MODIFIKASI MODEL TANGKI UNTUK MEMPELAJARI PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP LIMPASAN

(Modifying Tank Model for Study on the Land Use Change Effect to Runoff)

Harmailis[1], M. Azron Dhalhar[2], M. Yanuar J. Purwanto[2]

Abstract

The objectives of the research were to *modify* the tank model by using infiltration process in the model, based on available daily rainfall data, actual evapotranspiration rates, in *1996* and *1997* for the *Cidanau* Watershed. The hydrological data were the primary and secondary data.

In this study, the prediction of the daily river runoff / discharge was developed by using the modified tank model of the rainfall-runoff processes, and applied to simulate the three land use types in the Cidanau Watershed, comprising of 22 620 Ha. The average coefficient of *correlation* is *0.81* for the model calibration and validation.

The model can also be used to predict river discharge for different land use.

Keywords **:** tank model, infiltration, watersheds, and rainfall

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu cara untuk menduga debit sungai adalah dengan menggunakan model hidrologi. Model yang cocok adalah yang relatif sederhana untuk dilaksanakan, data masukan tersedia dan sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Model hidrologi yang dapat memenuhi syarat di atas salah satunya adalah dengan menggunakan model tangki (tank model).

Besarnya debit sungai yang mampu mencapai muara sungai banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dijumpai selama perjalanannya menuju muara. Faktor- faktor itu diantaranya; pola pengelolaan lahan yang ada, pola konsumsi air oleh rumah tangga yang berdiam di sekitar sungai, besarnya curah hujan yang merupakan sumber utama ketersediaan air dan faktor-faktor lain, seperti jenis tanah, bentuk penampang dan topografi sungai yang dilalui yang berkaitan dengan kemampuan daerah aliran sungai untuk menyimpan air.

Ketersediaan air erat kaitannya dengan faktor geografis dan iklim daerah aliran sungai, sedang kebutuhan air irigasi berhubungan langsung dengan absorbsi air oleh tanaman selama pertumbuhan sampai perkembangan tanaman. Neraca keseimbangan antara ketersediaan air (supply) dan kebutuhan air (demand) diharapkan dapat dimanfaatkan untuk menganalisis dan merencanakan penyediaan kebutuhan air untuk pertanian, kebutuhan air untuk domestik/ penduduk, kebutuhan air untuk industri dan keperluan lainnya, seefisien mungkin. Oleh karena itu pola penge-lolaan lahan yang ada perlu ditinjau dengan memperhatikan aspek konservasi untuk melestarikan sumberdaya air.

[1] Staf Pengajar Politeknik Pertanian Universitas Andalas.
[2] Staf Pengajar Fakultas Teknobgi Pertanian Institut Pertanian Bogor

Tujuan Penelitian

Penelitian tentang pengelolaan air berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS), pada DAS Cidanau ini bertujuan untuk: Membuat model hidrologi berdasarkan modifikasi model tangki untuk menduga debit' sungai dengan memperhatikan pota Tata Guna Lahan (TGL).

Membuat simulasi perubahan tata guna lahan dalam kaitannya dengan pola pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai Cidanau Kabupaten Serang dan Pandeglang Provinsi Banten yang berlangsung selama 4 bulan dari bulan Juni sampai dengan bulan September 2000.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan selama penelitian ini meliputi : seperangkat PC lengkap dengan sejumlah *software* pendukung lainnya, *scaner*, double ring *infiltrometer*, mistar, ember, stopwatch, GPS, dan peralatan keperluan dokumentasi serta tulis menulis. Sedang bahan yang digunakan antara lain : Data Curah Hujan, Data Iklim, Data Debit Aktual, Peta Stasiun Hujan, Peta Jenis Tanah, Peta Topografi, Peta Tata Guna Lahan dan Peta batas Administratif dan batas sub DAS

C. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data mencakup data primer dan data sekunder. Data primer adalah data infiltrasi yang diukur di lapangan dengan menggunakan Double ring *infiltrometer*. Pengukuran infiltrasi berdasarkan jenis Tata Guna Lahan (TGL) yang dibagi atas tiga TGL yaitu; TGL sawah, TGL hutan dan TGL kebun campuran. Data sekunder meliputi data curah hujan dari masing-masing stasiun penakar hujan yang berada pada areal DAS Cidanau, data iklim mencakup temperatur, kelembaban nisbi, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, data tata guna lahan dan data debit sungai. Analisis data mencakup :

(a) Analisis Curah Hujan

Curah hujan wilayah dihitung dengan menggunakan metoda "Poligon Thiessen" dengan Persamaan 1.

$$P=\Sigma W_i x P_i \qquad (1)$$

Curah hujan yang digunakan sebagai input dari model tangki adalah rata-rata curah hujan yang jatuh pada masing-masing TGL di setiap Sub DAS.

