

PROYEKSI DEBIT ALIRAN PERMUKAAN DAS CITARUM BERBASIS LUARAN MODEL ATMOSFER

Sinta Berliana Sipayung dan Nani Cholianawati
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

email: s_berlianasipayung@yahoo.com
Diterima 7 Februari 2011; Disetujui 15 Juli 2011

ABSTRACT

Rainfall variability has an impact on the amount of water balance in each watershed (catchment) scale of space and time, so that rainfall variability has an important role to discharge runoff. As the main input is not only rainfall, but the level of land cover and soil physical properties with various concepts was an important input in maintaining the equilibrium amount of water in a watershed, resulting in an equilibrium water balance, and surface flow is considered as a likely output for the sector needs. The data used is the GCM model outputs *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL) in units of rainfall (mm) are reduced from global to local scale. Besides the rainfall data (mm) taken from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM, 3B43) satellite with a resolution of 0.25 degrees (equivalent to 27.5 km²), temperature (°C) from the *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) level with a resolution of 0.045 degrees (equivalent to 5 km²). Similarly, observational data of rainfall, surface temperature and flow rate (mm³/sec) from 2001 to 2009 are used to validate satellite data and atmospheric models. The correlation between rainfall observations, satellite and atmospheric model outputs are 0.76 and 0.65, respectively. By using the method of *Hydrological Simulation Model* (HYSIM) can be determined projections of future surface flow atmospheric model based on the DAS Citarum, West Java. Based on the flow rates calculation and observations from 2001 to 2009, have suitability with correlation coefficient of 0.8. The results of calibration flow rate projections from 2011 to 2019 is following the pattern of previous years with a correlation of 0.6. Flow rate is affected by rainfall in the region. Based on the rainfall projections, it is known that rainfall increases with increasing rainfall, the availability of water even more, so that the flow at the surface of the Citarum river basin is expected to increase.

Keywords: *DAS Citarum, HYSIM, Climate, Satellite, and Atmospheric model*

ABSTRAK

Variabilitas curah hujan merupakan penyebab utama dalam jumlah keseimbangan air di setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam skala ruang dan waktu, sehingga variabilitas curah hujan memiliki

peranan penting terhadap debit aliran permukaan. Tidak hanya curah hujan sebagai *input* utama, tingkat penutupan lahan dan sifat fisik tanah dengan berbagai konsep pun merupakan *input* penting dalam menjaga kesetimbangan jumlah air dalam suatu DAS, sehingga menghasilkan satu kesetimbangan neraca air, dan debit aliran permukaan dianggap sebagai keluaran yang berpeluang untuk kebutuhan sektor. Data yang digunakan adalah luaran model GCM *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL) curah hujan dalam satuan (mm) yang direduksi dari skala global menjadi lokal. Selain itu data curah hujan (mm) satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM, 3B43) dengan resolusi 0,25 derajat (setara dengan 27,5 km²), suhu (°C) dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) level dengan resolusi 0,045 derajat (setara dengan 5 km²). Begitu pula data observasi curah hujan, suhu dan debit aliran permukaan (mm³/det) dari tahun 2001 hingga 2009 yang digunakan untuk validasi data satelit dan model atmosfer. Korelasi antara curah hujan observasi dengan satelit dan luaran model atmosfer masing-masing sebesar 0,76 dan 0,65. Dengan menggunakan metode *Hydrological Simulation Model* (HYSIM) dapat diketahui proyeksi debit aliran permukaan dimasa mendatang berbasis model atmosfer di DAS Citarum, Jawa Barat. Berdasarkan debit aliran perhitungan dan observasi dari tahun 2001 hingga 2009, ternyata memiliki kesesuaian yang sangat mirip dengan koefisien korelasi 0,8. Setelah dikalibrasi proyeksi debit aliran tahun 2011 hingga 2019 adalah mengikuti pola tahun-tahun sebelumnya dengan korelasi 0,6. Debit aliran dipengaruhi dengan curah hujan di wilayahnya. Berdasarkan curah hujan proyeksi, diketahui bahwa curah hujan meningkat seiring dengan meningkatnya curah hujan, maka ketersediaan air pun lebih banyak, sehingga debit aliran permukaan di DAS Citarum diperkirakan cenderung meningkat.

Kata kunci: *DAS Citarum, HYSIM, Iklim, Satelit, Model atmosfer*

1 PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui bahwa telah terjadi perubahan iklim global dengan indikator utamanya kenaikan suhu permukaan baik yang di laut ataupun di darat dengan laju kecepatan rata-rata 0,74°C terhitung sejak tahun 1860 hingga 2000 yang diduga kuat hal ini terkait erat dengan perilaku aktivitas manusia (IPCC, 2007). Berbagai macam dampak perubahan iklim yang terjadi telah nampak dihadapan kita seperti peningkatan permukaan air laut, bencana krisis kemanusiaan, bencana banjir ketika musim penghujan dan kekeringan dikala musim kemarau, krisis air bersih, meluasnya berbagai penyakit,

rusaknya keanekaragaman hayati, dan mencairnya es di kutub. Perubahan iklim diperkirakan akan mempengaruhi siklus hidrologi dalam beberapa dekade mendatang. Dalam jangka panjang perubahan sumber daya air diduga akan tergantung pada curah hujan dan evapotranspirasi.

