

PEMODELAN KETERSEDIAAN AIR UNTUK PERENCANAAN PENGENDALIAN BANJIR KALI BLORONG KABUPATEN KENDAL

Dewi Liesnoor Setyowati

Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang

Abstract : *At centered of Blorong watershed happened switching function of farm run quickly, towards to form of settlement area, causes happened improvement of floods at downstream Kali Blorong. Making base concept of water availability model is water balance. Software yielded in the form of KTSAIRDAS.EXE is made with program delphi version 7. Result of examination shows relationship enough signifikan between debits result of model with result of measurement in field. Test value t-tes shows value t-model 0,97 bigger than t-table 0,576, told model applicable to analyse water availability in Blorong watershed by doing simulation. Debit ratio value yielded from various alternative of land uses shows smallest debit ratio value at first alternative 27,64. The biggest ratio value at alternative of 3 is 28,48. Although result of debit ratio in Blorong watershed still at tolerance threshold boundary, but current debit Kali Blorong has value to range from 27,64 to 28,48 closing stall number. Degradation of ratio is not followed with improvement of farm production rate. Evaluated from aspect produce of farm, hence composition of farm wide in the form of reduction of area of rice field and garden, can reduce debit ratio but produce of farm declines.*

Key-words : *debt result of model, debt ratio*

Abstrak : DAS merupakan suatu ekosistem yang memiliki kekomplekan variabel, untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem maka diperlukan pemodelan. Pemodelan dapat menyederhanakan sistem dengan tetap mempertahankan karakteristiknya. Model ketersediaan air disusun dalam rangka melakukan upaya perencanaan pengelolaan DAS, dinamakan *software* model KTSAIRDAS. EXE. Pengujian model secara grafis dan uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan cukup signifikan antara debit hasil model dengan hasil pengukuran lapangan. Model dapat digunakan untuk analisis ketersediaan air suatu DAS dengan melakukan simulasi berbagai alternatif penggunaan lahan. Nilai rasio debit Kali Blorong berkisar antara 27,64 sampai 28,48 mendekati angka kritis. Berdasarkan aspek produksi lahan, pengurangan lahan sawah dan kebun, dapat menurunkan rasio debit dan produksi juga menurun. Analisis aspek ekonomi termasuk merugikan karena terganggunya suplai beras dan tanaman tegalan yang diperlukan untuk menopang kehidupan masyarakat. Upaya pengendalian banjir Kali Blorong dapat ditekan dengan melakukan perencanaan simulasi penggunaan lahan sampai memperoleh angka rasio debit kecil, dengan harapan produksi lahan juga meningkat sehingga dari aspek ekonomi menguntungkan masyarakat.

Kata kunci: Model ketersediaan air, rasio debit

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini timbul kekhawatiran akan semakin meningkatnya kerusakan berbagai daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia, pada musim hujan semakin banyak sungai yang meluap dan banjir sedangkan pada musim kemarau banyak wilayah mengalami kekeringan. Diantara masalah yang cukup dianggap mendesak dan perlu penanganan serius adalah semakin kritisnya keadaan hidrologi beberapa sungai yang ditandai dengan

semakin besarnya angka rasio antara debit maksimum pada musim hujan dengan debit minimum pada musim kemarau, serta semakin mundurnya produktivitas lahan terutama di bagian hulu DAS.

Kegiatan manusia yang bersifat merubah tipe atau jenis penutup lahan dalam suatu DAS seringkali dapat memperbesar atau memperkecil hasil air (*water yield*). Perubahan dari jenis vegetasi hutan, perladangan berpindah, atau perubahan tataguna lahan hutan menjadi areal pertanian atau padang

rumpun adalah contoh-contoh kegiatan yang sering dijumpai di daerah hulu sungai. Perilaku masyarakat dalam mengolah tanah dan mengelola lahan secara tidak benar akan menimbulkan degradasi lingkungan, sehingga memperbesar limpasan air. Kebanyakan masyarakat menginginkan produktivitas yang tinggi tanpa menghiraukan terjadinya penurunan kualitas lingkungan.

Kali Blorong merupakan sungai yang terletak di Kabupaten Kendal, memiliki luas 157,5 km². Kejadian banjir di Kabupaten Kendal selama tahun 2004-2005 tidak hanya terjadi pada musim penghujan saja, tetapi terjadi pada musim kemarau. Masalah utama DAS Blorong terletak pada, bagian tengah DAS terjadi alih fungsi lahan yang berjalan sangat cepat, menuju ke bentuk kawasan permukiman Boja sebagai akibat dari perluasan Kota Semarang, akibatnya terjadinya peningkatan frekuensi banjir pada kawasan hilir Kali Blorong. Partisipasi masyarakat dalam mengelola lahan, penebangan hutan, dan alih fungsi lahan diidentifikasi sebagai faktor pendorong meningkatkan frekuensi banjir DAS Blorong.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan model pengendalian banjir berbasis spasial biofisik, produktivitas lahan, dan perilaku masyarakat, sebagai alat untuk melakukan perencanaan pengelolaan DAS. Pada tahun pertama tujuan penelitian difokuskan pada tiga tujuan pertama yaitu menyusun basisdata spasial dan basisdata non spasial, serta membuat model hidrologi ketersediaan air.

