat dilihat pada pilihan MELIHAT HASIL, dan jika KELUAR yang dipilih maka kita akan keluar dari program.



Gambar 31. Skema Organisasi Program

#### 4.3.1. Program Utama



Gambar 32. Tampilan Program Utama

#### 4.3.2. Fasilitas Memperbaiki Data

Pilihan MEMPERBAIKI DATA akan mengantarkan kita ke pilihan: UMUM, HUJAN, dan FISIK DAS (Gambar 33).



Gambar 33. Tampilan Sarana Memperbaiki Data

Pilihan UMUM merupakan sarana untuk membuka file: Data Umum. Pilihan HUJAN dan FISIK DAS untuk menuju ke tampilan pilihan berikutnya.

#### 4.3.2.1. Data Umum

Jika pilihan UMUM pada Gambar 33 di\_klik, maka akan terbuka file yang berisi data-data yang dikelompokkan dalam data yang bersifat umum dengan tampilan seperti pada Gambar 34.

Gambar 34. Tampilan File Data Umum

Struktur data dari file: DATA UMUM tersebut diberikan pada Tabel 25, dengan penjelasan pada Tabel 26.

Tabel 25. Struktur Data UMUM

Kolom /Baris	A	B	C	D	E	F
1	DX	DT	KTP	THETA_P	THETA_S	THETA1
2	SK	K	AK			
3	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN

Kolom /Baris	G	H	I	J
1	JUMLAH_STA	Q_BASE_FLOW	THN	KOLOM_TINJAU
2				
3	JUL	AGT	SEP	OKT



Kolom /Baris	K	L	M
1	<b>BARIS_TINJAU</b>	<b>X_SUDUT</b>	<b>Y_SUDUT</b>
2			
3	<b>NOP</b>	<b>DES</b>	

Tabel 26. Penjelasan Struktur Data UMUM

No	NOTASI	URAIAN	SATUAN
(1)	(2)	(3)	(4)
1	<b>DX</b>	<i>Ukuran Grid</i>	<i>meter</i>
2	<b>DT</b>	<i>Selang Waktu Hitungan</i>	<i>Menit</i>
3	<b>KTP</b>	<i>Koefisien Tinggi Puncak</i>	
4	<b>THETA_P</b>	<i>Koef. Pemberat waktu Preissman</i>	
5	<b>THETA_S</b>	<i>Rerata kandungan air tanah saat jenuh</i>	%
6	<b>THETA1</b>	<i>Rerata kandungan air tanah</i>	%
7	<b>JUMLAH_STA</b>	<i>Jumlah Stasiun Hujan</i>	
8	<b>Q_BASE_FLOW</b>	<i>Debit terkecil di tahun data</i>	<i>m<sup>3</sup>/detik</i>
9	<b>THN</b>	<i>Tahun Data</i>	
10	<b>KOLOM_TINJAU</b>	<i>Nomor Kolom yang ditinjau debitnya</i>	
11	<b>BARIS_TINJAU</b>	<i>Nomor Baris yang ditinjau debitnya</i>	
12	<b>X_SUDUT</b>	Nilai X pada koordinat titik sudut kiri atas pada sistem grid	
13	<b>Y_SUDUT</b>	Nilai Y pada koordinat titik sudut kiri atas pada sistem grid	
14	<b>SK</b>	Konfirmasi perbaikan pada lahan berkondisi Sangat Kritis	
15	<b>K</b>	Konfirmasi perbaikan pada lahan berkondisi Kritis	
16	<b>AK</b>	Konfirmasi perbaikan pada lahan berkondisi Agak Kritis	
17	<b>JAN</b>	Konfirmasi analisa limpasan permukaan pada bulan Januari.	
	...		
18	<b>DES</b>	Konfirmasi analisa limpasan permukaan pada bulan Desember.	

#### 4.3.2.2. Data Hujan

Pengisian data yang tidak sesuai dengan format, misalnya kurang akan mengakibatkan program tidak dapat berjalan hingga selesai. Jumlah

data hujan jam-jaman selama setahun cukup banyak, dan berpotensi mengakibatkan terjadinya kesalahan yang cukup menyulitkan di dalam pengisian data. Oleh karenanya, maka format data hujan jam-jaman selama satu tahun disimpan pada 12 (dua belas) file, yang masing-masing terdiri dari data hujan jam-jaman setiap bulan. Jumlah hari pada setiap bulannya disesuaikan dengan jumlah hari kalender, kecuali pada bulan Pebruari selalu dibuat sebanyak 29 (dua puluh sembilan) hari. Jika dalam bulan Pebruari tersebut ternyata hanya terdiri dari 28 hari, maka data hari ke 29 tidak akan terbaca. Kepastian jumlah hari dalam bulan Pebruari tersebut dapat di-input-kan melalui file: data umum.

Jika pilihan HUJAN pada Gambar 33 di-klik maka akan tampil Gambar 35, yaitu merupakan sarana untuk mengisikan atau memperbaiki data hujan jam-jaman tersebut, serta data daerah pengaruh stasiun hujan.



Gambar 35. Tampilan Sarana Melihat Data Hujan

Data daerah pengaruh stasiun hujan berformat ASCII dengan angka yang sebarannya menunjukkan daerah yang dipengaruhi oleh suatu stasiun, dan angkanya mewakili nomor dari stasiun hujan yang dimaksud.

#### 4.3.2.2.1. Tampilan Data Hujan

Pilihan BULAN JANUARI hingga BULAN DESEMBER pada Gambar 35 akan menampilkan file data hujan jam-jaman selama satu bulan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 36 untuk bulan Januari.

	A	B	C	D	E	F	G	H
7	1	1	7	0	0	0	0	0
8	1	1	8	0	0	0	0	0
9	1	1	9	0	0	0	0	0
10	1	1	10	0	0	0	0	0
11	1	1	11	0	0	0	0	0
12	1	1	12	0	0	0	0	0
13	1	1	13	0	0	0	0	0
14	1	1	14	0	0	0	0	0
15	1	1	15	0	0	0	0	0
16	1	1	16	0	0	0	0	0
17	1	1	17	0	0	0	0	0
18	1	1	18	0	0	0	0	0
19	1	1	19	0	0	0	0	0
20	1	1	20	0	0	0	0	0
21	1	1	21	0	0	0	0	0
22	1	1	22	0	0	0	0	0
23	1	1	23	0	0	0	0	0
24	1	1	24	0	0	0	0	0
25	1	2	1	0	0	0	0	0

Gambar 36. Tampilan File Data Hujan Bulan Januari

Nilai pada kolom A dan kolom B menunjukkan bulan dan tanggal, sedangkan kolom C menunjukkan jam saat terjadinya hujan. Data hujan jam-jaman dicatat pada kolom D hingga M. Kolom D, untuk hujan yang tercatat pada stasiun 1, kolom E untuk hujan yang tercatat pada stasiun 2, dan seterusnya hingga kolom M untuk hujan yang tercatat pada stasiun 10.

#### 4.3.2.2.2. Daerah Pengaruh Stasiun

Pilihan DAERAH PENGARUH STASIUN PADA Gambar 35 akan menampilkan Gambar 37 yang merupakan sarana untuk menyimpan data pengaruh stasiun hujan yang dianalisa dengan konsep Poligon Thiessen. Masing-masing daerah pengaruh diberi tanda angka yang sama dengan nomor stasiun hujan-nya.

A1	0	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
181	3	3	3	3	3	3	3	3	3
182	3	3	3	3	3	3	3	3	3
183	3	3	3	3	3	3	3	3	3
184	3	3	3	3	3	3	3	3	3
185	3	3	3	3	3	3	3	3	3
186	3	3	3	3	3	3	3	3	3
187	3	3	3	3	3	3	3	3	3
188	3	3	3	3	3	3	3	3	3
189	3	3	3	3	3	3	3	3	3
190	3	3	3	3	3	3	3	3	3
191	3	3	3	3	3	3	3	3	3
192	3	3	3	3	3	3	3	3	3
193	3	3	3	3	3	3	3	3	3
194	3	3	3	3	3	3	3	3	3
195	3	3	3	3	3	3	3	3	3
196	3	3	3	3	3	3	3	3	3
197	3	3	3	3	3	3	3	3	3
198	3	3	3	3	3	3	3	3	3
199	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Gambar 37. Tampilan File Data Daerah Pengaruh Stasiun

Tampilan Struktur data daerah pengaruh stasiun hujan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 27. Struktur Data Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

Kolom/baris	A	B	C		
1	KP (1,1)	KP (2,1)	KP (3,1)		KP (269,1)
2	KP (1,2)				
...					
290	KP(1,290)				

Arti dari masing-masing parameter di atas dijelaskan pada Tabel 28.

Tabel 28. Penjelasan Struktur Data Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

No	NOTASI	URAIAN	CATATAN
1	KP(1,1)	Daerah Pengaruh Sta. Hujan kolom I, baris I	JUMLAH STASIUN, MAKS. 10
2	KP(1,4)	Daerah Pengaruh Sta. Hujan pada sel kolom I, baris IV	Nilai yang tercantum menunjukkan nomor stasiun hujan
3	KP(2,1)	Daerah Pengaruh Sta. Hujan sel kolom II, baris I	
4	KP(1,JML_BRS)	Daerah Pengaruh Sta. Hujan pada sel kolom I, jumlah baris	
5	KP(JML_KLM,1)	Daerah Pengaruh Sta. Hujan jumlah_kolom, baris I	

#### 4.3.2.3. Data Fisik DAS

Gambar 38 merupakan tampilan dari pilihan FISIK DAS pada Gambar 33, yang memberikan alternatif pilihan: TOPOGRAFI, PENGGUNAAN LAHAN, FISIK TANAH, dan MUKA AIR TANAH.



Gambar 38. Tampilan Sarana Melihat Data Fisik DAS

#### 4.3.2.3.1. Topografi

Pilihan TOPOGRAFI pada Gambar 38 dapat digunakan untuk membuka file yang berisi elevasi topografi pada setiap titik sudut sel (Gambar 39).

	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
176	370	375	375	374	372	368	362	362
177	374	376	374	373	371	368	359	368
178	374	373	372	370	369	364	364	361
179	372	371	368	365	369	350	350	350
180	372	370	366	364	360	351	357	371
181	371	370	366	361	362	363	364	381
182	371	370	366	363	363	366	375	400
183	370	370	366	360	353	368	362	405
184	369	369	367	360	348	372	363	416
185	369	366	364	360	362	358	371	417
186	367	364	363	367	361	349	373	394
187	365	364	363	362	366	349	369	378
188	367	369	364	369	360	344	368	370
189	367	366	340	330	362	358	364	365
190	363	364	363	367	368	375	377	374
191	362	363	365	371	378	386	392	386
192	372	371	374	379	384	415	421	401
193	387	384	386	389	410	447	423	405
194	406	411	412	402	408	432	413	394

Gambar 39. Tampilan File Data Topografi

Struktur data dari file: ELEVASI\_TOPOGRAFI.DAT tersebut adalah:

Tabel 29. Struktur Data Elevasi Topografi

Kolom/ Baris	A	B	C	D	E
1	E(1,1)	E(2,1)	E(3,1)	E(4,1)	E(269,1)
2	E(1,2)				
3	E(1,3)				
290	E(1,290)				

Penjelasan dari Tabel 29 adalah sebagai berikut:

Tabel 30. Penjelasan Struktur Data Elevasi Topografi

No	NOTASI	URAIAN	SATUAN
1	<b>E(1,1)</b>	Elevasi Topografi pada sel kolom I, baris I	meter
2	<b>E(1,2)</b>	Elevasi Topografi pada sel kolom I, baris II	Meter
3	<b>E(2,1)</b>	Elevasi Topografi pada sel kolom II, baris I	Meter

#### 4.3.2.3.2. Penggunaan Lahan

Gambar 40 menampilkan sarana untuk membuka file yang berisi data penggunaan lahan, dan file yang berisi klasifikasi jenis dan kondisi penggunaan lahan. Gambar tersebut akan tampil jika pilihan KONDISI PENGGUNAAN LAHAN pada Gambar 38 di-klik.

Pada program yang dibangun disediakan vasilitas pembedaan sebanyak 13 varian yang bebas diisi sesuai dengan jenis dan kondisi penggunaan lahan yang ada.



Gambar 40. Tampilan Sarana Melihat Data Penggunaan Lahan

#### 4.3.2.3.2.1. Sebaran Data

Data sebaran jenis dan kondisi penggunaan lahan disimpan pada file: LAND\_COVER.DAT (Gambar 41).

