PROSIDING SEMINAR NASIONAL HIMPUNAN INFORMATIKA PERTANIAN INDONESIA 2009
ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7

Kebutuhan Informasi Perencanaan Sumberdaya Air dan Keandalan Ketersediaan Air yang Berkelanjutan di Kawasan Perdesaan

M. Yanuar J. Purwanto[a] dan Sutoyo[b]

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

[a]yan_tta @ipb.ac.id
sutoyo@ipb.ac.id[2]

ABSTRAK

Dalam rangka pengembangan pertanian diperlukan ketersediaan air yang andal untuk memenuhi kebutuhan air berbagai keperluan produksi pertanian. Berbagai jenis kebutuhan pertanian dalam arti luas perlu disediakan termasuk prediksi kebutuhan air untuk masa mendatang. Perencanaan sumberdaya air mempunyai salah satu tujuannya memenuhi kebutuhan air yang menjamin kebutuhan saat ini dan yang akan datang. Kegiatan Perencanaan sumberdaya air membutuhkan detil informasi yang lengkap tidak saja mencakup lingkup jenis kegiatan produksi pertanian dalam arti luas (pertanian tanaman pangan, hortikultur, perikanan dan peternakan) tetapi juga luasan kawasan produksi yang diperlukan untuk memproduksi komoditi tersebut. Untuk menjamin keandalan ketersediaan air dimasa mendatang, kebutuhan informasi untuk perencanaan sumberdaya air akan mencakup prediksi produksi berbagai komoditas tersebut. Selain itu informasi luas penggunaan lahan akan berpengaruh pada ketersediaan air akibat perubahan resapan air sehingga mengakibatkan keterbatasan ketersediaan air. Paper ini akan menjelaskan cakupan dan jenis kebutuhan informasi yang dibutuhkan untuk kegiatan perencanaan sumberdaya air agar dapat memenuhi seluruh kebutuhan air dan tingkat keandalannya dimasa mendatang secara berkelanjutan.

Kata kunci: *kebutuhan air, perencanaan sumberdaya air, keandalan air dan ketersediaan air.*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelolaan sumberdaya air secara optimal, pada dasarnya merupakan kegiatan pemanfaatan sumberdaya air secara efisien sesuai dengan peruntukannya. Air mempunyai banyak kegunaan, misalnya untuk irigasi, industri, keperluan rumah tangga (minum, masak, mandi dan mencuci) dan lain-lainnya. Air yang digunakan untuk kawasan pemukiman, kawasan industri, dan kegiatan sosial lainnya di wilayah Cilegon pada umumnya berasal dari air permukaan yang telah diolah menjadi air bersih oleh PT. Krakatau Tirta Industri. Untuk pemenuhan kebutuhan air di kawasan pemukiman, industri dan kegiatan sosial lainnya ini, air baku diambil dari sungai Cidanau dengan luas daerah tangkapan 226.2 km^2 yang terletak 25 km Barat Daya Cilegon.

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

Tujuan

Kebutuhan informasi perencanaan sumberdaya air dan keandalan ketersediaan air yang berkelanjutan di kawasan perdesaan merupakan identifikasi informasi dan analisis untuk menjamin keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di suatu kawasan. Paper ini bertujuan bertujuan untuk memberikan gambaran tentang kebutuhan informasi dan membuat analisis ketersediaan dan kebutuhan air serta mengevaluasi antara ketersediaan dan kebutuhan air dalam suatu kawasan.