TINJAUAN PUSTAKA

DAS atau daerah aliran sungai, dalam istilah asing disebut *catchment area*, *river basin*,

atau *watershed*, merupakan wilayah yang dibatasi oleh pemisah topografik atau igir. Selain merupakan wilayah ketersediaan air, DAS juga merupakan suatu ekosistem. Unsur-unsur yang terdapat di dalam DAS meliputi sumberdaya alam (tanah, vegetasi, dan air) dan manusia (sebagai pelaku pendayagunaan). Antara unsur-unsur tersebut terjadi proses hubungan timbal balik dan saling mempengaruhi, dalam sumberdaya alam antara tanah, air, dan vegetasi saling terkait sehingga menghasilkan suatu produk tertentu dan kondisi air tertentu yang pada akhirnya berpengaruh pada kehidupan manusia. Hasil akhir dari proses hubungan timbal balik dan saling mempengaruhi tersebut adalah kondisi hidrologis wilayah DAS.

Pada siklus hidrologi terdapat beberapa proses yang saling terkait mencerminkan pergerakan air, meliputi proses presipitasi, evaporasi, transpirasi, intersepsi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan, aliran air bawah tanah. Selanjutnya proses Evapotranspirasi, intersepsi, infiltrasi, perkolasi, aliran disebut sebagai komponen ketersediaan air. Pergerakan air pada suatu DAS merupakan manifestasi dari siklus hidrologi untuk mencapai keseimbangan ketersediaan air di bumi. Konsep keseimbangan air adalah *water balance* atau persamaan air (viessman et.al, 1977, Arsyad, 1989), yaitu:

$$AP = P - IN - ET - PE - \Delta SA$$

Aliran permukaan (AP); curah hujan (P); intersepsi (IN); evapotranspirasi (ET); Perkolasi (PE); dan perubahan simpanan air (ΔSA). Proses pergerakan air tersebut dapat ditiru dan diwujudkan dalam bentuk model.

Pemodelan hidrologi untuk perhitungan limpasan telah banyak dikembangkan sejak

tahun 1960-an, mulai dari yang sangat sederhana hingga pemodelan yang rumit. Pemodelan yang rumit ini umumnya tersusun dari sub-model yang masing-masing menerangkan proses-proses hidrologi (Hadi, 2003). Model tentang pengalihragaman hujan menjadi aliran yang paling sederhana dan sampai saat ini masih digunakan di Indonesia maupun negara lain yaitu metode Rasional. Pengembangan model pengalihragaman hujan menjadi aliran telah banyak dilakukan.

Manusia dan lahan sangat erat kaitannya, manusia tinggal pada lahan dan melakukan berbagai aktivitas terhadap lahan, tercermin dari perilakunya. Konsep perilaku masyarakat sulit ditemukan, karena sangat variatif dan tergantung pada lingkungan dimana manusia tinggal. Pada prinsipnya perilaku merupakan tingkah laku, tindak tanduk, dan perbuatan seseorang terhadap lingkungan sekitarnya. Perilaku manusia terhadap lahan harus selalu diupayakan harmonis, manusia harus memperhatikan keseimbangan dan kelestarian lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada salah satu wilayah sungai di Kabupaten Kendal, yaitu DAS Blorong. Alasan yang mendasari pemilihan DAS Blorong antara lain karena problem banjir selalu terjadi setiap tahun dengan indikasi bencana semakin meluas, terjadi perubahan penggunaan lahan yang kompleks pada kawasan hulu sungai.

Materi penelitian berupa data primer dan sekunder. Data primer diambil langsung di lapangan berupa pengambilan sampel tanah di lapangan, cekung penggunaan lahan dan

produktivitas tanaman, serta perilaku masyarakat dalam mengelola lahan; data sekunder diperoleh dari lapangan, terdiri dari data curah hujan, debit, dan biofisik DAS; data spasial berupa citra landsat dan peta-peta pendukung lainnya.

Pada penelitian ini diperoleh basisdata spasial, basisdata non spasial, dan pembuatan *software* program ketersediaan air. Tahapan penelitian meliputi,

1. Tahap Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder.
2. Tahap Pengolahan Data Non Spasial
 - a. Pengolahan data hujan, penggunaan lahan, dan debit aliran sungai.
 - b. Pengolahan data Biofisik DAS dan morfometri DAS.
 - c. Pengolahan data Perilaku dan Aspirasi Masyarakat.
3. Tahap Pembuatan Data Spasial
 - a. Interpretasi Citra, dilakukan untuk mengenali sifat dan karakteristik jenis obyek yang terdapat pada citra foto atau landsat. Unsur interpretasi yang digunakan yaitu bentuk, pola, rona, ukuran, tekstur, bayangan, situs, dan asosiasi.
 - b. Digitasi, merupakan proses pengubahan data grafis analog yaitu peta topografi, peta jaringan sungai, peta tanah dan satuan lahan dan peta penggunaan lahan, menjadi data grafis digital dalam struktur vektor dengan menggunakan digitizer dan komputer *software Arc/Info* dan *Arc/View*.
4. Pembuatan model ketersediaan air

Model hidrologi tentang ketersediaan air dibuat untuk mengetahui proses pergerakan air di bumi, mulai dari hujan jatuh ke bumi, proses

pergerakan air pada vegetasi, tanah, dan limpasan sampai pada proses penguapan air ke udara.

Proses Dinamik dalam tahap pemodelan hidrologi adalah menyusun proses dalam bentuk

software, meliputi proses: curah hujan, sebagai input utama dalam model, intersepsi, infiltrasi, evapotranspirasi, cadangan air tanah, aliran permukaan (runoff) sebagai output model.