A1	0	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH
89	0	0	0	0	0	0	5	5	5
90	0	0	0	0	0	0	5	5	5
91	0	0	0	0	0	0	5	6	5
92	0	0	0	0	0	0	6	6	6
93	0	0	0	0	0	0	6	6	5
94	0	0	0	0	0	0	5	5	5
95	0	0	0	0	0	0	5	5	5
96	0	0	0	5	5	5	6	5	5
97	0	0	5	5	5	5	5	5	6
98	0	5	6	5	5	5	5	5	5
99	0	5	5	6	6	6	5	5	5
100	6	5	6	6	5	5	5	5	5
101	6	6	5	6	6	5	6	5	5
102	6	6	6	6	5	5	5	5	5
103	5	6	5	6	6	5	5	5	6
104	5	6	6	6	5	5	6	5	5
105	5	6	6	6	6	6	6	6	5
106	5	6	6	6	6	6	5	5	5
107	5	5	5	6	6	6	5	5	5

Gambar 41. Tampilan File Data Kondisi Penggunaan Lahan

Angka yang tertera pada setiap sel adalah klas dari jenis dan kondisi penggunaan lahan, yang pada penelitian ini dibuat dalam 13 klas sebagai berikut: 1. Hutan Alam, 2. Hutan Rapat, 3. Hutan Parsial, 4. Hutan Jarang, 5. Kebun Campuran, 6. Kebun Sejenis, 7. Sawah Irigasi, 8. Sawah Tadah Hujan, 9. Tegalan, 10. Pemukiman, 11. Rumput, 12. Belukar, 13. Air Tawar. Struktur data dari File: LAND\_COVER.DAT adalah sebagai berikut:

Tabel 31. Struktur Data Penggunaan Lahan

KOLOM/BARIS	A	B	C		
1	LAND (1,1)	LAND (2,1)	LAND (3,1)		LAND(269,1)
2	LAND (1,2)				
290	LAND (1,290)				

Penjelasan tentang arti dan posisi notasi pada Tabel 32 adalah sebagai berikut:



Tabel 32. Penjelasan Struktur Data Penggunaan Lahan

No	NOTASI	URAIAN	SATUAN
1	<b>LAND (1,1)</b>	Identitas Kondisi Penggunaan Lahan pada sel kolom I, baris I	
2	<b>LAND (1,2)</b>	Identitas Kondisi Penggunaan Lahan pada sel kolom I, baris II	
3	<b>LAND (2,1)</b>	Identitas Kondisi Penggunaan Lahan pada sel kolom II, baris I	

## 4.3.2.3.2.2. Klasifikasi

Klasifikasi penggunaan lahan yang disertai nilai koefisien intersepsi dan koefisien Manning, disimpan pada file yang ditampilkan pada Gambar 42.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	HUTAN_ALAM	21.00	0.60											
3	HUTAN_RAPAT	20.30	0.50											
4	HUTAN_PARSIAL	19.83	0.40											
5	HUTAN_SARANG	9.41	0.30											
6	KEBUN_CAMPURAN	17.60	0.13											
7	KEBUN_SEJENIS	17.35	0.13											
8	SAWAH_RIGASI	9.68	0.004											
9	SAWAH_TANAH_HILIAN	9.68	0.004											
10	TEGALAN	9.68	0.004											
11	PEMUKIMAN	0	0.075											
12	RUMPUT	0	0.04											
13	BELUKAR	17.60	0.037											
14	AIR_TAWAR	0	0.037											
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														

Gambar 42. Tampilan File Koef. Intersepsi dan Koef. Manning

Tabel 33. Struktur Data Koef. Intersepsi dan Koef. Manning

Kolom/Baris	A	B	
1	<b>Jml klas</b>		
2	<b>Penggunaan Lahan ke-1</b>	<b>Koef. Ints</b>	<b>Koef. Man</b>
.....			
14	<b>Penggunaan Lahan ke-13</b>	<b>Koef. Ints</b>	<b>Koef. Man</b>

Penjelasan dari struktur data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 34. Penjelasan Struktur Data Koef. Intersepsi dan Koef. Manning

No	PARAMETER	URAIAN	SATUAN
1	<b>Jml klas</b>	Jumlah klas data penggunaan lahan, maksimum 13	
2	<b>Koef. Ints.</b>	Koef. Intersepsi untuk Penggunaan Lahan yang bersesuaian	%
3	<b>Koef. Man.</b>	Koef. Manning untuk Penggunaan Lahan yang bersesuaian	

#### 4.3.2.3.3. Fisik Tanah

Pilihan FISIK TANAH pada Gambar 38 jika diaktifkan akan menampilkan Gambar 43, yang memberikan pilihan SEBARAN DATA dan KLASIFIKASI.



Gambar 43. Tampilan Sarana Melihat Data Fisik Tanah

#### 4.3.2.3.3.1. Sebaran Data

Gambar 44 merupakan tampilan dari pilihan SEBARAN DATA pada Gambar 43. Nilai yang diisikan pada setiap sel adalah nomor urut klas tekstur tanah yang didefinisikan, di dalam penelitian ini dibatasi sebanyak 10 varian.

A1	C.J	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CO
63	7	7	7	7	7	7	7	7
64	7	7	7	7	7	7	7	7
65	7	7	7	7	7	7	7	7
66	7	7	7	7	7	7	7	7
67	7	7	7	7	7	7	7	7
68	7	7	7	7	7	7	7	7
69	7	7	7	7	7	7	7	7
70	7	7	7	7	7	7	7	7
71	7	7	7	7	7	7	7	7
72	7	7	7	7	7	7	7	7
73	7	7	7	7	7	7	7	7
74	7	7	7	7	7	7	7	7
75	7	7	7	7	7	7	7	7
76	7	7	7	7	7	7	7	7
77	7	7	7	7	7	7	7	7
78	7	7	7	7	7	7	7	7
79	7	7	7	7	7	7	7	7
80	7	7	7	7	7	7	6	6
81	7	7	7	7	7	6	6	6

Gambar 44. Tampilan File Data Sebaran Fisik Tanah

#### 4.3.2.3.3.2. Klasifikasi

Pilihan KLASIFIKASI pada Gambar 43 merupakan sarana untuk membuka file yang berisi tentang data fisik tanah, yaitu: klas tekstur, kandungan air pada pF2, kandungan air pada pF4, kapasitas infiltrasi, kandungan air tanah di lapisan tanah tidak jenuh pada saat survey sebagai kondisi awal dalam perhitungan, daya hantar hidraulis tanah (Gambar 45).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1	22.08	12.96	33.4	22.1	19										
2	2	21.51	10.98	73	22.07	19										
3	3	33.54	20.48	15.4	20.01	19										
4	4	26	13.37	19.71	11.04	19										
5	5	45.2	23.98	64.2	22.1	19										
6	6	32.81	25.84	64.2	22.07	19										
7	7	31.72	18.12	51.1	20.01	19										
8	8	33.54	20.48	15.4	20.01	19										
9	9	22.08	12.96	33.4	22.1	19										
10	10	21.51	10.98	73	22.07	19										
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																

Gambar 45. Tampilan File Data Klasifikasi Fisik Tanah

Struktur data dari file: FISIK\_TANAH.DAT adalah sebagai berikut:

Tabel 35. Struktur Data Fisik Tanah

Kolom/ Baris	A	B	C	D	E	F
1	KLAS_TEKSTUR (1)	PF_2 (1)	PF_4 (1)	KAP_INFILT (1)	THETA (1)	KS (1)
2	KLAS_TEKSTUR (2)	PF_2 (2)	PF_4 (2)	KAP_INFILT (2)	THETA (2)	KS (2)
3	KLAS_TEKSTUR (3)	PF_2 (3)	PF_4 (3)	KAP_INFILT (3)	THETA (3)	KS (3)
	...	...	...	...	...	...
10	KLAS_TEKSTUR (10)	PF_2 (10)	PF_4 (10)	KAP_INFILT (10)	THETA (10)	KS (10)

Sedangkan arti dari masing-masing parameter tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 36. Penjelasan Struktur Data Fisik Tanah

No	NOTASI	URAIAN	SATUAN
1	<b>KLAS_TEKSTUR</b>	Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur	
2	<b>PF_2</b>	Tegangan air tanah, saat kap. lapangan	
3	<b>PF_4</b>	Tegangan air tanah, saat titik layu	
4	<b>KAP_INFILT</b>	Nilai Kapasitas Infiltrasi	mm / jam
5	<b>THETA</b>	Rerata kandungan air tanah	%
6	<b>KS</b>	Daya hantar hidraulik tanah	m / detik

## 4.3.2.3.4. Muka Air Tanah

Gambar 46 merupakan tampilan dari pilihan MUKA AIR TANAH pada Gambar 38.

	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
135	411	411	410	406	384	402	409	410
136	413	412	410	404	383	397	409	409
137	411	411	407	384	399	402	409	409
138	409	409	398	384	401	404	407	409
139	409	399	382	397	401	404	406	409
140	396	371	387	399	401	403	406	408
141	372	397	403	401	402	403	405	408
142	404	402	402	401	402	403	406	408
143	405	401	398	400	402	404	406	408
144	401	399	397	399	401	403	406	409
145	397	397	397	398	399	402	406	409
146	397	397	397	397	398	399	403	408
147	396	396	397	397	397	397	401	406
148	396	396	397	397	397	397	401	406
149	395	396	397	397	397	398	400	405
150	393	396	397	397	397	398	398	399
151	391	395	397	398	399	398	396	394
152	387	392	393	394	398	394	389	395
153	385	387	386	384	386	384	384	383

Gambar 46. Tampilan File Data Muka Air tanah

Nilai yang terlihat di setiap sel adalah elevasi permukaan air tanah, yang diperoleh dari hasil perubahan kontur permukaan air tanah ke dalam bentuk format ASCII. Struktur data dari file: ELEVASI\_GWL.DAT tersebut adalah:

Tabel 37. Struktur Data Elevasi Permukaan Air Tanah

Kolom/ Baris	A	B	C	D	E	.....
1	<b>GWL(1,1)</b>	<b>GWL(2,1)</b>	<b>GWL (3,1)</b>	<b>GWL(4,1)</b>		<b>GWL (269,1)</b>
2	<b>GWL(1,2)</b>					
3	<b>GWL(1,3)</b>					
4	<b>GWL(1,4)</b>					
5	<b>GWL(1,5)</b>					
290	<b>GWL(1,290)</b>					

Dengan penjelasan arti dari masing-masing parameter adalah sebagai berikut:

Tabel 38. Penjelasan Struktur Data Elevasi Permukaan Air Tanah

No	NOTASI	URAIAN	SATUAN
1	<b>GWL(1,1)</b>	Elevasi permukaan air tanah pada sel kolom I, baris I	meter
2	<b>GWL(1,2)</b>	Elevasi permukaan air tanah pada sel kolom I, baris II	Meter
3	<b>GWL(2,1)</b>	Elevasi permukaan air tanah pada sel kolom II, baris I	Meter

#### 4.3.2.4. Simulasi

Gambar 47 merupakan tampilan dari pilihan SIMULASI pada Gambar 33, yang memberikan alternatif pilihan: BOBOT PARAMETER, dan RENCANA PERBAIKAN.



Gambar 47. Tampilan Sarana Mengisi Data Simulasi

#### 4.3.2.4.1. Bobot Parameter

Pilihan BOBOT PARAMETER pada Gambar 47 akan menampilkan format data bobot parameter yang merupakan data masukan pada proses identifikasi kondisi lahan (Gambar 48).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	2	3	4	5							
2	2	4	6	8	10							
3	1	2	3	4	5							
4	1	2	3	4	5							
5	10	13	16	19	21							
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												

Gambar 48. Tampilan File Bobot Parameter

Struktur data dari file: BOBOT PARAMETER.DAT adalah sebagai berikut:

Tabel 39. Struktur Data Bobot Parameter

Klm/ Brs	A	B	C	E
1	Skor_Lereng_A	Skor_Lereng_B		Skor_Lereng_E
2	Skor_Land_A	Skor_Land_B		Skor_Land_E
3	Skor_Kap_Infilt_A	Skor_Kap_Infilt_B		Skor_Kap_Infilt_E
4	Skor_Hujan_A	Skor_Hujan_B		Skor_Hujan_E
5	Total_Skor_Kond_1	Total_Skor_Kond_2		Total_Skor_Kond_5

Sedangkan arti dari masing-masing parameter tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 40. Penjelasan Struktur Data Bobot Parameter

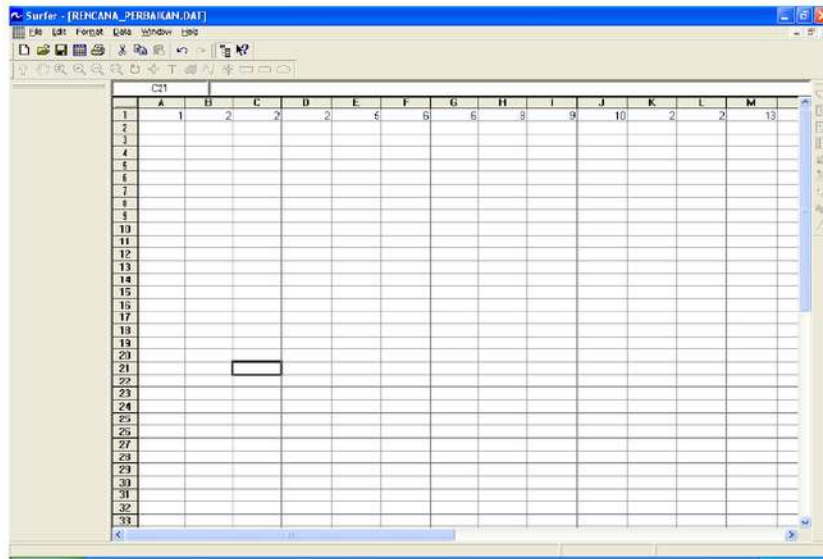
No	NOTASI	URAIAN
1	Skor_Lereng	Skor berdasarkan klasifikasi kelerengan topografi
2	Skor_Land	Skor berdasarkan penggunaan lahan
3	Skor_Kap_Infilt	Skor berdasarkan kapasitas infiltrasi
4	Skor_Hujan	Skor Berdasarkan hujan
5	Total_Skor_Kond	Jumlah Skor sebagai batas klas kondisi lahan

#### 4.3.2.4.2. Rencana Perbaikan

Pilihan RENCANA PERBAIKAN pada Gambar 47 akan menampilkan format data rencana perbaikan penggunaan lahan yang merupakan data masukan pada proses perbaikan penggunaan lahan sesuai dengan skenario yang direncanakan (Gambar 49).

Struktur data pada file tersebut terdiri dari: satu baris data, mulai kolom A hingga kolom M. Arti tempat dari masing-masing kolom dijelaskan pada Tabel 41, sedangkan arti nilai dari masing-masing angka dijelaskan pada Tabel 42.





