

ANALISIS PERUBAHAN IKLIM LOKAL DAN DEBIT SUNGAI DI DAS CIDANAU

ANALYSIS OF LOCAL CLIMATE CHANGE AND DISCHARGE IN CIDANAU WATERSHED

Fadli Irsyad¹, Satyanto Krido Saptomo², Budi Indra Setiawan³

¹ Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

² Bagian Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

³ Bagian Teknik Sumber Daya Air, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

* Corresponding Author. E-mail: fadliirsyad_ua@yahoo.com

Penyerahan Naskah: 25 Oktober 2010

Diterima untuk diterbitkan: 23 Mei 2011

ABSTRACT

Climate change causes uncertainty in water availability. The change may include annual rainfall, evapotranspiration and the shift of rainy and dry seasons, thus, it affects hydrological response in the region. Water demand will increase over time with population, industrial and business growth but the water availability has not been ascertained to sustainably satisfy those needs. Cidanau Watershed has wetland ecosystem so-called the Rawa Danau (Caldera), with an area of around 2,500 ha. This watershed receives average annual rainfall around 2,500 mm. Climate change especially the local climate in the region of Cidanau was analyzed to illustrate how the relationship with Cidanau river discharge. It is expected that climate change does not affect the water availability in the watershed. In this study, the analysis of local climate change and its impact on the availability of water resources on Cidanau Watershed was based on climate trends, water balance analysis, and estimation of discharge of Cidanau Watershed. This research was carried out using climate data and discharge from 1996 until 2010. The results showed that climate variables have changed from 1996 to 2010. This change mainly occurred in temperature, annual rainfall, and evapotranspiration. Based on the analysis, the discharge of Cidanau Watershed will decrease due to changes in rainfall and evapotranspiration. The estimated minimum river discharge of Cidanau Watershed ranges from 0.5 to 1 m³/s until 2050.

Keyword: Cidanau watershed, local climate change, trend analysis and forecast, water resource.

PENDAHULUAN

Kebutuhan air secara terus menerus akan meningkat seiring berjalannya waktu searah dengan pertumbuhan penduduk, industri dan dunia usaha. Peningkatan kebutuhan tersebut dikarenakan bertambahnya kebutuhan pada berbagai sektor baik untuk domestik, industri, energi dan lainnya. Namun ketersediaannya belum dapat dipastikan untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara berkesinambungan. Meskipun kebutuhan tersebut tercukupi untuk saat ini, namun untuk masa mendatang ketersediaan air menjadi faktor penentu dalam pendistribusian air dan berakibat pada krisis air.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau merupakan salah satu DAS yang terdapat di Provinsi Banten, dengan luasan 22.620 ha. DAS Cidanau

secara geografis terletak pada 105°51'00" – 106°4'00" Bujur Timur dan 6°7'00"– 6°18'00" Lintang Selatan. Air Sungai Cidanau dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, baik untuk pertanian, perikanan, industri dan kebutuhan domestik. DAS Cidanau memiliki ekosistem rawa basah yang disebut Rawa Danau (Caldera) dengan luasan 2500 ha. DAS ini menerima cukup banyak curah hujan dengan rata-rata curah hujan tahunan sekitar 2.500 mm. Suhu rata-rata bulanan udara adalah 26-27 °C.

Penelitian untuk DAS Cidanau telah banyak dilakukan, baik dari segi kualitas air (Kato 2001; Kato 2002; Kato dan Goto 2003; Yoshikawa dan Shiozawa 1996; Yoshikawa *et al.* 2008), laju perubahan tataguna lahan (Baba *et al.* 2000; Prasetyo *et al.* 2001), erosi tanah (Setiawan *et al.* 2003; Yoshino *et al.* 2003; Yoshino dan Ishioka 2005). Penelitian analisis debit pernah dilakukan

oleh Sutoyo (2005) yang memprediksikan akan terjadi kecenderungan penurunan ketersediaan air pada DAS Cidanau menjelang tahun 2025 akibat dari peningkatan jumlah penduduk dan industri.

Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran permukaan maupun tidak langsung melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut (Kodoatie *et al.* 2008).