(b) Analisis Evapotranspirasi

Penentuan besarnya evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan metoda Penman Termodifikasi, dengan menggunakan software IRSIS (Irrigation Scheduling *Information* System) berdasarkan Persamaan 2.

$$ETo=c[W.Rn + (1-W)f(u)(ea-ed)] \qquad (2)$$

(c) Analisis Kapasitas Infiltrasi

Pengukuran infiltrasi di lapangan dilakukan pada 16 tokasi di DAS Cidanau yang dibagi ke dalam tiga jenis TGL yaitu sawah, hutan dan kebun campuran. Kapasitas infiltrasi dihjtung dengan menggunakan rumus empiris Metode Kostiakov berdasarkan data infiltrasi hasil pengukuran di lapangan dengan Persamaan 3.

$$I=k_i T^n \qquad (3)$$

(d) Analisis Debit Sungai

Data debit keluar yang diukur pada muara sungai Cidanau ditransfer ke lokasi masing-masing Sub DAS dengan metoda Regional Analysis, dengan Persamaan 4.

$$Q_{SD} = k_q Q_D \ldots\ldots \qquad (4)$$

Dengan cara yang sama dapat pula ditentukan proporsi debit untuk masing-masing *TGL* pada setiap Sub DAS yang terdapat pada DAS Cidanau, yang nantinya akan digunakan untuk bahan kalibrasi dari modifikasi model tangki yang dibuat.

2. Susunan Model Tangki

Susunan model tangki untuk DAS Cidanau yang dimodifikasi terdiri dari tiga tangki paralel untuk setiap Sub DAS, masing-masing mewakili *TGL* hutan, *TGL* sawah dan *TGL* kebun campuran. Sub DAS Cisaat dan Sub DAS Cisawarna mempunyai outlet ke Rawa Danau, dan tangki tersebut bersama tangki yang mewakili Sub DAS yang lain yaitu Sub DAS Cikalurnpang, Sub DAS Cibojong, Sub DAS Cicangkedan dan Sub DAS Cikondang, menyumbangkan outletnya kepada Sungai Cidanau (Gambar 1).

Setiap satu unit tangki tersebut terdiri dari empat buah tangki yang disusun secara vertikal (seri). Tangki paling atas mempresentasikan neraca air pada daerah perakaran. Aliran limpasan adalah penjumlahan limpahan dari tiga tangki teratas. Tangki paling bawah mempresentasikan aliran dasar (base flow). Skema tangki untuk masing-masing *TGL* pada setiap Sub DAS disajikan pada Gambar 2.

Persamaan dasar untuk tangki paling atas dari Gambar 2 adalah :

$$\partial x_1(t)/\partial t = a_1 \{x_1(t)-ha_1\} + b \{x_1(t) - h_5\} + z_1.x_1(t) - CH + Etc(t) \ldots \quad (5)$$

dan untuk tangki lainnya (i = 2-4, z_4 = 0) persamaannya adalah :

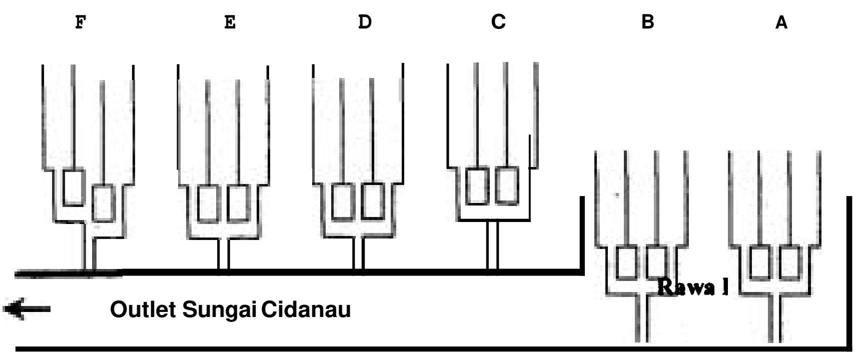
$$\partial x_i(t)/\partial t = a_i.\{x_i(t) - ha_i\} + z_i.x_i(t) - z_{i-1}.x_{i-1}(t) \ldots\ldots \quad (6)$$