Gambar 49. Tampilan File Rencana Perbaikan

Tabel 41. Penjelasan Arti Tempat dari Struktur Data Rencana Perbaikan

No.	Kolom	Perbaikan Dari Penggunaan Lahan Kondisi Eksisting berupa:	No.	Kolom	Perbaikan Dari Penggunaan Lahan Kondisi Eksisting berupa:
1	A	Hutan Alam	7	G	Tegalan
2	B	Hutan Rapat	8	H	Sawah Irigasi
3	C	Hutan Parsial	9	I	SawahTadah Hujan
4	D	Hutan Jarang	10	J	Pemukiman
5	E	Kebun Campuran	11	K	Padang Rumput
6	F	Kebun Sejenis	12	L	Belukar
			13	M	Air Tawar

Tabel 42. Penjelasan Arti Nilai Angka dari Struktur Data Rencana Perbaikan

No.	Angka	Perubahan Penggunaan Lahan Menjadi:	No.	Angka	Perubahan Penggunaan Lahan Menjadi:
1	1	Hutan Alam	7	7	Tegalan
2	2	Hutan Rapat	8	8	Sawah Irigasi
3	3	Hutan Parsial	9	9	SawahTadah Hujan
4	4	Hutan Jarang	10	10	Pemukiman
5	5	Kebun Campuran	11	11	Padang Rumput
6	6	Kebun Sejenis	12	12	Belukar
			13	13	Air Tawar

#### 4.3.3. Fasilitas Melihat Hasil

Untuk melihat hasil perhitungan digunakan sarana pilihan MELIHAT HASIL yang dapat dipilih pada Gambar 32, kemudian mengantarkan kita pada tampilan Gambar 50.



Gambar 50. Tampilan Sarana Melihat Hasil

#### 4.3.3.1. Kondisi Lahan

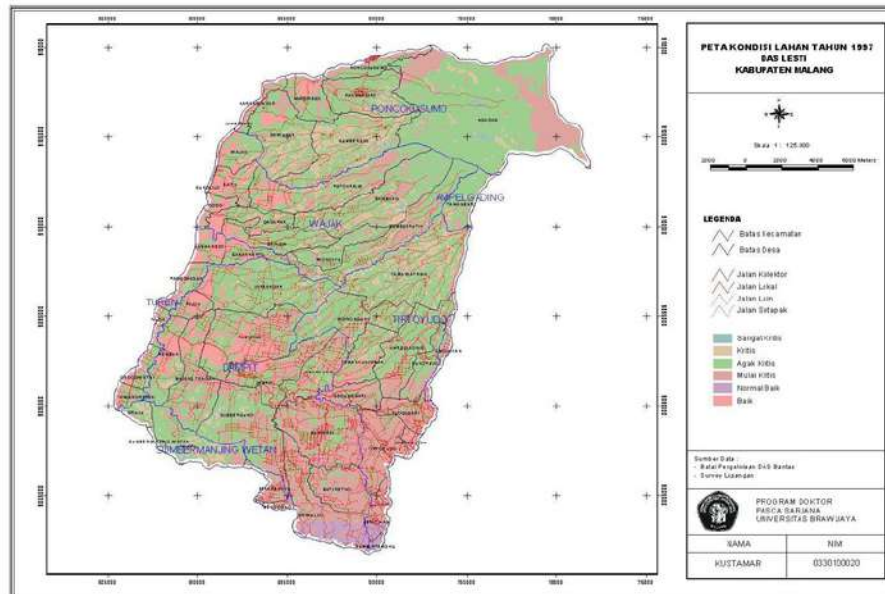
Pilihan KONDISI LAHAN pada Gambar 50 merupakan sarana melihat hasil identifikasi kondisi lahan, dalam format ASCII (periksa contoh pada Gambar 51).

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH
117	3	4	3	6	6	6	6	6
118	3	3	6	4	6	6	6	6
119	3	3	3	3	6	6	6	6
120	3	3	3	4	4	6	6	6
121	4	3	4	4	3	6	6	6
122	3	4	4	3	3	3	4	4
123	4	3	4	4	3	3	4	4
124	4	4	4	4	3	3	3	4
125	3	4	4	3	3	3	3	3
126	3	3	3	3	3	3	4	3
127	3	3	3	3	3	3	3	4
128	3	4	4	4	3	3	3	3
129	3	4	4	3	3	3	3	3
130	4	3	4	3	3	3	3	3
131	4	3	6	6	3	3	3	3
132	3	3	6	4	3	3	3	3
133	3	6	6	6	4	3	3	3
134	6	6	6	6	4	4	3	4
135	6	6	6	6	4	4	3	3

Gambar 51. Tampilan File Hasil Analisa Kondisi Lahan Dalam Format ASCII

Nilai yang terlihat di setiap sel pada tampilan hasil analisa kondisi lahan menunjukkan klas dari kondisi lahan yang ditinjau. Pada penelitian ini, kondisi lahan diklasifikasi sebagai berikut: 1). Sangat Kritis, 2).Kritis, 3). Agak Kritis, 4). Mulai Kritis, 5).Normal Alami, dan 6). Baik.

File hasil identifikasi kondisi lahan yang semula dalam format ASCII dapat diubah ke dalam format raster (periksa Lampiran 22). Jika dikehendaki sajian peta yang dikaitkan dengan informasi batas administratif, hasil analisa kondisi lahan yang sudah diubah ke dalam format raster tersebut ditumpang susun dengan batas administratif (Gambar 52).



Gambar 52. Tampilan File Peta Hasil Analisa Kondisi Lahan

#### 4.3.3.2. Perbaikan Penggunaan Lahan

Pilihan PERBAIKAN PENGGUNAAN LAHAN pada Gambar 50 mengantarkan kita ke tampilan Gambar 53. Pada gambar tersebut diberikan alternatif pilihan fasilitas untuk membuka file yang menyimpan data hasil analisa lahan dengan kondisi yang bersesuaian, yaitu: lahan sangat kritis, lahan kritis, dan lahan agak kritis.

Hasil identifikasi kondisi lahan menunjukkan lokasi dan jumlah sel yang merupakan data masukan untuk perencanaan perbaikan. Agar lebih aplikatif, data tersebut dikaitkan dengan informasi batas administratif berupa nama desa. Yang dimaksud dengan 1 sel dalam analisa ini identik dengan petak lahan berukuran 100 m x 100 m (sama dengan ukuran sisi sel dalam pembentukan grid, atau sama dengan nilai DX).



Gambar 53. Tampilan Sarana Melihat Hasil Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan

Sajian hasil analisa kondisi lahan pada tampilan Gambar 54, 55, dan 56 menunjukkan bahwa: kolom A, dan B, adalah: nomor urut, dan nama desa. Sedangkan Kolom C dan D adalah koordinat dari titik tengah petak. Informasi jenis penggunaan lahan diberikan pada kolom E.

#### 4.3.3.2.1. Lahan Sangat Kritis

Gambar 54 merupakan tampilan file yang memuat data hasil analisa kondisi lahan dengan klas Sangat Kritis, yang mana untuk membukanya digunakan pilhan LAHAN SANGAT KRITIS pada Gambar 53.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
37	PANDANSARI	701019	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
38	SUMBEREJO	702119	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
39	SUMBEREJO	702219	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
40	SUMBEREJO	702319	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
41	SUMBEREJO	702419	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
42	NGADAS	702519	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
43	PANDANSARI	701419	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
44	SUMBEREJO	702019	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
45	SUMBEREJO	702119	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
46	SUMBEREJO	702219	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
47	SUMBEREJO	702319	9085667	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
48	SUMBEREJO	701719	9085767	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
49	SUMBEREJO	701819	9085767	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
50	SUMBEREJO	701919	9085767	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
51	SUMBEREJO	702019	9085767	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
52	NGADAS	703219	9085867	HUTAN_JARANG	HUTAN_RAPAT				
53	SUMBEREJO	701519	9085067	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
54	NGADAS	704519	9085067	HUTAN_JARANG	HUTAN_RAPAT				
55	SUMBEREJO	701319	9085167	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
56	SUMBEREJO	701419	9085167	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
57	SUMBEREJO	701219	9085267	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
58	SUMBEREJO	701119	9085367	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
59	SUMBEREJO	701219	9085367	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
60	SUMBEREJO	905719	9085467	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				
61	SUMBEREJO	701119	9085467	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS				

Gambar 54. Tampilan File Rencana Perbaikan Lahan Sangat Kritis

#### 4.3.3.2.2. Lahan Kritis

Pilihan LAHAN KRITIS pada Gambar 53 merupakan sarana membuka file yang membuat informasi hasil identifikasi kondisi lahan dengan klas Lahan Kritis dengan sajian yang diperlihatkan pada Gambar 55.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
25	PANDANSARI	700419	9094357	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
26	PANDANSARI	700519	9094357	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
27	PANDANSARI	700619	9094357	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
28	PANDANSARI	700719	9094357	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
29	PANDANSARI	700819	9094357	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
30	PANDANSARI	700919	9094457	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
31	PANDANSARI	700319	9094557	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
32	PANDANSARI	701119	9094557	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
33	PANDANSARI	699819	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
34	PANDANSARI	699919	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
35	PANDANSARI	700019	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
36	PANDANSARI	700119	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
37	PANDANSARI	700319	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
38	PANDANSARI	701119	9094657	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
39	PANDANSARI	699919	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
40	PANDANSARI	700119	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
41	PANDANSARI	700219	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
42	PANDANSARI	700319	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
43	PANDANSARI	700419	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
44	PANDANSARI	700519	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
45	PANDANSARI	700619	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
46	PANDANSARI	700719	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
47	PANDANSARI	700819	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
48	PANDANSARI	700919	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					
49	PANDANSARI	701119	9094757	TEGALAN	KEBUN_SEJENIS					

Gambar 55. Tampilan File Rencana Perbaikan Lahan Kritis

#### 4.3.3.2.3. Lahan Agak Kritis

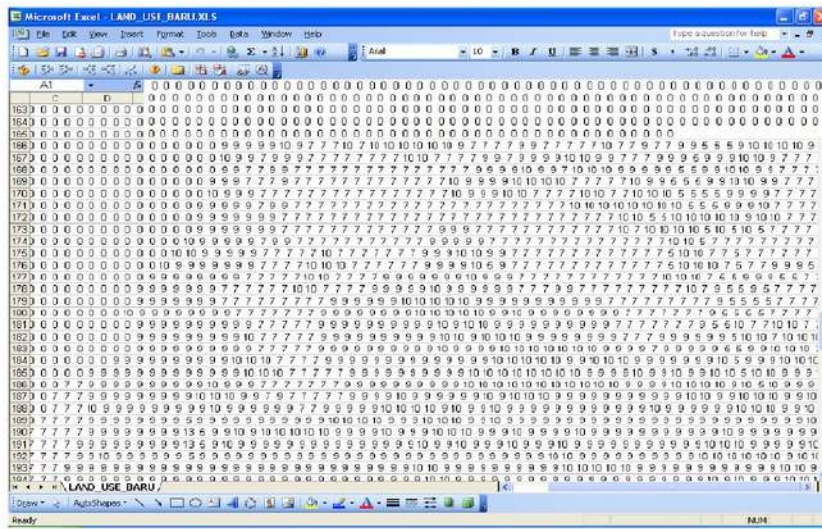
Gambar 56 akan tampil jika pilihan LAHAN AGAK KRITIS pada Gambar 53 di-klik. Pada tampilan tersebut menunjukkan informasi tentang petak lahan yang kondisinya tergolong agak kritis dan berlokasi di desa mana, serta dengan jenis penggunaan lahan apa.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7292	7292 SRIMULYO	696519	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7293	7293 SRIMULYO	696619	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7294	7294 SRIMULYO	696719	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7295	7295 SRIMULYO	696819	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7296	7296 KEPATHAN	696919	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7297	7297 KEPATHAN	696819	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7298	7298 KEPATHAN	696919	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7299	7299 KEPATHAN	700019	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7300	7300 KEPATHAN	700119	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7301	7301 KEPATHAN	700219	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7302	7302 KEPATHAN	700319	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7303	7303 KEPATHAN	700419	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7304	7304 KEPATHAN	700519	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7305	7305 KEPATHAN	700619	9108267	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7306	7306 SRIMULYO	696119	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7307	7307 SRIMULYO	696219	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7308	7308 SRIMULYO	696319	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7309	7309 SRIMULYO	696419	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7310	7310 SRIMULYO	696519	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7311	7311 SRIMULYO	696619	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7312	7312 SRIMULYO	696719	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7313	7313 SRIMULYO	696819	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7314	7314 SRIMULYO	697219	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7315	7315 SRIMULYO	696519	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				
7316	7316 SRIMULYO	696619	9108367	TEGALAN	KEBUN_SEJENS				

Gambar 56. Tampilan File Rencana Perbaikan Lahan Agak Kritis

#### 4.3.3.2.4. Rencana Penggunaan Lahan

Pilihan RENCANA PENGGUNAAN LAHAN pada Gambar 53 merupakan sarana untuk melihat hasil rencana penggunaan lahan, dalam format ASCII (Gambar 57).



Gambar 57. Tampilan File RENCANA PENGGUNAAN LAHAN

4.3.3.3. Debit Jam-jaman

Hasil hitungan debit jam-jaman disajikan pada file dengan tampilan pada Gambar 58, yang diperoleh dengan meng-klik pilihan DEBIT JAM-JAMAN pada Gambar 50.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	13	7	0.77767	0.0125	0.0011							
2	13	8	0.76573	0.00164	0.00008							
3	13	9	0.76338	0.00025	0.00013							
10	13	10	0.74726	0.00004	0.00021							
11	13	11	0.74136	0.00001	0.00136							
12	13	12	0.73555	0	0.00566							
13	13	13	0.72978	0	0.00979							
14	13	14	20.06062	12.13655	0.36407							
15	13	15	32.95142	24.22695	0.36446							
16	13	16	32.4735	23.76095	0.36066							
17	13	17	50.07001	41.76607	0.3636							
18	13	18	11.58388	2.87554	0.34532							
19	13	19	9.68076	0.97803	0.34273							
20	13	20	9.07837	0.37918	0.3392							
21	13	21	0.04705	0.15204	0.3317							
22	13	22	0.76322	0.05696	0.32636							
23	13	23	0.71115	0.03029	0.30006							
24	13	24	8.68985	0.01436	0.3156							
25	14	1	9.16288	0.00429	0.74567							
26	14	2	3.0594	0.00164	0.73067							
27	14	3	9.05437	0.00003	0.73433							
28	14	4	9.05529	0	0.73529							
29	14	5	9.05677	0	0.73677							
30	14	6	9.05825	0	0.73825							
31	14	7	9.05973	0	0.73973							
32	14	8	9.06121	0	0.74121							
33	14	9	9.06269	0	0.74269							
34	14	10	9.06417	0	0.74417							
35	14	11	9.06565	0	0.74565							
36	14	12	9.06713	0	0.74713							
37	14	13	9.06861	0	0.74861							
38	14	14	9.07009	0	0.75009							
39	14	15	9.07157	0	0.75157							

Gambar 58. Tampilan File Debit Jam-jaman



Kolom A dan B pada tampilan di atas menginformasikan tanggal dan jam, sedangkan pada kolom C, D, dan E adalah: total debit, debit limpasan permukaan, dan debit air tanah yang terjadi pada titik tinjauan.

