

Dampak Perubahan Iklim terhadap Ketersediaan Air di Catchment Area Waduk Jatigede Berbasis Estimasi Satelit dan Model

Sinta B. Sipayung, Bambang Siswanto dan Amalia Nurlatifah
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer – LAPAN
s_berlianasipayung@yahoo.com

ABSTRACT. *Climate change will affect the hydrologic cycle, thereby creating new challenges in water management. The study was conducted to examine the effects of climate change on the Catchment Area of Jatigede reservoir (West Java). This research aims to know the climate change impact on water availability from 1901 to 2015, based on CRU (Climate Research Unit) and CCAM (Conformal Cubic Atmosphere Model) with downscaling historical model data from 1949 to 2005 and RCP 4.5 from 2006 to 2069. Climate and hydrological variables for three periods (1949-1978, 1976-2005 and 2006-2035) were compared with the impact of water availability. To analyze the water availability condition in Catchment Area of Jatigede, the simulation of debit and water balance condition were done in Cimanuk River as the main support of water availability in Jatigede. Simulation of debit and water balance conditions were done with ArcSWAT model using climate data from CCAM, DEM SRTM 90 meter, soil type, and land use data. The results of the annual, five-year and thirty annual averages indicate (i) a decrease in rainfall of 0.137 mm/yr and an increase in temperature of 0.002 degrees Celsius per year (ii) river flows measurements and estimates - represented by two rivers Leuwi Daun- shows $r = 0.71$ and Leuwi Goong $r = 0.58$. Linear regression analysis reveals the expected future of Cimanuk River flow in Leuwi Daun and Leuwi Goong will decrease causing the decrease of water balance in Jatigede.*

Keywords : *climate change, satellite, RCP, bias, Jati Gede Reservoir*

ABSTRAK. Perubahan iklim akan mempengaruhi siklus hidrologi, oleh karena itu akan menciptakan tantangan dalam pengelolaan air. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh perubahan iklim di Catchment Area waduk Jatigede (Jawa Barat), terhadap ketersediaan air periode 1901-2015. Data yang digunakan adalah data reanalisis (campuran observasi dan satelit) berbasis estimasi data satelit CRU (Climate Research Unit) dengan skenario model CCAM (Conformal Cubic Atmosphere Model) dengan downscaling data model historis dari 1949-2005 dan skenario RCP (Representative Concentration Pathway 4.5 W/m²) dari tahun 2006-2069. Variabel iklim dan hidrologi untuk tiga periode (1949-1978, 1976-2005 dan 2006-2035) dibandingkan dengan dampaknya terhadap ketersediaan air. Untuk menganalisis lebih dalam mengenai kondisi ketersediaan air di Catchment Area waduk Jatigede, dilakukan analisis simulasi kondisi debit dan neraca air di Sungai Cimanuk dimana sungai ini merupakan sungai besar sebagai penyokong utama ketersediaan air di Waduk Jatigede. Simulasi kondisi debit dan neraca air dilakukan dengan model ArcSWAT menggunakan data masukan iklim dari CCAM, data DEM SRTM 90 meter, type tanah, dan data penggunaan lahan. Hasil dari rata-rata tahunan, lima tahunan dan tiga puluh tahunan mengindikasikan (i) terjadi penurunan curah hujan sebesar 0.137 mm/thn dan peningkatan temperatur sebesar 0.002 ° C per tahun. (ii) Perbandingan debit sungai dari pengukuran dan estimasi yang diwakili dua sungai Leuwi Daun menunjukkan $r=0,71$ dan Leuwi Goong $r=0,58$. Analisis regresi linier menunjukkan bahwa debit Sungai Cimanuk di Leuwi Daun dan Leuwi Goong akan menurun sehingga menyebabkan penurunan neraca air di Waduk Jatigede.

Kata kunci : perubahan iklim, satelit, RCP, bias, waduk Jati Gede

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dapat menyebabkan perubahan distribusi ketersediaan air dalam ruang dan waktu (Dey dkk., 2017). Hal ini juga dibuktikan di Sungai Jinghe, Tiongkok yang menyatakan bahwa 80% kondisi debit sungai akan dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang mengakibatkan perubahan penggunaan lahan dan variabilitas iklim yang mempengaruhi hidrologi daerah aliran sungai (DAS), kejadian tersebut terkait dengan ketersediaan sumber daya air pada masa lalu (1995-2014) dan masa depan (2015-2024), dengan menggabungkan dua model penggunaan lahan (model rantai Markov dan Dyna-CLUE) dengan model hidrologi (SWAT) (Chang dkk., 2016).