Tabel 1. Algoritma Penyusunan Model Hidrologi Ketersediaan Air

1. Curah Hujan = CH	
$CH_{Hi} = L_H / L_{DAS} \times CH_{DASI} \times IK_H$ $CH_{Ki} = L_K / L_{DAS} \times CH_{DASI} \times IK_K$ $CH_{Si} = L_S / L_{DAS} \times CH_{DASI} \times IK_S$	$CH_{Ti} = L_T / L_{DAS} \times CH_{DASI} \times IK_T$ $CH_{Pi} = L_P / L_{DAS} \times CH_{DASI} \times IK_P$
2. Laju Penumpukan Biomassa (kandungan air fisiologis) (LB)	
$LB_{Hi} = NPP_H / 1000 \times 1,41198 \times L_H / L_{DAS} \times ETP_i / ETP$ $LB_{Ki} = NPP_K / 1000 \times 1,41198 \times L_K / L_{DAS} \times ETP_i / ETP$ $LB_{Si} = NPP_S / 1000 \times 1,41198 \times L_S / L_{DAS} \times ETP_i / ETP$	$LB_{Ti} = NPP_T / 1000 \times 1,41198 \times L_T / L_{DAS} \times ETP_i / ETP$ $LB_{Pi} = NPP_P / 1000 \times 1,41198 \times L_P / L_{DAS} \times ETP_i / ETP$
3. Evapotranspirasi Potensial (ETP)	
$E = F1 R (1 - r) - F2 (0,1 + 0,9 S) + F3 (k + 0,01 w) - (\text{Rumus Penman})$	
4. Evapotranspirasi Aktual (ETA)	
Untuk $CH > ETP$ maka $ETA = ETP$ Untuk $CH \leq ETP$ maka $ETA = CH + \text{perubahan CAD} (\Delta CAD)$	
5. Cadangan Air Tanah (CAT)	
$CAT_i = CATM \times k^{AAHPi}$; $k = (P0 + P1) / CATM$	
6. Intersepsi (IT)	
$IT_{Hi} = 0,04 * ni + 0,18 CH_{Hi}$ $IT_{Ki} = 0,004 * ni + 0,18 CH_{Ki}$ $IT_{Si} = 0,05 * ni + 0,09 CH_{Si}$	$IT_{Ti} = 0,004 * ni + 0,11 CH_{Ti}$ $IT_{Pi} = 0,003 * ni + 0,15 CH_{Pi}$ $TIT_i = IT_{Hi} + IT_{Ki} + IT_{Si} + IT_{Ti} + IT_{Pi}$
7. Alihan Vegetasi ke Tanah (AVT) – (Infiltrasi)	
$AVT_{Hi} = CH_{Hi} - IN_{Hi}$ $AVT_{Ki} = CH_{Ki} - IN_{Ki}$ $AVT_{Si} = CH_{Si} - IN_{Si}$	$AVT_{Ti} = CH_{Ti} - IN_{Ti}$ $AVT_{Pi} = CH_{Pi} - IN_{Pi}$ $TAVT_i = AVT_{Hi} + AVT_{Ki} + AVT_{Si} + AVT_{Ti} + AVT_{Pi}$
8. Defisit (D) -----	$D = ETP - ETA$
9. Surplus (S) -----	$Si = AT_i - \Delta CAD_i$
10. Limpasan / Runoff (R) -----	$R_i = 50 \% (Si + R_{i-1})$

Keterangan:

$CH_{Hi}, CH_{Ki}, CH_{Si}, CH_{Ti}, CH_{Pi}$ = curah hujan pada lahan hutan, kebun, sawah, tegalan, dan permukiman, bulan ke - i.

L_H, L_K, L_S, L_T, L_P = luas pada lahan hutan, kebun, sawah, tegalan, dan permukiman;

L_{DAS} = luas DAS

$IK_H, IK_K, IK_S, IK_T, IK_P$ = nilai indeks kerapatan tajuk pada lahan hutan), kebun, sawah, tegalan, dan permukiman

LB_{Hi} = Laju penumpukan biomassa pada pola tata guna lahan bulan ke-i

NPP_H = produktivitas primer neto bagi vegetasi bulan ke-i

ETP = evapotranspirasi potensial bulan ke i

CAT_i = cadangan air tanah bulanan ke-i

$CATM$ = cadangan air tanah maksimum, selisih kadar air pada kapasitas lapang dengan titik layu permanen

