

Technical Paper

Analisis Debit Sungai dengan Menggunakan Model SWAT pada DAS Cipasauran, Banten

Discharge Analysis using SWAT Model at Cipasauran Watershed, Banten

Maulana Ibrahim Rau, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Nora Pandjaitan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: noraherdiana12@gmail.com.

Asep Sapei, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: asep_sapei@yahoo.com

Abstract

Total water demand at non industrial and industrial region in Cilegon is increasing. With its water production capacity of 2,000 l/s, PT Krakatau Tirta Industri (KTI) cannot fulfill the amount number of demand from the industrial and domestic sectors at Cilegon. To cover the shortage of water supply of ± 600 l/s, PT KTI requires taking water from Cipasauran Watershed. The objective of this study was to analyze river discharge of Cipasauran Watershed using SWAT model. Input data such as soil characteristics, climate data, landuse, and hydrology data at the area of the watershed were gathered and put at the data input file. In SWAT simulation, 4 processes were done, i.e. watershed delineation, hydrological response unit (HRU) forming, data process and SWAT simulation, and visualization process. The result showed that the daily and monthly calibration process crossed 84% and 83% with the 95PPU area, with daily and monthly p-factor value of 0.84 and 0.83. Thus, calibrated model result was valid, though R^2 and NS value were not satisfied. Using the validated SWAT model, the daily discharge in Cipasauran Watershed was about 0 - 3.309 m^3/s , whereas the monthly discharge was 0.648 - 3.266 m^3/s . This showed that daily and monthly PT KTI's water demand of 0.6 m^3/s were fulfilled about 98.22% and 100%. Within the future time, the SWAT model could be potentially used as an assessment for predictive scenarios. However, to gain optimum results, well-observed and precise data is highly required, especially for such calibrations and validations.

Keywords: *Cipasauran watershed, discharge analysis, NS value, parameter calibration, SWAT model*

Abstrak

Kebutuhan air untuk wilayah industri dan non industri di Cilegon terus meningkat. Dengan kapasitas produksi air sebesar 2000 l/s, PT Krakatau Tirta Industri (KTI) tidak dapat memenuhi semua kebutuhan air dari berbagai sektor di Cilegon. Untuk memenuhi kekurangan pasokan air sebesar 600 l/s maka PT KTI harus mengambil tambahan air dari DAS Cipasauran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis debit sungai di DAS Cipasauran dengan menggunakan model SWAT. Data mengenai kondisi DAS yang telah disiapkan yaitu berupa data karakteristik tanah, data iklim, data tata guna lahan dan data hidrologi kemudian dimasukkan ke *data input file*. Proses simulasi model SWAT dilakukan melalui 4 tahapan yaitu deliniasi DAS, pembentukan *hydrological response unit* (HRU), pengolahan data dan simulasi model serta visualisasi hasil. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses kalibrasi harian dan bulanan masing-masing berpotongan 84% dan 83% dengan 95PPU areal, dengan nilai p-factor sebesar 0.84 untuk harian dan 0.83 untuk bulanan. Dengan demikian hasil kalibrasi model dapat dikatakan valid, meskipun diperoleh nilai R^2 dan NS yang tidak memuaskan. Berdasarkan model SWAT yang telah divalidasi diperoleh besarnya debit harian DAS Cipasauran sebesar 0 - 3.309 m^3/s , sedangkan debit bulanan sebesar 0.648 - 3.266 m^3/s . Berdasarkan hasil tersebut maka kebutuhan air harian dan bulanan PT KTI sebesar 0.6 m^3/s dapat terpenuhi masing-masing sebesar 98.22% dan 100%. Pada masa yang akan datang, model ini dapat terus digunakan untuk melakukan prediksi jenis skenario tertentu. Akan tetapi, untuk memperoleh hasil yang optimal, metode ini membutuhkan data yang valid dan tepat, terutama untuk data yang digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi.

Kata kunci: analisis debit, DAS Cipasauran, kalibrasi parameter, model SWAT, nilai NS

Diterima: 17 April 2015; Disetujui: 04 Agustus 2015

Pendahuluan

Daerah aliran sungai (DAS) sebagai suatu wilayah tangkapan air memberikan pengaruh yang besar terhadap ketersediaan air suatu daerah, sehingga dalam pengelolaannya dibutuhkan perencanaan yang sebaik mungkin. Ketersediaan air merupakan air yang dibutuhkan dalam proses produksi maupun air untuk kebutuhan sehari-hari yang pada umumnya berasal dari air hujan, air danau, air tanah, dan air sungai. Manajemen DAS merupakan pendekatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan manfaat dari tanah, air, dan vegetasi dalam meringankan kekeringan, banjir, pencegahan erosi tanah, meningkatkan produksi pertanian, serta meningkatkan ketersediaan air secara berkelanjutan (Rao 2000).