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling berharga dan penting untuk kehidupan. Air juga digunakan untuk konsumsi domestik, pertanian dan industri. Salah satu sumber air utama adalah hujan. Curah hujan termasuk fenomena meteorologi yang memiliki dampak terbesar pada aktivitas manusia seperti lingkungan yang kering dan banjir di suatu daerah. Terkait dengan curah hujan apabila turun dengan waktu yang panjang cenderung menyebabkan banjir dan apabila tidak turun hujan cenderung menyebabkan kekeringan. Informasi curah hujan sangat penting untuk memahami keseimbangan hidrologi pada skala global, regional maupun lokal dan pemahaman interaksi yang kompleks antara komponen dalam siklus hidrologi dan lingkungan (Adler dkk., 2000).

Perubahan iklim adalah berubahnya pola maupun intensitas unsur iklim pada periode waktu tiga puluh tahun yang dibandingkan berdasarkan anomali curah hujan rata-rata terhadap rata-rata baseline (NRC, 2010). Karena adanya perubahan iklim, beberapa fenomena terjadi lebih sering misalnya fenomena El-Nino cenderung menyebabkan kekeringan terutama yang bertipe monsoon dan berpengaruh pada pola curah hujan (Davey dkk., 2011). Sebagai contoh belakangan ini sering terjadi cuaca ekstrem, berubahnya pola tanam dan meluasnya daerah rawan kekeringan dan kenaikan suhu permukaan laut. Penurunan intensitas curah hujan pada musim kemarau akan menyebabkan pasokan air berkurang dan mempengaruhi ketersediaan air. Secara geografis bahwa posisi Indonesia terletak diantara dua samudra (Pasifik dan Hindia) sehingga sangat rawan terhadap kejadian iklim ekstrim seperti kejadian banjir dan kekeringan (Logah dkk., 2013).

Karena hal tersebut, memahami variabilitas curah hujan sangat penting untuk mengelola secara optimal sumber daya air. Hal ini disebabkan ada banyak aspek pengelolaan sumber daya air termasuk alokasi air optimal, penilaian kualitas dan pelestarian, dan prediksi kebutuhan air di masa mendatang untuk strategi pemanfaatan air, perencanaan, dan pengambilan keputusan (Nyatuame dkk., 2014).

Pada tahun 2016 Waduk Jatigede mulai digunakan untuk mengairi areal pesawahan di daerah pantai utara (pantura), seperti Majalengka, Indramayu dan Cirebon, (Marina dkk., 2016).

Dalam DAS Cimanuk terdapat waduk Jatigede yang dialiri sungai Cimanuk di bagian bawah air sungainya dimanfaatkan untuk penyediaan tenaga listrik serta air irigasi persawahan di pantai utara Jawa Barat sehingga terdapat beberapa stasiun hidrologi dan meteorologi. Tujuan lainnya selain akan diperoleh Air Baku untuk dijual ke PDAM,

selanjutnya akan dapat menghasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan install capacity sekitar 110 MW, yang akan dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) (sumber). <http://sumedangonline.com>)

DAS Cimanuk merupakan salah satu penopang utama sumber daya air di Jawa Barat. Luas DAS Cimanuk sebesar 3.493 km² yang terbagi menjadi tiga bagian DAS, yaitu sub-DAS Cimanuk Hulu, sub-DAS Cimanuk Tengah dan sub-DAS Cimanuk Hilir. Cimanuk hulu memiliki luas 145,677 Ha berada di Kabupaten Garut dan Sumedang. Mata Airnya berasal dari Situ Cipanas. DAS Cimanuk Tengah memiliki luas 114, 477 Ha berada di Kabupaten Sumedang dan Majalengka. DAS Cimanuk Hilir memiliki luas 81,299 Ha berada di wilayah Indramayu (Dirjen PU, 2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah analisis statistik variasi curah hujan bulanan secara temporal dan spasial yang berdampak terhadap estimasi ketersediaan air (tools ArcSWAT) masa akan datang hasil satelit dan model CCAM (*Conformal Cubic Atmospheric Model*) di *Catchment Area* waduk Jatigede.

2. DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data

Data yang digunakan adalah).

1. Data Insitu

Data insitu berupa data pengukuran debit dan curah hujan didapat dari data stasiun pengukuran dibawah naungan Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat serta Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung. Data insitu yang digunakan dalam penelitian ini mencakup wilayah Leuwi Daun, Leuwi Goong, dan Pamegatan.

2. Data Satelit

Data curah hujan dari TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) digunakan sebagai pembandingan dan validasi data luaran model Data TRMM 3B43 yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dari tahun 1998-2014 merupakan dengan resolusi spasial 0,25° dan resolusi temporal bulanan. Namun resolusi temporal dan spasial tertinggi saat ini adalah TMPA (*TRMM Multisatellite Precipitation Analysis*) yang dihasilkan oleh NASA menggabungkan beberapa sensor satelit untuk mengestimasi hujan. (Huffmann, G.J. and D.T. Bolvin, 2011).

3. Data Masukan ArcSWAT

ArcSWAT merupakan model integrasi ArcGIS dan SWAT yang digunakan untuk analisis pemodelan hidrologi seperti debit dan neraca air (Neitsch dkk., 2011). Model ini memerlukan 3 jenis data masukan dalam mengestimasi kondisi neraca air dan debit di *Catchment Area* Waduk Jatigede. Data tersebut adalah data iklim, data penggunaan lahan, dan data topografi (SWAT, accessed on 22 June 2011).

a. Data Iklim (keluaran CCAM)

Data iklim yang digunakan sebagai masukan untuk model ArcSWAT adalah data

hasil keluaran model CCAM (Conformal Cubic Atmosphere Model). Nantinya, data ini akan dibagi menjadi 3 zona waktu yaitu data yang menggambarkan kondisi masa lalu (1970-2000), masa kini (2001-2020), dan masa mendatang (2021-2050).

b. Data Penggunaan Lahan

Data penggunaan lahan didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung dan merupakan data penggunaan lahan tahun 2012.

c. Data Topografi

Data DEM SRTM merupakan data topografi didapat dari CGIAR-CSI berupa data elevasi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dan dapat diakses di alamat URL <http://srtm.csi.cgiar.org/>. SRTM merupakan proyek internasional banyak badan geospasial di dunia yang dipimpin oleh US National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) dan NASA (Jarvis, dkk., 2009). Misi mereka adalah menyediakan database informasi topografi digital yang aktual dan komprehensif (CGIAR-CSI). Format data SRTM tersedia dalam bentuk GeoTiff dan Arc Info ASCII. Dalam penelitian kali ini dipilih format data GeoTiff karena data ini menyediakan format raster untuk selanjutnya dapat diolah di perangkat lunak ArcGis.

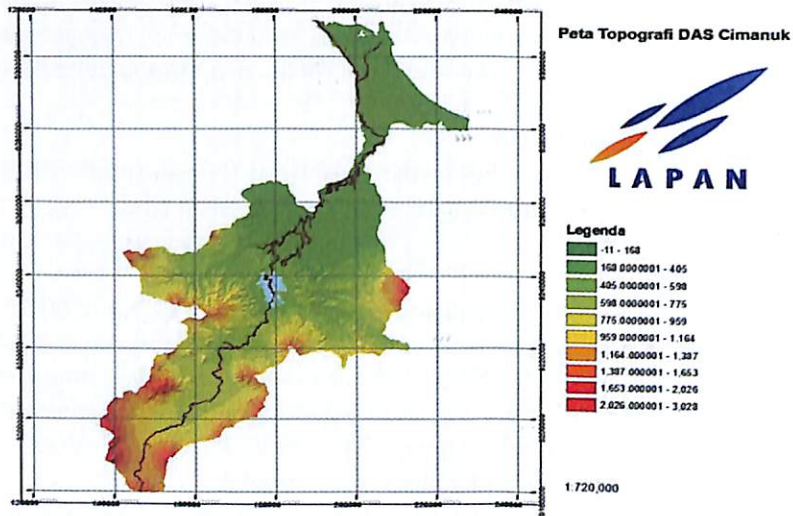
d. Data Type Tanah

Peta jenis tanah yang dijadikan masukan dalam model ArcSWAT merupakan peta jenis tanah tahun 2013 yang didapat dari BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) Cimanuk-Cisanggarung.