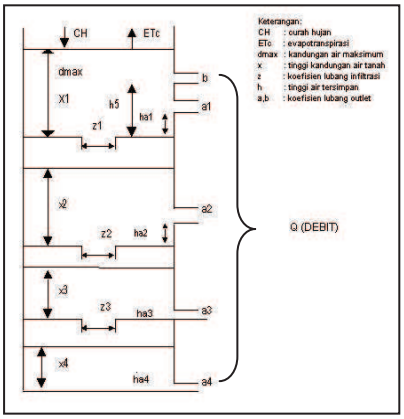
2. METODOLOGI

Analisis Ketersediaan Air

Ketersediaan air dikembangkan dengan model tangki [3]. Setiap satu unit tangki tersebut terdiri dari 4 buah tangki yang disusun secara vertikal (seri). Tangki paling atas mempresentasikan neraca air pada daerah perakaran. Aliran limpasan adalah penjumlahan limpahan dari 3

ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7

tangki teratas. Tangki paling bawah mempresentasikan aliran dasar (*base flow*) [7]. Skema tangki untuk masing-masing tata guna lahan pada setiap Sub DAS disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Skema tangki untuk setiap tata guna lahan

Persamaan dasar untuk tangki paling atas dari Gambar 1adalah :

$\partial x_1(t)/\partial t = a_1 \{x_1(t)\text{-}ha_1\} + b \{x_1(t) – h_5\} + z_1.x_1(t)\text{-} CH + ETc(t)$

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

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

Debit limpasan dari sungai (Q) dihitung dengan menggunakan persamaan $Q= b.\{x_1(t) – h_5\} + \Sigma a_i\{ x_i(t) – ha_i\}$

Analisis Kebutuhan Air

Hubungan antara persamaan matematis kebutuhan air rata-rata aktual dengan model kebutuhan air rata-rata dibangun berdasarkan persamaan-persamaan model kebutuhan air penduduk dan industri. Dalam penelitian ini faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi jumlah pemakaian air dari sungai Cidanau yaitu jumlah penduduk dan industri di wilayah Cilegon dan sekitarnya. Untuk model matematis kebutuhan air rata-rata penduduk terdiri dari beberapa parameter yaitu persentase klas sosial penduduk, jumlah penduduk, kebutuhan air rata-rata penduduk dan konstanta dari masing-masing klas sosial [5]. Model matematis kebutuhan air rata-rata industri terdiri dari beberapa parameter yaitu persentase jenis industri, jumlah industri, kebutuhan air rata-rata industri dan konstanta dari masing-masing jenis industri.

Perhitungan model kebutuhan air dapat dilakukan dengan menggunakan STELLA. Model dibangun dengan kerangka kerja (framework) yang saling berhubungan secara matematis dari parameter-parameter kebutuhan air dan kemudian dijalankan (disimulasikan) sehingga menghasilkan keluaran berupa kebutuhan air untuk tahun mendatang. Kerangka kerja (framework) dapat dilihat pada Gambar 2.

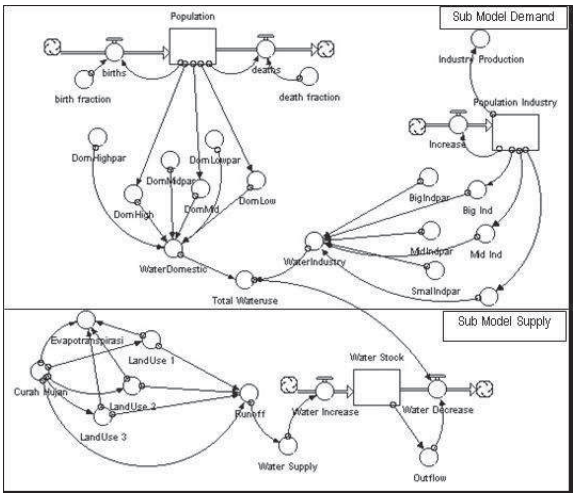
Prediksi Ketersediaan Air di Masa Mendatang

Prediksi ketersediaan air di masa mendatang dapat dilakukan dengan mengaplikasikan model ketersediaan air yang telah dikalibrasi. Debit ketersediaan air dapat dihasilkan dengan masukan adalah data hujan harian dan data evapotranspirasi harian. Prediksi kejadian hujan untuk waktu yang akan datang adalah sulit ditentukan secara pasti dan tepat. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menngunakan peluang kejadian hujan yang akan menghasilkan debit andalan 80%. Data hujan dengan peluang curah hujan andalan 80% dihitung dari dari data hujan tahunan di DAS Cidanau selama 10 tahun (1993-2002) dengan bantuan software Rainbow, kemudian menghasilkan jumlah hujan tahunan. Data hujan harian dengan jumlah hujan tahunan yang mendekati jumlah data hujan tahunan hasil dari Rainbow digunakan sebagai masukan dalam model ketersediaan air. Hasil debit model ketersediaan air kemudian digunakan sebagai masukan dalam program STELLA untuk megevaluasi ketersediaan dan kebutuhan air wilayah.

