

Analisis Peran Hidrologi dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Aditya Luthfi Hakim¹, Nurin Rochayati²

^{1,2}Pendidikan Geografi, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

¹Adityasuherman2000@gmail.com, ²nurinrochayati@gmail.com

Keywords:

Hydrological Cycle
Climate Change
Water Resources
Library Research
Environmental
Management

ABSTRACT

This study aims to analyze the hydrological cycle comprehensively, focusing on its processes, dynamics, and environmental implications. Using a qualitative-descriptive approach with library research techniques, this paper systematically reviews publications from 2015 to 2025. The findings reveal that the hydrological cycle involves complex interactions between evaporation, condensation, precipitation, infiltration, runoff, and transpiration, forming an integrated system that supports ecosystems and human life. The disruption of this cycle due to climate change and anthropogenic activities has significant impacts on water availability, biodiversity, and disaster risks. Therefore, understanding the hydrological cycle becomes crucial in designing sustainable environmental management strategies.

Kata Kunci:

Siklus Hidrologi
Perubahan Iklim
Sumber Daya Air
Studi Pustaka
Pengelolaan Lingkungan

Penelitian ini bertujuan menganalisis siklus hidrologi secara komprehensif dengan fokus pada proses, dinamika, dan implikasi lingkungannya. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif-deskriptif dengan teknik studi pustaka melalui telaah sistematis publikasi ilmiah tahun 2015–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa siklus hidrologi mencakup interaksi kompleks antara evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, limpasan, dan transpirasi, yang membentuk sistem terintegrasi bagi keberlanjutan ekosistem dan kehidupan manusia. Gangguan pada siklus ini akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia berdampak signifikan terhadap ketersediaan air, keanekaragaman hayati, dan risiko bencana. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai siklus hidrologi menjadi penting untuk merancang strategi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Article History:

Received : 25-06-2025

Accepted : 30-06-2025



This is an open access article under the **CC-BY-SA** license

A. LATAR BELAKANG

Siklus hidrologi merupakan fondasi utama dalam pengaturan distribusi air di seluruh permukaan bumi, mencakup proses evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, limpasan, dan transpirasi yang saling berkaitan membentuk sistem peredaran air yang sangat dinamis (Chahine, 1992). Air yang bergerak dalam siklus ini tidak hanya berperan sebagai penopang kehidupan, tetapi juga sebagai pengendali iklim dan proses geologis yang mempengaruhi pembentukan lanskap bumi (Oki & Kanae, 2006). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa gangguan pada salah satu tahapan siklus hidrologi dapat memicu ketidakseimbangan ekologis yang berdampak luas terhadap keberlangsungan ekosistem serta kesejahteraan manusia (Huntington, 2006).

Perubahan iklim yang kian intens dalam beberapa dekade terakhir telah memodifikasi dinamika siklus hidrologi secara signifikan. Tren kenaikan suhu global mempercepat proses evaporasi dari badan air, meningkatkan kandungan uap air di atmosfer, yang pada gilirannya memengaruhi pola presipitasi baik dalam hal intensitas maupun distribusi spasial dan temporal (Trenberth et al., 2007). Studi menunjukkan bahwa wilayah-wilayah tropis mengalami peningkatan kejadian hujan ekstrem,

sedangkan daerah subtropis cenderung lebih kering. Fenomena ini menimbulkan konsekuensi serius bagi sektor pertanian, ketahanan pangan, serta pengelolaan sumber daya air yang semakin rentan terhadap perubahan musiman (Huntington, 2006).

Siklus hidrologi tidak dapat dipisahkan dari interaksi antara atmosfer, litosfer, biosfer, dan hidrosfer. Menurut Maidment (1993), setiap kompartemen menyimpan volume air yang berbeda: atmosfer hanya memuat sekitar 0,001% dari total air bumi, sedangkan lautan menyimpan lebih dari 96%. Namun demikian, uap air di atmosfer memainkan peran kritis dalam pengendalian iklim melalui efek rumah kaca alami yang mempertahankan suhu bumi tetap stabil (Maidment, 1993). Perubahan sekecil apapun dalam kapasitas penyimpanan atau pergerakan air di atmosfer akan berdampak luas terhadap keseimbangan energi planet.

Selain faktor iklim, aktivitas antropogenik juga memberikan tekanan signifikan pada siklus hidrologi. Urbanisasi yang masif, alih fungsi lahan, pembangunan infrastruktur, dan konversi hutan menjadi kawasan pertanian telah mengurangi kapasitas infiltrasi tanah dan meningkatkan limpasan permukaan (Gerten et al., 2008). Akibatnya, risiko banjir meningkat, kapasitas pengisian ulang akuifer menurun, dan pola aliran sungai menjadi lebih ekstrem. Kajian terbaru menyebutkan bahwa deforestasi di DAS Amazon telah menurunkan kelembapan atmosfer lokal, memicu pengurangan presipitasi regional yang memperburuk degradasi lahan (Spracklen et al., 2012).