Menurut Seyhan (1977), faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya runoff antara lain:

1. Besarnya presipitasi
2. Besarnya evapotranspirasi
3. Faktor DAS yang meliputi ukuran dan bentuk DAS, topografi, jenis tanah dan penggunaan lahan

Uji Mann-Kendall adalah tes non-parametrik untuk mengidentifikasi tren dalam data rentang waktu tertentu. Tes ini membandingkan besaran magnitudo relatif dari data sampel terhadap nilai data itu sendiri (Gilbert 1987). Salah satu manfaat dari tes ini adalah data tidak perlu sesuai dengan setiap distribusi tertentu. Selain itu, data hasil yang tidak terdeteksi dapat dimasukkan dengan memberikan nilai umum yang lebih kecil dari nilai terkecil yang diukur pada kumpulan data. Prosedur yang akan dijelaskan mengasumsikan bahwa hanya ada satu nilai data per periode waktu.

Nilai data dievaluasi sebagai time series. Setiap nilai data dibandingkan dengan semua nilai data berikutnya. Nilai awal dari statistik Mann-Kendall, S , dianggap 0 (jika tidak ada perubahan). Jika nilai data dari periode waktu selanjutnya lebih tinggi dari nilai data sebelumnya, S ditambah 1. Di sisi lain, jika nilai data dari periode waktu kemudian lebih rendah dari nilai data sebelumnya, S dikurangi oleh 1. Hasil bersih dari semua penambahan dan pengurangan tersebut menghasilkan nilai akhir S .

Misalkan x_1, x_2, \dots, x_n mewakili n dimana x_j merupakan titik data pada waktu j . Kemudian statistik Mann-Kendall (S) adalah:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{sign}(x_j - x_k) &= 1 && \text{jika } x_j - x_k > 0 \\ \text{sign}(x_j - x_k) &= 0 && \text{jika } x_j - x_k = 0 \\ \text{sign}(x_j - x_k) &= -1 && \text{jika } x_j - x_k < 0 \end{aligned}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (2)$$

Nilai S positif yang sangat tinggi menunjukkan peningkatan dari tren, dan jika nilai negatif yang

sangat rendah akan menunjukkan tren menurun. Namun, perlu untuk menghitung kemungkinan berhubungan S dan nilai sampel, n , untuk mengukur perubahan tren signifikan atau tidak. Prosedur untuk menghitung probabilitas dapat dihitung dengan persamaan 3.

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Perhitungan probabilitas dinormalisasi dengan uji statistik. Fungsi kepadatan probabilitas untuk distribusi normal dengan rata-rata 0 dan deviasi standar 1 diberikan oleh persamaan berikut:

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) \quad (4)$$

Perubahan iklim yang terjadi khususnya iklim lokal di kawasan Cidanau perlu dianalisis untuk menggambarkan bagaimana hubungannya terhadap debit sungai cidanau. Diharapkan perubahan iklim yang terjadi tidak berpengaruh terhadap ketersediaan air pada DAS Cidanau. Jika terjadi perubahan pada ketersediaan air cidanau diharapkan masih dapat memenuhi besarnya kebutuhan air pada kawasan tersebut.

Pada penelitian ini, analisis dilakukan terhadap perubahan yang terjadi dari iklim lokal dan dampak perubahan tersebut terhadap ketersediaan sumber daya air DAS Cidanau. Analisis data dilakukan terhadap tren iklim dan komponen water balance, dan proyeksi debit dimasa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada kawasan DAS Cidanau dengan titik outlet pada bangunan mercu (weir) pada pompa I PT Karakatau Tirta Industri (KTI). Titik outlet sungai yang diukur berada pada 105°52'3.86" Bujur Timur dan 6°8'21.01" Lintang Selatan. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Air, IPB, Dramaga, Bogor. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data iklim dan debit dari tahun 1996 sampai dengan 2010.

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain yaitu : Personal Computer (PC), Echosounder, Currentmeter, Water Level Logger, Alat pendukung lainnya berupa Theodolite T200, meteran, tali tambang, dan perahu.

Pengumpulan data mencakup data primer dan skunder. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain : Debit Sungai Cidanau tahun 1996/2010

dari PT Krakatau Tirta Industri (PT KTI), dan data klimatologi Stasiun Iklim Serang 1996-2010.

