Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2776-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 45090-45095

Simulasi Pola Operasi Waduk Cijurey Menggunakan Perangkat Lunak HEC-ResSim

R. M. Rafli Ammarullah, Rakhmat Yusuf, Mardiani
Universitas Pendidikan Indonesia
Email : rafliammarullah@upi.edu

Published: August , 2026

ABSTRAK

Waduk Cijurey merupakan salah satu infrastruktur sumber daya air yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku. Variasi debit inflow akibat kondisi hidrologi yang berbeda menyebabkan perlunya evaluasi pola operasi waduk agar pemanfaatan air tetap optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan pola operasi Waduk Cijurey menggunakan perangkat lunak HEC-ResSim pada kondisi tahun basah, tahun normal, dan tahun kering. Data yang digunakan meliputi data teknis waduk, hubungan elevasi–luas–volume, debit inflow, serta kebutuhan air sebagai debit outflow. Simulasi dilakukan dengan membangun model waduk melalui penyusunan watershed, reservoir network, karakteristik tampungan, serta penerapan rule curve sebagai dasar pengoperasian waduk. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi tahun basah volume tampungan meningkat hingga mendekati kapasitas efektif sehingga terjadi limpasan (spillout) pada beberapa periode, sedangkan seluruh kebutuhan air tetap dapat dipenuhi. Pada kondisi tahun normal operasi waduk berlangsung stabil dengan keseimbangan antara debit inflow dan debit outflow sehingga elevasi waduk tetap berada pada zona operasi. Pada kondisi tahun kering terjadi penurunan volume tampungan akibat debit inflow yang lebih kecil dibandingkan kebutuhan air, namun pengoperasian berdasarkan rule curve masih mampu menjaga waduk berada di atas batas tampungan minimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HEC-ResSim mampu digunakan sebagai alat evaluasi pola operasi Waduk Cijurey untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif

Kata Kunci : Pola Operasi Waduk, Waduk Cijurey, HEC-ResSim, Kebutuhan Air, Inflow, Outflow

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Waduk Merupakan Salah Satu Infrastruktur Sumber Daya Air Yang Berfungsi Untuk Menampung Air Pada Musim Hujan Dan Mendistribusikannya Kembali Pada Musim Kemarau Sesuai Kebutuhan. Pengoperasian Waduk Harus Mempertimbangkan Keseimbangan Antara Debit Masuk (Inflow), Debit Keluar (Outflow), Serta Kapasitas Tampungan Agar Fungsi Waduk Dapat Berjalan Secara Optimal. Perubahan Kondisi Hidrologi Menyebabkan Besarnya Debit Inflow Berubah Setiap Tahun Sehingga Pola Operasi Waduk Perlu Dievaluasi Secara Berkala.

Waduk Cijurey di Kabupaten Bogor dimanfaatkan sebagai penyedia air irigasi dan air baku. Dalam pengoperasiannya diperlukan pengaturan pelepasan air yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut tanpa mengurangi keamanan tampungan waduk. Oleh karena itu diperlukan simulasi pola operasi yang dapat menggambarkan perubahan elevasi muka air, volume tampungan, dan debit pelepasan pada berbagai kondisi hidrologi.