***Supply-Demand* Air Wilayah**

Perkembangan komunitas tidak saja berkaitan dengan pertumbuhan penduduk tetapi juga harus diikuti dengan penyediaan lapangan kerja. Penyediaan lapangan kerja tersebut sangat bergantung dengan ketersediaan air baku. Air baku sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan sektor lapangan kerja maupun memenuhi kebutuhan air domestik pada wilayah tersebut. Keberhasilan perkembangan komunitas disuatu wilayah terjadi apabila air untuk domestik dan penyediaan lapangan kerja tersedia, sehingga prediksi kebutuhan air baku menjadi sesuatu yang penting dalam perencanaan perkembangan wilayah.

Prediksi ketersediaan dan kebutuhan air dapat dilakukan dengan menggunakan STELLA. Model dibangun dengan kerangka kerja (*framework*) yang saling berhubungan secara matematis dari model ketersediaan air dan juga model kebutuhan air kemudian dijalankan (disimulasikan) sehingga menghasilkan keluaran berupa *Supply-Demand* air untuk tahun mendatang. Kerangka kerja (*framework*) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka kerja (*framework*) perhitungan *Supply-Demand* air.

Prediksi ketersediaan air untuk suatu kawasan digunakan skenario perubahan tata guna lahan. Dalam [4] dilakukan beberapa skenario perubahan tata guna lahan untuk mengetahui mengetahui fluktuasi debit outlet Sungai Cidanau. Untuk DAS Cidanau akan dilakukan 4 skenario (Tabel 1.) sebagai dasar untuk mensimulasikan ketersediaan air yang berasal dari DAS Cidanau.

Tabel 1. Skenario model ketersediaan air

Skenario	Uraian	Perubahan Debit Minimum	Debit Runoff (mm)
1 (kondisi eksisting)	*Runoff* hasil debit andalan 80% (data hujan 10 tahun)		1 020 (Efesiensi *Runoff* 0.6)
2 (Harmailis, 2001)	Perubahan tata guna lahan: 25% luasan hutan menjadi kebun, 50% luasan kebun menjadi hutan dan 50% luasan kebun menjadi sawah	0.4 m^3/det	1 122 (Efesiensi *Runoff* 0.6)
3 (Harmailis, 2001)	Perubahan tata guna lahan: 50% luasan hutan menjadi kebun, 50% luasan kebun menjadi hutan dan 50% luasan kebun menjadi sawah	0.5 m^3/det	1 138 (Efesiensi *Runoff* 0.6)
4 Usulan Pengelolaan	Penambahan perbaikan saluran dengan pipanisasi		1 138 (Efesiensi *Runoff* 0.9)

3. PEMBAHASAN

Kondisi DAS Cidanau

Daerah penelitian adalah wilayah DAS Cidanau di Propinsi Banten. Secara administratif DAS ini mencakup 2 wilayah kabupaten yaitu kabupaten Serang dan kabupaten Pandeglang. Secara geografis DAS Cidanau berada pada 105^o 49’ 17” BT sampai 106^o 06’ 03” BT dan 06^o 08’ 25” LS sampai 06^o 15’ 47” LS.

Keadaan iklim kabupaten Serang dipengaruhi oleh dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Iklim tropis dengan temperatur rata-rata 26.5 ^{o}C, temperatur maksimum 31.7 ^{o}C dan temperatur minimum 22.5 ^{o}C dengan ketinggian 25 – 600 m di atas permukaan laut. Angin barat dan tenggara yang bertiup setiap 6 bulan sekali, baik pada musim hujan atau musim kemarau, curah hujan 2000 – 3000 mm/tahun. Curah Hujan yang cukup tinggi pada bulan-bulan Desember, Januari, Pebruari dan Maret.