Time Series dari suhu harian (T), kelembaban relatif (RH), kecepatan angin (W) dan curah hujan R diperoleh dari Stasiun Klimatologi Kelas III, Serang, Banten dari tahun 1996-2010. Besarnya evapotranspirasi dapat dihitung dengan menggunakan model Hargreave's (Persamaan 3) dan radiasi extraterrestrial yang diperlukan (Ra) dihitung berdasarkan pada garis lintang pada titik pusat DAS Cidanau (Pereira dan Allen 2005).

$$ET_p = 0.000939Ra\sqrt{T_{max} - T_{min}}(T_{ave} + 17.8) \quad (5)$$

Tiap komponen data iklim yang telah ada dianalisis dengan menggunakan Metode Mann-Kendall. Sehingga diperoleh arah tren perubahan iklim bersifat penting atau tidak. Selanjutnya dilakukan estimasi dari komponen iklim tersebut untuk masa mendatang. Prediksi Iklim merupakan bagian penting untuk melihat apakah ada kecenderungan perubahan iklim selama waktu tertentu. Dalam studi ini, untuk menganalisis perubahan yang terjadi digunakan model populasi populer yang dikenal sebagai model Verhulst (Persamaan 6) (Burghes dan Borrie 1981). Secara umum model ini menunjukkan kurva sigmoid dari waktu ke waktu dengan nilai batasan pada waktu tak terbatas. Oleh karena itu, prakiraan iklim akan diterapkan ke curah hujan tahunan dan evapotranspirasi tahunan, dan hasilnya akan digunakan untuk memprediksi debit sungai dengan menggunakan Persamaan 7.

$$P(t) = P_{\infty} \left[1 + \left(\frac{P_{\infty}}{P_0} - 1 \right) \exp(-\gamma t) \right]^{-1} \quad (6)$$

Pengukuran debit sungai cidanau telah dikumpulkan oleh PT. Krakatau Tirta Industri dengan pengukuran harian intensif dengan AWLR sejak tahun 1996. Outlet cidanau yang ditetapkan adalah pada koordinat 105°52'3.86" Bujur Timur dan 6°8'21.01" Lintang Selatan.

Debit sungai secara dominan ditentukan oleh curah hujan dan evapotranspirasi, keduanya merupakan faktor penting untuk melihat hubungan di antara ketiga komponen neraca air. Dengan demikian, maka dilakukan pendekatan keseimbangan air (water balance) untuk menentukan debit sungai pada DAS Cidanau, dengan menggunakan persamaan keseimbangan air sederhana dalam bentuk regresi linier multivariabel (Persamaan 6). Meskipun, Persamaan 6 merupakan persamaan empiris di alam tetapi parameter mungkin memiliki arti fisik. Sebagai contoh, parameter a mungkin mencakup aliran dasar dan perubahan penyimpanan air tanah, dan parameter b

dan c menunjukkan kontribusi faktor curah hujan dan evapotranspirasi. Untuk menemukan parameter a, b, dan c dari serangkaian data yang diberikan berupa debit sungai, curah hujan dan evapotranspirasi dapat dilakukan dengan menggunakan Solver di MS Excel.

$$Q' = a + bR - cET \quad (7)$$

Penyimpanan air tanah (dS) dalam satu tahun juga dapat dihitung dengan melihat selisih dari besarnya hujan tahunan yang terjadi terhadap evaporasi dan debit sungai yang mengalir di outlet, (persamaan 8), sedangkan untuk melihat tren tahunan berturut-turut debit sungai (Q) serta penyimpanan air tanah (dS) dalam persentase dapat dihitung dengan Persamaan 9.