2.2 Metode

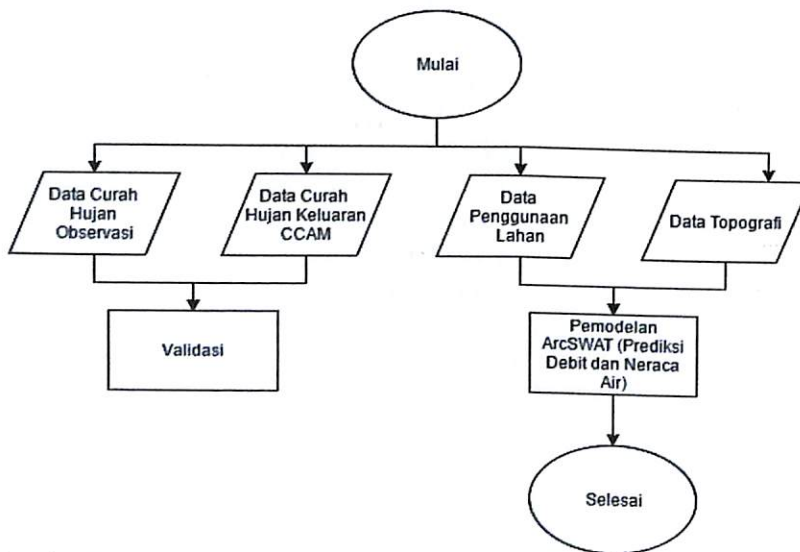
Metode penelitian dilakukan untuk menganalisis perubahan trend curah hujan dan temperatur di *Catchment Area* waduk Jatigede, untuk melihat perubahan iklim yang dianalisis berdasarkan data yang tersedia untuk periode 30-tahun dari 1949 hingga 2035. Selanjutnya menganalisis debit antara observasi dengan estimasi yang berdampak terhadap ketersediaan air. Dalam menganalisa kondisi ketersediaan air, metode yang dilakukan adalah dengan analisis kondisi debit dan neraca air di Sungai Cimanuk dimana sungai ini merupakan penyokong utama ketersediaan air di Waduk Jatigede dengan menggunakan tool ArcSWAT (*ArcGIS-Soil Water Assessment Tool*).

Terdapat 3 titik yang menjadi sampel simulasi kondisi debit dan neraca air di Sungai Cimanuk yaitu Cimanuk Hulu di daerah Pamegatan, Leuwi Daun, dan Leuwi Goong (Gambar 1). Disamping ketiga titik tersebut, dilakukan pula analisis kondisi neraca air di Waduk Jatigede.



Gambar 1. Peta Topografi DAS Cimanuk

Secara umum, metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut (Gambar 2).

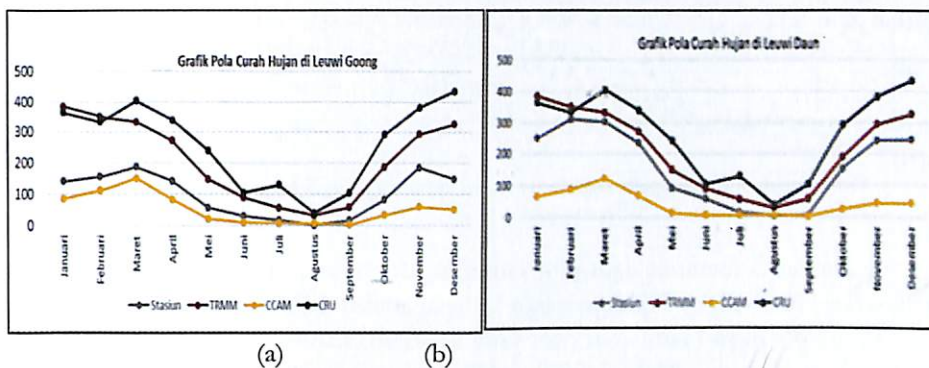


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik curah hujan terutama variabilitas dan trend yang diperlukan untuk analisis hidrologi terutama sebagai Gambaran kondisi pasokan air bersih, waduk, dan