Cilegon merupakan kota yang terletak di wilayah Barat Pulau Jawa, di mana kawasan industri mencakup 20% dari seluruh wilayah kota dan kontribusi dari sektor industri mencapai $\pm 64\%$ terhadap pembangunan ekonomi. Pertumbuhan jumlah penduduk yang mencapai 2.64%/tahun mengakibatkan kebutuhan air baku juga meningkat. PT KTI merupakan salah satu perusahaan di Kawasan Cilegon yang menyediakan air bersih dengan kapasitas terpasang sebesar 2,000 l/s. Akan tetapi tidak lama lagi, berbagai industri dan pabrik baru akan dibangun, seperti *Pohang Iron Steel Corporation* (POSCO), PT Cerestar, PT Indoferro dan industri lainnya di Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), yang tentunya akan membutuhkan pasokan air bersih tambahan. Kapasitas produksi air baku PT KTI sebesar 2,000 l/s belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air bersih seluruh sektor di Cilegon, sehingga air baku tambahan sebesar ± 600 l/s diperlukan.

DAS Cipasauran merupakan salah satu DAS yang berada di Provinsi Banten yang terletak pada $06^{\circ} 13' 51'' - 06^{\circ} 17' 33''$ LS dan $105^{\circ} 49' 50'' - 105^{\circ} 56' 40''$ BT. Luas DAS Cipasauran mencapai 44 km² sedangkan panjang Sungai Cipasauran mencapai 15.5 km. Sebagai DAS yang akan digunakan untuk penyediaan air baku, diperlukan informasi mengenai hubungan antara debit sungai dengan ketersediaan air baku. Informasi mengenai ketersediaan air baku merupakan informasi yang sangat dibutuhkan dalam pengembangan sumber daya air. Analisis debit sungai dapat dilakukan dengan berbagai metoda dan salah satunya adalah dengan melakukan pemodelan.

Saat ini berbagai negara termasuk Indonesia mengalami kendala dalam melakukan perancangan model. Kendala yang dihadapi antara lain berupa kurangnya dana dan tenaga yang berpengalaman, kurangnya pelatihan, dan ketergantungan pada ahli yang berasal dari luar negeri (Chang, 2004). Model debit aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara dan salah satu cara yang cukup teliti dan cermat adalah dengan menggunakan *geographic*

information system (GIS). Terdapat berbagai macam perangkat lunak GIS yang dapat digunakan untuk memperhitungkan dan mengkaji kondisi hidrologi serta perubahan tata guna lahan suatu wilayah. Salah satu *software* tersebut adalah *Soil and Water Assessment Tools* (SWAT) (Neitsch *et al.* 2004).

MWSWAT merupakan perangkat lunak dari sistem SWAT yang terintegrasi di dalam MapWindows GIS, dan merupakan perangkat lunak yang bersifat terbuka (*open source*) sehingga telah dikembangkan dan digunakan secara luas di berbagai negara. Dengan menggunakan data yang relevan dan representatif, SWAT dapat digunakan untuk melakukan analisis debit sungai suatu wilayah DAS. Untuk penggunaan model SWAT di Indonesia, terlebih dahulu perlu dilakukan kalibrasi dan validasi sesuai dengan ketersediaan data, agar hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Proses ini dibutuhkan karena setiap DAS memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Relevansi model dengan keadaan yang sebenarnya dievaluasi dengan memperhitungkan standar deviasi dan efisiensi model. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis debit sungai di DAS Cipasauran dengan menggunakan model SWAT.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di PT KTI dan DAS Cipasauran. Kawasan DAS Cipasauran secara geografis terletak pada $06^{\circ} 13' 51'' - 06^{\circ} 17' 33''$ LS dan $105^{\circ} 49' 50'' - 105^{\circ} 56' 40''$ BT. Secara administratif terletak di Provinsi Banten dengan luas 44 km².

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah peta tanah tinjau dengan skala 1:250,000, peta DEM (*Digital Elevation Model*) dengan resolusi 30 meter, dan citra landsat TM. Data penunjang lainnya adalah debit sungai, data aliran sungai, data curah hujan, serta data fisik tanah dan bilangan kurva.

Alat yang diperlukan diantaranya adalah perangkat komputer dengan *Software* yang terinstal, diantaranya adalah Microsoft Office 2010, MapWindows 4.6.6 dengan *plug-in* MWSWAT 1.7, ArcView 3.2, ERDAS Imagine 9.1, SWAT *Plot and Graph*, dan SWAT-CUP.

Metode Pelaksanaan

Analisis debit aliran sungai DAS Cipasauran dilakukan dengan menggunakan model SWAT. Data *input* berupa karakteristik tanah, iklim, tata guna lahan, dan curah hujan yang telah disiapkan pada proses pengumpulan data dimasukkan ke dalam *data input file*. Tahapan kegiatan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Delineasi daerah observasi

Pada tahap pertama, dilakukan delineasi daerah aliran sungai berdasarkan data DEM

wilayah DAS yang akan diteliti. Data DEM yang digunakan pada penelitian ini adalah data ASTER Global DEM V2 dengan resolusi 30 meter, menggunakan perangkat lunak MapWindows. Daerah observasi akan didelineasi berdasarkan batas topografi alami DAS. Metode yang digunakan dalam proses deliniasi adalah metode *threshold*, di mana besar kecil nilai *threshold* yang digunakan akan menentukan jumlah jaringan sungai yang terbentuk.

2. Pembentukan HRU (*Hydrological Response Unit*)

Setelah proses deliniasi, dilakukan pembentukan HRU. Pada tahap ini dilakukan *overlay* antara hasil data DEM, data penggunaan lahan, serta data tanah. Pembuatan HRU terdiri dari interval *slope*, peta raster *landuse* dan peta raster tanah format sistem koordinat proyeksi UTM, dan *threshold* dari presentase total luasan *landuse* 10%, jenis tanah sebesar 5%, dan *slope* sebesar 5% (Arsyad 2006).