Iklim

Tata guna lahan yang ada di DAS Cidanau meliputi sebagian besar perkebunan dan persawahan. Selain itu penggunaan lahan juga untuk tegalan, pemukiman, hutan rakyat dan hutan rawa, dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah dan jenis penggunaan lahan di DAS Cidanau

No.	*Tata Guna Lahan*	Luas	
		(Ha)	(%)
1.	Sawah	7748	34.25
2.	Tegalan	122	0.54
3.	Perkebunan	8304	36.71
4.	Pemukiman	344	1.52
5.	Hutan Rakyat	4193	18.54
6.	Hutan Rawa	1909	8.44
	Jumlah	22620	100.00

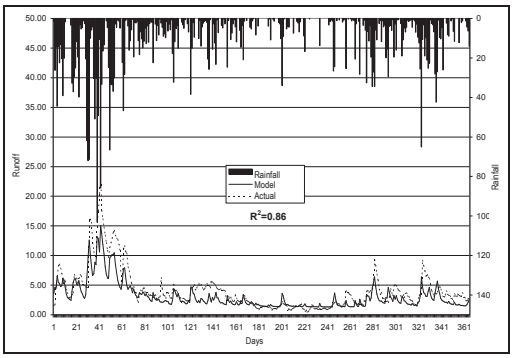
Model Ketersediaan Air

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi model ketersediaan air menggunakan data aktual tahun 1996 berupa data hujan harian, data evapotranspirasi harian dan data debit harian. Hasil kalibrasi model mencakup nilai-nilai parameter model ketersediaan air. Kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan data curah hujan dan evapotranpirasi tahun 1996 harian. Setelah didapat hasil berupa debit simulasi, kemudian dilakukan secara coba ulang parameter-parameter kalibrasi. Nilai-nilai koefisien diubah-ubah hingga nilai debit simulasi mendekati nilai debit aktual.

Validasi model ketersediaan air menggunakan data aktual tahun 1997 berupa data hujan harian, data evapotranspirasi harian dan data debit harian. Validasi model dilakukan unuk mendapatkan debit model hasil simulasi. Nilai debit simulasi dikatakan telah mendekati nilai yang aktual diketahui dengan penghitungan koefisien determinasi (R^2) antara debit simulasi dengan debit aktual mendekati sumbu y = x dengan nilai lebih dari 0.5 yang berarti bahwa hasil simulasi model telah menggambarkan kebenaran lebih dari 50% terhadap data aktual. Proses kalibrasi dengan data tahun 1996 didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 0.6 Validasi dilakukan untuk data tahun 2001 dengan grafik hasil validasi data tahun 2001 disajikan pada Gambar 3.

ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7



Gambar 3. Grafik antara debit model dan debit aktual validasi data tahun 2001

Prediksi Ketersediaan Air di Masa Mendatang

Untuk menduga debit tahun yang akan datang berdasarkan analisa curah hujan tahunan selama 10 tahun. Hasil prediksi dengan peluang kejadian hujan 80% didapat angka hujan tahunan sebesar 2517 mm/tahun. Tahun dengan hujan yang mendekati peluang tersebut adalah data hujan tahun 1998, sehingga prediksi debit ketersediaan air untuk tahun yang akan datang menggunakan data tersebut. Data harian tahun 1998 yang berupa data curah hujan dan data evapotranspirasi digunakan sebagai masukan model ketersediaan air sehingga didapat hasil volume tahunan debit sebesar 1020 mm dengan debit maksimum sebesar 22.01 m^3/det, debit minimum sebesar 3.44 m^3/det dan debit rata-rata sebesar 6.75 m^3/det.

Analisis Kebutuhan Air

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi dilakukan dengan data aktual tahun 1998-2000 (3 tahun), untuk mencari nilai koefisien koefisien kebutuhan air penduduk (Cp) dan juga koefisien kebutuhan air industri (CI). Data tiga tahun akan menghasilkan tiga persamaan untuk kebutuhan air penduduk dan juga tiga persamaan untuk kebutuhan air industri. Kalibrasi dilakukan dengan metode *least square* dengan bantuan software EUREKA The Solver Ver 1.0.