Begitu pula di Indonesia, pola iklim sudah berubah seperti yang telah dilakukan Qodrita dkk (2006) yang menunjukkan adanya *trend* peningkatan berbagai parameter iklim, khususnya curah hujan dan suhu udara permukaan selama 100 tahun pengamatan terhitung sejak tahun 1900 hingga 2000 yang diwakili oleh beberapa kota besar di Indonesia. Disisi lain, kita lihat bahwa suhu perkotaan kian hari kian menaik, sementara aktivitas banjir pasang (*rob*) akibat dari pemanasan global telah memberi dampak pada kondisi cuaca/iklim ekstrim regional dan lokal di beberapa wilayah Indonesia seperti yang terjadi di sepanjang Pantai Utara (Pantura) Pulau Jawa. Naiknya frekuensi cuaca/iklim ekstrem telah meningkatkan bencana alam yang meluas mulai dari kekeringan, banjir, tanah longsor dan meningkatnya aktivitas badai/puting beliung. Hidayati (1990) menemukan adanya peningkatan suhu udara sebesar $0,3^{\circ}\text{C}$ sejak tahun 1990 terutama pada siang hari. Sementara skenario perubahan iklim diperkirakan akan terus meningkat antara $1,3^{\circ}\text{C}$ hingga $4,6^{\circ}\text{C}$ hingga tahun 2100 dengan trend antara $0,1^{\circ}\text{C}$ hingga $0,4^{\circ}\text{C}$ per tahun (WWF, Indonesia dan IPCC, 1999). Pada tahun 1998 suhu mencapai 1°C di atas suhu rata-rata tahun 1961 hingga 1990 (Hulme and Sheard, 1999).

Perubahan iklim yang diindikasikan dengan adanya kenaikan suhu global, peningkatan muka laut dan perubahan pola hujan diduga akan berdampak pada berbagai sektor, diantaranya pada sumber daya air seperti berkurangnya kuantitas dan kualitas air. Perubahan iklim akan berdampak terhadap keberadaan tata-guna air di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS), terutama pada pasokan air meteorologis, hidrologi dan lahan. Dari aspek hidrologi, perubahan tataguna lahan akan berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan, sehingga akan mempengaruhi sistem tata air pada setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) seperti yang terjadi di DAS Citarum yang ternyata sangat rentan terhadap variabilitas (perubahan) iklim, khususnya perubahan curah hujan ditinjau berdasarkan hasil analisis data neraca air dengan menggunakan model GCM ECHAM (Boer dan Fakih, 2003 dan Boer et al, 2006).

Secara klimatologis, pola iklim Indonesia terdiri dari tiga pola iklim yaitu, pola muson, equatorial dan lokal. Namun, perilaku iklim khususnya curah hujan di kawasan Indonesia sangat berbeda di suatu daerah dengan daerah lainnya. salah satu yang mempengaruhi

keragaman pola hujan di Indonesia adalah fenomena El-Niño and Southern Oscillation (ENSO), yang terjadi akibat adanya gangguan Sirkulasi Walker (Walker Circulation) di Lautan Pasifik (Haylock dkk, 2001; Aldrian dkk, 2003; Hendon, 2003);).

Variabilitas dan perubahan iklim secara langsung akan mempengaruhi tata air termasuk debit air khususnya di DAS, sedangkan perubahan tata-guna lahan dari aspek hidrologi, berpengaruh terhadap sistem tata guna air dan krisis air bersih akibat dari musim kemarau yang berkepanjangan. Perubahan penutupan lahan (*land cover*) di DAS memberikan pengaruh cukup dominan terhadap debit banjir. Rangkaian fenomena ini sering terjadi pada setiap DAS, khususnya di bagian hulu serta daerah hilir akibat meningkatnya jumlah penduduk.

Berdasarkan tingkat curah hujan, tata guna lahan dan topografi dapat diketahui apakah kondisi wilayah tersebut sangat rentan terhadap kekeringan atau justru mudah mengalami penggenangan. Secara spasial (ruang) terdapat unsur-unsur terkait yang merupakan respon dari hujan pada suatu zona topografi, seperti aliran permukaan, erosi tanah, penumpukan sedimen yang semuanya sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang ada dalam suatu kawasan tertentu.

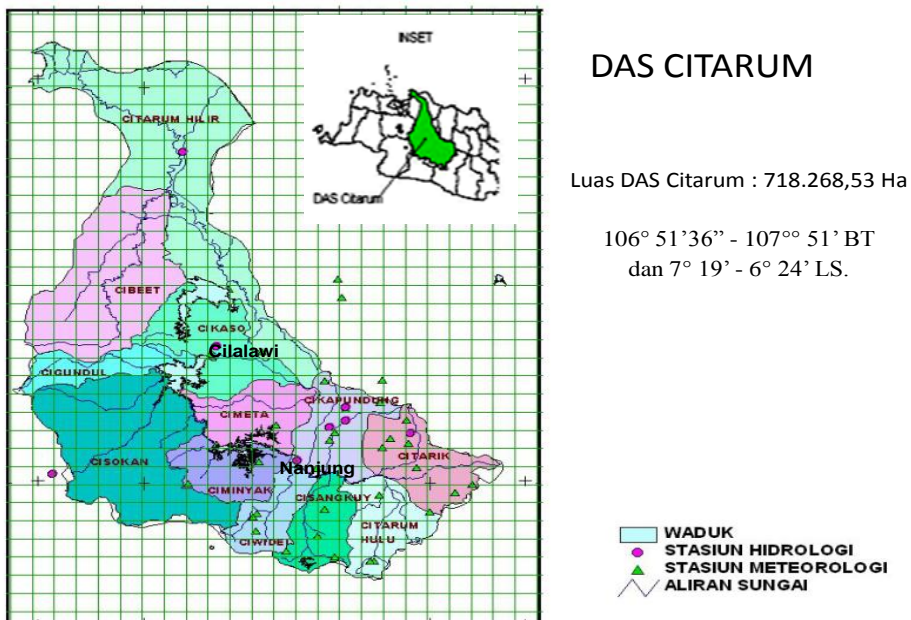
Perubahan dari penggunaan lahan mempengaruhi kondisi hidrologi dan iklim mikro suatu wilayah akan mengubah kondisi neraca airnya. Kajian ini dikembangkan untuk menentukan daerah-daerah yang dapat diprioritaskan penanganannya dalam rangka perbaikan DAS, serta untuk menguji dampak hidrologis dari suatu kebijakan tata ruang. Perubahan iklim juga ditunjukkan oleh semakin tidak seimbangnya jumlah air di musim kemarau dan musim hujan, sehingga masyarakat mengalami kekurangan air di musim kemarau dan kebanjiran di musim hujan.