$AAHPi$ = akumulasi potensi penguapan sampai bulan ke - i

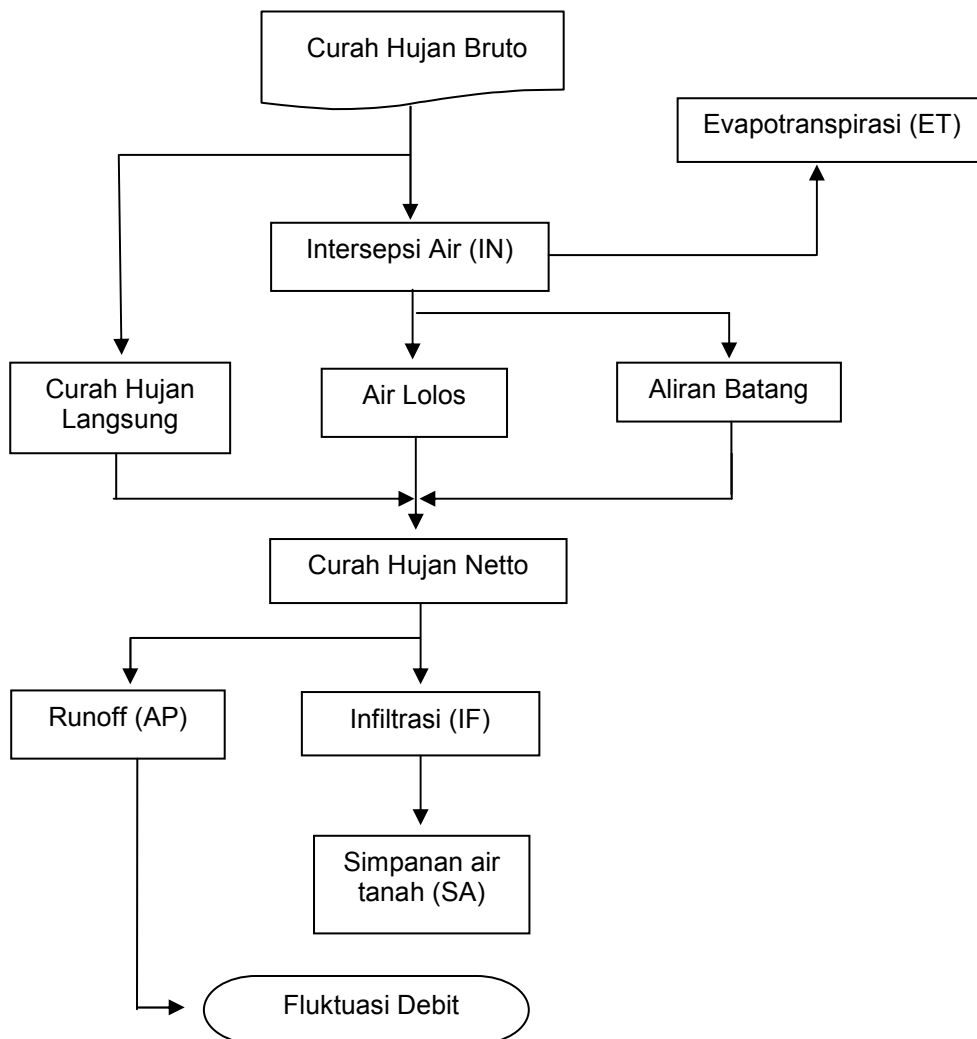
$P0$ = 1,000412351

$P1$ = -1,073807306

$IT_{Hi}, IT_{Ki}, IT_{Si}, IT_{Ti}, IT_{Pi}$ = intersepsi pada lahan hutan, kebun, sawah, tegalan, dan permukiman, pada bulan ke-i
 AT = AIR TERSEDIA = ATST = Selisih antara curah hujan dengan intersepsi dan evapotranspirasi
 R_i = Runoff pada bulan ke-i
 S_i = Surplus pada bulan ke-i
 $R_{(i-1)}$ = Runoff pada bulan ke i-1.

Konsep dasar pembuatan model hidrologi ketersediaan air adalah neraca air (*waterbalance*). Software yang dihasilkan

berupa KTSAIRDAS.EXE yang dibuat menggunakan program *delphi versi 7*. Algoritma penyusunan model ketersediaan air menggunakan rumus-rumus disajikan pada Tabel 1, dengan skema pergerakan air seperti Gambar 1. Hasil pengujian model dengan cara grafis dan uji statistik, untuk mengetahui penyimpangan antara debit aliran hasil model dengan hasil pengukuran di lapangan. Teknik analisis meliputi *spatial approach, ecological analysis, dan statistical analysis*.



Gambar 1. Rancangan Diagram Alir Model Hidrologi Ketersediaan Air

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian meliputi: 1) penyusunan basisdata spasial berupa citra landsat, peta-peta

yang disusun dengan proses SIG (sistem informasi geografis) antara lain peta pola aliran, peta geologi, peta tanah, peta lereng, peta

penggunaan lahan; 2) penyusunan basisdata non spasial meliputi data hujan, debit aliran, sifat fisik tanah, penggunaan lahan, karakteristik vegetasi, dan perilaku masyarakat dalam mengelola lahan; 3) penyusunan model ketersediaan air untuk pengendalian banjir yang dihasilkan berupa *software* program *KTSAIRDAS.EXE*, dapat digunakan untuk merencanakan luas dan jenis penggunaan lahan optimal untuk disimulasikan pada berbagai alternatif penggunaan lahan.

Basisdata Hujan dan Debit Aliran Sungai

Hasil perhitungan data curah hujan rata-rata bulanan selama 11 tahun disajikan pada Tabel 2. Hasil perhitungan data hujan selama 11 tahun (periode tahun 1995 sampai 2005) menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan di DAS Blorong sebesar 3.060 mm. Curah hujan maksimum pada bulan Januari, minimum bulan Agustus.

Debit aliran Kali Blorong dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengukuran yang telah dilakukan oleh Balai Pengelolaan Sumberdaya Air (BPSDA) Kota Semarang berdasarkan hasil pencatatan tinggi muka air otomatis *automatic water level recorder* (AWLR). Pencatatan data tinggi muka air Kali Blorong selama periode tahun 1993 sampai tahun 2004 disajikan pada Tabel 3.

Data rata-rata debit bulanan selama satu tahun dari bulan Januari sampai Desember merupakan data hasil pengamatan lapangan digunakan sebagai data pembanding debit hasil perhitungan model ketersediaan air. Apabila data debit hasil keluaran model tidak beda jauh dengan data pengamatan lapangan maka model dapat digunakan untuk melakukan simulasi atau eksperimentasi berbagai alternatif penggunaan lahan.