Hasil kalibrasi model kebutuhan air untuk kebutuhan air penduduk menghasilkan nilai koefisien Cp untuk klas sosial tinggi bernilai 0.5, untuk koefisien Cp klas sosial menengah bernilai 0.44 dan untuk koefisien Cp klas penduduk rendah bernilai 0.07. Hasil kalibrasi model kebutuhan air untuk kebutuhan air industri menghasilkan nilai koefisien CI untuk industri besar bernilai 13.75, koefisien CI untuk industri menengah bernilai 15.17 dan untuk koefisien CI industri kecil bernilai 14.05.

Validasi dilakukan dengan data tahun 2001 untuk data kebutuhan air penduduk dan juga data kebutuhan air industri. Validasi dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan hasil kalibrasi nilai-nilai koefisien parameter kebutuhan air. Hasil validasi model kebutuhan air penduduk menghasilkan jumlah kebutuhan air penduduk untuk tahun 2001 berjumlah 12959 m^3/hari dan untuk kebutuhan air industri berjumlah 94465 m^3/hari, dibandingkan dengan data aktual kebutuhan air penduduk berjumlah 10110 m^3/hari dan untuk kebutuhan air industri berjumlah 91445 m^3/hari.

***Supply-Demand* Air untuk Perkembangan Wilayah**

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk maka bertambah pula pemenuhan kebutuhan hidup. Pemenuhan kebutuhan hidup tidak terlepas dari pemenuhan akan barang dan jasa yang didukung oleh industri yang maju. Air merupakan kebutuhan pokok penting hidup manusia, dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan bertambah pula pemenuhan kebutuhan air. Khusus untuk kota Cilegon yang merupakan kota industri pertumbuhan industri akan membuat bertambahnya jumlah industri sehingga jumlah pemenuhan kebutuhan air juga meningkat.

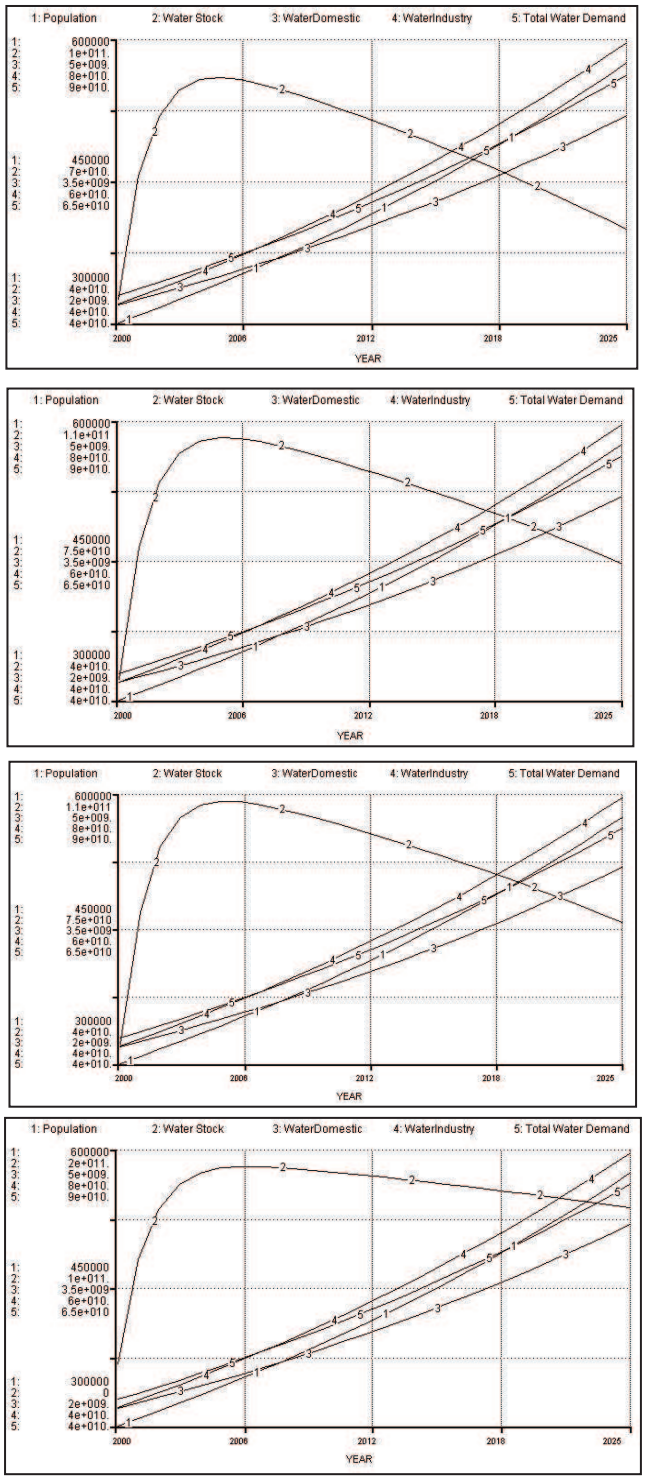
Hasil skenario prediksi kebutuhan air dengan menggunakan STELLA dapat ditunjukkan dengan Gambar 4.