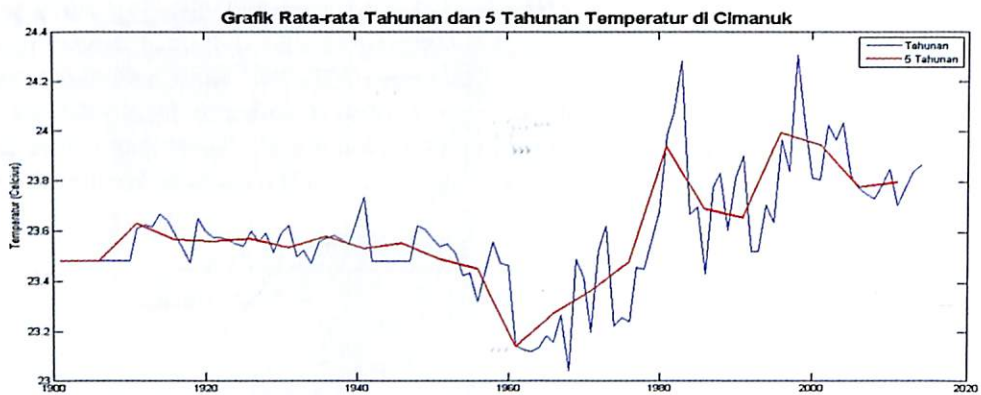
saluran air hujan. Berdasarkan analisis dari beberapa instrumen observasi curah hujan, diketahui pola curah hujan di Cimanuk cenderung bersifat musonal dengan puncak musim hujan terjadi di Bulan Desember hingga Februari. Sementara curah hujan cenderung minimum terjadi di Bulan Juni-Juli-Agustus (Gambar 3). Hasil validasi antara data stasiun, CRU dan model yang diwakili stasiun Leuwi Goon dan Leuwi Daun merupakan koefisien korelasi antara curah hujan menunjukkan koefisien korelasi (r) antara 0.5- 0.91.



Gambar 3. Pola curah hujan rata-rata di sekitar *Catchment Area* waduk Jatigede (a) di Leuwi Goong dan (b) di Leuwi Daun

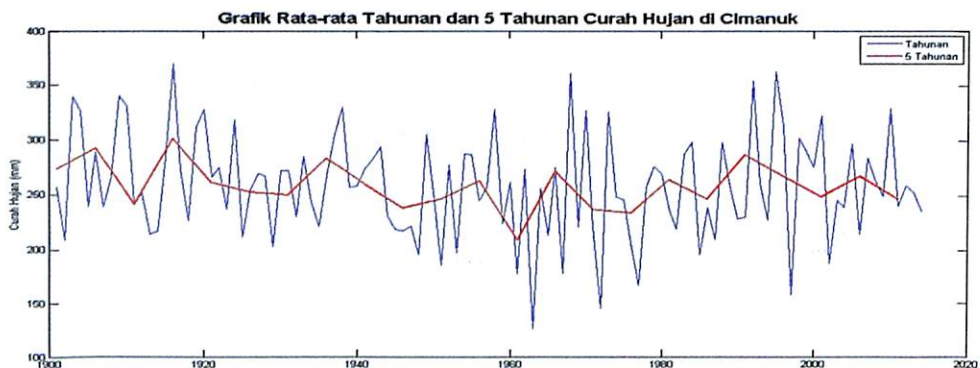
Untuk menganalisa pengaruh perubahan iklim terhadap variabilitas iklim di DAS Cimanuk khususnya terhadap variabel temperatur dan curah hujan, dilakukan plot rata-rata temperatur dan curah hujan 1 tahunan dan 5 tahunan berdasarkan data CRU seperti pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 4 terlihat bahwa baik rata-rata temperatur tahunan maupun 5 tahunan di Cimanuk menunjukkan trend yang meningkat. Meskipun sempat menurun pada sekitar tahun 1960-an, namun trend peningkatan temperature kembali terjadi dengan slope positif hingga tahun 2014. Hal ini sejalan dengan kondisi emisi CO₂ di udara yang semakin meningkat. Berdasarkan hasil plot Gambar ini dapat kita simpulkan bahwa terjadi peningkatan temperatur akibat terjadinya perubahan iklim. Seperti yang telah diketahui bersama bahwa pemanasan global adalah salah satu dampak dari perubahan iklim (IPCC, 2013). Salah satu penyebab dari terjadinya perubahan iklim ini adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di udara (Xu, 2011).