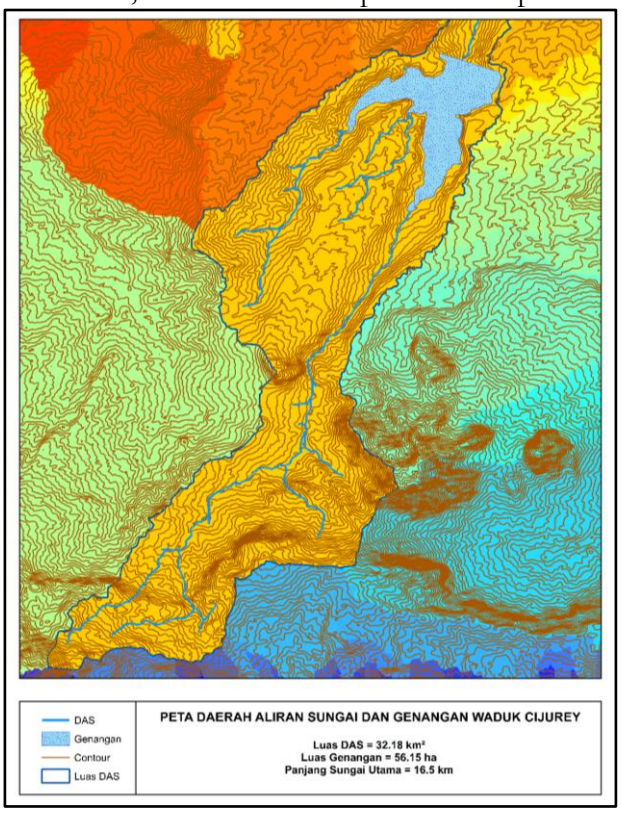
HEC-ResSim merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) untuk mensimulasikan operasi waduk berdasarkan karakteristik tampungan, debit inflow, aturan operasi (rule curve), dan kebutuhan air. Melalui simulasi ini dapat dievaluasi kemampuan waduk dalam mempertahankan elevasi operasi serta memenuhi kebutuhan air pada kondisi tahun basah, normal, maupun kering.

Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan pola operasi Waduk Cijurey menggunakan HEC-ResSim berdasarkan kondisi hidrologi tahun basah, normal, dan kering, sehingga dapat diketahui perubahan elevasi muka air, volume tampungan, debit pelepasan, serta kemampuan waduk dalam memenuhi kebutuhan air.

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Waduk Cijurey terletak di Sungai Cijurey yang berada di wilayah Desa Sukadamai, Desa Sukaharja, Desa Karyamekar, dan Desa Selawangi, Kecamatan Sukamakmur dan Kecamatan Cariu, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis, Waduk Cijurey berada pada koordinat 6°32'59,72" Lintang Selatan dan 107°05'02,03" Bujur Timur. Waduk ini direncanakan sebagai salah satu infrastruktur sumber daya air yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku melalui pengaturan tampungan dan pelepasan air. Berdasarkan data teknis, Waduk Cijurey memiliki elevasi muka air normal (MAN) sebesar 286,32 mdpl, volume tampungan efektif sebesar 9,76 juta m^3, volume tampungan mati sebesar 4,38 juta m^3, volume tampungan total sebesar 14,37 juta m^3, serta luas genangan pada elevasi muka air normal sebesar 56,15 ha. Peta lokasi penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



2.2 Pengumpulan Data

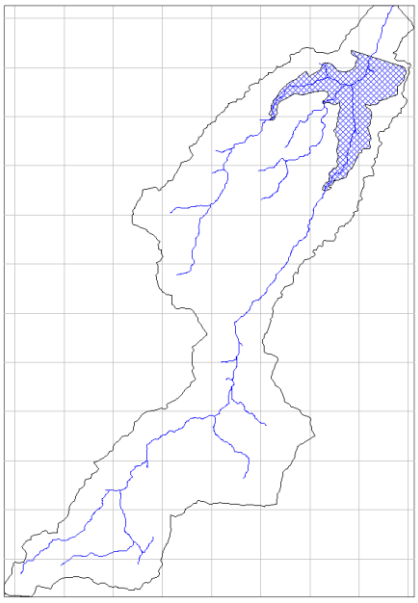
Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data teknis Waduk Cijurey, hubungan elevasi–luas–volume tampungan, data debit inflow, data kebutuhan air sebagai debit outflow, serta data karakteristik waduk yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum. Selain itu digunakan pula data curah hujan sebagai dasar penentuan kondisi hidrologi yang digunakan dalam simulasi.