$$dS' = R' - ET' - Q' \quad (8)$$

$$\%dS = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t} 100 \quad (9)$$

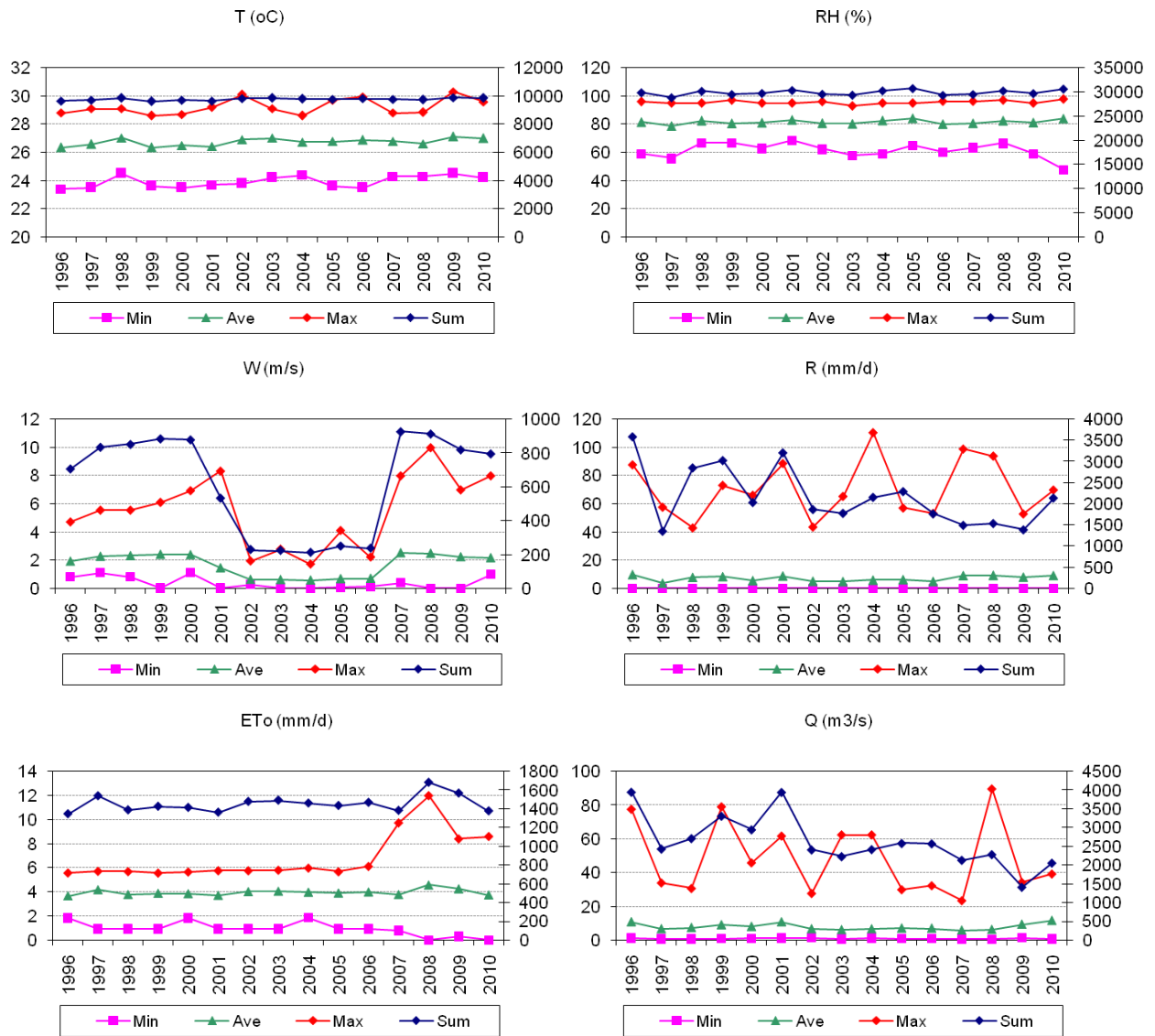
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini komponen iklim yang dianalisis meliputi temperatur (T), Kelembaban Relatif (RH), Kecepatan Angin (W), Curah hujan (R), Evapotranspirasi Potensial (ET_o). Penentuan pengaruh komponen iklim terhadap debit sungai cidanau memerlukan data debit untuk mendapatkan parameter-parameter yang terkait dengan debit sungai. Data iklim dan debit sungai yang digunakan mulai dari tahun 1996 sampai 2010.

Gambar 1 menggambarkan perubahan komponen iklim dari tahun ketahun baik untuk nilai rata-rata, nilai minimum, maksimum, dan jumlah. Sumbu X-axis menunjukkan waktu, sumbu Y-kiri mewakili data harian minimum, rata-rata dan maksimum sementara sisi sumbu Y-kanan merupakan akumulasi data harian pada tahun yang sama.

Komponen iklim dan debit sungai akan menggambarkan perubahan yang terjadi setiap tahunnya. Dalam menentukan arah dan besarnya perubahan yang terjadi maka digunakan metode Mann-Kendall untuk melihat tren yang terjadi pada setiap Komponen iklim tersebut hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Metode Mann-Kendall analisis data dimulai dari menghitung besarnya nilai S untuk mengetahui arah perubahan yang terjadi dan selanjutnya diketahui besarnya nilai Z digunakan untuk menentukan probabilitas dari perubahan tersebut.