Pada kesempatan ini sebagai studi kasus adalah DAS Citarum yang terletak di Jawa Barat pada posisi geografis $106^{\circ} 51'36''$ - $107^{\circ} 51'$ BT dan $7^{\circ} 19'$ - $6^{\circ} 24'$ LS dengan luas DAS Citarum sebesar 718.268,53 ha. Atas dasar itulah, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk mengetahui proyeksi debit aliran permukaan DAS Citarum berbasis hasil luaran model atmosfer. Penelitian yang dilakukan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan (1995) menyimpulkan bahwa telah terjadi sedimentasi di alur Sungai Citarum dari Desa Citepus sampai dengan Baktisari sepanjang 4,5 km setinggi rata-rata 8,5 cm setiap tahun. Selain banjir dan sedimentasi, perubahan penggunaan lahan juga dapat menyebabkan bertambah kecilnya debit aliran sehingga mengganggu distribusi aliran air pada daerah aliran sungai.

2 DATA DAN METODE

2.1 Data

Data yang digunakan adalah data dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) luaran model GCM *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL/US Dept. of Commerce/NOAA), *special report on emission scenario* (SRES A2) dengan resolusi $3,75^{\circ} \times 2,25^{\circ}$ (40 X 48) yang didownload dari <http://www-pcmd.lln.gov/ipcc/> meliputi parameter (variabel) *precipitable water* (prw) dan *surface temperature* (tas) bulanan dari tahun 2001 hingga 2019 dengan format data Net CDF. Di samping itu data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) format 3B43 dengan resolusi 0,25 derajat (setara dengan 27,5 km) berupa data curah hujan (mm) dan *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* level 2 (MODIS) resolusi 0,045 derajat (setara dengan 5 km) berupa suhu ($^{\circ}\text{C}$) bulanan dari tahun 2001 hingga 2009. Sedangkan data observasi yang terdiri dari curah hujan, suhu, evaporasi, debit aliran dari PT Indonesia Power, PJT II Jatiluhur dan data RBI (Rupa Bumi Indonesia) dari Bakosurtanal khusus DAS Citarum (Gambar 2-1).



Gambar 2-1: Daerah kajian DAS Citarum, Jawa Barat

2.2 Metode Analisis

Untuk mereduksi luaran model atmosfer dari resolusi rendah menjadi resolusi tinggi digunakan teknik *downscaling* wilayah DAS

Citarum. Dalam proses *downscaling* sebagai prediktor (iklim skala besar) dan prediktan (iklim regional dan lokal) adalah data model atmosfer dan data satelit, setelah data satelit tersebut divalidasi dengan data observasi. Data luaran GCM dikonversi dari format NetCDF ke ASCII yang kemudian dilakukan transformasi satuan untuk parameter *precitable water* (prw/kg m⁻²) ke dalam satuan mm. Data GCM tersebut, kemudian di “*extract*” menjadi wilayah Indonesia (90,00° BT – 149,06° BT dan 9,76° LU – 15,34° LS) termasuk wilayah DAS Citarum (106° 51’36” - 107° 51’ BT dan 7° 19’ - 6° 24’ LS), dengan menggunakan metode *Principle Component Regression* (PCR) atau model Regresi Komponen Utama seperti terlihat di Tabel 2-1, sehingga model GCM *downscaling* terbentuk menjadi beberapa komponen di DAS Citarum. Metode *Principle Component Regression* dapat diuraikan seperti di bawah ini. Model Regresi Komponen Utama adalah:

$$y = f(Z) = b_0 + b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + \dots + b_k Z_k \tag{2-1}$$

Keterangan:

y = peubah iklim lokal (curah hujan)