#### 4.3.3.4. Debit Rerata Harian

Gambar 59 menyajikan hasil hitungan debit rerata harian selama setahun, yang dibuka dengan jalan memilih pilihan DEBIT RERATA HARIAN pada Gambar 50.

BULAN											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
BULAN	TANGGAL	PERATA O HARIAN									
9	1	0.276898									
9	2	0.570428									
9	3	0.862727									
9	4	0.558659									
9	5	2.045273									
9	6	0.531648									
9	7	0.512071									
9	8	0.490686									
9	9	1.060876									
9	10	1.528601									
9	11	3.204275									
9	12	2.307913									
9	13	0.451244									
9	14	0.677442									
9	15	0.805429									
9	16	0.639133									
9	17	0.674248									
9	18	0.710612									
9	19	0.748139									
9	20	0.786665									
9	21	0.8258									
9	22	0.865447									
9	23	0.904526									
9	24	0.942956									
9	25	1.057415									
9	26	1.03142									
9	27	1.030347									
9	28	1.030347									
9	29	1.030347									
9	30	1.70524									
10	1	1.301456									

Gambar 59. Tampilan File Debit Rerata Harian

Tampilan Gambar 59, menunjukkan bahwa pada kolom A dan B menginformasikan bulan dan tanggal, sedangkan pada kolom C adalah besarnya debit rerata harian yang terjadi pada titik tinjauan.

#### 4.3.3.5. KRS

Gambar 60 menginformasikan hasil hitungan debit maksimum dan minimum dari rerata harian selama satu tahun, serta besarnya KRS.

#### 4.4. Pengujian Model

Pengujian model dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan model dalam menirukan dan menganalisa kondisi alam nyata, yang dalam hal ini digunakan parameter hidrograf debit limpasan permukaan dan hidrograf debit air tanah sebagai ukuran. Selain hal tersebut, model juga diuji kemampuannya dalam menganalisa tingkat kekritisitan kondisi lahan, dan menghitung KRS.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Q. MAKS	=		118.856	Q. MIN	=		8.36	KRS	=		14.222
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												

Gambar 60. Tampilan File KRS

Model dianggap dapat menirukan dan menganalisa kondisi nyata jika hasil hitungan model terhadap parameter tersebut mempunyai tingkat kesesuaian yang tinggi dengan data hasil pengukuran. Sebagai ukuran kesesuaian ditunjukkan dengan kemampuannya dalam menirukan trend

grafik hasil pengukuran (hidrograf debit) dalam proses kalibrasi maupun verifikasi, serta persentase selisih nilai KRS.

Untuk mengetahui <sup>1</sup> kesebangunan tersebut, uji trend dilakukan dalam dua bentuk, yaitu:

- a). Tampilan grafis dengan membandingkan antara hasil pengukuran dengan hasil model. Dua buah (atau lebih) grafik dianggap memiliki trend yang sama jika secara visual menampilkan bentuk yang sebangun.
- b). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara sebaran data hasil pengukuran dengan hasil model. Tingkat kesebangunan antara hasil pengukuran dengan hasil model ditunjukkan dengan perbandingan antara koefisien t yang dihitung dengan koefisien t yang diperoleh dari tabel.

#### **4.4.1. Limpasan Permukaan dan Aliran Air Tanah**

##### **4.4.1.1. Kalibrasi**

Untuk kalibrasi parameter DT dan KTP digunakan debit jam-jaman akibat hujan sesaat, agar kedua parameter tersebut dapat dilihat dengan nyata pengaruhnya. Parameter DT merupakan selang waktu hitungan model, yang dapat digunakan untuk menyesuaikan waktu terjadinya debit puncak hidrograf hasil simulasi dengan debit hasil pengukuran. Sedangkan parameter KTP merupakan faktor pengali terhadap kapasitas infiltrasi tanah, yang dapat digunakan untuk menyesuaikan tinggi puncak debit.

###### **4.4.1.1.1. Parameter DT**

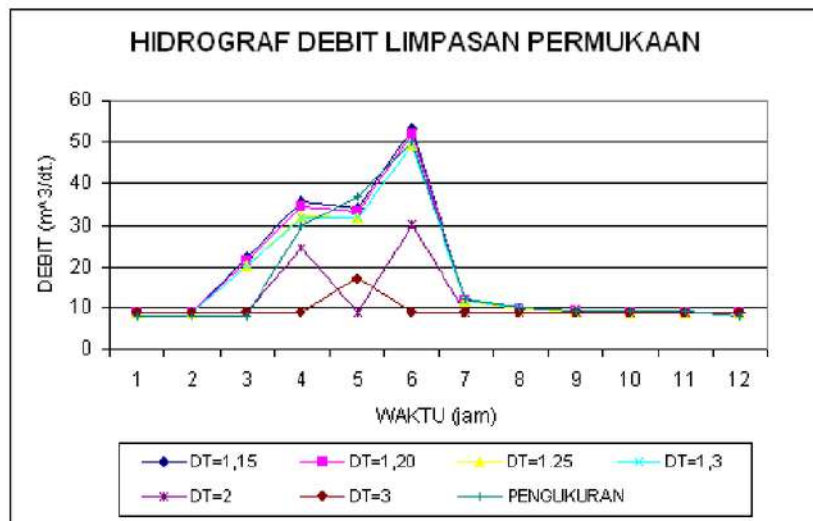
Parameter DT merupakan selang waktu hitungan di dalam analisa debit, yang besarnya harus lebih kecil dari waktu tempuh air mengalir dari

sisi sel terjauh ke sisi sel yang ditinjau. Penggunaan nilai DT yang terlalu kecil akan mengabaikan terjadinya iterasi analisa yang sangat banyak, hal tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap:

1. Lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proses analisa data. Dengan ukuran grid pada DAS sebanyak 290 baris dan 269 kolom, dengan  $DT = 1$  menit jika analisa limpasan permukaan dilakukan terhadap seluruh hujan selama satu tahun akan memerlukan waktu analisa sekitar 28 jam.
2. Jumlah data yang harus disimpan. Berkaitan dengan kapasitas ruangan yang tersedia, maka di dalam program ini disediakan batasan maksimum pemakaian jumlah grid = 290 baris dan 269 kolom, dan  $DT = 1$  menit.

Sebagai sarana uji pengaruh nilai DT terhadap waktu terjadinya debit puncak, simulasi dilakukan dengan perubahan nilai DT dibuat sebesar 0,05 menit pada rentang nilai 1,15 hingga 1,3. Hasil hitungan dibandingkan dengan debit limpasan hasil pengukuran, disajikan pada Gambar 61. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai DT sebesar 1 menit dapat berakibat bergesernya waktu terjadinya debit puncak banjir sebesar 1 jam. Oleh karenanya maka nilai DT sebaiknya dipilih yang paling besar agar waktu yang digunakan program untuk analisa data dapat ditekan sekecil mungkin, akan tetapi masih tidak menggeser saat terjadinya debit puncak sehingga tidak mengurangi tingkat ketelitiannya.

Dari uji korelasi antara debit limpasan hasil hitungan dengan debit limpasan hasil pengukuran menunjukkan bahwa  $DT = 1,3$  memberikan hasil yang paling baik. Oleh karenanya maka nilai DT untuk hitungan pada tahap verifikasi digunakan nilai 1,3 menit.



Gambar 61. Hidrograf Debit Banjir dengan Berbagai nilai DT

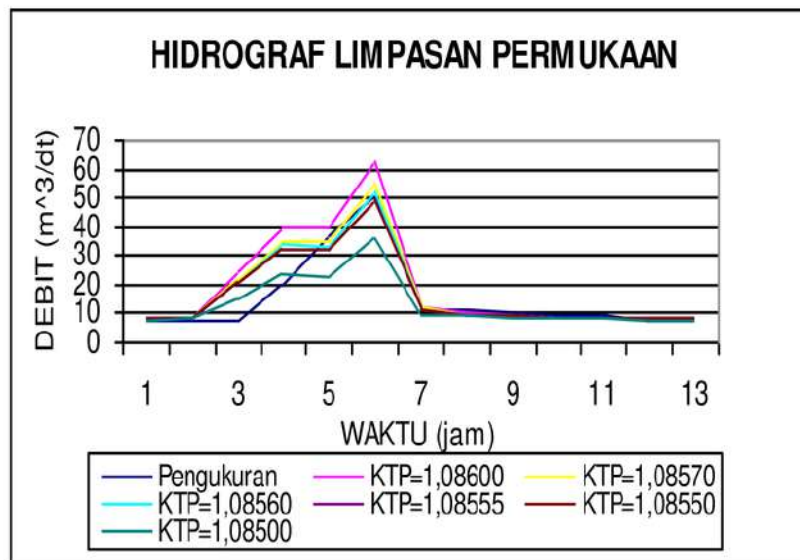
Penggunaan nilai  $DT = 2$  menghasilkan hidrograf debit dengan dua puncak, sedangkan penggunaan nilai  $DT = 3$  menghasilkan satu debit puncak dengan nilai yang sangat rendah. Hal tersebut diakibatkan adanya beberapa nilai debit puncak akibat hujan pada setiap jam-nya yang tidak terekam, dan atau terjadinya pergeseran waktu yang menyebabkan tidak tercerminkan proses kumulatif debit yang sebenarnya.

#### 4.4.1.1.2. Parameter KTP

Penyesuaian tinggi puncak debit limpasan hasil hitungan model terhadap tinggi puncak debit hasil pengukuran dilakukan dengan mencoba-coba nilai parameter KTP, yang dalam operasionalnya model mengalikan nilai KTP tersebut terhadap kapasitas infiltrasi. Fasilitas tersebut diberikan mengingat pentingnya peran kapasitas infiltrasi dalam membagi jumlah air yang berada di atas dan di bawah permukaan tanah.

Nilai hasil pengukuran kapasitas infiltrasi seringkali sulit untuk mendekati nilai yang sebenarnya, hal tersebut disebabkan kapasitas infiltrasi juga dipengaruhi oleh banyak faktor, mulai dari tekstur, kepadatan, kandungan bahan organik, kemiringan lahan, hingga kondisi awal dari kadar air. Selain hal tersebut, untuk mendapatkan nilai kapasitas infiltrasi yang mendekati kenyataan pada DAS yang cukup luas dengan variabilitas kondisi spasial fisiknya yang tinggi menuntut jumlah data yang sangat banyak.

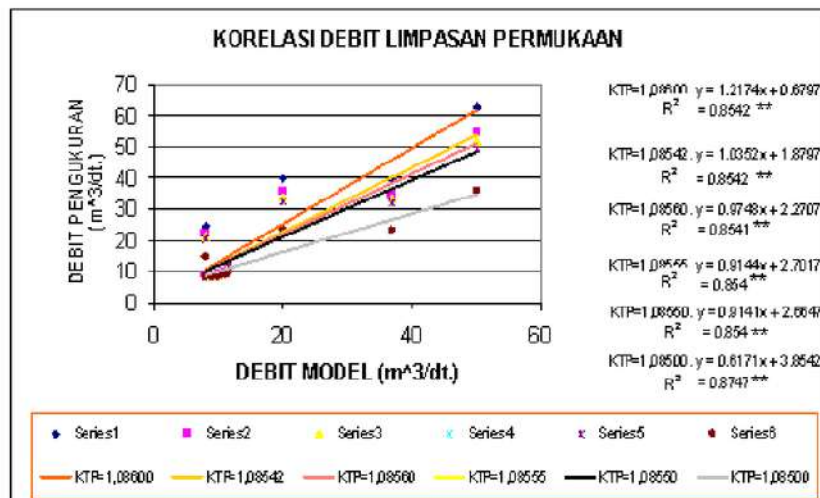
Untuk menemukan nilai yang paling tepat, simulasi nilai KTP dilakukan dengan merubah nilai yang relatif berdekatan. Dari simulasi yang dilakukan dan visualisasi hidrograf debit pada Gambar 61 diperoleh gambaran bahwa nilai KTP yang terdekat adalah = 1.08555. Hal tersebut diperkuat dengan hasil uji kesebagunan antara hidrograf hasil pengamatan dengan hasil model (Gambar 63) untuk  $KTP = 1.08555$ , nilai  $R^2 = 0,8540^{**}$  (uraian selengkapnya dapat diperiksa pada Lampiran 23).



Gambar 62. Hidrograf Debit Banjir dengan Berbagai Nilai KTP

Karena antara hidrograf debit limpasan permukaan hasil pengukuran dan hasil model tidak berbeda nyata, maka nilai  $KTP = 1,08555$  dapat digunakan dalam proses berikutnya.

Dari ringkasan hasil yang ditabulasikan pada Tabel 43, terlihat nilai  $DT=1,30$ ;  $KTP=1.08555$ , dapat dianggap cukup teliti jika digunakan pada proses selanjutnya.