3. Penggabungan HRU dengan Data Iklim

Proses penggabungan HRU dan data iklim dilakukan setelah satuan analisis terbentuk. Pada tahap ini ditentukan periode simulasi terlebih dahulu untuk kemudian dilakukan pemasukan data iklim. Pemasukan data iklim dilakukan untuk mendapatkan keluaran berupa debit harian hasil simulasi.

4. Simulasi

Simulasi SWAT membutuhkan data iklim berupa curah hujan dan suhu pada stasiun yang mewakili daerah DAS, serta data *weather generator* berupa radiasi matahari, kecepatan angin, suhu, curah hujan, dan titik embun. Persamaan yang digunakan di dalam simulasi SWAT untuk melakukan prediksi aliran permukaan adalah metode *SCS Curve Number*.

5. Kalibrasi

Dalam *input* model SWAT, terdapat 500 parameter yang digunakan dalam simulasi. Tetapi parameter tersebut tidak seluruhnya dapat digunakan karena adanya keterbatasan waktu dan data. Pemilihan parameter yang dominan dilakukan hingga didapatkan hasil yang mendekati kondisi sebenarnya. Pemilihan parameter ini berdasarkan uji coba secara konvensional dengan menguji setiap parameter pada tiap iterasinya. Parameter yang dominan terlihat saat terjadi perubahan hasil debit secara signifikan.

6. Parameterisasi *Input* Simulasi

Parameterisasi yang dilakukan dalam simulasi menggunakan SWAT-CUP. Nilai parameter dalam bentuk *range* dimasukkan pada proses kalibrasi.

Nilai parameter tersebut akan disimulasikan oleh SWAT-CUP dengan melakukan simulasi pada tiap nilai parameter yang terdapat pada nilai absolut dalam SWAT-CUP. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan data observasi, serta dilihat pula besar nilai perpotongan antara hasil simulasi dengan data di lapangan. Model dianggap valid jika data hasil observasi berpotongan dengan luasan grafik 95PPU sebesar 80% (*p-factor* > 0.8) (Abbaspour 2008).

7. Simulasi dengan SWAT Terkalibrasi

Setelah model SWAT terkalibrasi sesuai dengan data aktual DAS, dilakukan analisis kesesuaian antara ketersediaan air terhadap kebutuhan air PT KTI. Analisis yang dilakukan adalah dengan melakukan perbandingan antara debit hasil prediksi model SWAT terkalibrasi dengan kebutuhan air PT KTI dari DAS Cipasauran. Pada tahap akhir ini, dapat diperoleh persentase kebutuhan air yang diterima PT KTI terhadap DAS Cipasauran. Model ini nantinya dapat terus digunakan untuk melakukan prediksi jenis skenario tertentu.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi DAS Cipasauran

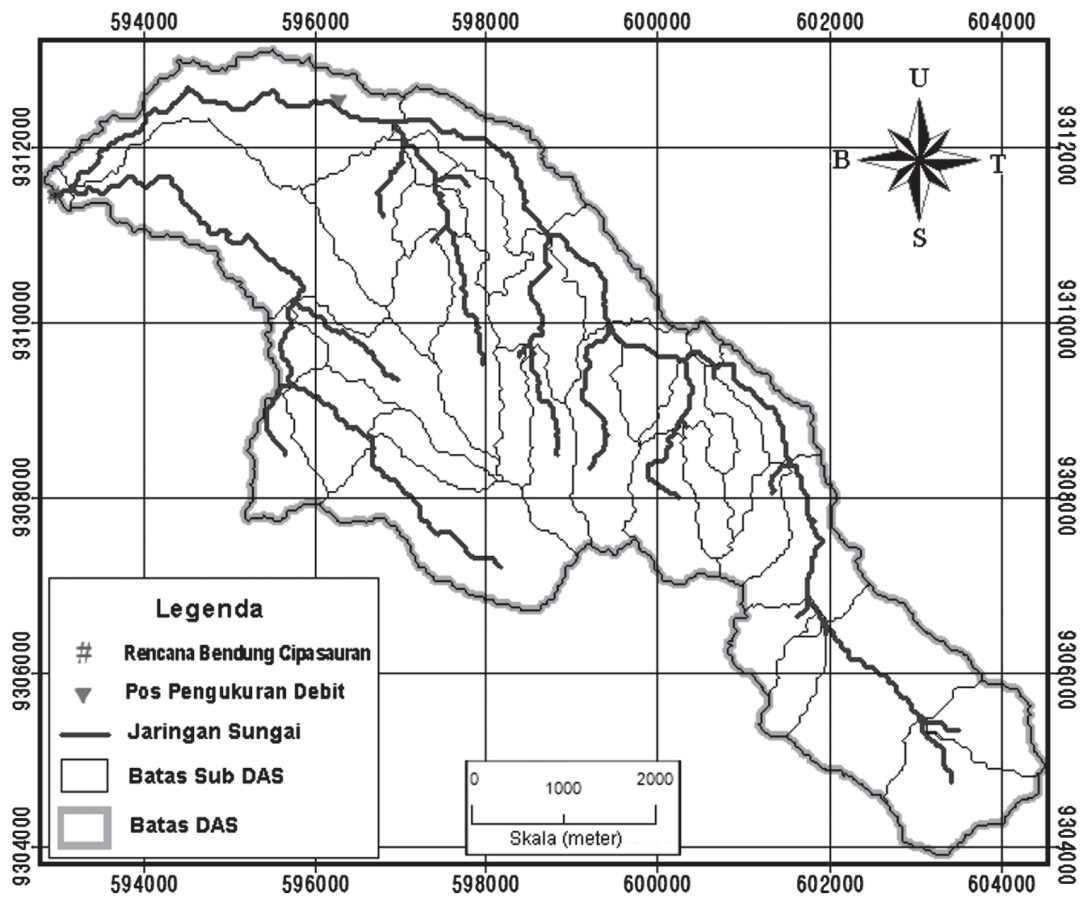
Pada penelitian ini, lokasi perencanaan Bendung Cipasauran digunakan sebagai outlet (Gambar 1), yang berlokasi pada 6°13'41.57" LS dan 105°50'25.20" BT. Penempatan outlet pada lokasi perencanaan bendung menghasilkan luasan DAS yang lebih sempit karena lokasi tersebut berada ±1.4 km dari wilayah hilir di laut, yaitu sebesar 38.87 km². Penempatan outlet pada lokasi perencanaan Bendung Cipasauran dilakukan karena debit sungai yang dianalisis diharuskan berada pada lokasi pengambilan air, sehingga data debit sungai dapat dibandingkan dengan informasi ketersediaan air baku.