Debit limpasan dari sungai (Q) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = b.\{x_1(t) - h_5\} + \Sigma\, a_i\{ x_i(t) - ha_i\} \ldots\ldots \quad (7)$$

3. Penyusunan Program Komputer

Prosedur pendugaan debit sungai dilakukan dengan bantuan program komputer. Persamaan-persamaan (5), (6), dan (7) yang merupakan penggambaran proses limpasan diubah ke dalam bahasa program komputer sehingga menjadi suatu model untuk menentukan total limpasan yang terjadi untuk suatu waktu tertentu. Data masukan adalah curah hujan dan evapotranpirasi aktual harian. Program dijalankan (*running*) setelah memasukkan parameter yang dila-kukan secara coba-ulang. Hasil keluaran model



Keterangan masing-masing tangki paralel mewakili;
A (Sub DAS Cisaat), B (Sub DAS Cisawarna), C (Sub DAS Cikalumpang), D (Ssub DAS Cibojong), E (sub DAS Cicangkedan), F (Sub DAS Cikondang)
Setiap tangki terdiri atas tangki areal *TGL* Hutan, *TGL* Sawah dan *TGL* Kebun Campuran

Gambar 1. Susunan Tangki untuk DAS Cidanau adalah nilai harian aliran permukaan (surface runoff), aliran bawah permukaan (sub surface runoff) dan aliran dasar (baseflow). Komulatif dari hasil tersebut adalah jumlah limpasan atau debit sungai dugaan yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

4. Kalibrasi dan Uji Keabsahan Model

Kalibrasi model dilakukan dengan mengunakan data debit aktual yang diukur dibandingkan dengan debit model di muara Sungai Cidanau selama periode satu tahun. Tolok ukur uji keabsahan model didasarkan pada :

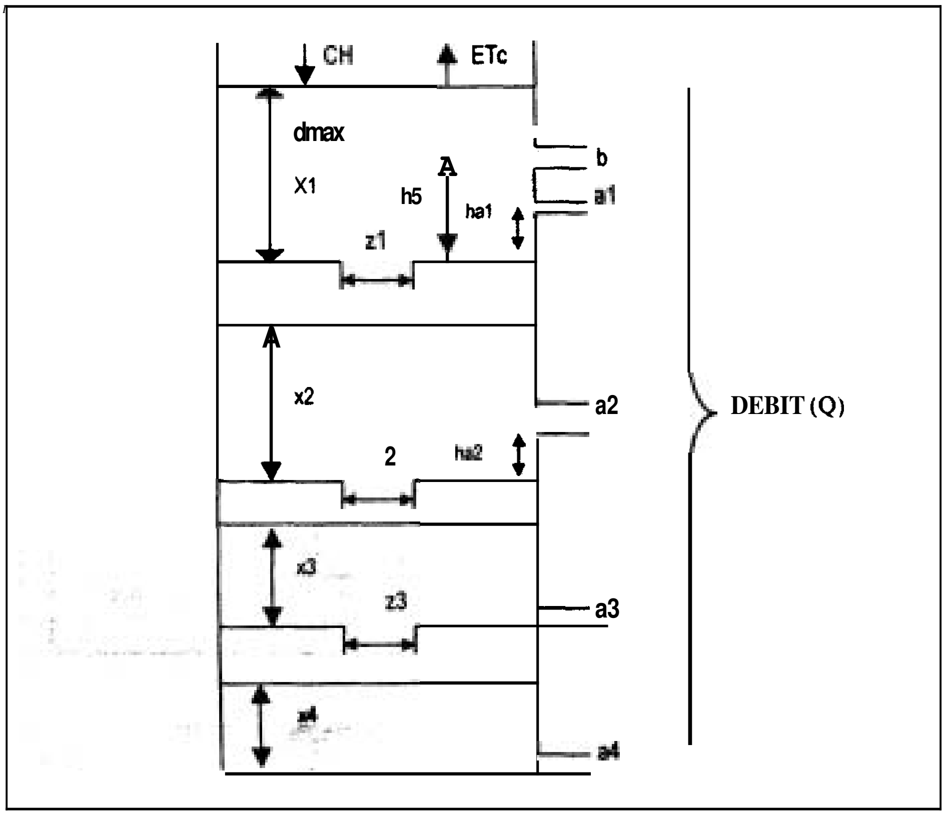
Penampilan hubungan antara debit model dan debit aktual secara grafik sehingga dapat ditentukan nilai mutlak (maksimum – minimum) data yang diperoleh.