Gambar 63. Korelasi Debit Limpasan Permukaan

Tabel 43. Ringkasan Hasil Kalibrasi DT dan KTP

No.	Uraian	DT	KTP	Q <sub>P</sub>	Selisih Q <sub>P</sub>		Tp (jam)	Sel.Tp (jam)	R <sup>2</sup>
					(m <sup>3</sup> /dt)	(%)			
1	Pengamatan	-	-	50	-	-	5	-	-
2	Simulasi I	1.15	1.08555	53.40	3.40	6.80	4	1	0.9102
3	Simulasi II	1.20	1.08555	51.88	1.88	3.76	5	0	0.9147
4	Simulasi III	1,25	1.08555	49.13	0.87	1.74	5	0	0.9187
5	Simulasi IV	<b>1.30</b>	1.08555	49.18	<b>0.82</b>	1.64	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0.9223</b>
6	Simulasi V	2.00	1.08555	30.30	19.70	39.4	5	0	0.6503
7	Simulasi VI	3.00	1.08555	16.92	33.08	66.16	4	1	0.2043
8	Simulasi VII	1.30	1.08600	62.58	12.58	25.16	5	0	0.9157
9	Simulasi VIII	1.30	1.08570	54.51	4.51	9.02	5	0	0.9158
10	Simulasi IX	1.30	1.08560	51.82	1.82	3.64	5	0	0.9158
11	Simulasi X	1.30	<b>1.08555</b>	49.18	<b>0.82</b>	1.64	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0.9223</b>
12	Simulasi XI	1.30	1.08550	49.13	0.87	1.74	5	0	0.9157
13	Simulasi XII	1.30	1.08500	35.68	14.32	28.64	5	0	0.9156

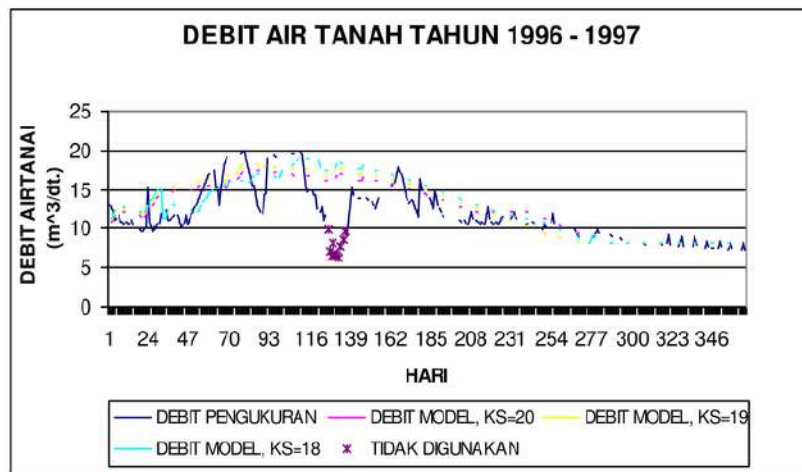
Sumber: Hasil Hitungan

#### 4.4.1.1.3. Parameter KS

Nilai Ks dapat digunakan untuk menyesuaikan besarnya debit air tanah hasil hitungan dengan debit aliran dasar hasil pengukuran. Untuk kalibrasi parameter Ks, jika tidak tersedia data hidrograf debit jam-jaman dalam jumlah yang cukup maka dapat digunakan data hidrograf debit harian dengan pendekatan sebagai berikut:

1. Besarnya debit aliran dasar dapat dianggap sama dengan besarnya debit rerata harian yang tidak terakumulasi dengan debit limpasan permukaan. Hal tersebut ditandai dengan tidak terjadinya hujan pada tanggal yang bersesuaian.
2. Besarnya debit aliran dasar pada tanggal terjadi hujan dapat diisi dengan membuat interpolasi linier, berdasarkan data terdekat yang ada.

Proses simulasi nilai Ks dilakukan setelah diperoleh nilai KTP dan DT. Dalam penelitian ini, berdasarkan nilai DT dan KTP hasil kalibrasi, nilai Ks disimulasi dengan mengubah dari: 18, 19, dan 20 terlihat nilai Ks = 20 memberikan grafik yang paling dekat dengan grafik data debit pengukuran (Gambar 64).

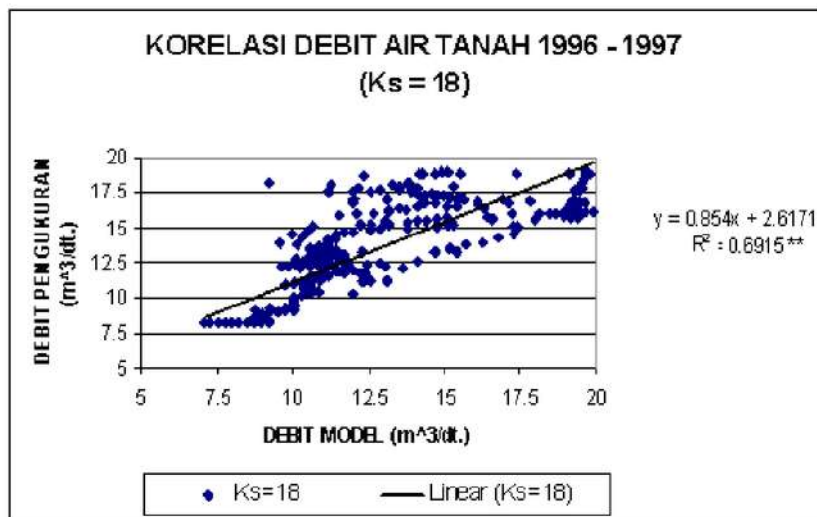


Gambar 64. Debit Rerata Harian dengan berbagai nilai Ks

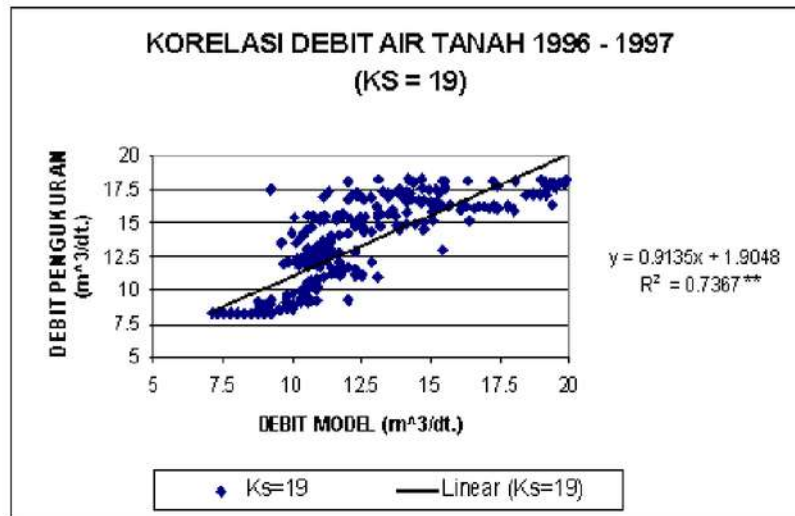


Dari Gambar 65, 66, dan 67 terlihat bahwa nilai R tertinggi adalah Gambar 63a, yaitu untuk nilai  $K_s = 20$ . Dalam uji statistik (Lampiran 23) pada  $K_s = 20$  nilai  $R^2 = 0.7477^{**}$ . Dengan demikian maka untuk hitungan berikutnya digunakan nilai  $K_s = 20$ .

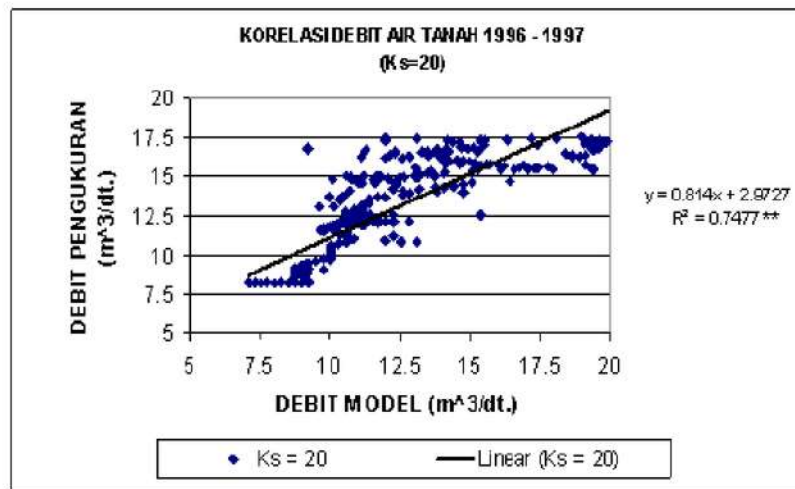
Pada Gambar 64 terlihat bahwa hidrograf debit aliran dasar (Debit hasil pengukuran) mengalami fluktuasi yang cukup tajam, hal tersebut antara lain diakibatkan adanya pengambilan air irigasi yang berlokasi di hulu alat ukur debit Tawangrejeni yang besarnya berkisar antara 1,348  $m^3/detik$  hingga 3,766  $m^3/detik$  (Lampiran 1). Antara hari ke-127 hingga hari ke-137 (tanggal 4 hingga 14 Januari 1997) mengalami penurunan hingga mencapai nilai yang cukup rendah (6,23). Dengan nilai yang lebih rendah dari nilai aliran dasar saat bulan kering (Agustus dan September) maka dipandang perlu mendapat perhatian. Data yang tidak rasional tersebut dalam penelitian ini dianggap tidak mewakili keadaan yang sebenarnya, sehingga tidak diikuti dalam proses analisa selanjutnya.



Gambar 65. Korelasi Debit Air Tanah Tahun 1997 dengan  $K_s = 18$



Gambar 66. Korelasi Debit Air Tanah Tahun 1997 dengan Ks = 19

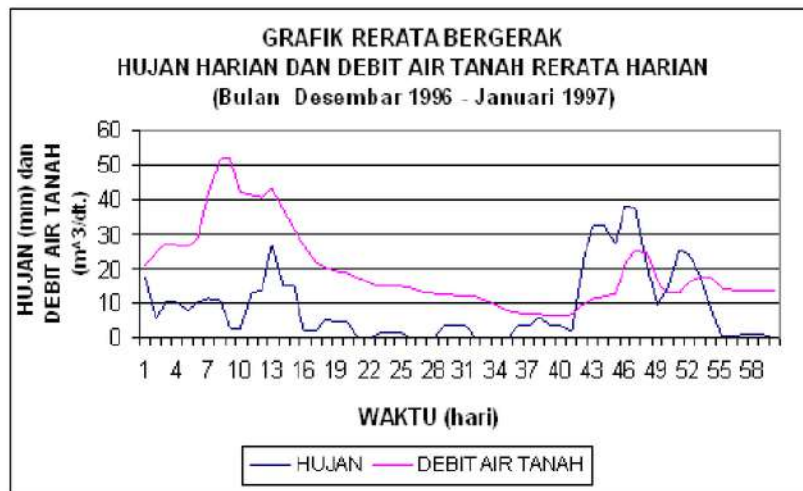


Gambar 67. Korelasi Debit Air Tanah Tahun 1997 dengan Ks = 20

Dari pemeriksaan hubungan antara hujan harian dengan debit rerata harian pada bulan Desember 1996 dan Januari 1997 diperoleh hasil bahwa kedua data tidak memiliki konsistensi yang tinggi yang ditunjukkan dengan

adanya trend grafik yang tidak serasi pada Gambar 68. (Selengkapnya periksa Lampiran 24).

Sifat responsif debit air tanah terhadap hujan cukup lambat (tidak secepat respon debit limpasan permukaan), hal tersebut akibat adanya proses aliran air melalui media batuan dengan kecepatan yang lambat. Puncak debit pada hari ke 48 dan ke 53 merupakan respon adanya puncak hujan pada hari ke 43 dan ke 48, jadi terdapat tenggang waktu sekitar 5 hari. Sedangkan puncak debit pada hari ke-8 merupakan respon dari hujan hari ke-2 dan sebelumnya.



Gambar 68. Uji Trend Debit Air Tanah Tahun 1997

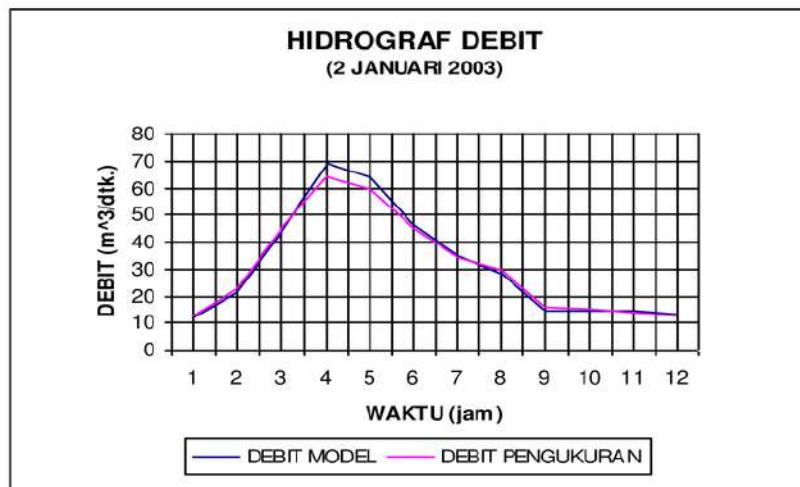
Pada Gambar 64 terlihat bahwa mulai hari ke 120, grafik debit pengukuran cenderung lebih rendah dari pada debit model. Hal tersebut sesuai dengan Gambar 68, yaitu mulai hari ke 33 grafik debit cenderung rendah, tidak proporsional dengan grafik hujan yang terjadi sebagaimana hari-hari sebelumnya.

Mengingat nilai parameter DT juga berpengaruh terhadap lamanya waktu proses hitungan nilai KTP dan KS, maka sebaiknya dalam proses kalibrasi dilakukan paling awal. Peran nilai KTP, ialah sebagai pembagi hujan bersih menjadi air di atas dan di bawah permukaan, sehingga harus dilakukan kalibrasi sebelum nilai Ks. Dengan demikian, langkah kalibrasi akan lebih mudah jika digunakan urutan mulai dari parameter DT, KTP, kemudian Ks.

#### 4.4.1.2. Verifikasi

##### 4.4.1.2.1. Parameter DT dan KTP

Nilai koefisien DT dan KTP hasil kalibrasi (1,3 menit dan 1,08555) digunakan untuk menghitung debit dengan masukan data hujan jam-jaman pada tahun 2003, yang dianggap mewakili setelah terjadi perubahan kondisi penggunaan lahan. Perbandingan antara debit hasil model dengan debit pengukuran pada tanggal 2 Januari 2003 ditampilkan pada Gambar 69.