Penggunaan lahan

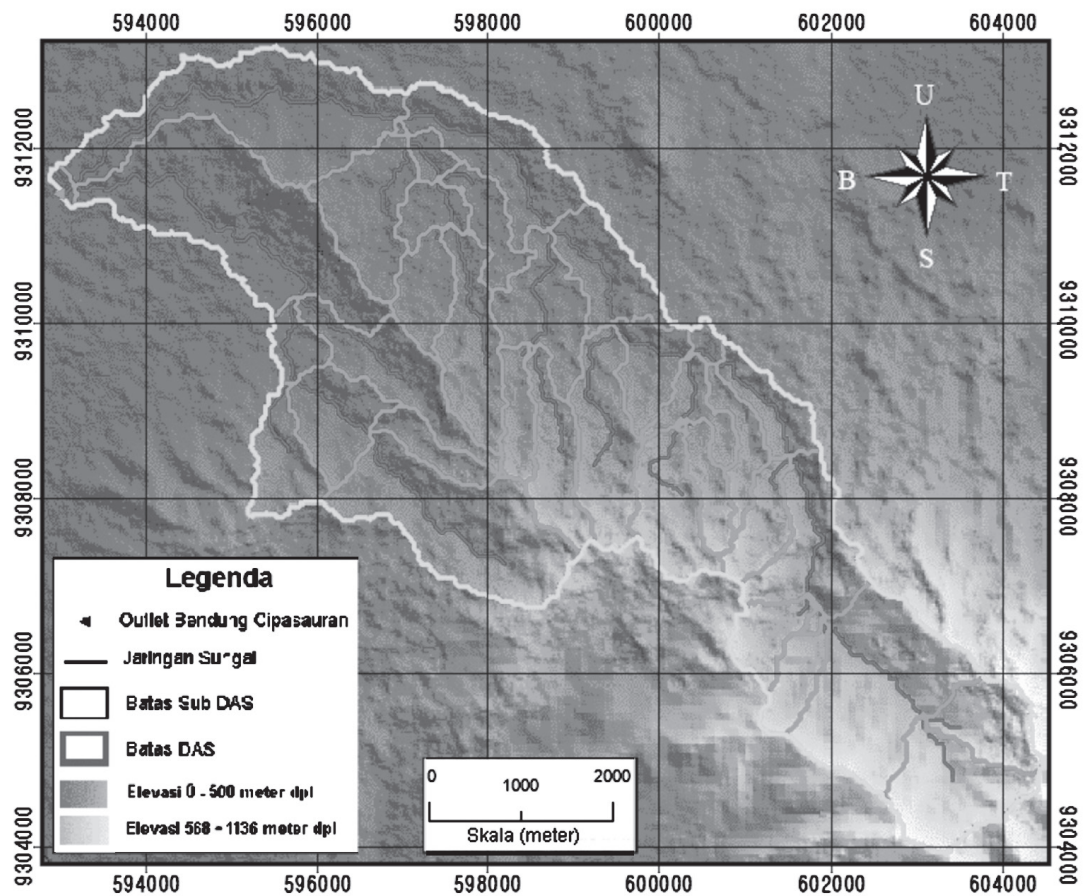
Pada penelitian ini digunakan citra Landsat 7 ETM+ pada 13 Juni 2010 dan 14 April 2010 sebagai informasi penggunaan lahan. Sebelum data citra dapat digunakan, dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu dengan menggunakan ERDAS Imagine 9.1. Data tutupan lahan dibagi menjadi 7 jenis (Tabel 1), diantaranya adalah badan air, hutan sekunder, pemukiman, perkebunan, sawah irigasi, semak belukar, dan tegalan. Berdasarkan Tabel 1, DAS Cipasauran didominasi oleh semak belukar dengan luas 10.14 km² atau 26.08% dari total luas DAS.