Gambar 1. Grafik komponen iklim di DAS Cidanau

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tren dengan menggunakan Metode Mann-Kendall dari tahun 1996

Komponen	Jenis	n (tahun)	S	Σs	Z	α	$Z\alpha$	Trend	Probabilitas
T	Min	16	41	408,33	2,03	0,05	1,64	Positif	100%
	Ave	16	40	408,33	1,98	0,05	1,64	Positif	99%
	Max	16	29	408,33	1,44	0,05	1,64	Positif	85%
	Sum	16	34	408,33	1,68	0,05	1,64	Positif	93%
RH	Min	16	-12	408,33	-0,59	0,05	1,64	Negatif	68%
	Ave	16	18	408,33	0,89	0,05	1,64	Positif	72%
	Max	16	24	408,33	1,19	0,05	1,64	Positif	78%
	Sum	16	18	408,33	0,89	0,05	1,64	Positif	72%
W	Min	15	-28	408,33	-1,39	0,05	1,64	Negatif	84%
	Ave	15	0	408,33	0,00	0,05	1,64	Positif	66%
	Max	15	22	408,33	1,09	0,05	1,64	Positif	75%
	Sum	15	-2	408,33	-0,10	0,05	1,64	No	66%
R	Min	15	1	408,33	0,05	0,05	1,64	No	66%
	Ave	15	18	408,33	0,89	0,05	1,64	Positif	72%
	Max	15	4	408,33	0,20	0,05	1,64	No	66%
	Sum	15	-40	408,33	-1,98	0,05	1,64	Negatif	99%
Eto	Min	15	-56	408,33	-2,77	0,05	1,64	Negatif	100%
	Ave	15	20	408,33	0,99	0,05	1,64	Positif	73%

	Max	15	70	408,33	3,46	0,05	1,64	Positif	100%
	Sum	15	20	408,33	0,99	0,05	1,64	Positif	73%
Q	Min	15	-11	408,33	-0,54	0,05	1,64	Negatif	67%
	Ave	15	-12	408,33	-0,59	0,05	1,64	Negatif	68%
	Max	15	-9	408,33	-0,45	0,05	1,64	Negatif	67%
	Sum	15	-60	408,33	-2,97	0,05	1,64	Negatif	100%

Penentuan prediksi dimasa mendatang dilakukan dengan menggunakan model Verhulst, hasil analisisnya dapat dilihat pada gambar 3 dan 4. Prediksi debit sungai cidanau berdasarkan besarnya curah hujan dan evapotranspirasi dapat dilihat pada gambar 3. Terjadi penurunan curah hujan dan meningkatnya evapotranspirasi, hal ini mengakibatkan debit air cidanau mengalami penurunan. Pada gambar 4 diprediksi debit minimum sungai cidanau akan berkisar pada nilai 0,5 sampai 1 m³/s.

Pengamatan terhadap Komponen iklim menunjukkan bahwa selama periode waktu 1996 – 2010 suhu minimum, rata-rata, dan akumulatif meningkat dari tahun ketahun dan peningkatannya sangat signifikan dengan nilai probabilitas yang tinggi (93-100%), namun untuk suhu maksimum perubahannya belum begitu besar dan relatif konstan. Sama halnya dengan kelembaban relatif, terjadi peningkatan untuk nilai rata-rata tahunan, maksimum dan total RH, namun berbeda dengan nilai minimum terjadi penurunan yang tidak begitu signifikan. Komponen kecepatan angin sangat berfluktuasi dari tahun ketahun (akumulasi dan nilai maksimum) namun untuk nilai rata-rata dan minimum tidak begitu berubah. Total Curah hujan tahunan akan mengalami penurunan dan perubahannya sangat signifikan sehingga dapat mempengaruhi kondisi debit sungai cidanau.

Berbeda dengan evapotranspirasi potensial mengalami peningkatan (ET rata-rata, maksimum dan total), namun untuk Evapotranspirasi minimum mengalami penurunan. Dengan meningkatnya Evapotranspirasi dan menurunnya curah hujan maka terjadi pengaruh yang cukup signifikan terhadap debit sungai, hal ini dapat dilihat terjadinya penurunan debit sungai baik debit total, maksimum, minimum dan debit rata-rata.