Nilai koefisien determinasi (R^2) diperoleh dengan persamaan :

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum (Yi - yi)^2}{\sum (Yi - Y)^2} \right) \qquad (8)$$

5. Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan

Dalam rangka menduga respon dan mempelajari karakteristik DAS akibat adanya perubahan tata guna lahan terutama terhadap debit sungai maka pada simulasi dilakukan beberapa altematif penggunaan lahan. Altematif tersebut adalah penambahan /pengurangan persentase luas hutan, luas sawah dan luas kebun campuran. Dari beberapa aitematif perubahan TGL dapat dicari pola penggunaan lahan yang optimal dan dapat dijadikan sebagai landasan pengelolaan DAS.



Gambar 2. Skema Tangki untuk Setiap TGL pada Sub DAS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis hat-hat yang berkaitan dengan masukan dan keluaran model dijelaskan sebagai berikut :

A. Evapotranspirasi aktual

Nilai evapotransporasi aktual (Etc) harian yang digunakan sebagai masukan model diperoleh setelah dilakukan penghitungan evapotranspirasi tetapan (Eto) dan dikali dengan koefisien tanaman (Kc) sesuai dengan *TGL.* Gambar 3 menyajikan grafik Etc untuk masing-masing *TGL* berdasarkan data tahun 1996.

B. Kapasitas Infiltrasi

Besarnya kapasitas infiltrasi pada tiga jenis *TGL* yang merupakan rata-rata selama 24 jam (1 hari) adalah sebagai berikut; *TGL* hutan = 1,8073 mm/jam; *TGL* sawah = 0,1861 mm/jam; dan *TGL* kebun campuran = 0,8014 mm/jam. Nilai kapasitas infiltrasi ini digunakan untuk menentukan koefisien perkolasi tangki tingkat atas (zl) pada model. Penentuan nilai z untuk tingkat selanjutnya berdasarkan proporsi besarnya air yang masuk ke datam tanah yang akan semakin berkurang sesuai dengan kedalaman tanah. Nilai koefisien perkolasi (z_i) untuk setiap tangki dapat dilihat pada Tabel 1.

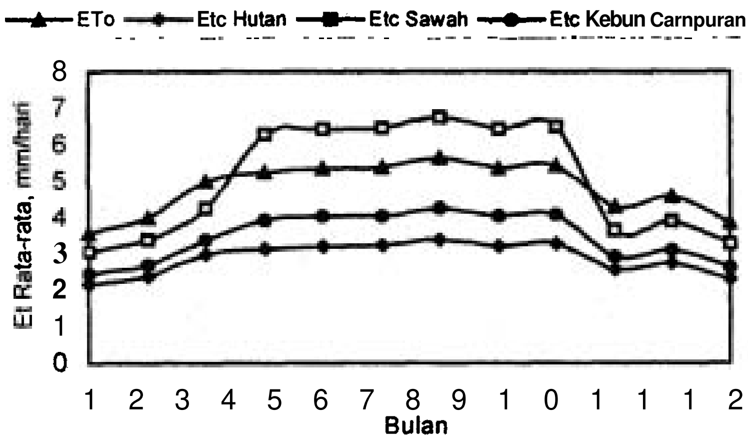
Tabel 1. Nilai Koefisien Perkolasi Model Tangki

No	Tingkat dari tangki	Tangki Tata Guna Lahan		
		Hutan	Non Hutan	Sawah
1	Tingkat Pertama (z1)	0.1084	0.0481	0.0112
2	Tingkat Kedua (z2)	0.0751	0.0350	0.0090
3	Tingkat Ketiga (z3)	0.0452	0.0150	0.0085