Gambar 69. Hidrograf Debit dalam Verifikasi KTP dan DT

Perbedaan tinggi debit pada setiap jamnya ditunjukkan dengan nilai selisih absolut yang disajikan pada Tabel 44. Selisih maksimum terjadi pada jam ke-1, yaitu sebesar 9,779 %.

Tabel 44. Selisih Nilai Absolut Debit Model dan Debit Pengukuran

WAKTU (jam)	DEBIT MODEL (m <sup>3</sup> /dtk.)	DEBIT PENGUKURAN (m <sup>3</sup> /dtk.)	SELISIH DEBIT (%)
1	11.842	13	<b>9.779</b>
2	21.829	23	5.364
3	43.56	45	3.306
4	69.249	64	7.580
5	64.066	60	6.347
6	46.444	45	3.109
7	35.083	34	3.087
8	28.511	30	5.223
9	14.874	16	7.570
10	14.605	15	2.705
11	14.303	14	2.118
12	13.532	13	3.931

Sumber: hasil hitungan

Dengan nilai  $R^2 = 0,9947^{**}$  (Gambar 70) dari uji statistik antara debit hasil model dengan debit pengukuran (Lampiran 23), maka nilai koefisien DT dan KTP tersebut di atas dapat digunakan dalam proses selanjutnya.

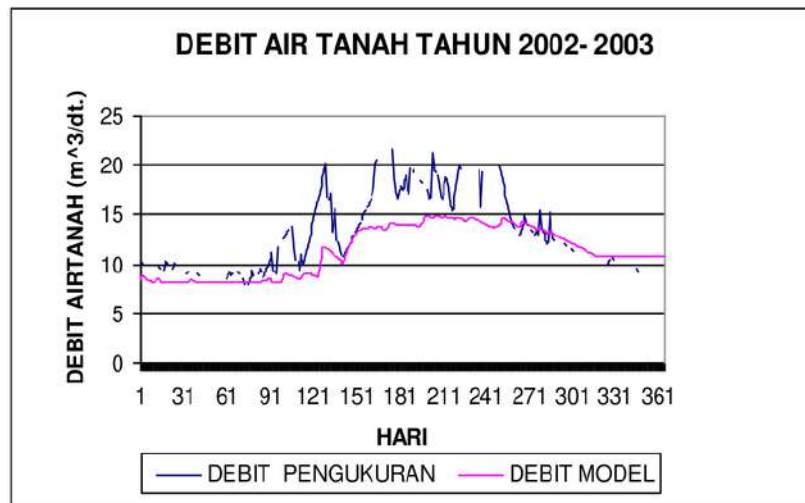


Gambar 70. Korelasi Debit Model dengan Debit Pengukuran Tahun 2003

Dengan hasil uji selisih absolut dan uji koefisien korelasi tersebut, maka model dapat dianggap layak untuk digunakan untuk analisa hidrograf debit limpasan permukaan.

#### 4.4.1.2.2. Parameter KS

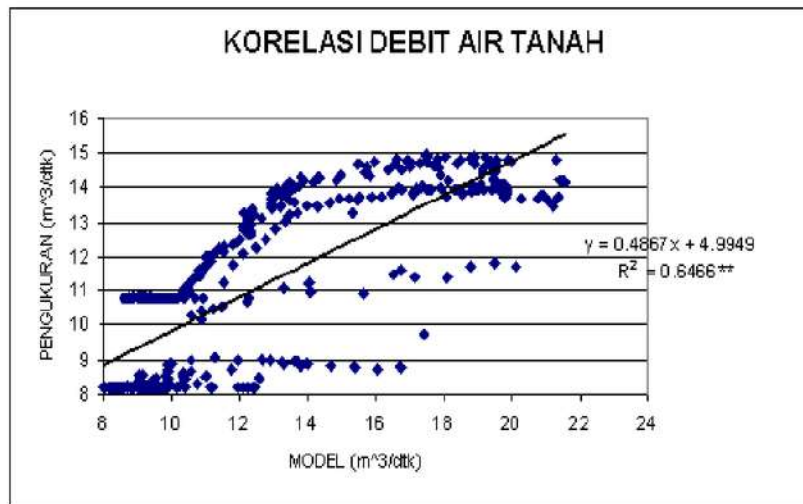
Untuk mengetahui apakah nilai Ks hasil kalibrasi sudah dapat digunakan untuk hitungan debit pada tahap berikutnya, maka dilakukan verifikasi. Hasil hitungan debit air tanah mulai bulan September 2002 hingga bulan Agustus 2003 dengan masukan data hujan jam-jaman yang bersesuaian, dan nilai Ks hasil kalibrasi, dibandingkan dengan debit air tanah hasil pengukuran disajikan pada Gambar 71.



Gambar 71. Hidrograf Debit Air Tanah Tahun 2003

Fluktuasi yang cukup tajam pada debit air tanah hasil pengukuran antara lain diakibatkan adanya pengambilan air irigasi yang berlokasi di hulu alat ukur debit Tawangrejeni yang besarnya berkisar antara 1,348 m<sup>3</sup>/detik hingga 3,766 m<sup>3</sup>/detik (Lampiran 1).

Dari uji statistik (Lampiran 23) diperoleh  $R^2 = 0,6466^{**}$  (Gambar 72). Dengan demikian, karena antara hidrograf debit model dengan hidrograf debit pengukuran tidak berbeda nyata maka model dapat dianggap layak untuk digunakan.



Gambar 72. Korelasi Debit Air Tanah Model dengan Pengukuran tahun 2003

#### 4.4.2. Identifikasi Kondisi Lahan

Sebagai lanjutan dari proses pengujian model yang telah dikembangkan, model digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lahan pada Sub DAS Lesti. Untuk hal tersebut diinputkan data antara lain: hujan jam-jaman sepanjang tahun, kondisi penggunaan lahan, kapasitas infiltrasi tanah permukaan, dan kelerengan topografi. Seluruh data masukan yang diperlukan model diperlihatkan pada Tabel 45.

Keluaran hasil yang diperoleh, berupa nomor identitas kondisi lahan dari masing-masing sel (Gambar 73 dan Gambar 74). Kondisi Lahan Tahun 2003 dalam Format ASCII jika dikehendaki visualisasi dalam bentuk gambar maka perlu diubah dengan tahapan sebagaimana dijelaskan pada

Lampiran:22, dan menghasilkan gambar seperti terlihat pada Gambar 75, dan Gambar 76.

Tabel 45. Data Masukan Model Simulasi Penggunaan Lahan Untuk Mengendalikan Fluktuasi Debit Sungai

No	Data	Keterangan
1	Data Umum	Lampiran: 25
2	Elevasi Topografi	Lampiran: 26
3	Batas DAS	Lampiran: 27
4	Daerah Pengaruh Stasiun Hujan	Lampiran: 28
5	Fisik Tanah	Lampiran: 29
6	Spasial Jenis Tanah	Lampiran: 30
7	Elevasi Permukaan Air Tanah	Lampiran: 31
8	Spasial Penggunaan Lahan	Lampiran: 32
9	Koefisien Intersepsi dan Manning	Lampiran: 33
10	Temperatur	Lampiran: 34
11	Hujan	Lampiran: 35
12	Sebaran Data Desa	Lampiran: 36
13	Daftar Nama Desa dan Kecamatan	Lampiran: 37
14	Identitas Penggunaan Lahan	Lampiran: 38
15	Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan	Lampiran: 39
16	Bobot Parameter Identifikasi Kondisi Lahan	Lampiran: 40

	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD
151	5	5	4	4	4	4	4	4
152	4	5	4	4	4	4	4	4
153	5	5	4	4	4	4	4	4
154	4	4	4	4	4	4	4	4
155	4	4	4	4	4	4	4	4
156	4	5	4	4	4	4	5	4
157	4	5	5	5	4	3	4	3
158	5	5	4	4	4	4	6	6
159	5	4	5	4	4	6	6	6
160	5	4	4	5	6	6	6	5
161	6	5	6	6	6	4	5	5
162	6	6	6	4	4	4	5	5
163	6	6	6	4	4	4	5	5
164	6	6	6	4	5	4	5	5
165	6	6	6	4	4	4	4	5
166	5	6	6	4	5	4	5	5
167	6	6	6	6	5	5	5	5
168	6	6	6	4	4	4	4	4
169	5	5	4	4	4	4	5	5

Gambar 73. Kondisi Lahan Tahun 1997 dalam Format ASCII



	A1	0	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD
121	6	6	6	6	3	4	3	4	4	4
122	6	6	6	6	4	3	4	4	4	3
123	6	6	6	6	3	4	3	4	4	4
124	6	6	6	6	3	4	4	4	4	4
125	6	6	6	3	3	3	4	4	4	3
126	6	6	4	4	3	3	3	3	3	3
127	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
128	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
129	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3
130	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3
131	3	4	4	3	3	4	3	6	6	6
132	4	4	4	3	3	3	3	6	6	4
133	4	3	3	3	3	3	6	6	6	6
134	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6
135	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6
136	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6
137	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6
138	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6
139	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Gambar 74. Kondisi Lahan Tahun 2003 dalam Format ASCII

Identifikasi kondisi lahan pada tahun 1997 dan 2003 menginformasikan telah terjadi perubahan kondisi lahan dengan luas dan persentase sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 46.

Tabel 46. Perubahan Kondisi Lahan antara tahun 1997 hingga 2003

No	Kondisi Lahan	Luas Lahan (ha)		Luas Lahan (%)		SELISIH	
		1997	2003	1997	2003	Ha	%
1	Sangat Kritis	272	544	0.71	1.42	271.50	0.71
2	Kritis	4554	6397	11.91	16.73	1843.17	4.82
3	Agak Kritis	16076	15219	42.04	39.80	-856.58	-2.24

Sumber: hasil analisa

Terjadinya perubahan kondisi lahan tersebut, yaitu berkurangnya luas lahan yang berstatus agak kritis dan meningkatnya luas lahan yang berstatus sangat kritis dan kritis, identik dengan terjadinya perubahan kondisi penggunaan lahan yang ada (Tabel 47).





Tabel 47. Perubahan Kondisi Penggunaan Lahan tahun 1997 hingga 2003

No.	Penggunaan Lahan	Tahun 1997		Tahun 2003		Selisih	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	Hutan Alam	2053	5.37	1124	2.94	-929	-2.43
2	Hutan Rapat	3245	8.49	2499	6.54	-746	-1.95
3	Hutan Parsial	282	0.74	718	1.88	436	1.14
4	Hutan Jarang	157	0.41	88	0.23	-69	-0.18
5	Kebun	14522	37.98	11647	30.46	-2875	-7.52
6	Sawah Irigasi	2463	6.44	2463	6.44	0	0.00
7	S. Tadah Hujan	165	0.43	165	0.43	0	0.00
8	Tegal	9426	24.65	13609	35.59	4183	10.94
9	Pemukiman	3983	10.42	4159	10.88	176	0.46
10	Padang Rumput	33	0.09	42	0.11	9	0.02
11	Belukar	1911	5.00	1726	4.51	-185	-0.48
	Jumlah	38240	100	38240	100	0	0

Sumber: hasil analisa

#### 4.4.3. Koefisien Resim Sungai (KRS)

Sebagai lanjutan proses pengujian, model digunakan untuk menghitung nilai KRS pada Sub DAS Lesti kondisi eksisting tahun 2003 dengan penggunaan lahan seperti ditampilkan pada Tabel 48.

Tabel 48. Penggunaan Lahan Sub DAS Lesti Tahun 2003

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)
1	Hutan Alam	2053
2	Hutan Rapat	3245
3	Hutan Parsial	282
4	Hutan Jarang	157
5	Kebun	14522
6	Sawah Irigasi	2463
7	Sawah Tadah Hujan	165
8	Tegal	9426
9	Pemukiman	3983
10	Padang Rumput	33
11	Belukar	1911
	Jumlah	38240

Sumber: Hasil Analisa Citra

Hasil analisa KRS Sub DAS Lesti dengan penggunaan lahan kondisi eksisting tahun 2003 disajikan pada Tabel 49.

Tabel 49. Nilai KRS Sub DAS Lesti Kondisi Eksisting tahun 2003

Penggunaan Lahan	Q rerata maks (m <sup>3</sup> /dt)	Q rerata min (m <sup>3</sup> /dt)	KRS
Kondisi Eksisting tahun 2003	173,73	8,23	21,11

Sumber: Hasil Hitungan

Nilai KRS hasil analisa model (Tabel 49) yaitu KRS pada kondisi eksisting tahun 2003 = 21,11 sangat dekat dengan nilai KRS hasil analisa data debit yang ditunjukkan pada Gambar 1 (KRS tahun 2003 = 19,78), dengan selisih nilai sebesar 6,7%. Dengan selisih nilai antara KRS hasil model dengan KRS yang dihitung berdasarkan data pengukuran yang relatif kecil (kurang dari 10%) maka dapat disimpulkan bahwa model yang dibangun layak digunakan untuk menganalisa nilai KRS.

#### 4.4.4. Sensitivitas

##### 4.4.4.1. Kapasitas Evapotranspirasi

Untuk uji sensitivitas nilai kapasitas evapotranspirasi (Etk), digunakan masukan data-data tahun 2003 dalam kondisi semula. Simulasi dilakukan 3 (tiga) kali dengan melakukan perubahan nilai evapotranspirasi masing-masing sebesar 1 %, 5 %, dan 10 %. Hasil simulasi pengaruh nilai kapasitas evapotranspirasi terhadap nilai KRS ditampilkan pada Tabel 50.

Tabel 50. Pengaruh Nilai Etk terhadap KRS

No.	Simulasi	Etk (%)	KRS		$\Delta Etk$ (%)	$\Delta KRS$ (%)	$\frac{\Delta KRS}{\Delta Etk}$
				(%)			
1	I	100	19,863	100	0	0	
2	II	101	19,825	100,191	1	0,191	0,191
3	III	105	19,715	100,745	5	0,745	0,149
4	IV	110	19,621	101,218	10	1,218	0,122

Sumber: Hasil perhitungan.