Perbedaan pada temperatur untuk rata-rata tahunan dan 5 tahunan memberikan Gambaran secara regresi linier terjadi peningkatan. Hal yang paling menarik adalah dari tahun 1960 hingga tahun 1980 terjadi peningkatan temperatur sangat signifikan, hal ini mengindikasikan telah terjadi perubahan iklim di DAS Cimanuk Hulu berbasis data CRU dan model CCAM.



Gambar 4. Grafik rata-rata temperatur tahunan dan 5 tahunan di Cimanuk

Gambar 5 menunjukkan plot curah hujan tahunan dan 5 tahunan di Cimanuk berdasarkan data CRU. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa rata-rata tahunan dan 5 tahunan memberikan Gambaran pola yang bervariasi namun secara regresi linier terjadi penurunan curah hujan. Hal ini dapat menjadi kesimpulan bahwa untuk kasus Cimanuk, perubahan iklim menyebabkan menurunnya curah hujan di daerah tersebut.



Gambar 5. Grafik rata-rata curah hujan tahunan dan 5 tahunan di Cimanuk

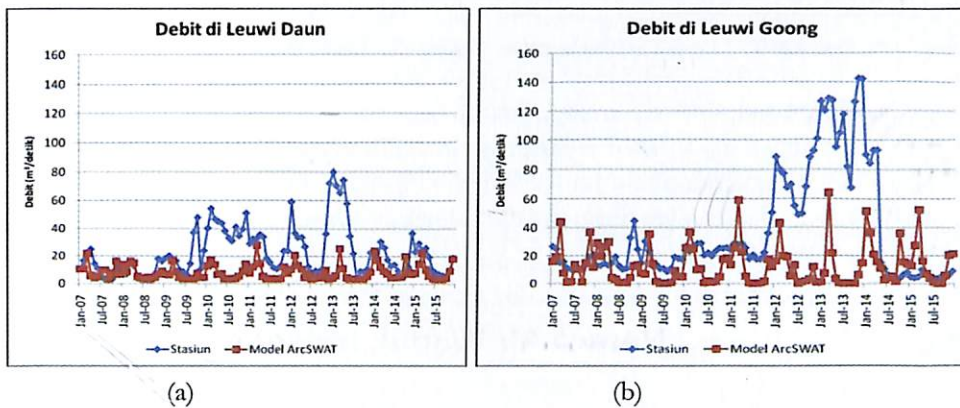
Berdasarkan grafik temperatur dan curah hujan selama beberapa dekade di Cimanuk yang ditampilkan di Gambar 4 dan Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi perubahan iklim di daerah Cimanuk yang menyebabkan meningkatnya trend temperatur dan menurunnya trend curah hujan (Sipayung dkk., 2016).

Untuk mengetahui pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air di Cimanuk, dilakukan analisis plot kondisi neraca air dan debit sungai Cimanuk pada beberapa dekade berdasarkan keluaran model ArcSWAT. Untuk model ini, data iklim masukan yang digunakan adalah data keluaran CCAM. Data CCAM ini mempunyai korelasi yang cukup baik bila dibandingkan dengan data TRMM maupun data observasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien korelasi curah hujan di Leuwi Daun dan Leuwi Goong

Leuwi Daun				Leuwi Goong			
TRMM- CCAM	TRMM- Stasiun	CCAM- Stasiun	CRU- Stasiun	TRMM- CCAM	TRMM- Stasiun	CCAM- Stasiun	CRU- Stasiun
0,58	0,91	0,71	0,71	0,63	0,74	0,58	0,64

Berdasarkan plot regresi linier debit di Leuwi Daun dan Leuwi Goong, didapatkan bahwa dalam kurun waktu 8 tahun (2007-2015) kondisi debit di Cimanuk cenderung tetap. Hal ini dapat dilihat di Gambar 6(a) dan 6(b).

