

**STUDI OPTIMASI POLA OPERASI WADUK CIRATA UNTUK
MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil



Disusun oleh:

Putri Luthfi Alifidia

1808343

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**STUDI OPTIMASI POLA OPERASI WADUK CIRATA UNTUK
MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR**

Oleh

Putri Luthfi Alifidia

Sebuah Tugas Akhir diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil

© Putri Luthfi Alifidia 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi oleh undang – undang

Tugas Akhir ini tidak dapat diperbanyak seluruhnya atau Sebagian, Dengan dicetak
ulang, difotocopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
STUDI OPTIMASI POLA OPERASI WADUK CIRATA UNTUK
MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR

Disetujui dan disahkan oleh :

Pembimbing

Ir., Drs. Rakhmat Yusuf, M.T., IPM.

NIP. 19640424 199101 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,

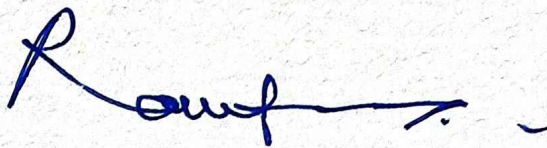
Dr. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM, ASEAN.Eng

NIP. 19770307 200812 1 00

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
STUDI OPTIMASI POLA OPERASI WADUK CIRATA UNTUK
MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA AIR

Disetujui dan disahkan oleh :

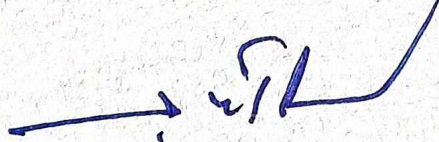
Pembimbing



Ir., Drs. Rakhmat Yusuf, M.T., IPM.

NIP. 19640424 199101 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,



Dr. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM, ASEAN.Eng

NIP. 19770307 200812 1 00

STUDI OPTIMASI POLA OPERASI WADUK CIRATA UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

Putri Luthfi Alifidia, Rakhmat Yusuf¹

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri
Universitas Pendidikan Indonesia
*E-mail: putriluthfia.2.3@gmail.com

ABSTRAK

Waduk Cirata merupakan salah satu waduk terbesar di Asia Tenggara yang terletak di Purwakarta Provinsi Jawa Barat. Tujuan utama pembangunan Waduk Cirata adalah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Dengan peningkatan jumlah kebutuhan akan energi listrik serta adanya kecenderungan penurunan fungsi pelayanan waduk akibat sedimentasi diperlukan rencana operasi yang optimum. Dalam Perencanaan operasi Waduk Cirata menggunakan model program linier dengan aplikasi software Program Linier POM-QM for Windows Version 4 (Production and Operation Management – Quantitative Methods for Windows) dengan memaksimalkan produksi energi listrik. Data yang digunakan adalah data debit inflow bulanan yang masuk ke Waduk Cirata selama 23 tahun yaitu tahun 2000-2022. Untuk kebutuhan optimasi diperlukan data yang panjang sehingga dilakukan perhitungan debit bangkitan metode Thomas-fiering, data digenerate sampai tahun 2045, selain itu dibutuhkan data evaporasi, data teknis waduk, dan data instalasi PLTA. Pada optimasi ini turbin yang dioperasikan diasumsikan menjadi 2 turbin untuk tahun kering dan 3 turbin untuk tahun basah dan tahun normal, pengoperasian dikelompokkan menjadi 3 kondisi yaitu kondisi musim basah Q20% dengan keandalan 20%, kondisi normal Q50% dengan keandalan 50%, dan kondisi musim kering Q80% dengan keandalan 80%. Hasil dari perencanaan optimalisasi operasi PLTA adalah 1,119,061.6 MWh pertahun pada tahun kering (80%) berkurang 18.82 % dibanding daya listrik eksisting, untuk tahun normal hasil produksi listrik adalah 1,539,500.8 MWh pertahun naik 11.6 %, dan untuk tahun basah hasil produksi listrik adalah 2,027,108.7 MWh naik 47.05%. Sedangkan hasil produksi listrik eksisting PLTA Cirata adalah 1,378,434.21 MWh. Selain itu terdapat penurunan volume efektif waduk Cirata, pada tahun 2007 volume efektif waduk adalah 837.51 juta m³, sedangkan pada tahun 2022 volume efektif waduk sebesar 782.6 juta m³.