Analisis SWAT

Pada penelitian ini dilakukan analisis SWAT menggunakan MWSWAT 1.7. Pada simulasi SWAT ini, dilakukan 4 proses, diantaranya adalah proses



Gambar 1. Peta DAS Cipasauran dengan outlet Bendung Cipasauran.



Gambar 2. Peta hasil delineasi DAS Cipasauran.

Tabel 1. Sebaran tutupan lahan pada DAS Cipasauran.

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas	
		km ²	%
1	Badan Air	0.81	2.08
2	Hutan Sekunder	9.02	23.20
3	Pemukiman	1.77	4.56
4	Perkebunan	6.19	15.94
5	Sawah Irigasi	2.54	6.54
6	Semak Belukar	10.14	26.08
7	Tegalan	8.40	21.60
Total		38.87	100.00

delineasi DAS, pembentukan HRU, pengolahan data SWAT, dan proses simulasi.

1. Proses Delineasi DAS

Pada penelitian ini, outlet yang digunakan berlokasi pada titik perencanaan Bendung Cipasauran, di mana outlet berada di daerah yang lebih hulu. Lokasi perencanaan Bendung Cipasauran terletak pada 6°13'41.57" LS dan 105° 50' 25.20" BT atau ±1.4 km dari wilayah hilir di laut. Penempatan outlet pada lokasi tersebut dilakukan karena debit sungai yang dianalisis diharuskan berada pada lokasi pengambilan air, sehingga data debit sungai dapat dibandingkan dengan informasi ketersediaan air baku.

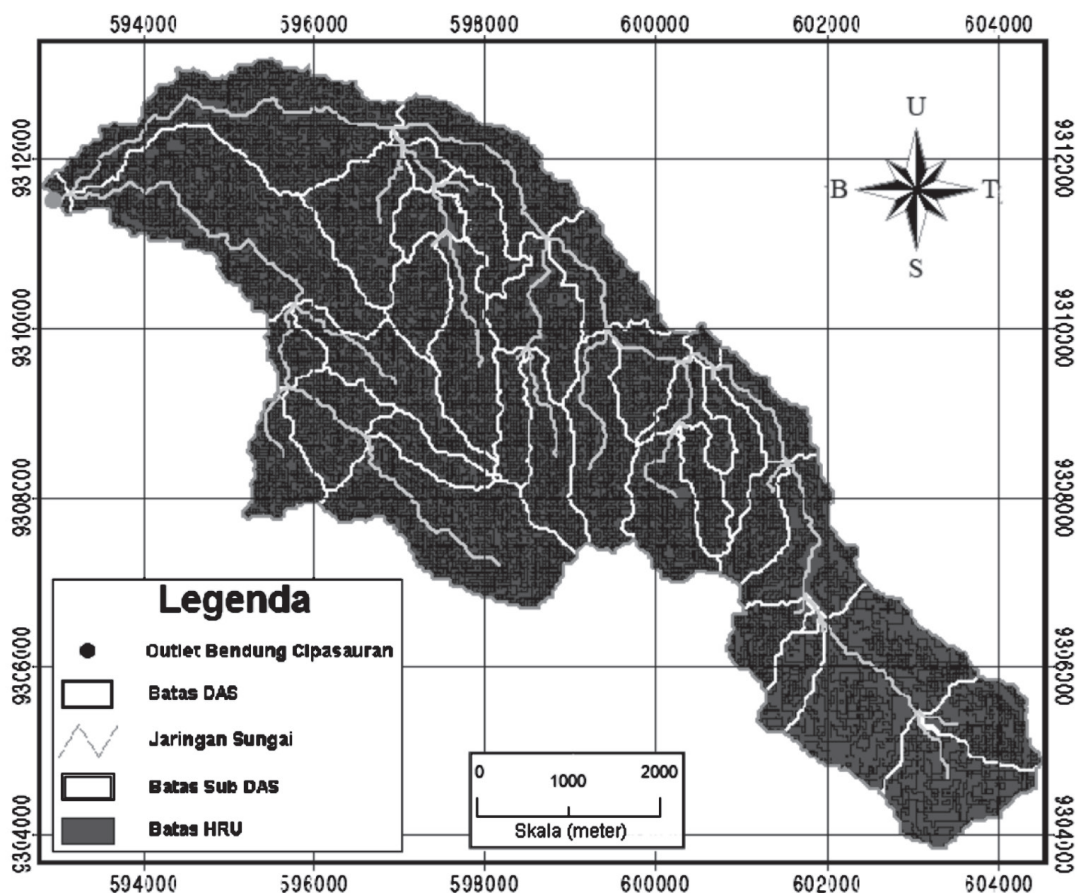
Berdasarkan hal tersebut, dengan ketelitian sebesar 0.5 km², dihasilkan DAS dengan total luas 38.87 km² (Gambar 2). Total luas DAS yang diperoleh lebih kecil dibandingkan total keseluruhan DAS yaitu 44 km². Hal ini diperoleh karena semakin hulu titik outlet suatu DAS, daerah tangkapan air DAS akan semakin menyempit. Penyempitan tangkapan air ini tentunya linier dengan besar luasan DAS yang diperoleh.