Karakteristik Penutup Lahan

Berdasarkan peta penggunaan lahan yang diperoleh dari peta Rupabumi skala 1 : 25.000 dan citra Landsat TM tahun 2003 serta hasil ceking lapangan tahun 2006 diperoleh data penggunaan lahan terbaru. Jenis penggunaan yang ada di daerah penelitian (DAS Blorong) meliputi pemukiman, sawah, tegalan, Perkebunan, kebun campuran dan hutan. Lahan tegalan meliputi jagung dan ketela pohon, kebun campuran meliputi tanaman duren, petai, pisang dan kelapa.

Data luas dan persentase pada setiap jenis penggunaan lahan disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel tersebut diperoleh data jenis penggunaan lahan hutan dan kebun campuran sebesar 48,32%, lahan sawah seluas 20,90%, penggunaan lahan tegalan dan permukiman seluas 30,78%.

Tabel 2. Data Curah Hujan Rata-rata bulanan di Kali Blorong Tahun 1995-2005

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	Jumlah
rata-rata	485	412	343	279	174	84	61	36	58	160	252	419	3.060

Sumber: Analisis data hujan tahun 1995 - 2005

Tabel 3. Data Tinggi Muka Air Kali Blorong Tahun 1993– 2004

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
rata-rata	206,8	204,0	183,1	152,2	89,2	72,6	34,9	28,2	47,1	65,5	112,7	193,0

Sumber: Hasil Analisis Data Balai Pengelolaan Sumberdaya Air Kota Semarang

Tabel 4. Jenis Penggunaan Lahan DAS Blorong

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1	Hutan	15,43	9,91
2	Kebun Campuran	59,81	38,41
3	Sawah	32,54	20,90
4	Tegalan	18,35	11,79
5	Permukiman	29,57	18,99
	Jumlah	155,70	100,00

Sumber: Hasil deliniasi peta Penggunaan lahan dengan Citra Landsat DAS Blorong dan cek lapangan tahun 2006

Penyusunan Model Ketersediaan Air

Ketersediaan air mencerminkan keadaan kondisi air, tentang ada atau tidak adanya air di dalam sistem DAS. Pergerakan air merupakan suatu rangkaian proses hidrologi siklus air yang terus berjalan dari waktu ke waktu, dimulai dari hujan turun jatuh di atas vegetasi (*intersepsi*) dan tanah, sebagian meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*), sebagian air hujan mengalir sebagai aliran permukaan di atas tanah, bergabung dengan sungai-sungai lain menuju ke laut. Selanjutnya air di laut maupun air yang tergenang di permukaan tanah akan bersama-sama mengalami proses penguapan (*evaporasi*) dan penguapan dari vegetasi (*transpirasi*), selanjutnya proses penguapan air dari permukaan tanah dan vegetasi disebut *evapotranspirasi*. Proses yang terjadi didalam sistem DAS dipelajari dengan membuat algoritma tata air dalam sistem DAS. Sistem ini terdiri dari komponen vegetasi, komponen tanah, dan komponen sungai.

Selanjutnya algoritma ketersediaan air yang telah disusun sebagai model hidrologi pada sistem DAS Blorong, dirancang dalam bentuk software model ketersediaan air dan diberi nama Model *KTSAIRDAS.EXE*. Software dapat dijalankan pada semua komputer dengan spesifikasi *under windows Pentium IV*.

Langkah-langkah dalam menjalankan program *KTSAIRDAS.EXE* diuraikan sebagai berikut.

1. Buka file *KTSAIRDAS.EXE* pada CD dengan cara mengklik dua kali. Selanjutnya muncul pembuka file berupa gambar dengan tulisan 'MODEL KETERSEDIAAN AIR' sampai muncul 'MENU UTAMA'.
2. Tampilan 'MENU UTAMA' muncul dengan memberikan beberapa menu pilihan, untuk program pilih menu input data, jalankan perhitungan, tampilan hasil, cetak hasil, keluar dari program (exit). Selain itu terdapat menu pilihan SAVE DATA dari yang telah terketik dan menu pilihan OPEN DATA untuk membuka data anda yang telah tersimpan di komputer.
3. Pilih menu 'INPUT DATA' akan muncul 9 macam inputan data yaitu input data curah hujan, data luas daerah, data koordinat lintang, data temperatur udara, data rasio penyinaran matahari, data kelembaban udara, data kecepatan angin, data cadangan air tanah, data jumlah hari hujan. Pilih perintah PILIH atau BATAL.
4. Kalau dipilih menu 'DATA CURAH HUJAN' tekan 'PILIH' muncul input data curah hujan. Selanjutnya ketik data curah hujan selama 12 bulan. Setelah data terketik dan data

perlu disimpan maka pilihlah menu 'SIMPAN' atau 'TUTUP' bila tidak ingin menyimpan data.