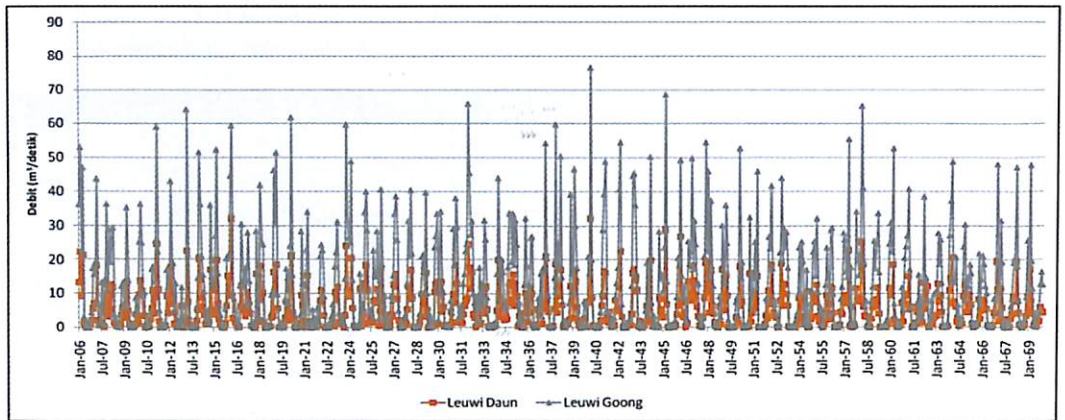


Gambar 6. Kondisi debit di (a) Leuwi Daun, dan (b) Leuwi Goong

Berdasarkan plot regresi linier pada Gambar 7, akibat perubahan iklim diperkirakan kondisi debit di Leuwi Daun dan Leuwi Goong diperkirakan akan menurun (Gambar 7). Namun demikian, penurunan ini diperkirakan tidak akan terlalu signifikan dalam kurun waktu 2007-2069. Penurunannya di Leuwi Goong perbulan diperkirakan hanya sekitar $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ atau sekitar 0,003 L. Sementara di Leuwi Daun berkisar $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ atau sekitar 0,001 L.

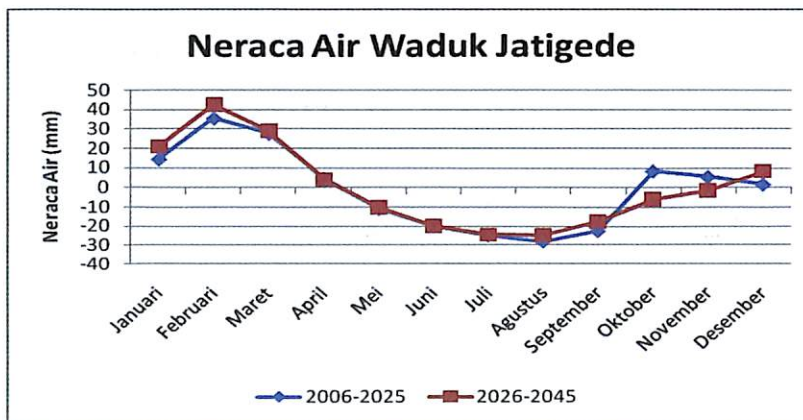
Perubahan debit sungai di *Catchment Area* DAS Cimanuk akan mempengaruhi kondisi neraca air di Waduk Jatigede. Hal ini disebabkan pasokan air di Waduk Jatigede sebagian besar adalah berasal dari Sungai Cimanuk Hulu.

Berdasarkan plot Arc SWAT diperkirakan akan terjadi pergeseran terhadap kondisi neraca air di Waduk Jatigede. Hal ini kemungkinan besar disebabkan perubahan iklim yang mempengaruhi kondisi curah hujan di Cimanuk dan mempengaruhi pula kondisi debit Sungai Cimanuk. Variabilitas iklim membawa perubahan yang berbeda pada hidrologi dan berpengaruh terhadap sumber daya air di suatu wilayah (Khoi and Suetsugi, 2014).



Gambar 7. Proyeksi debit di Leuwi Goong dan Leuwi Daun

Pada kondisi neraca air, diperkirakan pada kurun waktu Januari-Februari di tahun 2026-2045 diperkirakan akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2006-2025. Sementara pada kurun waktu Juni-September diperkirakan neraca air di Waduk Jatigede pada 2026-2045 akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2006-2025 seperti yang tercantum pada Gambar 8.