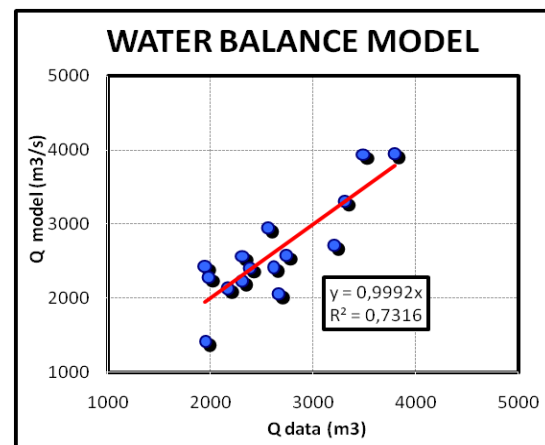
Komponen iklim di DAS Cidanau telah mengalami perubahan dari tahun 1996 sampai 2010. Perubahan ini terutama terjadi akibat peningkatan temperatur yang secara perlahan meningkat, disertai curah hujan tahunan yang semakin rendah dan evapotranspirasi yang semakin tinggi. Berdasarkan analisis water balance untuk DAS Cidanau komponen curah hujan dan evapotranspirasi akan mengurangi debit Sungai Cidanau.

Dalam menganalisis pengaruh perubahan iklim yang terjadi terhadap debit air sungai cidanau, maka perlu dicari korelasi debit air sungai dengan para

meter iklim yang berpengaruh. Pada penelitian ini dibuat hubungan debit terhadap curah hujan dan evapotranspirasi dengan pendekatan water balance maka diperoleh hubungan sebagai berikut:

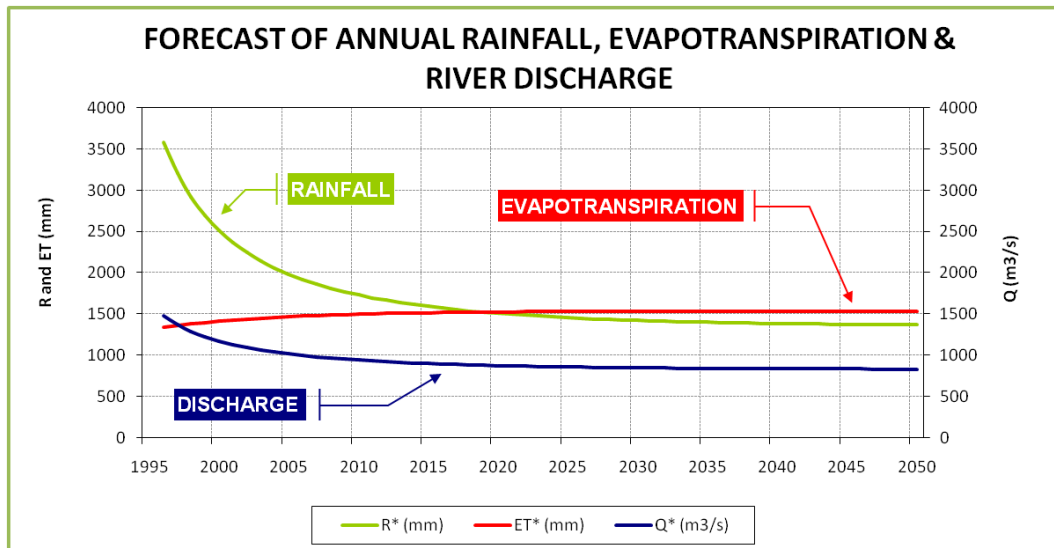
$$Q = 0,299R - 0,286ET_0 - 798,14 \quad (10)$$

Dengan menggunakan persamaan 10 di lakukan verifikasi dengan data sebenarnya maka didapatkan hasil yang dapat diterima dengan nilai R²= 0,7316 seperti yang terlihat pada gambar 2.