Z = skor komponen utama

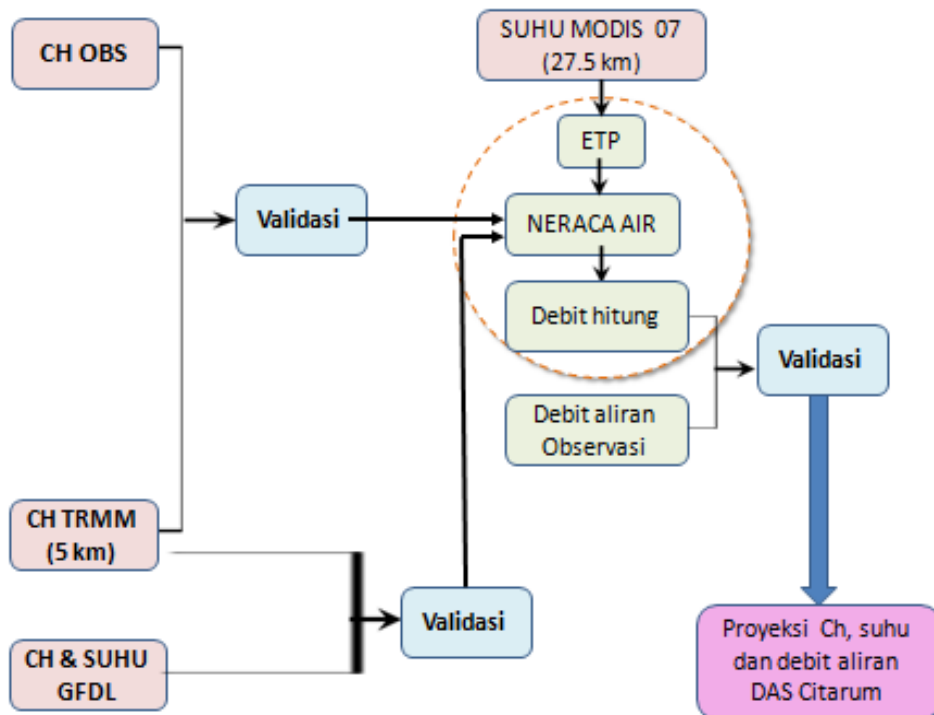
b₀, b₁, b₂ dan b_k = basis fungsi dari 1 hingga k

Tabel 2-1: MODEL GCM *DOWNSCALING*

Waktu	Curah Hujan	Luaran GCM			
	Y	X ₁	.....	X ₂	X _p
1	Y ₁	X ₁₁	.....	X ₂₁	X _{p1}
2	Y ₂	X ₁₂	.....	X ₂₂	X _{p2}
3	Y ₃		X(txp)		X _{p3}
:	:				:
:	:			:
t	Y _t	X _t	.....	X _{2t}	X _{pt}

Estimasi Evapotranspirasi potensial dapat diturunkan dari curah hujan dan suhu satelit TRMM dan MODIS dengan menggunakan

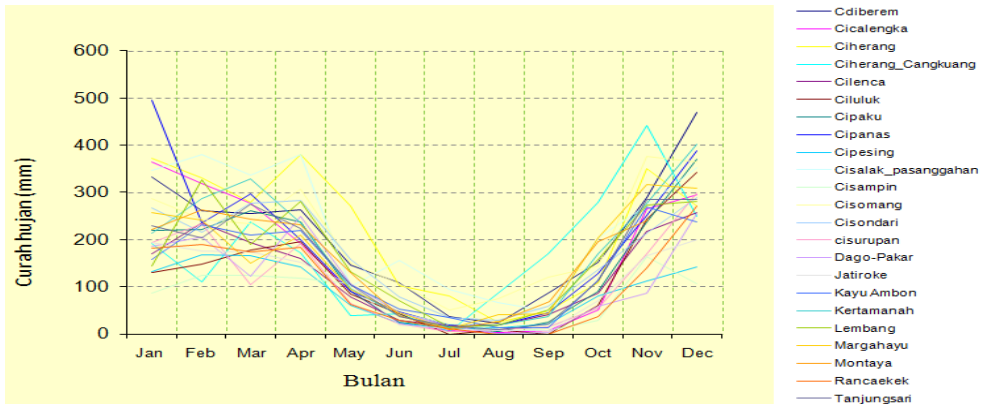
metode Thornwhaite and Mather (1957). Diagram alur penelitian dan berbagai konsep untuk menghitung neraca air dan estimasi debit aliran digunakan metode *Hydrological Simulation Model* (HYSIM) kemudian dibandingkan dengan debit aliran observasi (Gambar 2-2). Dengan demikian, maka proyeksi debit aliran permukaan DAS Citarum berbasis model atmosfer dapat diketahui setelah divalidasi dengan debit aliran observasi dari tahun 2001 hingga 2009.



Gambar 2-2: Diagram alir curah hujan (*input*) dan proyeksi debit aliran (*output*) di lokasi DAS Citarum

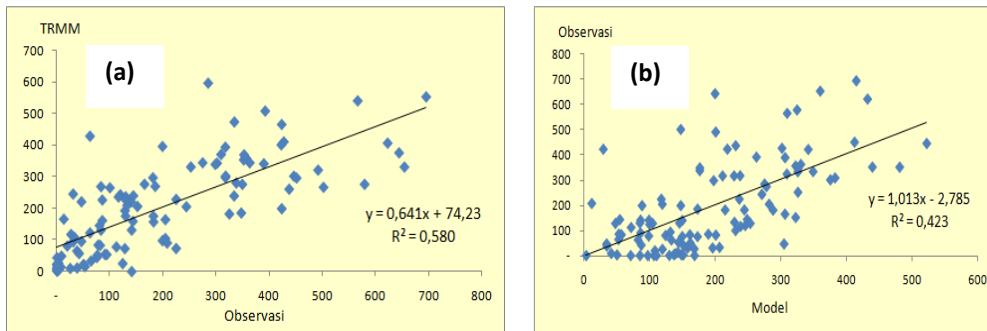
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola curah hujan rata-rata observasi wilayah DAS Citarum dari tahun 2001 hingga 2009, secara temporal memiliki pola monsun yang curah hujannya tinggi pada bulan Nopember, Desember, Januari, Februari dan Maret, namun pada bulan April akhir hingga September memiliki curah hujan rendah (di bawah 200 mm/bulan) ketika massa udara di lapisan atas bergerak dari Belahan Bumi Selatan (BBS) ke Belahan Bumi Utara (BBU), seperti pada Gambar 3-1.