2. Pembentukan HRU

Pada tahap ini, dilakukan pembentukan HRU. Dari hasil yang diperoleh, DAS Cipasauran membentuk sebanyak 1616 HRU (Gambar 3), di mana titik Bendung Cipasauran berada daerah hilir. Sehingga, setiap area HRU dari 1,616 unit tersebut memberikan informasi mengenai penggunaan lahan, tanah, kemiringan lahan, luas area, dan persentase luas HRU pada tiap sub DASnya.

3. Pengolahan Data dan Simulasi SWAT

Data curah hujan pada DAS Cipasauran diperoleh dari 2 pos hujan, yaitu wilayah Anyer dan Padarincang. Data curah hujan yang digunakan pada masing-masing pos, serta data suhu yang diperoleh dari Stasiun Iklim Serang adalah tahun 2007 hingga 2010. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh, dalam 4



Gambar 3. Peta HRU DAS Cipasauran.

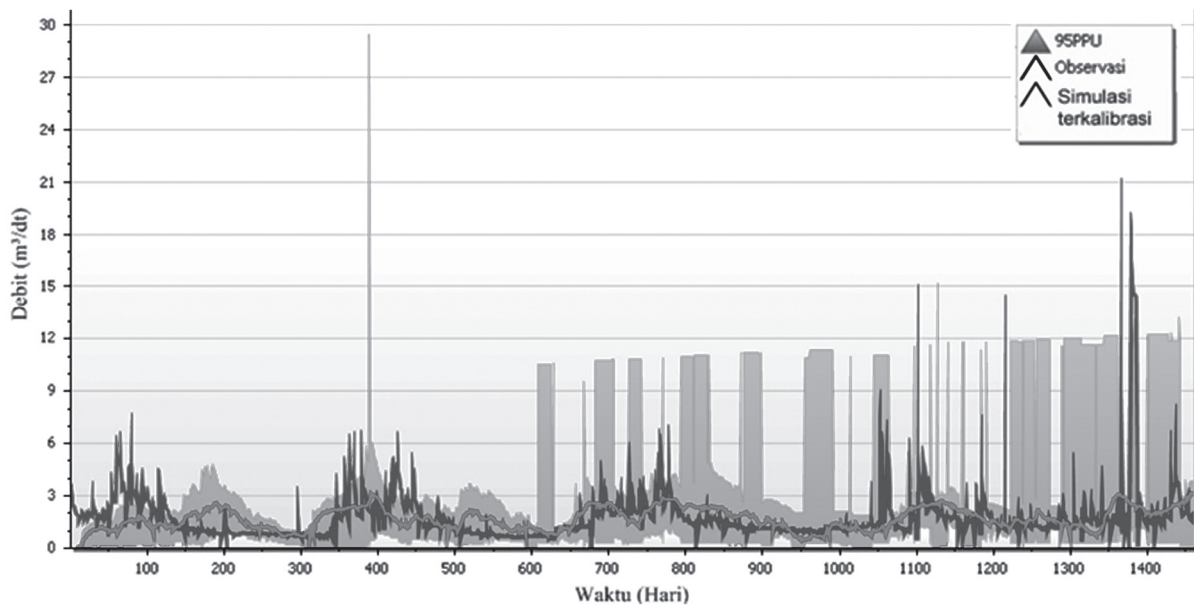
tahun tersebut, curah hujan maksimum terjadi pada bulan Desember 2009 dengan intensitas mencapai 177 mm/hari (Pos Padarincang) dan 141 mm/hari (Pos Anyer).

Data *weather generator* yang digunakan pada proses simulasi diperoleh dari Stasiun Iklim Serang pada tahun 1996 hingga 2009. Data *weather generator* memberikan informasi mengenai temperatur maksimum dan minimum rata-rata bulanan, nilai standar deviasi untuk temperatur maksimum dan minimum, nilai curah hujan rata-rata, nilai standar deviasi curah hujan, nilai kemencengan curah hujan, nilai probabilitas hari kering terhadap hari hujan dan hari hujan terhadap hari hujan, jumlah hari hujan, nilai

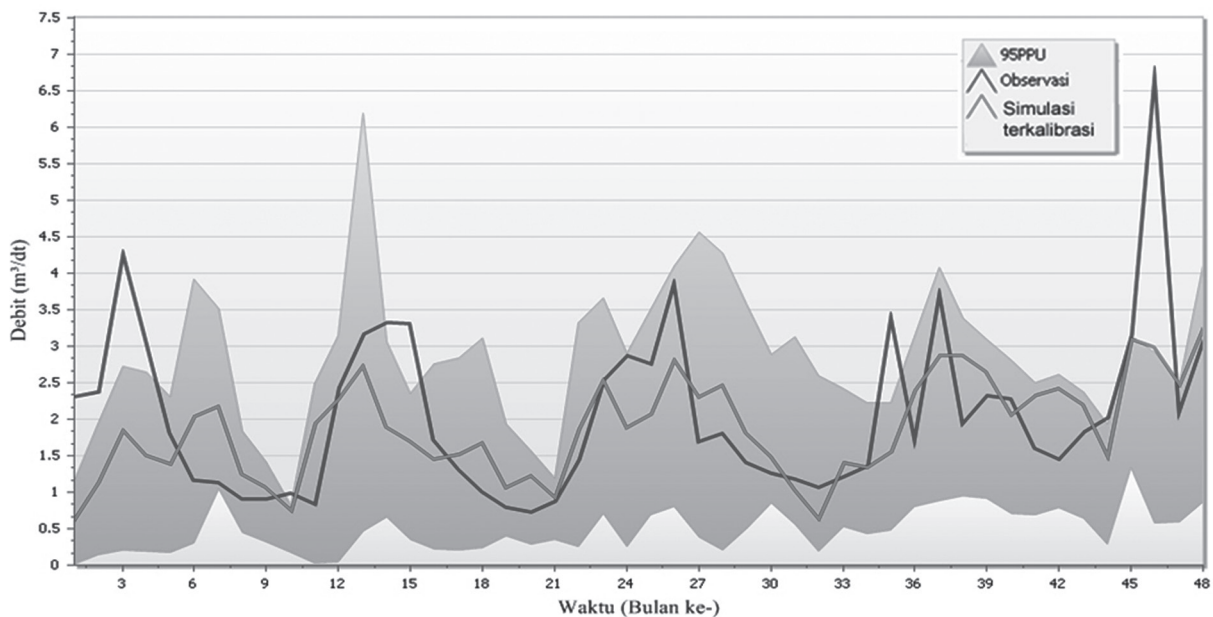
curah hujan maksimum, radiasi matahari, titik beku, dan kecepatan angin. *Weather generator* diperoleh dari data iklim yang diolah oleh Irsyad (2011).