C. Kalibrasi dan Uji Keabsahan Model

Kalibrasi model dilakukan terhadap parameter mencakup koefisien perkolasi (z), koefisien limpasan (a), nilai kandungan air tanah (x), serta besamya simpanan maksimum dalam tanah (dmax). Penentuan parameter tersebut (al, a2, a3, a4, b, x1, x2, x3, x4, hal, ha2, h5, dan dmax) dilakukan secara coba-ulang hingga menghasilkan debit model yang nilainya mendekati nilai debit aktual. Nilai-nilai parameter kalibrasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Dengan membandingkan hasil debit dugaan yang diperoleh berdasarkan kalibrasi parameter Tabel 2 dengan debit yang terukur pada muara Sungai Cidanau data tahun 1996, diperoleh nilai koefisien deterrninasi (R^2) = 0,81. Nilai R^2 yang diperoleh ini menunjukkan bahwa nilai tetapan parameter pada



Gambar 3. Rata-Rata Bulanan Evapotranspirasi Tahun 1996

Tabel 2 mempunyai keabsahan sehingga rnodet sudah layak digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 2. Nilai Tetapan Model Berdasarkan Kalibrasi Data Tahun 1996

No	Parameter	Notasi	Tata Guna Lahan		
			Hutan	Sawah	Kebun
1	Koefisien outlet tangki tingkat 1	b	0.15	0.15	0.1
2	Ambang outlet runoff	h_s	40	140	60
3	Koefisien outlet tangki tingkat 1	a_1	0.01	0.01	0.1
4	Koefisien outlet tangki tingkat 2	a_2	0.08	0.01	0.01
5	Koefisien outlet tangki tingkat 3	a_3	0.02	0.01	0.004
6	Koefisien outlet tangki tingkat 4	a_4	0.015	0.01	0.03
7	Kandungan air tanah tangki tingkat 1	x_1	25	80	40
8	Kandungan air tanah tangki tingkat 2	x_2	30	100	80
9	Kandungan air tanah tangki tingkat 3	x_3	50	500	80
10	Kandungan air tanah tangki tingkat 4	x_4	190	700	120
11	Ambang outlet tangki tingkat 1	ha_1	30	100	40
12	Ambang outlet tangki tingkat 2	ha_2	30	160	50
13	Kandungan air maksimum	dmax	250	700	280

Grafik hubungan debit model, debit aktual dan respon curah hujan data tahun 1996 dapat dilihat pada Gambar 4. Korelasi linier antara debit aktual dan debit model hasil kalibrasi data tahun 1996 disajikan pada Gambar 5.

Sedangkan penerapan model dengan menggunakan data tahun 1997 juga mendapatkan hasil dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,81 dan diperoleh penampakan hasil seperti pada Garnbar 6, dengan korelasi linier antara debit aktual dan debit model disajikan pada Gambar 7.

D. Analisis Aliran Permukaan, Aliran Bawah Permukaan dan Alian Dasar

Analisis pemisahan antara aliran permukaan, aliran bawah permukaan. dan aliran dasar untuk masing-masing TGL dapat ditentukan dari model tangki yang dimodifikasi. Besamya persentase aliran aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar dibandingkan dengan total debit tahunan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Aliran Permukaan, Aliran Bawah Perrnukaan dan Alir-an Dasar untuk Setiap Tata Guna La-han untuk Tahun 1996

Jenis Aliran	Hutan	Sawah	Kebun Campuran
	... % aliran dari debit total ..		
Aliran Permukaan	41,30	61,52	76,29
Aliran Bawah Permukaan	24,09	12,72	11 33
Aliran Dasar	34,61	25,76	12,38

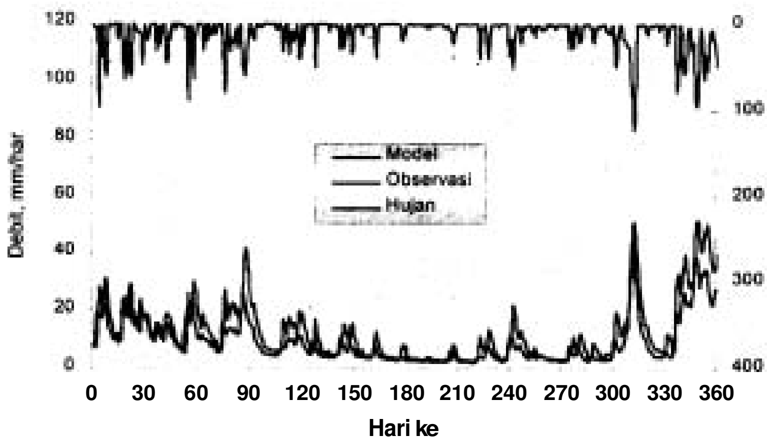
E. Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan (TGL)