Hasil simulasi skenario 1 kebutuhan air penduduk dan industri di kota Cilegon dilakukan hingga tahun 2025, dimana terlihat peningkatan jumlah penduduk diikuti juga dengan peningkatan kebutuhan air penduduk. Begitu pula peningkatan jumlah industri juga menyebabkan peningkatan dalam pemenuhan kebutuhan air industri. Ketersediaan air *(water stock)* yang berasal dari hasil model ketersediaan air diperkirakan akan mengalami penurunan persediaan menjelang tahun 2025, terlihat dengan berpotongannya garis *water stock* dengan garis *TotalWaterDemand* yang terjadi sebelum tahun 2018.

Salah satu aplikasi model kebutuhan air adalah untuk memprediksi penyediaan air baku berkelanjutan untuk industri yang harus dikembangkan sesuai dengan kebutuhan lapangan kerja, hal ini diharapkan menjadi perhatian bagi Pemerintah Daerah/Kota untuk dapat mengantisipasinya. Peningkatan kesejahteraan masyarakat dengan tersedianya lapangan kerja yang didukung oleh pertumbuhan industri yang dipenuhi kebutuhan airnya merupakan salah satu upaya yang harus dilakukan dalam pengembangan komunitas suatu wilayah.

Untuk meningkatkan ketersediaan air yang berkelanjutan berbagai cara harus diupayakan semaksimal mungkin. Menurut [4], dengan melakukan alternatif perubahan yang merupakan kombinasi dari perubahan hutan menjadi kebun 25%, kebun menjadi hutan 50% dan kebun menjadi sawah 50% akan menghasilkan rasio terkecil perbandingan debit maksimum dan minimun sebesar 21.73%.

ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7



Gambar 4. Grafik hasil skenario program STELLA

Upaya untuk menjaga keberlanjutan ketersediaan air tindakan yang dapat dilakukan untuk DAS Cidanau adalah dengan membangun tampungan (*reservoir*) dan dapat pula dengan terasering (*terrace*). Pembangunan tampungan dimaksudkan untuk menahan air agar tersimpan dan tidak langsung menjadi aliran permukaan yang akhirnya langsung ke laut. Pembangunan terasering berguna sebagai bangunan pengendali erosi secara mekanis yang dibuat untuk memperpendek lereng atau memperkecil kemiringan sehingga juga dapat mengurangi aliran permukaan langsung.