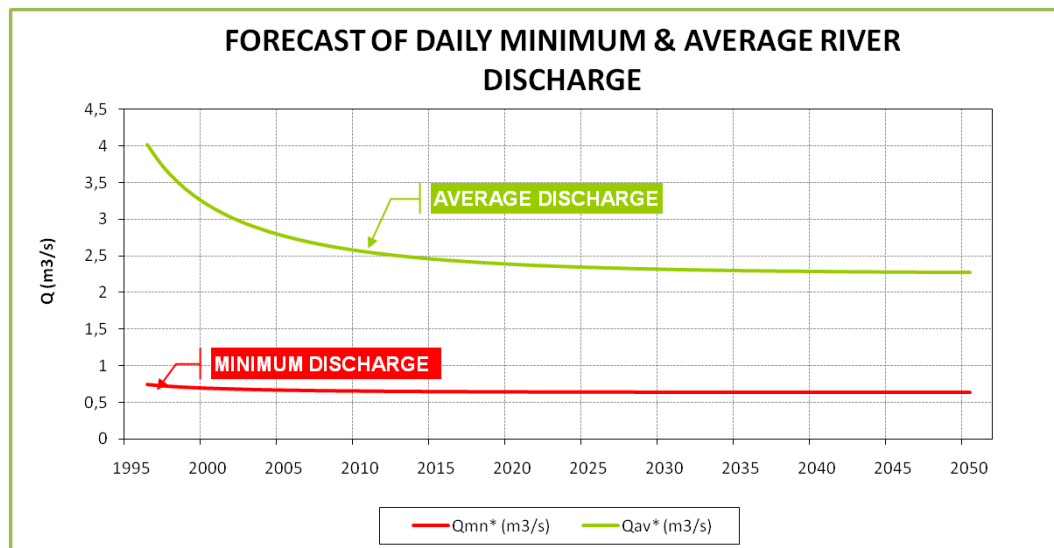


Gambar 2. Verifikasi debit model dengan debit pengukuran

Hasil prediksi yang dilakukan terhadap komponen curah hujan telah mengalami penurunan yang cukup besar sampai tahun 2010, namun untuk beberapa tahun kedepan penurunan curah hujan tahunan relatif kecil hingga mencapai kondisi yang relatif tetap mulai tahun 2025. Berbeda dengan evapotranspirasi akan mengalami peningkatan yang relatif kecil dari tahun ke tahun hingga mencapai kondisi yang relatif tetap mulai tahun 2025. Perubahan dari kedua komponen tersebut tentu akan berpengaruh terhadap debit sungai Cidanau, hal ini terlihat bahwa debit Sungai Cidanau mengalami penurunan dimasa mendatang. Penurunan debit sungai tentu akan berdampak pada ketersediaan air pada kawasan tersebut, sehingga perlu dilihat seberapa besar pengaruhnya terhadap ketersediaan air dengan menghitung besarnya debit air minimum yang terjadi di masa mendatang. Estimasi debit minimum sungai cidanau dapat dilihat pada gambar 6, dimana debit minimum untuk DAS Cidanau berkisar antara 0,5 sampai 1 m³/s hingga tahun 2050.



Gambar 3. Prediksi curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan debit sungai



Gambar 4. Prediksi debit rata-rata dan minimum di DAS Cidanau

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data harian yang dilakukan terhadap komponen iklim di DAS Cidanau secara tahunan mulai dari tahun 1996 sampai dengan 2010, maka telah terjadi perubahan iklim lokal pada kawasan DAS Cidanau. Perubahan tersebut terjadi pada perubahan kenaikan suhu baik maksimum dan rata-rata, adanya penurunan curah hujan dan peningkatan evapotranspirasi. Selanjutnya perubahan tersebut juga berdampak pada penurunan debit sungai cidanau. Estimasi debit minimum sungai cidanau berkisar antara 0,5 sampai 1 m³/s hingga tahun 2050.

Prediksi yang dilakukan terhadap curah hujan menggambarkan akan terjadinya penurunan curah hujan, peningkatan evapotranspirasi dan penurunan debit sungai. Perubahan yang terjadi cukup signifikan hingga tahun 2025 dan perubahannya akan relatif kecil untuk tahun-tahun berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air Edisi kedua. Bogor. IPB Press
- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Bogor. IPB Press
- Baba, A., S.Tsuyuki, Y.Suharnoto. 2000. Land Use Analysis of Cidanau, Indonesia, Using Satellite Remote Sensing Transactions of 51st Meeting of Japanese Forestry Society Kanto Branch, p71-74. 2000 (in Japanese)
- Burden, R.L. dan J.D. Faires. 1989. Numerical Analysis. Fourth Edition. PWS-KENT Publishing Company, Boston.
- Burghes, D.N. and M.S. Borrie. 1981. Modelling with Differential Equations. John Wiley & Sons. Pages:13-20.
- Darmawan, A., Tsuyuki, S. and Prasetyo, L.B. 2005a. Monitoring illegal cultivation extension in Rawa Danau Nature Reserve, Banten, Indonesia. Presentation at the 15th International Symposium of Japan Society of Tropical Ecology (JASTE)