Gambar 8. Proyeksi kondisi neraca air di Waduk Jatigede

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa perubahan iklim di Cimanuk menyebabkan berubahnya kondisi hidrologi di *Catchment Area* DAS Cimanuk terutama di Waduk Jatigede. Perubahan iklim menyebabkan meningkatnya temperatur di daerah tangkapan DAS Cimanuk yang mengakibatkan cenderung menurunnya curah hujan. Penurunan curah hujan ini menjadi penyebab menurunnya debit di Sungai Cimanuk.

Penurunan debit ini menyebabkan menurunnya neraca air di Waduk Jatigede diperkirakan neraca air di Waduk Jatigede pada 2026-2045 akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2006-2025.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (LAPAN), atas dukungan dalam pelaksanaan kegiatan program tahun anggaran 2016.

DAFTAR RUJUKAN

- Adler R. F., G. J. Huffman, D. T. Bolvin, S. Curtis, and E. J. Nelkin. 2000. "Tropical rainfall distributions determined using TRMM combined with other satellite and rain gauge information," *Journal of Applied Meteorology*, vol. 39, no. 12, pp. 2007–2023.
- Chang, Jianxia., Hongxue Zhang, Yimin Wang, and Yuelu Zhu. 2016. Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow variation.
- Davey, Mike, Matt Huddleston, and Anca Brookshaw. 2011. Global impact of El Niño and La Niña. Met Office.
- Dey, Pankaj., and Ashok Mishra. 2017. Separating the Impact of Climate Change and Human Activity on Streamflow: A review of methodologies and critical assumptions.
- Direktorat Jendral Sumberdaya Air Departemen Pekerjaan Umum (Dirjen PU). 2009. Profil Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk Cisanggarung.
- Huffmann, G.J. and D.T. Bolvin, 2011. Real-Time TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis Data Set Documentation. Laboratory for Atmospheres, NASA Goddard Space Flight Center and Science Systems and Applications, Inc.
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The physical science basis (Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 1535). Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (Eds.).
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008: Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- Khoi D N and Suetsugi T. The responses of hydrological processes and sediment yield to land use and climate change in the Be River Catchment, Vietnam. *Hydrol Process*. 2014;28(3):640–52.
- Logah. F. Y and E. Obuobie, D. Ofori., and K. Kankam-Yeboah. Analysis of Rainfall Variability in Ghana. Logah., *International Journal of Latest Research In Engineering and Computing (IJLREC)* Volume 1, Issue 1 : Page No.1-8, September-October 2013.
- Marina, Lina, Rahmi Indriyani dan Hilma Safitri. 2016. Dalih Pembangunan Untuk Kesejahteraan Rakyat: Studi Kasus Pembangunan Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.
- NRC (National Research Council) 2010. America's Climate Choices: Panel on Advancing the Science of Climate Change. Washington, D.C.: The National Academies Press. ISBN 0-309-14588-0.
- Nyatuame M., V. Owusu-Gyimah, and F. Ampiw. 2014. Statistical Analysis of Rainfall Trend for Volta Region in Ghana. Hindawi Publishing Corporation *International Journal of Atmospheric Sciences* Volume Article ID 203245, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/203245>
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams. 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas University.

- Sipayung S B, Fanny A dan Amalia Nurlatifah, 2016. Dampak Perubahan Iklim (Khususnya Curah Hujan Dan Temperatur) Di DAS Cimanuk (Jawa Barat) Berbasis Hasil Analisis Data CRU Dan Model. (Publikasi BUKU Ilmiah LAPAN Tahun 2016 ANDIRA). ISBN : 978-602-6465-04-7
- SWAT. Soil and Water Assessment Tool, SWAT Model Software. U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Grassland, Soil & Water Research Laboratory, Temple, Texas. Available online : <http://swatmodel.tamu.edu/software/swat-model/> (accessed on 22 June 2011).
- Xu, H., R. G. Taylor, Y. Xu. 2011. Quantifying uncertainty in the impacts of climate change on river discharge in sub-catchment of the Yangtze and Yellow River Basin, China.