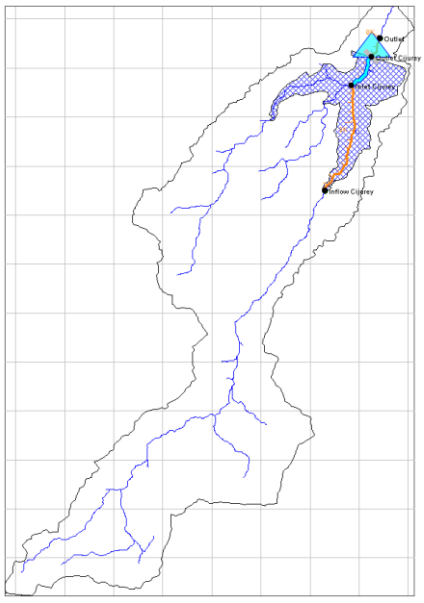
2.3 Simulasi Pemodelan HEC-ResSim

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan pola operasi Waduk Cijurey menggunakan perangkat lunak HEC-ResSim versi 3.3. HEC-ResSim merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)*, United States Army Corps of Engineers (USACE), untuk melakukan simulasi operasi waduk berdasarkan karakteristik tampungan, kondisi hidrologi, serta aturan operasi (*rule curve*). Melalui perangkat lunak ini, simulasi dilakukan untuk mengevaluasi perubahan elevasi muka air, volume tampungan, dan debit pelepasan waduk berdasarkan debit inflow dan kebutuhan air. Proses pemodelan dalam penelitian ini terdiri atas tiga modul utama, yaitu Watershed Setup, Reservoir Network, dan Simulation.

a. Watershead Setup

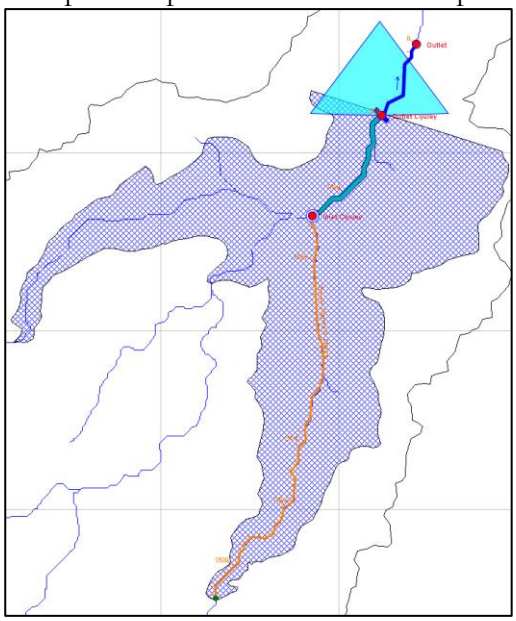
Modul *Watershed Setup* digunakan untuk membangun kondisi awal daerah studi dengan menyusun jaringan sungai (*stream network*), menentukan lokasi Waduk Cijurey, serta menghubungkan komponen hidrologi yang digunakan dalam simulasi. Pada tahap ini dilakukan pengaturan sistem koordinat, penempatan sungai utama, reservoir, serta elemen pendukung lainnya sehingga terbentuk model daerah aliran sungai yang sesuai dengan kondisi lapangan. Model ini menjadi dasar dalam proses simulasi pola operasi waduk.