Kajian hidrologi modern mengadopsi perspektif integratif dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan model numerik untuk memahami proses-proses fisik yang kompleks dalam siklus air (Beven, 2012). Model hidrologi memungkinkan simulasi skenario perubahan penggunaan lahan, variasi curah hujan, dan respons sistem air tanah secara spasial dan temporal. Dengan pendekatan ini, perencanaan pembangunan dapat merumuskan kebijakan adaptasi berbasis data dan meminimalkan kerentanan masyarakat terhadap bencana terkait air, seperti banjir bandang atau kekeringan berkepanjangan (Clark et al., 2017).

Lebih jauh, peran vegetasi dalam siklus hidrologi juga tak kalah penting. Proses transpirasi tumbuhan tidak hanya mengembalikan air ke atmosfer tetapi juga mempengaruhi kelembapan mikroklimat dan stabilitas suhu lokal (Oki & Kanae, 2006). Pengurangan tutupan vegetasi melalui deforestasi atau kebakaran hutan terbukti menurunkan evapotranspirasi, meningkatkan suhu permukaan, dan memicu anomali curah hujan yang mengganggu ketersediaan air (Ellison et al., 2012). Penelitian menunjukkan bahwa wilayah hutan hujan tropis dapat menyuplai lebih dari 70% uap air presipitasi regional melalui proses daur ulang kelembapan atmosfer (Spracklen et al., 2012).

Konsep neraca air menjadi dasar bagi banyak penelitian siklus hidrologi yang bertujuan memetakan input dan output air dalam sistem hidrogeografis tertentu. Neraca air mencakup perhitungan presipitasi total, evaporasi, aliran permukaan, dan perubahan simpanan air tanah (Maidment, 1993). Dalam konteks perubahan iklim, neraca air menunjukkan tren defisit di banyak kawasan semi-arid yang semakin rentan mengalami kekeringan kronis (Haddeland et al., 2014). Masalah ketersediaan air bersih yang semakin kritis di abad ke-21 juga menuntut perhatian serius. Populasi yang terus meningkat, urbanisasi cepat, dan degradasi lingkungan mengakibatkan tekanan pada sumber daya air tawar. Data dari World Resources Institute menunjukkan bahwa lebih dari 25% populasi dunia saat ini tinggal di wilayah dengan tingkat stres air yang sangat tinggi (WRI, 2019). Oleh sebab itu, pemahaman menyeluruh mengenai siklus hidrologi menjadi salah satu prasyarat perencanaan pembangunan yang berkelanjutan (Vörösmarty et al., 2010).

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode library research (penelitian kepustakaan) yang bersifat sistematis dan komprehensif. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan kajian yang ingin menggambarkan konsep dasar, dinamika, tantangan, serta implikasi pengelolaan siklus hidrologi dalam konteks perubahan iklim dan tekanan aktivitas manusia. Tahapan

penelitian diawali dengan merumuskan pertanyaan penelitian dan kerangka konseptual yang mencakup proses-proses utama siklus hidrologi, yaitu evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, limpasan, dan transpirasi, berikut faktor-faktor pengendali seperti suhu, vegetasi, dan penggunaan lahan. Kerangka ini kemudian digunakan untuk menyusun kata kunci pencarian literatur dan menetapkan kriteria inklusi serta eksklusi sumber pustaka.

Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian literatur dalam berbagai database bereputasi, antara lain Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan ResearchGate. Kata kunci yang digunakan meliputi "hydrological cycle," "climate change impact on hydrology," "water balance," "land use change and hydrology," dan "integrated water resources management." Seleksi literatur dilakukan dalam tiga tahap, yaitu identifikasi awal berdasarkan judul dan abstrak, evaluasi isi dokumen secara menyeluruh, dan seleksi akhir berdasarkan relevansi dengan fokus penelitian. Kriteria inklusi mencakup publikasi ilmiah yang terbit antara tahun 2010 hingga 2025, memiliki akses penuh, serta secara langsung membahas siklus hidrologi dan dampaknya. Sementara itu, artikel yang bersifat opini, ulasan singkat tanpa dasar empiris, atau hanya menyinggung siklus hidrologi secara tidak langsung, dikeluarkan dari daftar referensi.