Bila diasumsikan perubahan TGL yang diusutkan adalah perubahan hutan menjadi kebun, kebun menjadi hutan, dan kebun rnenjadi sawah, dengan perincian sebagai berikut :

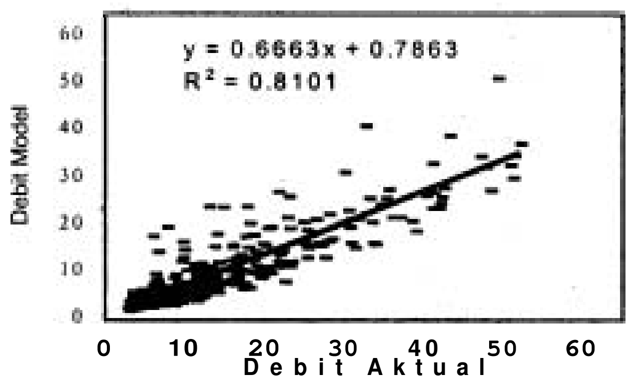
Skenario A :
A1 : 50 % hutan rnenjadi kebun
A2 : 25 % hutan menjadi kebun

Skenario B :
B1 : 50 % kebun rnenjadi hutan
B2 : 25 % kebun menjadi hutan

Skenario C :
C1 : 50 % kebun rnenjadi sawah
C2 : 25 % kebun menjadi sawah



Gambar 4. Grafik Hasil Kalibrasi Data Tahun 1996



Gambar 5. Hubungan Antara Debit Aktual dan Debit Model Data Tahun 1996

Dari tiga asumsi diatas dapat disusun skenario dengan 8 alternatif perubahan tata guna lahan secara lengkap yaitu :

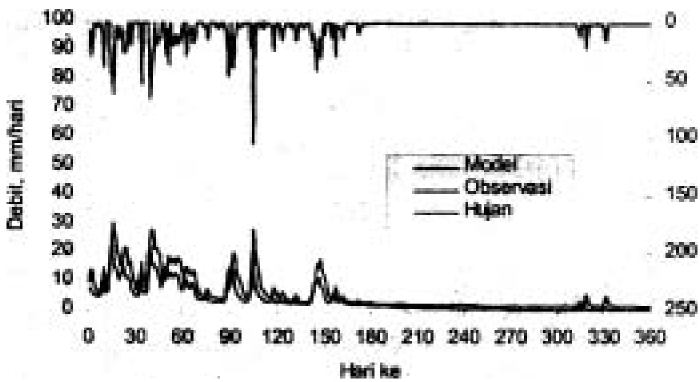
- Alternatif 1: kombinasi dari A1B1C1
- Alternatif 2: kombinasi dari A1B1C2
- Alternatif 3: kombinasi dari A1B2C1
- Alternatif 4: kombinasi dari A1B2C2
- Alternatif 5: kombinasi dari A2B1C1
- Alternatif 6: kombinasi dari A2B1C2
- Alternatif 7: kombinasi dari A2B2C1
- Alternatif 8: kombinasi dari A2B2C2

Pada simulasi ini masukan yang bersifat variabel adalah luasan masing masing *TGL*. Berdasarkan kriteria kombinasi perubahan pola *TGL* di atas maka luas masing-masing *TGL* untuk setiap alternatif *TGL* tersebut disajikan pada Tabel 4.

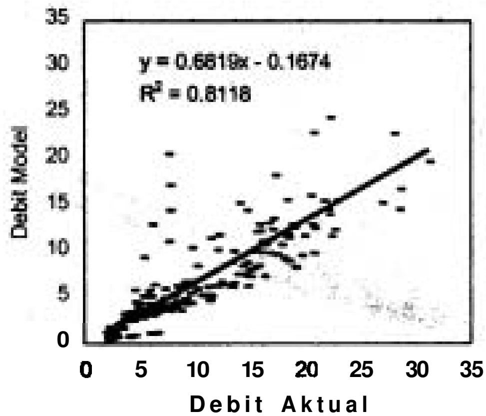
Hasil debit model di muara sungai Cidanau sesuai dengan alternatif perubahan tata guna lahan tersebut disajikan pada Tabel 5.