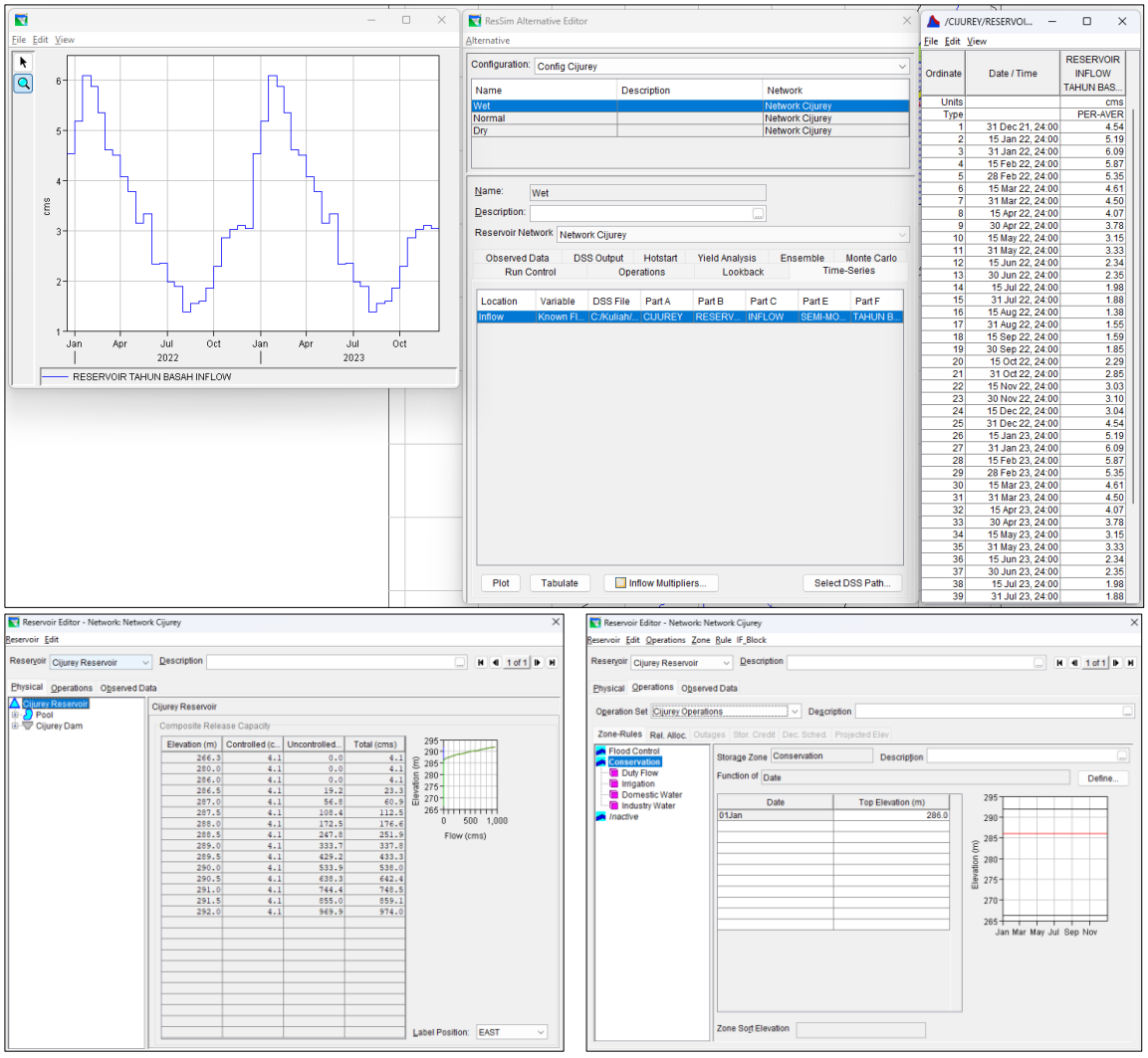




b. Reservoir Network

Modul *Reservoir Network* digunakan untuk membangun model operasi Waduk Cijurey dengan memasukkan karakteristik fisik waduk, meliputi hubungan elevasi–luas–volume (Elevation–Area–Storage), data bangunan pelimpah (*spillway*), outlet, serta batas elevasi operasi waduk. Selain itu, pada tahap ini dimasukkan data debit inflow, kebutuhan air sebagai outflow, dan aturan operasi (*rule curve*) yang digunakan sebagai acuan pelepasan air. Seluruh komponen tersebut diintegrasikan sehingga model mampu merepresentasikan kondisi operasi Waduk Cijurey secara aktual.