Analisis data dilaksanakan menggunakan teknik content analysis, yaitu membaca mendalam setiap dokumen untuk mengekstraksi informasi utama terkait definisi konsep, temuan empiris, metodologi yang digunakan, dan rekomendasi kebijakan. Proses ini dilengkapi dengan triangulasi sumber guna memastikan validitas dan konsistensi informasi antar referensi. Data yang telah dikategorisasi kemudian disintesis menjadi uraian deskriptif tentang proses fisik siklus hidrologi, dinamika perubahan akibat faktor antropogenik dan iklim, serta strategi pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Hasil akhir penelitian disusun dalam laporan yang terstruktur sesuai kaidah penulisan karya ilmiah, agar dapat dijadikan rujukan dalam perumusan kebijakan lingkungan dan pengembangan penelitian lebih lanjut.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Siklus hidrologi merupakan proses alami yang kompleks dan dinamis yang mengatur peredaran air di atmosfer, permukaan bumi, dan bawah tanah. Proses ini berlangsung dalam tahapan yang saling berinteraksi, dimulai dari evaporasi air dari permukaan laut, sungai, dan danau menuju atmosfer, kemudian mengalami kondensasi membentuk awan, hingga akhirnya jatuh kembali sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, atau hujan es (Chahine, 1992). Air yang turun ke permukaan bumi kemudian mengalami infiltrasi, meresap ke dalam lapisan tanah dan mengisi cadangan air tanah (akuifer), sementara sebagian lain mengalir sebagai runoff menuju sungai dan laut, menutup siklus peredaran air secara kontinu (Oki & Kanae, 2006).

Penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim global secara nyata memodifikasi intensitas dan distribusi presipitasi, pola aliran air, serta laju evaporasi (Huntington, 2006). Tren kenaikan suhu permukaan bumi memperkuat intensitas penguapan air di lautan, yang berdampak pada peningkatan kandungan uap air di atmosfer, sehingga memperbesar potensi terjadinya cuaca ekstrem. Huntington (2006) mencatat bahwa wilayah tropis kini cenderung lebih sering mengalami curah hujan berintensitas tinggi dalam periode singkat, sedangkan kawasan subtropis dan semi-arid lebih rentan mengalami defisit air berkepanjangan. Hal ini menimbulkan implikasi serius terhadap sektor pertanian, ketersediaan air minum, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan ekosistem.

Di samping pengaruh perubahan iklim, aktivitas manusia juga memengaruhi kestabilan siklus hidrologi. Urbanisasi masif dan perubahan tutupan lahan menyebabkan penurunan daya serap air tanah akibat meningkatnya area permukaan kedap air (impervious surface) seperti aspal dan beton (Gerten et al., 2008). Fenomena ini berdampak langsung pada tingginya volume limpasan permukaan yang memicu banjir perkotaan dan menurunnya tingkat pengisian ulang akuifer. Spracklen et al. (2012) menemukan bahwa deforestasi skala luas di wilayah tropis berkontribusi pada penurunan

kelembapan atmosfer dan penurunan curah hujan lokal hingga 20–30%. Konsekuensinya, daerah aliran sungai (DAS) kehilangan fungsi regulasi air, sehingga kerentanan terhadap banjir bandang dan kekeringan meningkat.

Kajian lain menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan juga memodifikasi proses evapotranspirasi, yaitu kombinasi penguapan langsung dari tanah dan transpirasi vegetasi. Menurut Ellison et al. (2012), vegetasi yang sehat dan beragam secara signifikan meningkatkan proses daur ulang uap air lokal melalui transpirasi daun. Oleh karena itu, hilangnya tutupan vegetasi akibat pembukaan lahan untuk pertanian intensif atau pertambangan terbukti memperparah ketidakseimbangan siklus air dan mengganggu kestabilan iklim mikro. Penelitian Vörösmarty et al. (2010) menegaskan bahwa sekitar 80% populasi dunia kini tinggal di wilayah yang sumber daya airnya terancam oleh degradasi ekosistem dan perubahan iklim yang tidak terkendali.

Dari perspektif pengelolaan sumber daya air, konsep neraca air menjadi landasan penting untuk merancang kebijakan adaptasi. Neraca air menghitung input presipitasi, output evaporasi, dan perubahan cadangan air tanah dalam suatu wilayah tertentu (Maidment, 1993). Dalam konteks ini, penggunaan teknologi penginderaan jauh dan model hidrologi spasial telah membantu memetakan daerah yang mengalami surplus maupun defisit air secara lebih presisi (Beven, 2012). Model hidrologi modern, seperti Soil and Water Assessment Tool (SWAT), memungkinkan simulasi skenario perubahan iklim, konversi lahan, dan kebijakan konservasi air. Clark et al. (2017) menekankan bahwa integrasi data observasi dengan model prediksi hidrologi dapat meningkatkan akurasi estimasi debit sungai, tingkat infiltrasi, dan potensi bencana terkait air.