Hasil Simulasi

Pada Tabel 5 diatas terlihat perubahan pola *TGL* di suatu daerah dapat mempengaruhi debit yang keluar dari suatu sistem DAS. Dari keseluruhan



Gambar 6. Grafik Hasil Validasi Data Tahun 1997



Gambar 7. Hubungan Antara Debit Aktual dan Debit Model Data Tahun 1997

Tabel 5. Nilai Simulasi Debit Outlet Sungai Cidanau Berdasarkan Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan untuk Tahun 1996

DEBIT (Q)	Skenario Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan								
	Alt 0*)	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8
	.... m³ / detik								
Total	7928	8679	8327	8175	8243	8740	8388	8674	8304
Maksimum	134.1	104.3	113.5	149.6	134.2	102.8	103.5	110.6	119.2
Minimum	4.3	4.8	4.5	4.1	4.6	4.7	4.5	4.8	4.5
Rata-rata	21.7	23.8	22.8	22.4	22.6	23.9	23.0	23.8	22.7
Maks/Min	31.46	21.85	25.21	36.64	29.49	21.73	23.25	23.05	26.37

*) Keadaan real DAS saat ini

hasil simulasi dapat dibuat suatu kesimpulan yaitu penarnbahan luas hutan, luas sawah dan pengurangan luas kebun campuran dapat memperkecil debit maksimum dan memperbesar debit minimum. Ini berarti tidak semua curah hujan yang jatuh pada sistem DAS langsung dialirkan ke sungai tetapi disimpan terlebih dahulu dalam tanah dalam bentuk kandungan air tanah (cadangan air tanah).

Tabel 4. Luasan Masing-masing Tata Guna Lahan yang Disimulasikan pada Model Hidrologi di DAS Cidanau untuk Tahun 1996

Alternatif	Jenis Tata Guna Lahan			Total
	Hutan	Sawah	Kebun Campuran	
	..Hektar..			
0*)	6 845	6 347	9 428	22 620
1	8 136	11 061	3 422	22 620
2	8 136	8 704	5 779	22 620
3	5 779	11 061	5 779	22 620
4	5 779	8 704	8 136	22 620
5	9 848	11 061	1 711	22 620
6	9 848	8 704	4 068	22 620
7	7 491	11 061	4 068	22 620
8	7 491	8 704	6 425	22 620

*) Keadaan real DAS saat ini

Besarnya serapan air yang terjadi pada *TGL* hutan karena didukung oleh kapasitas infiltrasi yang tinggi dibandingkan dengan *TGL* sawah dan *TGL* kebun campuran. Sedangkan *TGL* sawah, walaupun mernpunyai kapasitas infiltrasi yang kecil tetapi karena sistirn pengelolaan yang berteras sehingga dapat menyirnpan air lebih lama karena air yang jatuh ke *TGL* sawah tidak langsung dialirkan ke sungai. Tidak demikian halnya dengan *TGL* kebun campuran yang mempunyai aliran permukaan tebih besar dibandingkan dengan serapan air ke dalam tanah.

Untuk menentukan alternatif *TGL* yang optimal, digunakan tolok ukur fluktuasi debit yaitu dengan rnelihat perbandingan debit maksirnurn dan debit minimum terendah. Pada Tabel 5 dapat dilihat rasio debit rnaksirnum dan minimum terendah terjadi pada Alternatif 5 yang merupakan kombinasi dari perubahan hutan menjadi kebun 25 %, kebun menjadi hutan 50 % dan kebun rnenjadi sawah 50 %. Rasio terendah terjadi pada Alternatif 3 yang merupakan kombinasi dari perubahan hutan menjadi kebun 50 %, kebun menjadi hutan 25 % dan kebun menjadi sawah 50 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan seluruh hasil rangkaian penelitian ini, maka secara ringkas dapat diambil beberapa kesirnpulan yaitu:

Model tangki merupakan suatu model hidrologi yang dapat rnenduga debit sungai pada suatu DAS, berdasarkan data rnasukan curah hujan dan evapotranspirasi aktual dengan melakukan percobaan-percobaan (trial and error) beberapa parameter yang mempengaruhi debit sungai.