c. Simulation

Modul *Simulation* merupakan tahap pelaksanaan simulasi setelah seluruh parameter model selesai disusun. Simulasi dilakukan dengan menentukan periode analisis serta memasukkan data debit inflow untuk kondisi tahun basah, tahun normal, dan tahun kering. HEC-ResSim kemudian menghitung perubahan tampungan waduk berdasarkan keseimbangan antara debit masuk dan debit keluar pada setiap interval waktu. Hasil simulasi berupa elevasi muka air, volume tampungan, debit pelepasan (*release*), dan limpasan (*spillout*) dianalisis untuk mengevaluasi kinerja pola operasi Waduk Cijurey dalam memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku sesuai dengan aturan operasi yang diterapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Pola Operasi Waduk Cijurey dengan HEC-ResSim

Hasil simulasi pola operasi Waduk Cijurey menggunakan perangkat lunak HEC-ResSim menunjukkan perubahan elevasi muka air, volume tampungan, serta debit masuk (*inflow*) dan debit keluar (*outflow*) selama satu tahun simulasi. Simulasi dilakukan untuk tiga kondisi hidrologi, yaitu tahun basah, tahun normal, dan tahun kering, dengan kondisi awal elevasi waduk berada pada elevasi sekitar 280 mdpl. Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi perubahan elevasi muka air dan debit, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan perubahan volume tampungan dan debit selama periode simulasi.

3.2 Simulasi Pola Operasi Waduk Cijurey dengan HEC-ResSim

Pada kondisi tahun basah, yang ditunjukkan oleh garis hijau, elevasi muka air waduk meningkat dengan cepat pada awal periode simulasi akibat debit inflow yang relatif besar hingga mencapai elevasi sekitar 286 mdpl, yang merupakan batas atas zona operasi waduk. Selama periode Januari hingga Oktober elevasi waduk relatif stabil dan berada pada zona konservasi. Penurunan elevasi mulai terlihat pada bulan November hingga Desember akibat debit keluar yang lebih besar dibandingkan debit masuk, sehingga

elevasi waduk turun hingga sekitar 282 mdpl pada akhir simulasi. Meskipun demikian, volume tampungan tetap berada pada kisaran tampungan efektif sehingga kebutuhan air masih dapat dipenuhi tanpa memasuki zona tampungan minimum.