Dengan rerata nilai  $\frac{\Delta KRS}{\Delta Et_k} = 0,718$  , maka disimpulkan bahwa Evapotranspirasi mempunyai pengaruh yang relatif kecil terhadap nilai KRS.

Hal tersebut terjadi karena pengaruh langsung dari evapotranspirasi ialah terhadap perubahan elevasi permukaan air tanah. Elevasi permukaan air tanah merupakan data masukan dalam hitungan debit air tanah, yang mana hal tersebut mempunyai pengaruh yang relatif kecil terhadap fluktuasi sungai. Dengan demikian, dapat dipahami bahwa evapotranspirasi kecil pengaruhnya terhadap nilai KRS. Sebaliknya, jika model ini dikembangkan untuk tujuan memprediksi perubahan permukaan air tanah pada suatu DAS maka perlu dikaji lebih jauh.

#### **4.4.4.2. Penggunaan Lahan**

Mengingat model yang dikembangkan akan digunakan untuk menghitung KRS akibat hujan pada suatu DAS dengan berbagai macam penggunaan lahan, maka dipandang perlu adanya pengujian sensitivitas model dalam merespon adanya perubahan penggunaan lahan. Dalam pengujian ini, penggunaan lahan pada seluruh luasan Sub DAS Lesti disimulasikan terdiri dari: hutan rapat, kebun sejenis, tegalan, dan pemukiman, secara bergantian. Hasil analisa KRS dengan berbagai kondisi tersebut ditampilkan pada Tabel 51.

Dari hasil hitungan KRS pada Sub Das Lesti dengan berbagai jenis perubahan penggunaan lahan tersebut, memberikan isyarat bahwa model yang dikembangkan dapat merespon setiap ada perubahan penggunaan lahan. Hal tersebut terlihat dari 6 (enam) jenis penggunaan lahan yang berbeda dengan koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran Manning

yang berbeda masing-masing menghasilkan nilai KRS yang berbeda. Pada penggunaan lahan jenis kebun campuran dan kebun sejenis, walapun mempunyai nilai kekasaran Manning yang sama (0,13), dan selisih nilai koefisien intersepsi yang relatif kecil ( $17,6\% - 17,36\% = 0,24\%$ ) model mampu merespon dengan memberikan nilai KRS yang berbeda.

Tabel 51. Hasil Hitungan KRS dengan Berbagai Perubahan Penggunaan Lahan Pada Sub DAS Lesti

No.	Penggunaan Lahan	Q rerata maks (m <sup>3</sup> /dt)	Q rerata min (m <sup>3</sup> /dt)	KRS
1	Kondisi Eksisting	173,73	8,23	21,11
2	Hutan Rapat	103,29	8,23	12,55
3	Kebun Campuran	120,25	8,23	14,61
4	Kebun Sejenis	121,74	8,23	14,79
5	Tegalan	169,63	8,23	20,61
6	Pemukiman	228,71	8,23	27,79

Sumber: hasil hitungan

Uji penggunaan nilai Kk pada penggunaan lahan eksisting dengan perlakuan: 1). Hitungan debit menggunakan nilai Kk pada Tabel 52, dan pengaruh kapasitas infiltrasi sesuai dengan tekstur tanahnya (Q maks = 3668,274 m<sup>3</sup>/detik, dan Q minimum = 8,889 m<sup>3</sup>/detik); 2). Hitungan debit menggunakan nilai Kk =1, dan data kapasitas infiltrasi sesuai dengan tekstur tanah dan penggunaan-lahannya (Q maks = 174,404 m<sup>3</sup>/detik, dan Q minimum = 8,889 m<sup>3</sup>/detik) menghasilkan: Selisih Q maksimum = 2003,32 %, dan selisih Q minimum = 0 %. Dengan nilai selisih yang sangat besar tersebut, maka nilai Kk pada Tabel 48 tersebut masih perlu dikaji lebih jauh. Namun demikian karena fluktuasi debit sungai lebih didominasi oleh debit limpasan langsung, maka model masih bisa merespon dengan baik adanya pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap nilai KRS.

Dari uraian tersebut maka model dapat dianggap mampu menirukan dan menganalisa berbagai jenis penggunaan lahan, serta menghitung nilai

KRS. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa model yang dikembangkan dapat digunakan untuk merencanakan penggunaan lahan pada suatu DAS dengan orientasi pengendalian fluktuasi debit sungai.

Tabel 52. Koefisien Koreksi Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Infiltrasi (Kk)

Penggunaan Lahan				Kapasitas Infiltrasi (mm/jam)		Koefisien Koreksi (Kk)		
No	Data	No	Pengelompokan	Penggunaan lahan	Lahan kosong	Nilai	Sub total	Rerata
1	Hutan			1.25 <sup>a)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	0.95		
2	Hutan			0.7 <sup>a)</sup>	0.69 <sup>e)</sup>	1.01		
3	Hutan			0.22 <sup>a)</sup>	0.23 <sup>e)</sup>	0.96		
4	Hutan			7.2 <sup>c)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	5.45		
5	Hutan Lebat			54.2 <sup>f)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	41.06		
		<b>A</b>	<b>Hutan Alami</b>				49.43	<b>9.89</b>
6	Kebun Campuran			15.4 <sup>f)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	11.67		
7	Kebun Campuran			4.26 <sup>c)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	3.23		
		<b>B</b>	<b>Kbn Campuran</b>				14.89	<b>7.45</b>
8	Kebun Kopi			73 <sup>f)</sup>	6.12 <sup>e)</sup>	11.93		
9	Kebun Kopi 10 thn			36.6 <sup>b)</sup>	11.5 <sup>b)</sup>	3.18		
10	Kebun Kopi 5 thn			31.7 <sup>b)</sup>	11.5 <sup>b)</sup>	2.76		
11	Kebun			1.8 <sup>d)</sup>	0.72 <sup>d)</sup>	2.50		
		<b>C</b>	<b>Kebun Sejenis</b>				20.37	<b>5.09</b>
12	Ladang			5.96 <sup>c)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	4.52		
13	Ladang			10.4 <sup>b)</sup>	11.5 <sup>b)</sup>	0.90		
14	Ladang			3.84 <sup>d)</sup>	0.72 <sup>d)</sup>	5.33		
15	Ladang (jagung)			19.71 <sup>f)</sup>	2.59 <sup>e)</sup>	7.61		
16	Ladang (tebu)			33.4 <sup>f)</sup>	21.01 <sup>e)</sup>	1.59		
		<b>D</b>	<b>Tegalan</b>				19.95	<b>3.99</b>
17	Permukiman			0.42 <sup>d)</sup>	0.72 <sup>d)</sup>	0.58		
		<b>E</b>	<b>Pemukiman</b>				0.58	<b>0.58</b>
18	Sawah irigasi			0.006 <sup>d)</sup>	0.072 <sup>d)</sup>	0.08		
		<b>F</b>	<b>Sawah Irigasi</b>				0.08	<b>0.08</b>
19	Semak belukar			7.1 <sup>c)</sup>	1.32 <sup>e)</sup>	5.38		
20	Semak belukar			6.78 <sup>d)</sup>	0.72 <sup>d)</sup>	9.42		
		<b>G</b>	<b>Semak Belukar</b>				14.80	<b>7.40</b>

Sumber: a). Hadisusanto (2006); b). Achmad (2003); c). Azida (2006); d). Bisri (2006); e). Rawls (1982); dan f). Pengamatan

Catatan: Koefisien koreksi (Kk) = kapasitas infiltrasi penggunaan lahan / kapasitas infiltrasi lahan kosong



#### **4.5. Penggunaan Model**

Model yang dikembangkan digunakan untuk merencanakan perbaikan penggunaan lahan. Dalam penelitian ini, perbaikan penggunaan lahan pada Sub DAS Lesti dibuat dalam 3 skenario.

Masing-masing skenario tersebut dibuat 3 alternatif daerah yang ditinjau untuk diperbaiki penggunaan lahannya, dengan kriteria sebagai berikut:

1. Alternatif I, perbaikan penggunaan lahan dilakukan hanya pada lahan yang berkondisi sangat kritis,
2. Alternatif II, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan yang berkondisi sangat kritis, dan Kritis,
3. Alternatif III, perbaikan penggunaan lahan dilakukan pada lahan yang berkondisi sangat kritis, dan kritis, serta agak kritis.

##### **4.5.1. Rencana Penggunaan Lahan Skenario I**

Dalam rencana penggunaan lahan skenario I, perubahan kondisi penggunaan lahan yang dilakukan meliputi: hutan parsial dan hutan jarang diperbaiki menjadi hutan rapat. Tegalan diubah menjadi kebun campuran, padang rumput dan belukar alam diubah menjadi hutan rapat. Rincian perubahan tersebut dijelaskan pada Tabel 53, Tabel 54, dan Tabel 55.

Hasil analisa perubahan penggunaan lahan sesuai dengan skenario I tersebut pada lahan berkondisi sangat kritis, kritis, dan agak kritis ditampilkan pada Tabel 54. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran: 42,43, dan 44.

Tabel 53. Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario I

No.	Penggunaan Lahan			Keterangan
	Kondisi Eksisting	Rencana	Luas (ha)	
1	Hutan Alam	Hutan Alam	1124	Tetap
2	Hutan Rapat	Hutan Rapat	2499	Tetap
3	Hutan Parsial	<i>Hutan Rapat</i>	718	Perbaikan
4	Hutan Jarang	<i>Hutan Rapat</i>	88	Perbaikan
5	Kebun Campuran	Kebun Campuran	11647	Tetap
6	Tegalan	<i>Kebun Sejenis</i>	13609	Perbaikan
7	Sawah Irigasi	Sawah Irigasi	2463	Tetap
8	SawahT. Hujan	SawahT. Hujan	165	Tetap
9	Pemukiman	Pemukiman	4159	Tetap
10	Padang Rumput	<i>Hutan Rapat</i>	42	Perbaikan
11	Belukar	<i>Hutan Rapat</i>	1726	Perbaikan
Jumlah			38240	

Sumber: Hasil Perencanaan Alternatif

Tabel 54. Sebaran Luas Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario I

No.	Penggunaan Lahan Eksisting	Perbaikan Penggunaan (ha) Kondisi Lahan →	Perbaikan Penggunaan (ha)		
			Sangat Kritis	Kritis	Agak Kritis
1	Hutan Parsial	Hutan Rapat	2	1	0
2	Hutan Jarang	Hutan Rapat	17	3	68
3	Tegalan	Kebun Sejenis	520	6220	6644
4	Padang Rumput	Hutan Rapat	0	0	4
5	Belukar	Hutan Rapat	1	4	614
Jumlah luas masing-masing kondisi			540	6228	7330
Jumlah luas perbaikan alternatif I			<b>540</b>		
Jumlah luas perbaikan alternatif II				<b>6768</b>	
Jumlah luas perbaikan alternatif III					<b>14098</b>

Sumber: Hasil hitungan

Adapun luas lahan dari masing-masing jenis penggunaan lahan pada Rencana Penggunaan Lahan Skenario I Alternatif I, II, dan III adalah sebagai berikut:

Tabel 55. Luas Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario I

No.	Kondisi Eksisting		Rencana Perbaikan						
	Jenis	Luas (ha)	Jenis	Alternatif I (ha)		Alternatif II (ha)		Alternatif III (ha)	
				P	T	P	T	P	T
1	Hutan Alam	1124	Hutan Alam	0	1124	0	1124	0	1124
2	Hutan Rapat	2499	Hutan Rapat	0	2499	0	2499	0	2499
3	Hutan Parsial	718	Hutan Rapat	2	716	3	715	3	715
4	Hutan Jarang	88	Hutan Rapat	17	71	20	68	88	0
5	Kebun Campuran	11647	Kebun Campuran	0	11647	0	11647	0	11647
6	Tegalan	13609	Kebun Sejenis	520	13089	6740	6869	13384	225
7	Sawah Irigasi	2463	Sawah Irigasi	0	2463	0	2463	0	2463
8	Sawah T. Hujan	165	Sawah T. Hujan	0	165	0	165	0	165
9	Pemukiman	4159	Pemukiman	0	4159	0	4159	0	4159
10	Padang Rumput	42	Hutan Rapat	0	42	0	42	4	38
11	Belukar	1726	Hutan Rapat	1	1725	5	1721	619	1107
Sub total				540	37700	6768	31472	14098	24142
Total		38240		38240		38240		38240	

Sumber: Hasil hitungan

Catatan: P = Perbaikan, dan T = Tanpa perbaikan

Rencana penggunaan lahan skenario I, alternatif I, II, dan III ditampilkan pada Lampiran 45, 46, dan 47. Hasil analisa nilai KRS dari rencana penggunaan lahan skenario I, serta alternatif luasan lahan yang diperbaiki penggunaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 56. Hasil Hitungan KRS Rencana Penggunaan Lahan Skenario I

No.	Alternatif	Luas Lahan yang diperbaiki (ha)	Q rerata maks	Q rerata min	KRS
1	I	540	152,49	8,23	18,53
2	II	6768	137,30	8,23	16,68
3	III	14098	128,98	8,23	15,67
4	Kondisi eksisting		173,73	8,23	21,11

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5.2. Rencana Penggunaan Lahan Skenario II

Dalam rencana penggunaan lahan skenario II, perubahan penggunaan lahan yang dilakukan meliputi: hutan jarang diperbaiki menjadi hutan parsial, tegalan, padang rumput, dan belukar alam diubah menjadi hutan parsial. Rincian perubahan tersebut dijelaskan pada Tabel 57, Tabel 58, dan Tabel 59.