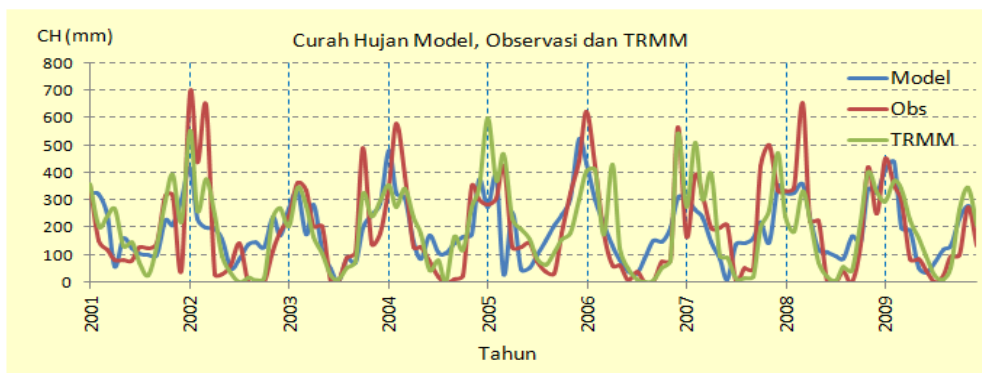


Gambar 3-1: Pola curah hujan DAS Citarum

Dengan menggunakan data curah hujan dari satelit TRMM dan curah hujan observasi diperoleh koefisien korelasi sebesar 0,76 (Gambar 3-2a), sementara koefisien korelasi observasi dengan luaran model GCM sebesar 0,65 (Gambar 3-2b). Pola curah hujan bulanan mempunyai fluktuasi hampir sama antara observasi, satelit dan luaran model atmosfer hanya saja besarnya yang berbeda-beda (Gambar 3-3).

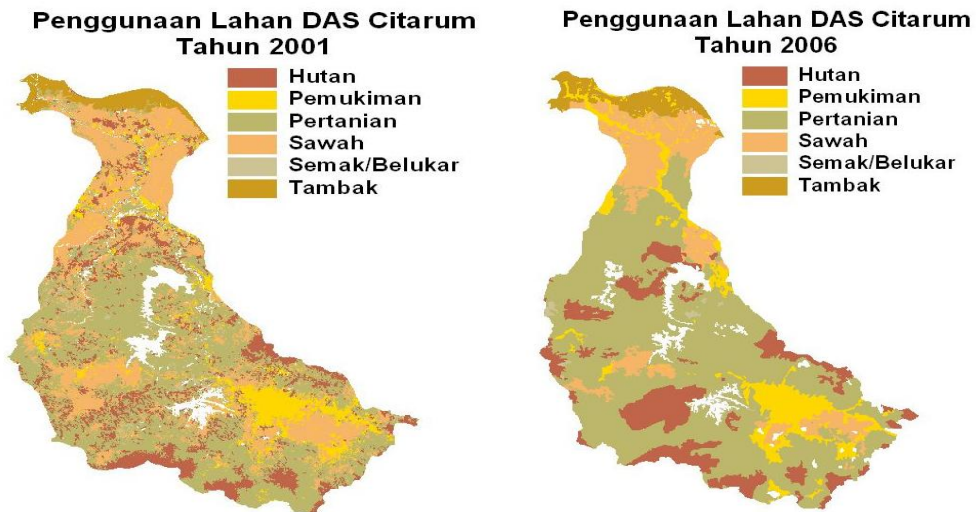


Gambar 3-2: Validasi curah hujan observasi dengan satelit TRMM (a) dan Luaran model GFDL dengan observasi (b)



Gambar 3-3: Variabilitas curah hujan observasi, TRMM dan luaran model GFDL (2001-2009)

Pada Gambar 3-4 terdapat perubahan penggunaan lahan DAS Citarum dengan menggunakan peta dasar dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2001 dan tahun 2006. Dengan menggunakan perangkat lunak **ArcView GIS** (geographic information system) yaitu metode **overlay**, terdapat 6 (enam) unit perubahan penggunaan lahan sesuai dengan pengelompokan (klassifikasi), seperti pada Tabel 3-1.



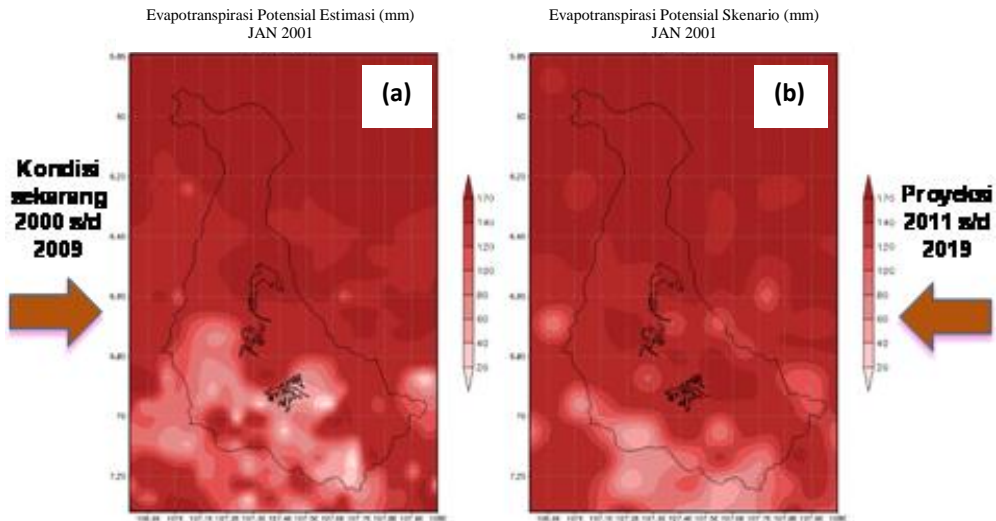
Gambar 3-4: Perubahan penggunaan lahan DAS Citarum tahun 2001 dan tahun 2006