5. Setelah ditutup akan kembali ke MENU UTAMA, pilih 'INPUT DATA' untuk memasukkan 'Data Luas Daerah' lakukan klik dan tekan 'PILIH'. Masukkan data luas hutan, kebun, sawah, tegalan, dan permukiman. SIMPAN data atau TUTUP. Setelah ditutup maka akan kembali ke MENU UTAMA.
6. Lakukan seterusnya untuk 'Data Koordinat Lintang', 'Data temperatur udara', ' rasio penyinaran matahari', 'data kelembaban udara', 'data kecepatan angin', 'data cadangan air tanah', dan 'data jumlah hari hujan'. Pilih menu SIMPAN atau TUTUP untuk kembali ke MENU UTAMA.
7. Setelah semua data dimasukkan pilih perintah 'JALANKAN PERHITUNGAN', pilih bulan awal yang akan ditampilkan, tekan 'Hitung' program akan melakukan perhitungan secara cepat. Tekan 'OK' dan 'TUTUP' kembali ke MENU UTAMA.
8. Setelah perhitungan selesai, pada 'MENU UTAMA' pilih 'TAMPILKAN HASIL', akan tampil hasil perhitungan pilih komponen yang akan ditampilkan mulai dari curah hujan, intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, simpanan air tanah, perkolasi, aliran permukaan, dan aliran bawah tanah.
9. Setelah semua hasil sesuai dengan yang kita harapkan, lakukan perintah 'CETAK HASIL'. Sebelum dicetak akan muncul *print preview*.
10. Setelah data di print maka selesailah operasional *ModelKetersediaan Air* ini. Tekan 'EXIT' untuk keluar dari program K TSAIRDAS.EXE.

Selanjutnya model ketersediaan air digunakan untuk melakukan simulasi berbagai alternatif penggunaan lahan.

Pengujian Model Ketersediaan Air

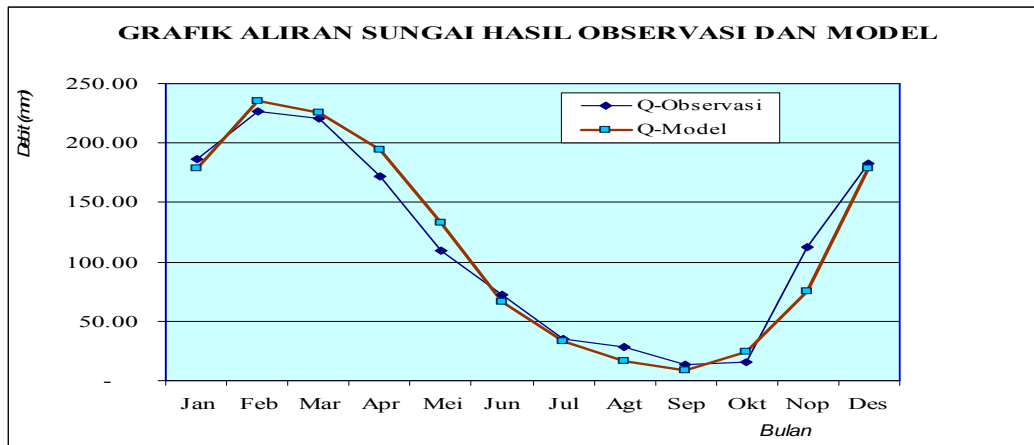
Penelitian ini menghasilkan model Hidrologi Ketersediaan air DAS Blorong yang diberi nama *K TSAIRDAS.EXE*, model ini menggambarkan keadaan keseimbangan air dalam setiap proses hidrologi DAS yang diteliti. Debit sungai hasil pengukuran (observasi) di outlet DAS Blorong dibandingkan dengan debit hasil perhitungan (model) untuk kondisi penggunaan lahan saat penelitian dilakukan, disajikan Tabel 5 dan Gambar 2.

Tabel 5. Perbandingan Debit Pengukuran (Observasi) dengan Debit Perhitungan

Bulan	Debit Pengukuran	Debit Perhitungan Model
Januari	206,80	179,00
Februari	204,00	234,90
Maret	183,08	225,30
April	152,15	194,80
Mei	89,22	132,40
Juni	72,58	66,20
Juli	34,89	33,10
Agustus	28,18	28,18
September	47,11	14,11
Oktober	65,55	15,55
Nopember	112,67	112,67
Desember	193,02	183,02

Sumber: Hasil Analisis Data Primer, tahun 2007

Hasil pengujian model dengan cara grafis dan uji statistik menunjukkan bahwa hubungan antara debit hasil model dengan hasil pengukuran di lapangan cukup signifikan. Nilai uji korelasi menunjukkan nilai r-hitung sebesar 0,97 lebih besar dari r-tabel sebesar 0,576, dikatakan model dapat digunakan untuk analisis ketersediaan air di DAS Blorong dengan melakukan perencanaan alternatif penggunaan lahan.



Gambar 2. Grafik hubungan debit hasil pengukuran dengan debit perhitungan model

Eksperimentasi Model Berbagai Alternatif Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan model ketersediaan air yang telah diuji validitasnya, diterapkan untuk melakukan simulasi pada beberapa perubahan penggunaan lahan yang mungkin terjadi. Pedoman pengubahan pola penggunaan lahan berdasarkan pada kaidah konservasi tanah dan lingkungan hidup agar tidak akan menjadi bumerang bagi masyarakat sekitarnya.