Model tangki yang telah divalidasi dan telah diuji keabsahannya dengan tolok ukur koefisien determinasi (R^2) dapat dilanjutkan untuk analisis data hidrologi lainnya. Salah satunya adalah simulasi perubahan tata guna lahan dan kaitannya terhadap ketersediaan air / debit sungai.

Berdasarkan simulasi dengan beberapa alternatif perubahan *TGL* ternyata perubahan *TGL* pada suatu DAS mengakibatkan terjadinya perubahan debit di muara sungai.

Dari keseluruhan alternatif perubahan *TGL* ternyata memperba-nyak *TGL* hutan dan *TGL* sawah berteras dan rnengurangi *TGL* kebun campuran merupakan tindakan yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan air.

Saran

Agar diperoleh model simulasi yang lebih lengkap dan sernpuma sehingga dapat digunakan untuk rnengelola sumberdaya air, maka disarankan sebagai berikut :

Model tangki yang digunakan untuk simulasi penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan model simulasi yang lebih sempurna dan model ini masih perlu diuji pada DAS yang lain yang karakteristik nya berbeda dengan lokasi penelitian dan mempunyai sumber data yang lengkap dan terus menerus.

Untuk dapat menentukan pola tata guna lahan yang terbaik, maka model ini dapat dilengkapi dengan teknik optimasi non linear agar diperoleh model yang sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad. S., H. A. Priyanto, L. I. Nasution. 1985. Pengembangan Daerah Aliran Sungai. Lokakarya Pengembangan Program Studi "Pengembangan DAS". Fakultas Pascasarjana IPB, Bogor.

Fleming, G. 1975. Computer Simulation Techniques in Hydrology. ELSEVIER Environmental Science Service. New York.

Goto, A., T. Sato and M. Tatano. 1997. Runoff Analysis of Midstream Basin of the Mekong River Using 4x4 Tank Model. Proceedings of Annual Meeting of Japanese Society of trrigation, Drainage and Reclamation Engineering. Juli 1997. Japan.

Haan, C. T., H.P. Johnson dan D.L. Brakensick. 1982. Hydrologic Modeling of Small Watersheds. The American Society of Agricultural Engineers. USA.

Hiroki, Oue., Narihide Nagayo., Subari.. Danang Baskor., dan Teguh Pamungkas. 1996. Analisis Neraca Air di Daerah Irigasi Sekampung Lokasi Model Area. Bidang Operasi dan Pemeliharaan Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Pengairan. Irrigation Engineering Service Center Project. Jakarta.

Sugawara, M. 1961. On the Analysis of Runoff Structure about Several Japanese River. Japanese Journal of Geophysic. Vol 4 No 2. Marcah 1961. The Science Council of Japan.

DAFTAR SIMBOL

P = curah hujan wilayah (mm).

P_i = curah hujan pada stasiun ke-i yang terdapat dalam wilayah DAS (mm).

W, = faktor pembobot stasiun ke-i.

Eto = nilai evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

W = faktor pemberat yang berhubungan dengan temperatur pada persamaan Penman Termodifikasi.

Rn = radiasi netto dalam ekivalen evaporasi (mm/hari).

f(u) = fungsi hubungan angin.

(ea-ed) = perbedaan tekanan uap jenuh pada suhu udara rerata dengan tekanan uap aktual rata-rata udara (mbar).

c = faktor koreksi persamaan Penman

I = kapasitas infiltrasi (dalam mm/jam)

T = waktu pengukuran laju infiltrasi (jam).

k_i, n = koefisien infiltrasi

Q_{SD} = debit pada lokasi sungai Sub DAS ke –i.

Q_D = debit pada lokasi outlet suatu DAS.

k_q = konstanta pada analysis regional, yang merupakan perbandingan luas sub DAS dengan luas DAS dikalikan dengan curah hujan rata-rata sub DAS dengan curah hujan rata-rata suatu DAS.

Yi = debit data (aktual) ke-i pada Persamaan Determinasi.

yi = debit model ke-i

Y = rata-rata debit data (aktual)