4. Proses Visualisasi

Berdasarkan hasil visualisasi yang diperoleh, debit simulasi harian maksimum yang terjadi adalah sebesar 64.71 m³/s, dengan debit minimum sebesar 0.02 m³/s, serta debit rata-rata sebesar 3.11 m³/s. Sementara berdasarkan nilai debit bulanan, debit maksimum yang diperoleh sebesar 7.31 m³/s, debit minimum sebesar 0.83m³/s, serta debit rata-rata sebesar 3.11 m³/s.



Gambar 4. Grafik hasil kalibrasi debit harian DAS Cipasauran.



Gambar 5. Grafik hasil kalibrasi debit bulanan DAS Cipasauran.

Data debit observasi diperoleh dari pos pengukuran di Desa Dahu, Kecamatan Cinangka, Kabupaten Serang pada tahun 2007 hingga 2010. Berdasarkan hubungan debit simulasi dan observasi, didapatkan bahwa sebaran debit observasi memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan debit simulasi. Hasil simulasi yang diperoleh juga kurang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga perlu diketahui nilai validitas model. Untuk mengetahui nilai validitas awal dari model, digunakan SWAT *plot and graph*.

Berdasarkan perbandingan data simulasi dan observasi, nilai koefisien determinasi (R^2) dan efisiensi Nash-Sutcliffe (NS) yang diperoleh untuk debit harian adalah 0.0004 dan -0.204, sedangkan nilai R^2 dan NS untuk debit bulanan adalah 0.045 dan -0.909. Nilai validitas tersebut tidak sesuai dengan *range* nilai yang seharusnya. Dalam kriterianya, menurut Van *et al* (2003) simulasi dianggap baik jika nilai $NS > 0.75$, memuaskan jika $0.36 < NS < 0.75$, serta kurang baik jika $NS < 0.36$, sedangkan menurut Santi *et al* (2001) hasil simulasi dianggap baik jika $NS \geq 0.5$ dan $R^2 \geq 0.6$. Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi agar nilai validitas yang diperoleh dapat diterima.

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi dan validasi model SWAT yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan SWAT-CUP dengan metode SUFI2 (*Sequential Uncertainty Fitting*). Kalibrasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan debit harian dan bulanan DAS Cipasauran pada lokasi perencanaan Bendung Cipasauran dengan debit harian dan bulanan hasil pengukuran di Pos Pengukuran Kampung Dahu pada tahun 2007-2010.

Pada penelitian ini kalibrasi dan validasi dilakukan sebanyak 8 kali iterasi dengan 750 simulasi pada tiap iterasinya. Parameter bulanan dan harian menggunakan *range* nilai yang sama, tetapi nilai masukan yang dihasilkan berbeda karena metode parameterisasi yang dilakukan menggunakan metode SUFI2 (*Sequential Uncertainty Fitting*). Nilai masukan tersebut memberikan hasil validitas *p-factor* sebesar 0.84, *r-factor* sebesar 2.43, R^2 sebesar 0.07, dan NS sebesar 0.03 untuk debit harian. Untuk debit bulanan diperoleh nilai validitas *p-factor* sebesar 0.83, *r-factor* sebesar 2.04, R^2 sebesar 0.28, dan NS sebesar 0.25. Grafik hasil kalibrasi untuk debit harian dan bulanan disajikan pada Gambar 4 dan 5.

Berdasarkan nilai validitas kalibrasi dan validasi didapatkan bahwa *p-factor* yang diperoleh lebih dari 0.8 (Tabel 2), sehingga model hasil kalibrasi dapat dikatakan valid. Tetapi nilai R^2 dan NS tidak mencapai nilai yang seharusnya, sehingga kalibrasi masih kurang baik. Hal ini dapat terjadi karena R^2 merupakan index validitas yang mengukur

Tabel 2. Nilai statistik hasil penelitian.