Kata Kunci: Waduk, Inflow, PLTA, Operasi, Optimasi

¹⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

STUDY ON OPTIMIZATION OF CIRATA RESERVOIR OPERATION RULE IN ORDER TO MEET HYDROELECTRIC POWER PLANTS DEMAND

Putri Luthfi Alifidia, Rakhmat Yusuf¹

Civil Engineering Study Program
Faculty of Engineering and Industrial Education
Indonesia University of Education
*E-mail: putriluthfia.2.3@gmail.com

ABSTRACT

Cirata Reservoir is one of the largest reservoirs in Southeast Asia, located in Purwakarta, West Java Province. The main purpose of Cirata Reservoir construction is for Hydroelectric Power Plant. With the increase in the number of needs for electrical energy and the tendency to decrease the service function of the reservoir due to sedimentation, an optimum operation plan is needed. In planning the operation of Cirata Reservoir using a linear program model with the POM-QM for Windows Version 4 Linear Program software application by maximizing electrical energy production. The data used is the monthly inflow discharge into Cirata Reservoir for 23 years (2000-2022). For optimization needs, long data is needed so that the calculation of the generation discharge of the Thomas-fiering method is carried out, the data is generated until 2045, besides that evaporation data, reservoir technical data, and hydropower installation data are needed. Optimization of turbines operated is assumed to be 2 turbines for dry years and 3 turbines for wet years and normal years, simulations are grouped into 3 conditions, namely wet season conditions Q20% with 20% reliability, normal conditions Q50% with 50% reliability, and dry season conditions Q80% with 80% reliability. The results of optimizing hydropower operations are 1,119,061.6 MWh per year in the dry year (80%) reduced by 18.82 % compared to the existing electric power, for the normal year the electricity production is 1,539,500.8 MWh per year up 11.6%, and for the wet year the electricity production is 2,027,108.7 MWh up 47.05%. While the existing electricity production of Cirata Hydroelectric Power Plant is 1,378,434.21 MWh. In addition, there is a decrease in the effective volume of the Cirata reservoir, in 2007 the effective volume of the reservoir was 837.51 million m³, while in 2022 the effective volume of the reservoir was 782.6 million m³.

Keywords: Reservoir, Inflow, Hydroelectric Power Plants, Operation, Optimization

¹) Lecturer of Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering and Industrial Education, University of Education Indonesia

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| UCAPAN TERIMAKASIH..... | vi |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah..... | 2 |
| 1.3 Pembatasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Waduk..... | 6 |
| 2.1.1 Komponen Waduk | 6 |
| 2.1.2 Manfaat Waduk..... | 7 |
| 2.1.3 Klasifikasi Waduk..... | 8 |
| 2.1.4 Lengkung Kapasitas Waduk | 8 |
| 2.2 Analisa Hidrologi..... | 9 |
| 2.2.1 Debit Inflow dan Outflow | 9 |
| 2.2.2 Debit Andalan | 9 |
| 2.2.3 Penetapan Besarnya Potensi | 12 |
| 2.2.4 Uji Distribusi Data | 13 |
| 2.2.5 Debit Inflow Bangkitan Metode Thomas-Fiering | 15 |
| 2.3 Evaporasi..... | 16 |

| | | |
|-----------------------------------|--|-----|
| 2.4 | Analisa Kapasitas Waduk | 17 |
| 2.5 | Operasi dan Pola Operasi Waduk | 18 |
| 2.6 | Kinerja Pengoperasian Waduk..... | 19 |
| 2.7 | Pembangkit Listrik Tenaga Air..... | 20 |
| 2.8 | Optimasi Operasi Waduk..... | 21 |
| 2.8.1 | Simulasi Aturan Waduk..... | 22 |
| 2.8.2 | Optimasi Linier dengan Program POM-QM For Windows | 24 |
| BAB III METODOLOGI..... | | 29 |
| 3.1 | Lokasi..... | 29 |
| 3.2 | Metode Penelitian | 30 |
| 3.3 | Studi Pendahuluan | 30 |
| 3.4 | Data Primer dan Sekunder | 30 |
| 3.5 | Instrumen Penelitian | 31 |
| 3.6 | Teknik Analisis Data..... | 31 |
| 3.7 | Alur Penelitian | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 33 |
| 4.1 | Perhitungan Hidrologi Waduk Cirata | 33 |
| 4.1.1 | Analisis Debit Inflow..... | 33 |
| 4.1.2 | Analisis Bangkitan Data Debit Inflow | 42 |
| 4.1.3 | Debit Andalan dan Debit Teoritis PLTA..... | 49 |
| 4.2 | Evaporasi Waduk Cirata | 58 |
| 4.3 | Kapasitas Tampung Waduk | 60 |
| 4.4 | Produksi Listrik Eksisting..... | 65 |
| 4.5 | Optimasi Pola Operasi Waduk Dengan Program Linear POM-QM For Windows | 68 |
| 4.5.1 | Persamaan Program Linier Pada Kondisi Tahun Kering..... | 69 |
| 4.5.2 | Persamaan Program Linier Pada Kondisi Tahun Normal..... | 73 |
| 4.5.3 | Persamaan Program Linier Pada Kondisi Tahun Basah | 78 |
| 4.5.4 | Analisa Optimasi Menggunakan Aplikasi PQM For Windows 4..... | 88 |
| BAB V PENUTUP..... | | 110 |
| 5.1 | Kesimpulan | 110 |
| 5.2 | Implikasi | 110 |
| 5.3 | Saran | 111 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 112 |