Hal yang menarik adalah perubahan persentase penggunaan lahan dari kondisi dua tahun data menunjukkan adanya perubahan dari tahun 2001 ke tahun 2006. Perubahan terjadi pada penambahan area pemukiman sebesar 30,2%, hutan 2,6%, pertanian 29,2% dan tambak 21,1% sedangkan sawah dan semak/belukar terjadi penurunan penggunaan sebesar 51% dan 33,3%.

Tabel 3-1: PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN

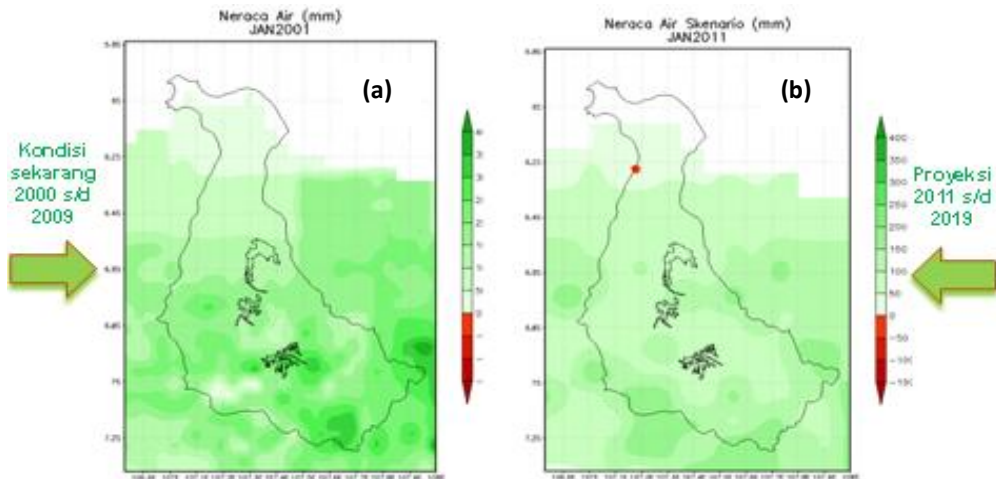
Penggunaan Lahan	2001 (Tahun)	2006 (Tahun)	Persen (%)	Perubahan (ha)
Hutan	0,080	0,078	2,6	bertambah
Pemukiman	0,056	0,043	30,2	bertambah
Pertanian	0,332	0,257	29,2	bertambah
Sawah	0,075	0,153	-51,0	berkurang
Semak/Belukar	0,004	0,006	-33,3	berkurang
Tambak	0,023	0,019	21,1	bertambah

Evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan DAS Citarum hulu mempunyai nilai lebih rendah dengan nilai antara 20 sampai dengan 80 jika dibandingkan dengan Citarum Tengah dan Citarum Hilir (Gambar 3-5).



Gambar 3-5:Perubahan Evapotranspirasi (a) kondisi 2000 hingga 2009 dan (b) proyeksi 2010 hingga 2019

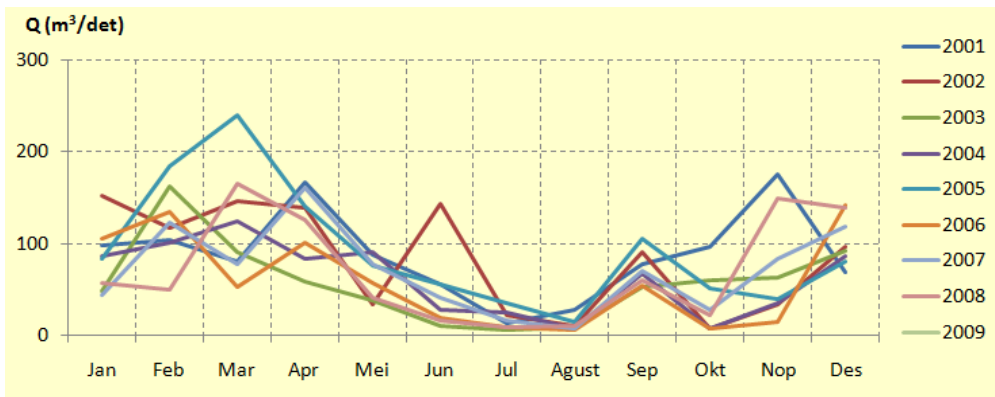
Dengan meningkatnya suhu global sebesar 1°C telah terjadi perubahan pada variabel iklim yaitu curah hujan dan evapotranspirasi potensial di Pulau Jawa (Heru, 2006). Evapotranspirasi potensial setiap bulan bervariasi, perubahan rata-rata curah hujan, rata-rata kelembaban tiap bulan dan rata-rata limpasan tiap bulan telah diungkap oleh Ruminta dkk (2006).