Variabel	Simulasi		Kalibrasi dan validasi	
	Harian	Bulanan	Harian	Bulanan
p-factor	-	-	0.84	0.83
r-factor	-	-	2.43	2.04
R2	0.0004	0.045	0.07	0.28
NS	-0.204	-0.909	0.03	0.25

kebaikan suai atau *goodness of fit* dari persamaan regresi, sehingga persentase variasi total data dalam variabel terikat (data debit observasi DAS Cipasauran) yang dijelaskan oleh variabel bebas (data debit simulasi DAS Cipasauran) diharuskan memiliki karakteristik atau fluktuasi sebaran yang sama.

Namun pada penelitian ini sebaran yang terjadi antara data debit simulasi dan observasi pada periode tertentu terlihat tidak seragam. Kurangnya nilai R^2 disebabkan karena data debit observasi dan hasil simulasi yang kurang sesuai. Ketidakesesuaian data dapat diakibatkan karena tidak tersedianya data debit pada lokasi tinjau penelitian, yaitu lokasi perencanaan Bendung Cipasauran. Hal ini terlihat dari sebaran debit observasi yang lebih kecil dibandingkan debit simulasi. Sebaran debit yang lebih rendah dari debit simulasi ini mengakibatkan debit observasi yang diperoleh tidak memiliki karakteristik fluktuasi yang sama. Selain nilai R^2 yang rendah, hal tersebut berimplikasi pula pada nilai efisiensi Nash-Sutcliffe (NS), sehingga nilai NS yang diperoleh pun kurang baik.

Analisis Debit Sungai

Berdasarkan model SWAT terkalibrasi, diperoleh nilai untuk debit harian dan debit bulanan. Berdasarkan data debit harian, DAS Cipasauran menghasilkan debit maksimum sebesar $3.309 \text{ m}^3/\text{s}$, debit minimum $0 \text{ m}^3/\text{s}$, serta debit rata-rata $1.79 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit air baku yang dibutuhkan oleh PT KTI adalah 600 lt/dt atau $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$, yang dialirkan dari DAS Cipasauran untuk ditampung pada Waduk Krenceng, dan nantinya akan diolah oleh PT KTI. Berdasarkan debit simulasi harian terkalibrasi, maka kebutuhan air baku harian PT KTI dapat terpenuhi sebesar 98.22 %.

Selain data debit harian, dilakukan pula analisis debit bulanan. Berdasarkan data debit bulanan terkalibrasi, diperoleh debit maksimum sebesar $3.266 \text{ m}^3/\text{s}$, debit minimum $0.648 \text{ m}^3/\text{s}$, serta debit rata-rata $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan perbandingan data debit bulanan dan kebutuhan air, terlihat bahwa kebutuhan air baku bulanan dapat terpenuhi dengan baik.

Perbandingan antara ketersediaan air di DAS Cipasauran dan kebutuhan air PT KTI mengindikasikan bahwa kekurangan air baku sebesar 600 lt/dt dapat terpenuhi, Hal ini memberikan informasi bahwa berbagai industri baru

di kawasan industri Cilegon seperti PT Cerestar, PT Indoferro dan industri lainnya di Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), serta *Pohang Iron Steel Corporation* (POSCO) akan dapat beroperasi dengan baik.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, model SWAT memperlihatkan bahwa sistem ini dapat digunakan dalam pemantauan ketersediaan air. Menggunakan metode ini dapat memberikan keuntungan yang besar pada masa yang akan datang. Ke depannya, model ini dapat terus digunakan untuk melakukan prediksi jenis skenario tertentu, dengan berbagai jenis alternatif pemasukan data, seperti data iklim (termasuk curah hujan), tata guna lahan, pergerakan air, kualitas air, siklus nutrien, dan lain-lain. Akan tetapi, untuk memperoleh hasil yang optimal, metode ini membutuhkan data yang baik dan presisi dalam pengaplikasiannya, terutama untuk data yang digunakan dalam pemasukan kalibrasi dan validasi.

Simpulan

Simpulan

1. Dengan menggunakan model SWAT yang telah divalidasi, yang diperoleh dari hasil proses delineasi DAS seluas 38.87 km², pembentukan HRU sebanyak 1,616 unit, serta pengolahan data curah hujan dan iklim (*weather generator*), diperoleh nilai debit harian di DAS Cipasauran berkisar dari 0 - 3.309 m³/s, sedangkan nilai debit bulanan DAS Cipasauran berkisar dari 0.648 - 3.266 m³/s.
2. Debit bulanan dan debit harian DAS Cipasauran masing-masing dapat memenuhi kekurangan kebutuhan air PT KTI sebesar 98.22% dan 100%.

Daftar Pustaka

- Abbaspour, K.C. 2008. *SWAT-CUP2: SWAT Calibration and Uncertainty Programs*. Duebendorf: Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Chang, K.T. 2004. *Introduction to Geographic Information Systems. 2nd Edition*. Iowa: McGraw-Hill.
- Neitsch, S.L, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, and J.R. William, 2004. *Soil and Water Assessment Tools Input/Output File Documentation Version 2005*. [e-book] Texas: Agricultural Research Service US <http://swat.tamu.edu/media/1292/swat2005theory.pdf>
- Irsyad, F. 2011. *Analisis Debit Sungai Cidanau Dengan Aplikasi SWAT [Tesis]*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Sekolah Pascasarjana.
- Rao, H. 2000. *Watershed development in India: recent experience and emerging issues*. Economic and potential weekly, November 4, 2000. Pp. 3943-3947.