3.3 Simulasi Pola Operasi Waduk Cijurey dengan HEC-ResSim

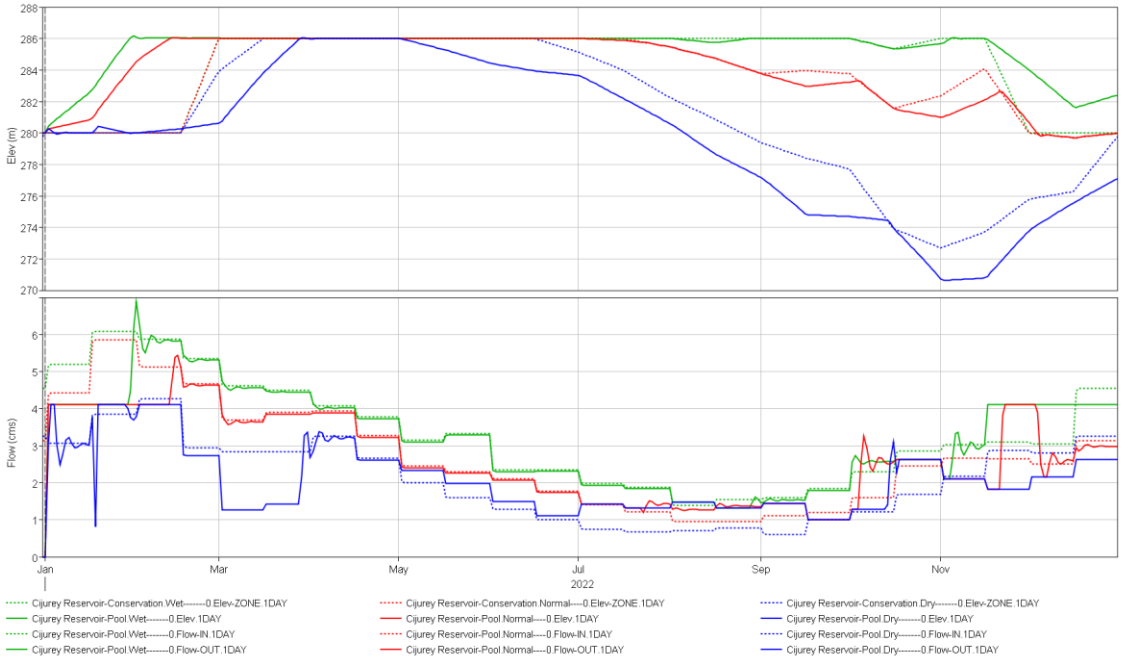
Pada kondisi tahun normal, yang ditunjukkan oleh garis merah, elevasi muka air waduk juga meningkat hingga mencapai elevasi operasi sekitar 286 mdpl pada awal periode simulasi. Memasuki pertengahan tahun, terutama mulai bulan Juli hingga Oktober, elevasi waduk mengalami penurunan secara bertahap seiring berkurangnya debit inflow dan meningkatnya kebutuhan air. Elevasi minimum selama simulasi berada pada kisaran 281 mdpl, kemudian kembali mengalami kenaikan pada akhir periode simulasi akibat meningkatnya debit inflow. Kondisi ini menunjukkan bahwa operasi waduk masih mampu menjaga keseimbangan antara debit masuk dan debit keluar sehingga tampungan tetap berada pada zona operasi.

3.4 Simulasi Pola Operasi Waduk Cijurey dengan HEC-ResSim

Pada kondisi tahun kering, yang ditunjukkan oleh garis biru, elevasi muka air waduk mengalami penurunan paling signifikan dibandingkan kondisi lainnya. Setelah mencapai elevasi operasi pada awal simulasi, volume tampungan terus berkurang mulai bulan Mei hingga November akibat debit inflow yang lebih kecil dibandingkan debit pelepasan. Elevasi muka air mencapai nilai terendah sekitar 271 mdpl pada awal November sebelum kembali meningkat pada akhir periode simulasi. Penurunan elevasi tersebut diikuti oleh penurunan volume tampungan hingga sekitar 6 juta m^3, yang menunjukkan berkurangnya cadangan air waduk selama musim kering. Meskipun demikian, pola operasi yang diterapkan melalui *rule curve* masih mampu mengendalikan pelepasan air sehingga waduk tetap beroperasi tanpa memasuki kondisi tampungan mati.

3.5 Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, terlihat bahwa kondisi hidrologi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan elevasi muka air, volume tampungan, dan pola pelepasan air Waduk Cijurey. Pada kondisi tahun basah waduk memiliki kemampuan menyimpan air yang lebih besar sehingga elevasi dan volume tampungan relatif stabil. Sebaliknya, pada kondisi tahun kering terjadi penurunan elevasi dan volume tampungan akibat terbatasnya debit inflow. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa HEC-ResSim mampu merepresentasikan perilaku operasi Waduk Cijurey pada berbagai kondisi hidrologi sehingga dapat digunakan sebagai alat evaluasi dalam penyusunan pola operasi waduk untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku.