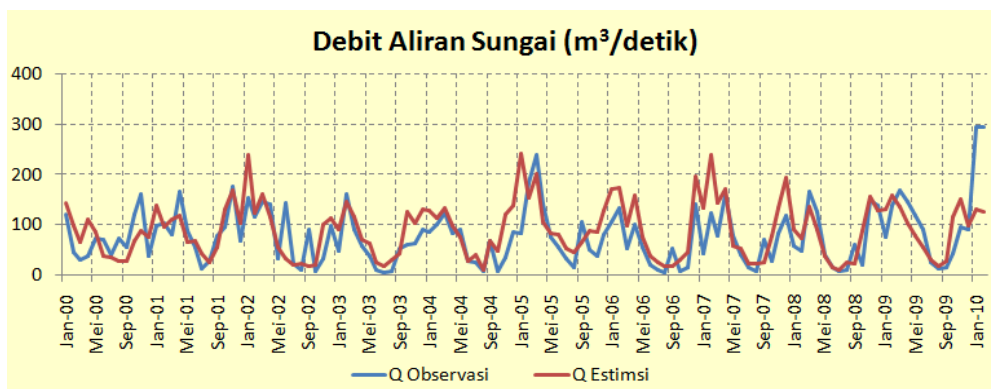
Gambar 3-6:Ketersediaan air DAS Citarum (a) kondisi 2000 hingga 2009 dan (b) proyeksi 2010 hingga 2019

DAS Citarum bagian hulu mempunyai kondisi surplus pada bulan November hingga Maret setiap bulannya dan defisit pada bulan April hingga Oktober sesuai dengan kondisi iklim di wilayah tersebut.

Begitu pula pada neraca air DAS Citarum untuk mengetahui nilai ketersediaan air melalui surplus dan defisit seperti pada Gambar 3-6, bahwa ketersediaan air relatif lebih besar pada bulan Januari khususnya di DAS Citarum hulu dan tengah dibandingkan pada bulan Juli. Pada umumnya surplus air yang terjadi di bulan Januari berkisar antara 200 hingga 300 mm, sehingga hampir seluruh curah hujan menjadi surplus. Sedangkan pada bulan Juli tidak terjadi surplus, melainkan defisit air akibat kenaikan evapotranspirasi dan curah hujan yang sangat kecil sehingga habis ter-evapotranspirasi-kan. Pada Gambar 3-7, terdapat debit aliran rata-rata observasi DAS Citarum dari tahun 2001 hingga 2009, debit aliran maksimum terjadi pada bulan Februari dan Maret kemudian pada bulan April dan Desember, sedangkan debit minimum terjadi pada bulan Juli dan Agustus setiap tahunnya.



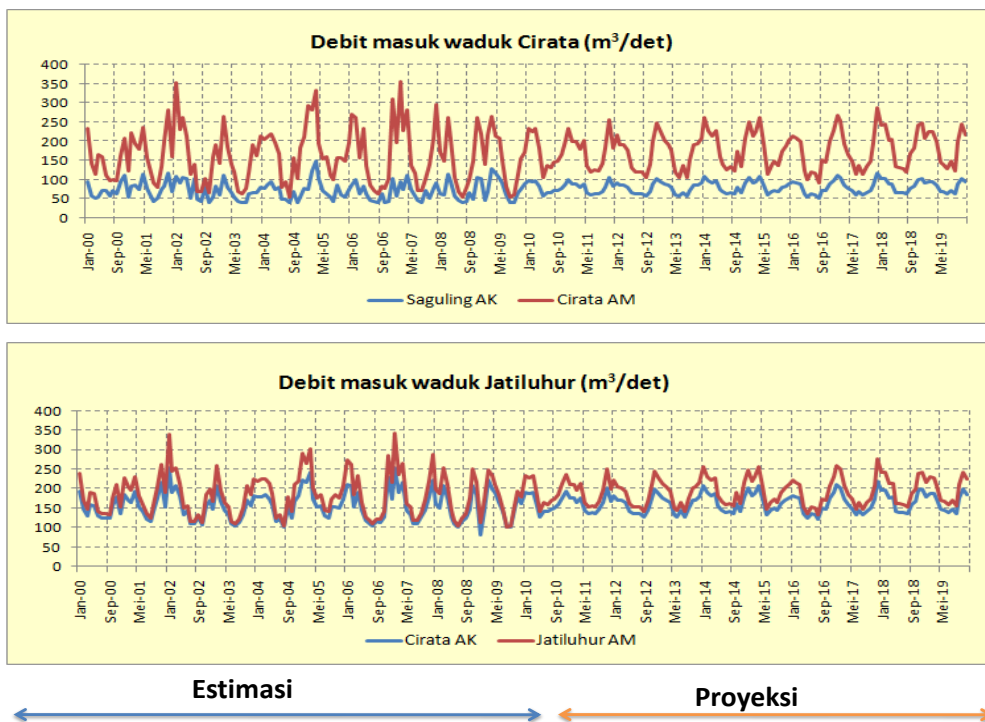
Gambar 3-7: Debit maksimum dan minimum DAS Citarum



Gambar 3-8: Perbandingan debit observasi dan debit estimasi

Korelasi debit sungai observasi dengan debit estimasi yang diwakili Nanjung menunjukkan 0,8 seperti pada Gambar 3-8. Proyeksi debit aliran berbasis model atmofer untuk setiap sungai yang ada di

DAS Citarum, yaitu air yang keluar dari Waduk Saguling dan masuk ke Waduk Cirata. Begitu pula yang keluar dari Waduk Cirata dan air yang masuk ke Waduk Jatiluhur seperti pada Gambar 3-10. Debit aliran dipengaruhi sesuai dengan curah hujan di wilayahnya. Berdasarkan curah hujan proyeksi dari tahun 2011 hingga 2019 terjadi peningkatan curah hujan, maka ketersediaan airpun lebih banyak sehingga debit aliran cenderung meningkat.