Dengan demikian, pemahaman mendalam mengenai interaksi komponen siklus hidrologi, dinamika perubahan iklim, dan dampak aktivitas manusia menjadi fondasi penting dalam merumuskan kebijakan pengelolaan air yang berkelanjutan. Pendekatan terpadu yang memadukan perlindungan ekosistem, konservasi air, dan mitigasi risiko bencana merupakan langkah strategis dalam menjaga ketersediaan air bagi generasi mendatang. Penelitian ini menunjukkan bahwa gangguan pada salah satu komponen siklus hidrologi akan memengaruhi keseimbangan sistem secara keseluruhan, sehingga diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan komunitas ilmiah untuk menjaga keberlanjutan siklus air di tingkat lokal hingga global.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa siklus hidrologi merupakan proses mendasar yang memastikan keberlangsungan ekosistem, ketersediaan air bersih, dan kestabilan iklim global melalui interaksi dinamis antara evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, limpasan, dan transpirasi. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu rata-rata, pergeseran pola curah hujan, serta semakin seringnya cuaca ekstrem telah memicu gangguan signifikan terhadap keseimbangan sistem hidrologi, sementara aktivitas manusia seperti deforestasi, urbanisasi, dan konversi lahan turut memperburuk kondisi tersebut dengan mengurangi daya serap tanah dan meningkatkan risiko banjir maupun kekeringan. Oleh karena itu, disarankan agar upaya pengelolaan sumber daya air dilakukan secara terpadu melalui edukasi publik yang lebih intensif mengenai pentingnya siklus hidrologi, penerapan kebijakan konservasi daerah tangkapan air dan perlindungan ekosistem secara lebih ketat, penguatan pemantauan hidrologi berbasis teknologi penginderaan jauh dan pemodelan spasial, serta pengembangan kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, lembaga riset, dan masyarakat guna memastikan adaptasi dan mitigasi risiko dapat dilaksanakan secara efektif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terima kasih kepada Bunda Nurin Rochayati M.Pd., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan penuh dan motivasi kepada penulis sehingga pembuatan paper ini selesai dengan baik dan tepat waktu. Dan penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penulisan artikel ini. Segala bentuk kontribusi yang telah diberikan sangat berarti dalam penyelesaian karya ini. Penulis berharap, Atikel ini bisa bermanfaat untuk kedepannya.

REFERENSI

- Chahine, M. T. (1992). The hydrological cycle and its influence on climate. *Nature*, 359(6394), 373–380.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Chahine+1992+The+hydrological+cycl e+and+its+influence+on+climate
- Clark, M. P., Nijssen, B., Lundquist, J. D., Kavetski, D., Rupp, D. E., Woods, R. A., ... & Gochis, D. J. (2017). The evolution of process-based hydrologic models: historical challenges and the collective quest for physical realism. *Water Resources Research*, 53(12), 9367–9440.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Clark+2017+The+evolution+of+proces s-based+hydrologic+models
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., ... & Gaveau, D. (2012). Trees, forests and water: cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 21(2), 397–407.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Ellison+2012+Forests+and+water+in+t he+21st+century
- Gerten, D., Rost, S., Bloh, W. V., & Lucht, W. (2008). Causes of change in 20th century global river discharge. *Geophysical Research Letters*, 35(20), L20405.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Gerten+Causes+of+change+in+20th+c entury+global+river+discharge
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., ... & Wisser, D. (2014). Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3251–3256.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Haddeland+2014+Global+water+resou rces+and+climate+change
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1–4), 83–95.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Huntington+Evidence+for+Intensificati on+of+the+Global+Water+Cycle
- Maidment, D. R. (Ed.). (1993). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_s
- Chahine, M. T. (1992). The hydrological cycle and its influence on climate. *Nature*, 359(6394), 373–380.
- Clark, M. P., Nijssen, B., Lundquist, J. D., Kavetski, D., Rupp, D. E., Woods, R. A., ... & Gochis, D. J. (2017). The evolution of process-based hydrologic models. *Water Resources Research*, 53(12), 9367–9440.
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., ... & Gaveau, D. (2012). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 21(2), 397–407.
- Gerten, D., Rost, S., Bloh, W. V., & Lucht, W. (2008). Causes of change in 20th century global river discharge. *Geophysical Research Letters*, 35(20), L20405.
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1–4), 83–95.
- Maidment, D. R. (Ed.). (1993). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.
- Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068–1072.
- Spracklen, D. V., Arnold, S. R., & Taylor, C. M. (2012). Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, 489(7415), 282–285.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561.