- "Eco-human Interactions in Tropical Forests", Kyoto, 13-14 June, 2005.
- Darmawan, A., Tsuyuki, S. and Prasetyo, L.B. 2005b. Monitoring agricultural expansion in Rawa Danau Nature Reserve, Banten, Indonesia. Presentation at Symposium on Indonesian Environmental Monitoring (SIEM), Tokyo, August 20th, 2005.
- Goto A, Shimizu T, Somura H, Yoshida K, Kato T. 2000. Integrated watershed management plan in Cidanau watershed, West Java: A survey of water and mass balances. *Applied hydrology*, 13: 45-53.
- Gilbert, R.O., 1987. Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.
- IETC. 1999. Technology Needs for Lake Management in Indonesia: Case Study Lakes Rawa danau and Rawa Pening, Java. Technical Publication Series (9), UNEP International Environmental Technology Center, Osaka
- Kato, T., H.Soumura, Gardjito. 2001. GIS Analysis of the Nitrogen Pollutant Load and Water Quality in Cidanau Watershed. Proceeding of the First Seminar Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological production. Tokyo, February 21~23, 2001.
- Kato T. and Goto A. 2003. Studies on environmental changes and sustainable development: water quality forecast model of Cidanau watershed, Indonesia, for watershed management planning. Proc. 2nd seminar "Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation In Biological Production" 1-4.
- Kato, T., H.Somura, A.Goto. 2002. Water quality forecast model of Cidanau Watershed, Indonesia, for watershed management. *Rural and Environmental Engineering*, No.43, p.3-12.
- Kendall, M.G., 1975. Rank correlation methods, 4th ed. Charles Griffin, London.
- Onoz, B., M. Bayazit. 2003. Thee Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 27 (2003) , 247-251.
- Prasetyo, L.B., S.Tsuyuki, A.Baba. 2001. Dynamic Changes of Land Use in Cidanau Watershed. Proceeding of Workshop on Cidanau. Watershed. Serang, 9~10 August 2001.
- Pereira, L.S, R.G Allen. 2005. Irrigation and Drainage. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, Volume I Land and Water Engineering. ASAE.
- Setiawan, B.I., S.Suprayogi, E.Suhartanto, M.Ishikawa, Y.Sato. 2003. Drafting a Master Plan for Soil and Water Conservation in Cidanau Watershed. Proceeding of the 2nd Seminar on toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production. Tokyo, February 15-16, 2003.
- Setiawan, B.I., T.Fukuda, Y.Nakano. 2003. Developing procedures for optimization of Tank Model's Parameters. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript LW 01 006.
- Setiawan, B.I., S. Shiozawa, Y. Sato. 2008. Environmental Changes and Sustainable Development in Cidanau Watershed, Banten Province, Indonesia. *JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences*. Published by the Graduate School of IPB and IPB Press.
- Sheng, Y., P.Pilon. 2004. A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 49(1) February 2004
- Yoshikawa, N., Sho Shiozawa, Ardiansyah. 2008. Nitrogen budget and gaseous nitrogen loss in a tropical agricultural watershed, *Biogeochemistry*, 87:115
- Yoshikawa, N., S.Shiozawa. 2006. Estimating Variable Acreage of Cultivated Paddy Fields from Preceding Precipitation in a Tropical Watershed Utilizing Landsat TM/ETM, *Agricultural Water Management* 85 (2006) 296-304.
- Yoshino, K., Y.Ishioka. 2005. Guidelines for soil conservation towards integrated basin management for sustainable development: A new approach based on the assessment of soil loss risk using remote sensing and GIS. *Paddy Water Environ* (2005) 3: 235–247.
- Yoshino, K., M. Ishikawa, B.I. Setiawan. 2003. Socio-Economic Causes Of Recent Environmental Changes In Cidanau Watershed, West-Java, Indonesia: Effects Of Economic Crises In Southeast Asia In 1997-1998 On Regional Environment. *Rural and Environmental Engineering* (44):27-41.
- Tsuyuki, S., A.Baba. 2001. Detecting Land Use Change Using Remote Sensing in Indonesia. *International Symposium on Environmental Monitoring in East Asia-Remote Sensing and Forests*-p.59-66, 2001. ISSN1345-1553.