3.6 Rekapitulasi

Tabel 1 menyajikan rekapitulasi hasil simulasi operasi Waduk Cijurey menggunakan HEC-ResSim pada kondisi tahun basah, normal, dan kering. Parameter yang ditampilkan meliputi volume tampungan (*storage*), elevasi muka air, *controlled release*, *uncontrolled spill*, serta keandalan pemenuhan kebutuhan air.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi tahun basah memiliki volume tampungan dan elevasi muka air tertinggi serta debit limpasan terbesar. Sebaliknya, pada kondisi tahun kering terjadi penurunan volume tampungan dan elevasi muka air yang paling signifikan dengan debit limpasan yang paling kecil. Meskipun demikian, tingkat keandalan pemenuhan kebutuhan air untuk sektor irigasi, domestik, dan industri mencapai 100% pada seluruh kondisi hidrologi, sehingga pola operasi yang diterapkan mampu memenuhi kebutuhan air secara optimal.

Recapitulation HEC-ResSim (Cijurey Reservoir)

Location/Parameter	Wet Year Operation		Normal Year Operation		Dry Year Operation	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Storage (m^3)	14254491.61	10406943.9	14193534.08	10240159.29	14183329.29	5945114.54
Elevation (m)	286.15	280.00	286.07	279.70	286.05	270.63
Controlled Release (m^3/s)	4.11	0.00	4.11	0.00	4.11	0.00
Uncontrolled Spill (m^3/s)	2.78	0.00	1.33	0.00	0.32	0.00
Reliability Irrigation (%)	100.0		100.0		100.0	
Reliability Domestic (%)	100.0		100.0		100.0	
Reliability Industry (%)	100.0		100.0		100.0	

KESIMPULAN

Simulasi pola operasi Waduk Cijurey menggunakan HEC-ResSim berhasil menggambarkan perubahan elevasi muka air, volume tampungan, dan debit pelepasan pada kondisi tahun basah, normal, dan kering. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi hidrologi berpengaruh terhadap perubahan tampungan waduk, di mana tahun basah menghasilkan volume tampungan dan elevasi muka air tertinggi, sedangkan tahun kering menunjukkan penurunan tampungan yang paling signifikan. Meskipun demikian, pola operasi yang diterapkan mampu mempertahankan keandalan pemenuhan kebutuhan air irigasi, domestik, dan industri sebesar 100% pada seluruh skenario. Dengan demikian, HEC-ResSim dapat digunakan sebagai alat bantu yang efektif untuk mengevaluasi dan menyusun pola operasi Waduk Cijurey dalam mendukung pengelolaan sumber daya air.

REFERENSI

[1] Ahmad, S. K., & Simonovic, S. P. (2000). System dynamics modeling of reservoir operations for flood management. *Journal of Computing in Civil Engineering, 14*(3), 190–198. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2000)14:3(190)

[2] Labadie, J. W. (2004). Optimal operation of multireservoir systems: State-of-the-art review. *Journal of Water Resources Planning and Management, 130*(2), 93–111. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2004)130:2(93)

[3] Loucks, D. P., van Beek, E., Stedinger, J. R., Dijkman, J. P. M., & Villars, M. T. (2005). *Water resources systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications*. UNESCO Publishing.

[4] Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi teknik*. Erlangga.

[5] Triatmodjo, B. (2015). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.

[6] U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. (2021). *HEC-ResSim reservoir system simulation technical reference manual* (Version 3.5). U.S. Army Corps of Engineers.

[7] U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. (2021). *HEC-ResSim reservoir system simulation user's manual* (Version 3.5). U.S. Army Corps of Engineers.

[8] Wurbs, R. A. (1993). Reservoir-system simulation and optimization models. *Journal of Water Resources Planning and Management, 119*(4), 455–472. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1993)119:4(455)

[9] Yeh, W. W.-G. (1985). Reservoir management and operations models: A state-of-the-art review. *Water Resources Research, 21*(12), 1797–1818. https://doi.org/10.1029/WR021i012p01797

[10] Zhou, Y., Guo, S., Chang, F.-J., & Liu, P. (2015). Multi-objective optimal reservoir operation using evolutionary algorithms: A review. *Water, 7*(12), 751–770. https://doi.org/10.3390/w7020751