Alternatif pengubahan penggunaan lahan yang diusulkan antara lain, perubahan lahan pada lereng lebih besar dari 25 % dijadikan sebagai daerah konservasi sebagai lahan perkebunan stsu kebun campuran, perubahan lahan perkebunan menjadi sawah atau tegalan, perubahan penggunaan lahan tegalan atau sawah menjadi pemukiman dan sebagainya. Berikut ini dikaji beberapa alternatif penggunaan lahan yang diusulkan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Beberapa Alternatif Penggunaan Lahan untuk Simulasi pada Model Ketersediaan Air DAS Blorong

Alternatif	Keterangan
1	Penglan tahun 2006
2	Luas tegalan berkurang menjadi hutan tambah 10%, kebun campuran tambah 10%

Alternatif	Keterangan
3	25% Hutan berkurang menjadi tegalan
4	10% hutan berkurang menjadi sawah
5	Hutan tetap, permukiman bertambah, sawah berkurang 10%, tegalan 10%
6	Luas hutan tetap, permukiman bertambah 25%, dan tegalan berkurang 25%
7	Luas hutan tetap, permukiman bertambah 25%, dan sawah berkurang 25%
8	Luas hutan tetap, kebun campuran berkurang 20% menjadi tegalan
9	Luas hutan tetap. Kebun campuran berkurang 20% menjadi permukiman
10	Hutan berkurang 10%, kebun campuran bertambah 10%, yang lain tetap

Penggunaan lahan pada alternatif 1 merupakan luasan bentuk penggunaan lahan pada kondisi sekarang saat dilakukan penelitian. Hasil eksperimentasi pada ke lima alternatif menunjukkan adanya perubahan pola penggunaan lahan akan menyebabkan perubahan pada komponen pergerakan air dalam sistem DAS Blorong yang diteliti.

Berdasarkan kriteria alternatif penggunaan lahan yang telah ditetapkan (pada Tabel 6), luasan setiap alternatif dicobakan atau disimulasikan pada model ketersediaan air sehingga pada setiap alternatif diperoleh informasi secara rinci tentang nilai curah hujan, intersepsi, infiltrasi, evapotranspirasi, simpanan

air, aliran permukaan dan debit aliran sungai (disajikan pada Lampiran). Pada eksperimentasi ini masukan yang bersifat variabel adalah luas penggunaan lahan kebun, sawah, tegalan, dan permukiman. Perbedaan nilai debit aliran sungai tertinggi terdapat pada musim hujan bulan dengan curah hujan tinggi yaitu bulan Januari, Februari, Maret, April, Nopember, dan Desember.

Pada dasarnya dapat disimpulkan bahwa bentuk penggunaan lahan pada suatu daerah sangat mempengaruhi besaran debit aliran sungai atau debit yang keluar dari suatu sistem DAS. Namun debit bukan merupakan satu-satunya ukuran dalam menentukan pola penggunaan lahan yang optimum pada suatu DAS. Ada banyak parameter lain yang menjadi bahan pertimbangan seperti nilai erosi, kualitas air, beban sedimen, pertimbangan ekonomi, sosial budaya, politik, dan lain-lain.

Salah satu parameter dalam menilai konservasi tanah dan air suatu daerah berdasarkan perbandingan antara debit maksimum dengan debit minimum. Jika cara ini digunakan dalam menilai eksperimentasi, maka alternatif penggunaan lahan yang memiliki nilai rasio kecil merupakan kondisi yang lebih baik. Nilai rasio sama dengan satu artinya nilai debit maksimum dengan debit minimum sama, artinya pada musim hujan dan musim kemarau tidak ada perubahan debit aliran sungai, sebaliknya apabila nilai rasio debit besar maka pada musim hujan terjadi debit yang jauh lebih besar dari musim kemarau sehingga terjadi banjir. Nilai rasio debit merupakan salah satu kriteria untuk mengkaji kondisi suatu DAS. Dengan mengubah pola penggunaan lahan dari kondisi saat ini menjadi bentuk penggunaan lahan lain, angka atau nilai rasio debit yang mendekati

angka satu merupakan kondisi yang akan mampu memperbaiki kondisi hidro-orologis suatu DAS.

Nilai rasio debit pada berbagai alternatif penggunaan lahan disajikan pada Tabel 7. Pada tabel tersebut diketahui bahwa nilai terkecil rasio debit pada alternatif ke 1 sebesar 27,64. Nilai rasio terbesar pada alternatif 3 sebesar 28,48. Nilai rasio debit masih masuk dalam angka ambang batas toleransi, menurut Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (BRLKT) Bogor menggunakan patokan perbandingan debit maksimum dengan minimum masih wajar, lebih kecil atau sama dengan 30.

Tabel 7. Rasio Debit atau Perbandingan Debit Tertinggi dengan Debit Terendah

Alternatif	Nilai Debit Tertinggi (T)	Nilai Debit Terendah (R)	Rasio Debit T/R	Produksi Air
1	234.9	8.5	27.64	1.369,4
2	234.8	8.3	28.29	1.368,6
3	236.4	8.3	28.48	1.379,7
4	236.1	8.3	28.45	1.377,5
5	235.7	8.3	28.40	1.374,9
6	235.9	8.3	28.42	1.376,2
7	235.5	8.3	28.37	1.373,7
8	237.0	8.4	28.21	1.383,6
9	237.5	8.4	28.27	1.387,2
10	235.8	8.3	28.41	1.375,6

Sumber: Analisis Data Primer. 2007

Berdasarkan nilai patokan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa keseluruhan alternatif untuk eksperimentasi model menghasilkan nilai rasio debit di bawah angka 30. Kondisi debit aliran air Kali Blorong memiliki nilai berkisar antara 27,64 sampai 28,48, dapat dikatakan bahwa angka rasio debit Kali Blorong mendekati angka kritis. Pada musim hujan debit aliran sungai meningkat cukup tajam, sedangkan pada musim kemarau debit aliran sungai kecil. Setiap datang musim hujan Kali

Blorong selalu meluap dan menggenangi kawasan hilir DAS Blorong.