4. PENUTUP

Dari seluruh rangkaian penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air berbasis DAS telah dikembangkan model perencanaan mencakup wilayah Cilegon dan DAS Cidanau Serang,Propinsi Banten, yang memerlukan informasi terkait dalam pengelolaan ketersediaan air dan pemenuhan kebutuhan air.
2. Analisis ketersediaan air dengan modifikasi model tangki (*model runoff*) dengan masukan data berupa data curah hujan dan evapotranspirasi dan informasi penggunaaan/'penutupan lahan. Sedangkan analisis kebutuhan air diperlukan informasi parameter kebutuhan air setiap sektoral untuk setiap jenis penggunaaan air di kawasan.
3. Hasil validasi model ketersediaan air untuk untuk data tahun 2001 menghasilkan nilai debit maksimum sebesar 39.39 m^3/detik, debit minimum sebesar 3.49 m^3/detik dan debit rata-rata sebesar 8.19 m^3/detik. Adapun prediksi debit untuk tahun yang akan datang menggunakan peluang hujan tahunan dengan peluang 80% menghasilkan nilai hujan tahunan sebesar 2 517 mm, dan digunakan data tahun 1998 dengan hasil debit maksimum sebesar 22.01 m^3/det, debit minimum sebesar 3.44 m^3/det dan debit rata-rata sebesar 6.75 m^3/det.
4. Hasil validasi model kebutuhan air penduduk menghasilkan jumlah kebutuhan air penduduk untuk tahun 2001 berjumlah 12959 m^3/hari dan untuk kebutuhan air industri berjumlah 94465 m^3/hari, dibandingkan dengan data aktual kebutuhan air penduduk berjumlah 10110 m^3/hari dan untuk kebutuhan air industri berjumlah 91445 m^3/hari.
5. Upaya pemenuhan kebutuhan air yang makin menurun di kota Cilegon dilakukan 4 skenario meliputi, skenario 1 dengan menggunakan hasil debit ketersediaan dengan peluang debit andalan 80% menghasilkan pemenuhan kebutuhan air hingga menjelang tahun 2018; skenario 2 dengan perubahan tata guna lahan 25% hutan menjadi kebun, 50% kebun menjadi hutan dan 50% kebun menjadi sawah menghasilkan pemenuhan kebutuhan air hingga lewat tahun 2018; skenario

ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7

3 menghasilkan pemenuhan kebutuhan air tidak jauh berbeda dengan skenario 2; dan skenario 4 menghasilkan pemenuhan kebutuhan air hingga mendekati tahun 2025. Untuk menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan perlu pengelolaan daerah kawasan hulu dengan pembagunan tampungan air (*reservoir*) dan juga pembangunan terasering, sehingga ketersediaan air akan terus mencukupi seiring dengan perkembangan pemenuhan kebutuhan yang makin meningkat.

Daftar Pustaka

[1]. Biro Pusat Statistik Serang. 2002. Serang Dalam Angka Tahun 2002. Serang

[2]. Biro Pusat Statistik Cilegon. 2002. Cilegon Dalam Angka Tahun 2002. Cilegon

[3]. 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 Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. Juli 1997. Japan.

[4]. Harmailis. 2001. Modifikasi Model Tangki untuk Mempelajari Pengaruh Pengelolaan Lahan Berdasarkan Ketersediaan Air (Kajian Pengelolaan Air yang Berkelanjutan). Tesis. Program Studi Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

[5]. Rayi, D.A. 2003. Model Pendugaan Kebutuhan Air Kawasan Pemukiman dan Industri di Cilegon, Banten. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Bogor.

[6]. Purwanto, M.Y.J. 1995. Water Demand for Industry, Village, and City. Seminar on Water Demand and Developing Country. Tokyo . Japan.

[7]. Sutoyo. 1999. Pendugaan Debit Sungai Berdasarkan Hujan dengan Menggunakan Model Tangki di DAS Cidanau Serang Banten. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Bogor.

[8]. Winrock, I. 1992. Strategy Option for Water Resources Development in Indonesia. Main Report. Prepared for Bappenas and USAID. Jakarta.

[9]. Yoshida, K. , Kubo, N., Sagara, Y., Yanuar, J.P. and Shimada, M. 1998. Drainage Analysis with Flood Routing Model, A Case Study in Indonesia. Master Thesis. The University of Tokyo. Japan.