Tabel 57. Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario II

No.	Penggunaan Lahan			Keterangan
	Kondisi Eksisting	Rencana	Luas (ha)	
1	Hutan Alam	Hutan Alam	1124	Tetap
2	Hutan Rapat	Hutan Rapat	2499	Tetap
3	Hutan Parsial	Hutan Parsial	718	Tetap
4	Hutan Jarang	<i>Hutan Parsial</i>	88	Perbaikan
5	Kebun Campuran	Kebun Campuran	11647	Tetap
6	Tegalan	<i>Hutan Parsial</i>	13609	Perbaikan
7	Sawah Irigasi	Sawah Irigasi	2463	Tetap
8	SawahT. Hujan	SawahTadah Hujan	165	Tetap
9	Pemukiman	Pemukiman	4159	Tetap
10	Padang Rumput	<i>Hutan Parsial</i>	42	Perbaikan
11	Belukar	<i>Hutan Parsial</i>	1726	Perbaikan
Jumlah			38240	

Sumber: Hasil Perencanaan Alternatif

Hasil analisa perubahan penggunaan lahan sesuai dengan skenario II tersebut, pada lahan berkondisi sangat kritis, kritis, dan agak kritis ditampilkan pada Tabel 58. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran: 48,49, dan 50.

Tabel 58. Sebaran Perubahan Penggunaan Lahan Skenario II

No.	Penggunaan Lahan Eksisting	Kondisi Lahan →	Perbaikan Penggunaan (ha)		
			Sangat Kritis	Kritis	Agak Kritis
1	Hutan Jarang	Hutan Parsial	17	3	68
2	Tegalan	Hutan Parsial	520	6220	6644
3	Padang Rumput	Hutan Parsial	0	0	4
4	Belukar Alam	Hutan Parsial	1	4	614
Jumlah luas masing-masing kondisi			538	6227	7330
Jumlah luas perbaikan alternatif I			<b>538</b>		
Jumlah luas perbaikan alternatif II				<b>6765</b>	
Jumlah luas perbaikan alternatif III					<b>14095</b>

Sumber: Hasil hitungan

Adapun luas lahan dari masing-masing jenis penggunaan lahan pada Rencana Penggunaan Lahan Skenario II Alternatif I, II, dan III adalah sebagai berikut:

Tabel 59. Luas Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario II

No.	Kondisi Eksisting		Rencana Perbaikan						
	Jenis	Luas (ha)	Jenis	Alternatif I (ha)		Alternatif II (ha)		Alternatif III (ha)	
				P	T	P	T	P	T
1	Hutan Alam	1124	Hutan Alam	0	1124	0	1124	0	1124
2	Hutan Rapat	2499	Hutan Rapat	0	2499	0	2499	0	2499
3	Hutan Parsial	718	Hutan Parsial	0	718	0	718	0	718
4	Hutan Jarang	88	<i>Hutan Parsial</i>	17	71	20	68	88	0
5	Kebun Campuran	11647	Kebun Campuran	0	11647	0	11647	0	11647
6	Tegalan	13609	<i>Hutan Parsial</i>	520	13089	6740	6869	13384	225
7	Sawah Irigasi	2463	Sawah Irigasi	0	2463	0	2463	0	2463
8	Sawah T. Hujan	165	Sawah Tadah Hujan	0	165	0	165	0	165
9	Pemukiman	4159	Pemukiman	0	4159	0	4159	0	4159
10	Padang Rumput	42	<i>Hutan Parsial</i>	0	42	0	42	4	38
11	Belukar	1726	<i>Hutan Parsial</i>	1	1725	5	1721	619	1107
Sub total				<b>538</b>	<b>37702</b>	<b>6765</b>	<b>31475</b>	<b>14095</b>	<b>24145</b>
Total		38240			38240		38240		38240

Sumber: Hasil hitungan

Catatan: P = Perbaikan, dan T = Tanpa perbaikan

Rencana penggunaan lahan skenario II, alternatif I, II, dan III ditampilkan pada Lampiran 51, 52, dan 53. Hasil analisa nilai KRS dari rencana penggunaan lahan skenario II, serta alternatif luasan lahan yang diperbaiki jenis penggunaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 60. Hasil Hitungan KRS Rencana Penggunaan Lahan Skenario II

No.	Alternatif	Luas Lahan yang ditinjau (ha)	Q rerata maks	Q rerata min	KRS
1	I	538	152,50	8,23	18,52
2	II	6765	137,30	8,23	16,68
3	III	14095	114,80	8,23	13,95
4	Kondisi eksisting		173,73	8,23	21,11

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5.3. Rencana Penggunaan Lahan Skenario III

Dalam rencana penggunaan lahan skenario III, perubahan penggunaan lahan yang dilakukan meliputi: hutan jarang, diubah menjadi hutan rapat, sawah tadah hujan dan tegalan diubah menjadi kebun campuran. Rincian perubahan tersebut dijelaskan pada Tabel 61 .

Tabel 61. Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario III

No.	Penggunaan Lahan			Keterangan
	Kondisi Eksisting	Rencana	Luas (ha)	
1	Hutan Alam	Hutan Alam	1124	Tetap
2	Hutan Rapat	Hutan Rapat	2499	Tetap
3	Hutan Parsial	Hutan Parsial	718	Tetap
4	Hutan Jarang	<i>Hutan Rapat</i>	88	Perbaikan
5	Kebun Campuran	Kebun Campuran	11647	Tetap
6	Tegalan	<i>Kebun Campuran</i>	13609	Perbaikan
7	Sawah Irigasi	Sawah Irigasi	2463	Tetap
8	SawahT. Hujan	<i>Kebun Campuran</i>	165	Perbaikan
9	Pemukiman	Pemukiman	4159	Tetap
10	Padang Rumput	Padang Rumput	42	Tetap
11	Belukar	Belukar	1726	Tetap
Jumlah			38240	

Sumber: Hasil Perencanaan Alternatif

Hasil analisa perubahan penggunaan lahan sesuai dengan skenario III tersebut, pada lahan berkondisi sangat kritis, kritis, dan agak kritis ditampilkan pada Tabel 62. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran: 54, 55, dan 56.

Tabel 62. Sebaran Perubahan Penggunaan Lahan Skenario III

No.	Penggunaan Lahan Eksisting	Perbaikan Penggunaan (ha)			
		Kondisi Lahan →	Sangat Kritis	Kritis	Agak Kritis
1	Hutan Jarang	Hutan Rapat	17	3	68
2	Sawah Tadah Hujan	Kebun Campuran	0	12	153
3	Tegalan	Kebun Campuran	520	6220	6644
Jumlah luas masing-masing kondisi			537	6235	6865
Jumlah luas perbaikan alternatif I			<b>537</b>		
Jumlah luas perbaikan alternatif II				<b>6772</b>	
Jumlah luas perbaikan alternatif III					<b>13637</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun luas lahan dari masing-masing jenis penggunaan lahan pada Rencana Penggunaan Lahan Skenario III Alternatif I, II, dan III ditampilkan pada Tabel 63.

Tabel 63. Luas Rencana Perbaikan Penggunaan Lahan Skenario III

No.	Kondisi Eksisting		Rencana Perbaikan						
	Jenis	Luas (ha)	Jenis	Alternatif I (ha)		Alternatif II (ha)		Alternatif III (ha)	
				P	T	P	T	P	T
1	Hutan Alam	1124	Hutan Alam	0	1124	0	1124	0	1124
2	Hutan Rapat	2499	Hutan Rapat	0	2499	0	2499	0	2499
3	Hutan Parsial	718	Hutan Parsial	0	718	0	718	0	718
4	Hutan Jarang	88	<i>Hutan Rapat</i>	17	71	20	68	88	0
5	Kebun Campuran	11647	Kebun Campuran	0	11647	0	11647	0	11647
6	Tegalan	13609	<i>Kebun Campuran</i>	520	13089	6740	6869	13384	225
7	Sawah Irigasi	2463	Sawah Irigasi	0	2463	0	2463	0	2463
8	Sawah T. Hujan	165	<i>Kebun Campuran</i>	0	165	12	1153	165	0
9	Pemukiman	4159	Pemukiman	0	4159	0	4159	0	4159
10	Padang Rumput	42	Padang Rumput	0	42	0	42	0	42
11	Belukar	1726	Belukar	0	1726	0	1726	0	1726
Sub total				537	37703	6772	31468	13637	24603
Total		38240		38240		38240		38240	

Sumber: Hasil hitungan. Catatan: P = Perbaikan, dan T = Tanpa perbaikan

Rencana penggunaan lahan skenario III, alternatif I, II, dan III ditampilkan pada Lampiran 54, 55, dan 56. Hasil analisa nilai KRS dari rencana penggunaan lahan skenario III, serta alternatif luasan lahan yang diperbaiki jenis penggunaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 64. Hasil Hitungan KRS Rencana Penggunaan Lahan Skenario III

No.	Alternatif	Luas Lahan yang diperbaiki (ha)	Q rerata maks	Q rerata min	KRS
1	I	537	152,50	8,23	18,53
2	II	6772	137,30	8,23	16,68
3	III	13637	127,62	8,23	15,51
4	Kondisi eksisting		173,73	8,23	21,11

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5.4. Pemilihan Rencana Penggunaan Lahan

Dari rangkaian hasil hitungan KRS dengan tiga skenario rencana penggunaan lahan pada Sub DAS Lesti yang telah dilakukan di atas dapat diringkas sebagai berikut:

Tabel 65. Ringkasan Hasil Hitungan KRS

Luas dan Lokasi Daerah Yang Dilakukan Perbaikan	Luas Perubahan Penggunaan Lahan (ha) dan KRS					
	SKENARIO I		SKENARIO II		SKENARIO III	
	Luas	KRS	Luas	KRS	Luas	KRS
Alternatif I	540	18,53	538	18,52	537	18,53
Alternatif II	6768	16,68	6765	16,68	6772	16,68
Alternatif III	14098	15,67	14095	13,95	13637	15,51

Sumber: Hasil hitungan

Dari ringkasan tersebut, terlihat bahwa rencana penggunaan lahan skenario II dengan perbaikan penggunaan lahan pada alternatif III menghasilkan nilai KRS yang paling kecil. Hal tersebut terjadi karena pada skenario III terdapat selisih nilai koefisien intersepsi dan koefisien kekasaran Manning yang paling besar antara kondisi eksisting dengan kondisi perbaikan.

Pada alternatif I dan II (perbaikan penggunaan lahan pada lahan berkondisi sangat kritis dan kritis) baik pada skenario I, II, maupun III perbedaan nilai KRS relatif kecil. Hal tersebut terjadi karena perbedaan luas daerah yang diperbaiki relatif kecil.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

- 1.a. Penelitian ini menghasilkan <sup>1</sup> Model Simulasi Penggunaan Lahan (konseptual – terdistribusi) Untuk Mengendalikan Fluktuasi Debit Sungai. Model ini terdiri dari tiga bagian, yaitu: 1) Manajemen data (*DBMS: Data Base Management System*), 2) Manajemen model (*MBMS: Model Base Management System*), 3) Presentasi Hasil (*PBMS: Presentation Base Management System*). Model terdiri dari rangkain sub-model yang dapat diganti dengan sub-model lainnya yang sejenis.
- b. Model ini dapat digunakan pada daerah aliran sungai (DAS) dengan batasan:
  - 1) Dianggap tidak terjadi perubahan jenis dan kondisi penggunaan lahan selama satu tahun,
  - 2) Varian jenis dan kondisi penggunaan lahan maksimum 13 buah,
  - 3) Varian tekstur tanah maksimum 10 buah,
  - 4) Jumlah stasiun pengukur hujan maksimum 10 buah,
  - 5) Dibuat sistem grid dengan jumlah maksimum kolom dan baris adalah 269 dan 290 buah. Dengan menggunakan komputer jenis pentium 4 dan RAM = 224 MB, serta dengan selang waktu hitungan (DT) 1,3 menit, diperlukan waktu sekitar 4 jam untuk setiap kali *running* model.
- 2.a. Simulasi penggunaan lahan untuk menurunkan KRS pada Sub-DAS Lesti dengan 3 skenario perubahan penggunaan lahan, yang mana setiap skenario terdiri dari 3 alternatif rencana penggunaan lahan berdasarkan

kondisi kekritisannya diperoleh berbagai nilai KRS (18,53 sampai dengan 13,95)

- b. Rencana penggunaan lahan optimal (KRS terkecil) diperoleh dengan jalan merubah: 1) Hutan jarang seluas 88 ha, 2) Tegalan seluas 13384 ha, 3) Padang rumput seluas 4 ha, 4) Belukar seluas 619 ha menjadi hutan parsial. Dengan perubahan penggunaan lahan tersebut diprediksi akan terjadi penurunan fluktuasi debit sungai yang ditunjukkan dengan penurunan nilai KRS sebesar 33,92% (dari 21,11 menjadi 13,95).

## 5.2. Saran

1. Model yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut, terutama dalam hal penggabungan sarana bantu untuk menyiapkan data dan memvisualisasikan hasilnya, serta menambah sub-model analisa kemampuan lahan.
2. Untuk mengatasi keterbatasan model dalam hal batas maksimum jumlah: 1). Varian jenis dan kondisi penggunaan lahan, 2). Varian tekstur tanah, 3) Jumlah stasiun pengukur hujan, dan 4) jumlah kolom dan baris, dapat dilakukan dengan mengubah dimensi *array* dari masing-masing parameter pada *program sources* dan dalam analisa menggunakan komputer yang berkecepatan lebih tinggi.
3. Diperlukan penelitian lanjutan tentang nilai koefisien koreksi pengaruh penggunaan lahan terhadap kapasitas infiltrasi, dan penggunaannya.
4. Program yang dihasilkan dari penelitian ini, sebelum digunakan untuk analisa debit dan KRS sebaiknya dikalibrasi dan diverifikasi dengan urutan parameter: DT, KTP, Ks.

5. Data hujan jam-jaman yang digunakan sebagai data masukan dalam simulasi sebaiknya dipilih data hujan sesuai dengan tahun citra satelit terbaru yang digunakan. Kualitas data hujan tersebut dapat dikontrol dengan melakukan kalibrasi terhadap setiap alat ukur hujan yang digunakan.

# Konsep, Strategi dan Contoh Pemodelan Hidrologi DAS

---

## ORIGINALITY REPORT

---

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1

[publikasiilmiah.ums.ac.id](http://publikasiilmiah.ums.ac.id)

Internet Source

4%

2

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

3%

---

Exclude quotes  On

Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 2%