Alternatif penggunaan lahan yang menghasilkan rasio debit besar atau meningkat adalah berkurangnya luas penggunaan lahan hutan menjadi tegalan, kebun campuran maupun bentuk penggunaan lainnya (alternatif 3 dan alternatif 4). Selain itu perubahan lahan berupa penambahan lahan permukiman (alternatif 5, 6, dan 7) akan berakibat pada meningkatnya angka rasio debit.

Ditinjau dari aspek produksi lahan, maka angka penurunan angka rasio debit tidak diikuti dengan peningkatan nilai produksi lahan. Komposisi luas lahan berupa pengurangan lahan sawah dan kebun, walaupun dapat mempengaruhi hasil air yang baik tetapi memiliki kelemahan dari aspek sosial ekonomi masyarakat. Aspek ekonomi tentunya akan merugikan karena dapat menyebabkan terganggunya suplai beras dan tanaman tegalan yang diperlukan untuk menopang kehidupan masyarakat. Tinjauan dari aspek sosial dapat mengakibatkan berkurangnya matapencaharian dibidang pertanian, timbul pengangguran

sebagai petani maupun buruh tani, yang dapat memicu timbulnya keresahan maupun masalah sosial lainnya.

Pengelolaan DAS secara terpadu dapat dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek baik produksi air, erosi, sedimentasi, komposisi lahan, politik, dampak sosial dan ekonomi, sehingga menghasilkan perencanaan yang maksimal dan menguntungkan bagi kebutuhan masyarakat setempat. Komposisi penggunaan lahan yang baik dengan pengendalian perubahan penggunaan lahan pada kawasan hulu, merupakan alternatif pengelolaan lahan dan pengendalian banjir paling baik untuk kawasan hilir sungai.

Kajian ketersediaan air suatu DAS secara menyeluruh dari kawasan hulu (atas) sampai kawasan hilir (bawah) dan meliputi semua aspek komponen fisik dan non fisik merupakan alternatif terbaik untuk merencanakan pengendalian banjir di DAS Blorong Kabupaten Kendal. Kajian terpadu mengenai upaya pengendalian banjir dan pengelolaan DAS merupakan upaya penanggulangan banjir yang paling baik dan dapat berhasil

Tabel 8. Produksi Lahan dan Rasio Debit Berbagai Alternatif Penggunaan Lahan

Alternatif Penggunaan Lahan	Nilai Produksi (ton/Ha)	Peringkat Produksi	Rasio Debit (m³/detik)	Peringkat Angka Rasio debit
Alternatif-1	45.033,25	5	27,64	1
Alternatif-2	45.701,94	2	28,29	4
Alternatif-3	45.531,69	6	28,48	10
Alternatif-4	47.295,42	1	28,45	9
Alternatif-5	41.546,56	9	28,40	6
Alternatif-6	45.290,62	7	28,42	8
Alternatif-7	35.809,16	10	28,37	5
Alternatif-8	45.197,12	8	28,21	2
Alternatif-9	44.564,45	4	28,27	3
Alternatif-10	45.575,98	3	28,41	7

Sumber: Analisis Data Primer. 2007

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian berupa model ketersediaan air *software program K TSAIRDAS. EXE*, dapat digunakan untuk merencanakan luas dan jenis penggunaan lahan optimal yang disimulasikan pada keluaran model ketersediaan air ini merupakan analog proses keseimbangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini dapat digunakan di daerah penelitian untuk merencanakan penggunaan lahan secara optimal. Namun model ini perlu disempurnakan agar diperoleh informasi yang lebih mendetail, dengan menganalisis penggunaan lahan menurut jenis vegetasi lebih terinci, seperti hutan pinus, hutan jati, kebun karet, ladang singkong, dan sebagainya.

Model dapat digunakan untuk analisis ketersediaan air dengan melakukan simulasi berbagai alternatif penggunaan lahan. Nilai rasio debit Kali Blorong berkisar antara 27,64 sampai 28,48 mendekati angka kritis. Berdasarkan aspek produksi lahan, pengurangan lahan sawah dan kebun, dapat menurunkan rasio debit dan produksi juga menurun. Analisis aspek ekonomi termasuk merugikan karena terganggunya suplai beras dan tanaman tegalan yang diperlukan untuk menopang kehidupan masyarakat. Perilaku masyarakat di DAS Blorong menunjukkan hal yang kontradiktif, terdapat ketidak selarasan antara tingkat kognitif, afektif dengan perilaku terhadap

lingkungan. Umumnya masyarakat memiliki pandangan hidup fatalistik, pandangan hidup demikian dapat mendorong sebagian masyarakat melakukan tindakan yang dapat berdampak buruk bagi kondisi lingkungan alam dan sosial di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor:IPB.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Chow, VT. 1964. *Handbook of Applied Hydrology, a Compendium of Water Resources Technology*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Haan, C.T., Johnson, and D.L. Brakensiek. 1982. *Hydrologic Modeling of Small Watershed*. Michigan: An ASAE Monograph.
- Hillel. D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. New York: Academic Press.
- Manetch T., and G.L.Park. 1973. *System Analysis and Simulation with Application to Economic and Social System*. Part of Manuscript and Classnote. Part I. Departement of Elektrical Engineering and Science.
- Setyowati, Dewi Liesnoor, 2006. "Model Pengendalian Banjir Berbasis Spasial Biofisik, Ketersediaan Air, dan Perilaku Masyarakat untuk Perencanaan Pengelolaan DAS". *Laporan Penelitian*. Semarang: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Semarang.
- Seyhan, E. 1977. *The Watershed as an Hydrologic Unit*. Utrecht: Geografisch Institut der Rijksuniversiteit Utrecht.