Gambar 3-10:Proyeksi debit aliran yang masuk (AK) dan keluar (AM) waduk Cirata dan Jatiluhur

4 KESIMPULAN

Berbasis data satelit TRMM resolusi 0,25 derajat atau setara dengan 27,5 km² dan satelit MODIS level 2 dengan resolusi 0,045 derajat atau setara dengan 5 km² dapat diketahui ketersediaan air DAS Citarum melalui kondisi surplus dan defisit, yakni pada bulan Januari berkisar antara 200 hingga 300 mm. Sementara bulan Juli tidak ada mengalami surplus. Sementara defisit air semakin besar akibat kenaikan evapotranspirasi atau curah hujan yang sangat kecil, sehingga habis dievapotranspirasikan. Pola curah hujan DAS Citarum dari data observasi maupun satelit memiliki pola Monsunal. Berdasarkan hubungan antara debit aliran perhitungan dan observasi

yang diwakili Cilalawi dan Nanjung, koefisien korelasinya secara umum menunjukkan 0,8. Debit aliran perhitungan dan observasi dari tahun 2001 hingga 2009, memiliki kesesuaian. Setelah dikalibrasi debit estimasi dengan debit observasi maka proyeksi debit aliran tahun 2011 hingga 2019 mengikuti kesesuaian dengan tahun-tahun sebelumnya dengan koefisien korelasi 0,6. Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa proyeksi curah hujan semakin meningkat, dengan meningkatnya curah hujan maka ketersediaan airpun lebih banyak sehingga debit aliran permukaan cenderung meningkat.

Berbasis hasil analisis luaran model atmosfer, maka diperkirakan akan terjadi peningkatan debit aliran permukaan DAS Citarum terhitung sejak 2011 hingga 2019, khususnya selama bulan-bulan basah (DJF). Belum terlihat akan terjadinya perubahan pola hujan yang signifikan. Dengan perkataan lain, pola muson nampaknya masih mendominasi di DAS ini. Hal ini ditunjukkan dari nilai koefisien korelasi antara perhitungan dan observasi sebesar 0,8. Perlu kajian lebih lanjut, mengingat DAS Citarum hanya mewakili kondisi lokal setempat.

DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian, E, Susanto RD., 2003. *Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia And Their Relationship To Sea Surface Temperature*. Int. J. Climatology 23: 1435–1452.
- Boer, R., Delon, Martinus., A, Fakhri., Perdinan., and Bambang, D. Dasanto, 2003. *Assessing Impact of Land Use and Climate Changes on River Flow of Upper Citarum Watershed, An Integrated Assessment of Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability in Watershed Areas and Communities in Southeast Asia (AIACC AS21)*.
- Boer, R. and A. Faqih, 2003. *Current and Future Rainfall Variability in Indonesia*. An Integrated Assessment of Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability in Watershed Areas and Communities in Southeast Asia (AIACC AS21).
- Boer, R., Bambang, Dwi, Dasanto., Perdinan., and Delon, Marthinus, 2006. *Hydrology Balance of Citarum Watersheds under Current and Future Climate*.
- Haylock, M, McBride, JL., 2001. *Spatial Coherence and Predictability of Indonesian Wet Season Rainfall*. Journal of Climate 14: 3882–3887.
- Hendon, H., 2003. *Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO and Local Air–Sea Interaction*. J.Climate 16:1775-1790.

- Hidayati, Rini, 1990. *Kajian Iklim kota Jakarta, Perubahan dan Perbedaan dengan daerah Sekitarnya*. Thesis Program Studi Agroklimatologi. Institut Pertanian Bogor.
- Hulme, M and Sheard, N., 1999. *Climate Change Scenarios for Indonesia*. Climatic Research Unit, Norwich, U.K. 6pp. <<http://www.cru.uea.ac.uk>>.
- IPCC, 2007. *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press: Cambridge, Climate Change.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1995. *Penelitian Aliran Banjir Daerah Genangan Bandung Selatan*". Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan-Badan Penelitian dan Pengembangan Pengairan.
- Qodrita, L, dan S. Berliana S., 2006. *Perubahan Curah Hujan di Indonesia dengan Metoda Moving Average*. Proseding Seminar Perubahan Iklim dan Lingkungan, ISBN 978-979-8554-99-5, Bandung, 19 Nopember 2006.
- Ruminta, Bayong Tjasyono, Hanggoro, dan Indratmo Soekarno, 2006. *Persistensi dan Variabilitas Hidrometeorologi Daerah Aliran Sungai Citarum*. Jurnal Matematika dan Sains. VOL. 11 NO. 3.
- Santoso, Heru, 2006. *Adaptation to Recurrence Fires and their Risks Under the Influence of Climate Change and Climate Variability*. Tropical Forests and Climate Change Adaptation (TroFCCA), Global Fire Assessment Workshop, 26-28 April 2006.
- Thorntwaite, C.W. dan Mather, J.R., 1957. *Instruction and Table for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Ballance*. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. New Jersey, USA.
- WWF Indonesia dan IPCC, 1999. *Climate Change Impacts on the Management of Citarum Watershet*.