LAMPIRAN..... 114

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 2.1 Contoh Grafik Duration Curve..... | 12 |
| Gambar 2.2 Contoh Grafik Hubungan Elevasi, Luas dan Volume..... | 18 |
| Gambar 2.3 Skema PLTA Pada Waduk..... | 20 |
| Gambar 2.4 Aplikasi POM-QM..... | 25 |
| Gambar 2.5 Jendela Program POM-QM..... | 26 |
| Gambar 2.6 Tampilan Pembuatan Jumlah Variabel Kendala dan Penetapan Optimasi..... | 26 |
| Gambar 2.7 Lembar Kerja POM-QM..... | 27 |
| Gambar 3.1 Waduk Cirata..... | 29 |
| Gambar 3.2 PT PJB UP Cirata..... | 30 |
| Gambar 4.1 Debit Rerata Bulanan Waduk Cirata..... | 33 |
| Gambar 4.2 Debit Rerata Tahunan Waduk Cirata..... | 34 |
| Gambar 4.3 Grafik Debit Inflow Hasil Peramalan..... | 48 |
| Gambar 4.4 Duration Curve..... | 55 |
| Gambar 4.5 Scatter Bar..... | 61 |
| Gambar 4.6 Jendela Data..... | 61 |
| Gambar 4.7 Kurva Tampungan Waduk..... | 62 |
| Gambar 4.8 Kurva Tampungan Waduk Cirata Tahun 2007..... | 62 |
| Gambar 4.9 Kurva Tampungan Waduk Cirata Tahun 2022..... | 64 |
| Gambar 4.10 Lembar Kerja PQM..... | 89 |
| Gambar 4.11 Jendela Kolom Equation Form..... | 90 |
| Gambar 4.12 Jendela Icon Solve..... | 90 |
| Gambar 4.13 Hasil Solver PQM..... | 92 |
| Gambar 4.14 Jendela Solution List “maximize” pada PQM-Debit Tahun Kering..... | 93 |
| Gambar 4.15 Jendela Solution List “minimize” pada PQM-Debit Tahun Kering..... | 94 |
| Gambar 4.16 Jendela Solution List “maximize” pada PQM-Debit Tahun Normal..... | 94 |
| Gambar 4.17 Jendela Solution List “minimize” pada PQM-Debit Tahun Normal..... | 95 |
| Gambar 4.18 Jendela Solution List “maximize” pada PQM-Debit Tahun Basah..... | 96 |
| Gambar 4.19 Jendela Solution List “minimize” pada PQM-Debit Tahun Basah..... | 97 |
| Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Energi Hasil Optimasi dan Eksisting Waduk Cirata..... | 106 |
| Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Daya Listrik dan Debit Air untuk Q80%..... | 107 |
| Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Daya Listrik dan Debit Air untuk Q50%..... | 108 |
| Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Daya Listrik dan Debit Air untuk Q20%..... | 109 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Nilai Kritis Do untuk Chi-Kuadrat | 14 |
| Tabel 2.2 Nilai Kritis DO untuk Uji Smirnov-Kolmogorov | 15 |
| Tabel 4.1 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Gumbel Periode I..... | 35 |
| Tabel 4.2 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Gumbel Periode II | 35 |
| Tabel 4.3 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Log Pearson Type II Periode I..... | 37 |
| Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Log Pearson Type II Periode II..... | 37 |
| Tabel 4.5 Pengurutan Data Debit Inflow Maximal Bulanan..... | 39 |
| Tabel 4.6 Perhitungan Uji Chi Square Periode I..... | 40 |
| Tabel 4.7 Perhitungan Uji Chi Square Periode II | 41 |
| Tabel 4.8 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Periode I | 41 |
| Tabel 4.9 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Periode II | 42 |
| Tabel 4.10 Perhitungan Parameter Koefisien Regresi Debit Tersedia..... | 44 |
| Tabel 4.11 Nilai Bilangan Random Tahun 2023-2045 | 46 |
| Tabel 4.12 Debit Inflow Hasil Peramalan..... | 47 |
| Tabel 4.13 Rekap Perhitungan Inflow Rata-Rata | 50 |
| Tabel 4.14 Rekap Perhitungan Debit Andalan..... | 52 |
| Tabel 4.15 Perhitungan Evaporasi di Waduk Cirata..... | 59 |
| Tabel 4.16 Volume dan Luas Genangan Waduk Cirata tahun 2007..... | 60 |
| Tabel 4.17 Volume dan Luas Genangan Waduk Cirata tahun 2022..... | 63 |
| Tabel 4.18 Rekapitulasi Produksi Listrik Eksisting..... | 66 |
| Tabel 4.19 Perhitungan Selisih Volume dengan Evaporasi Tahun Kering..... | 85 |
| Tabel 4.20 Perhitungan Selisih Volume dengan Evaporasi Tahun Normal | 86 |
| Tabel 4.21 Perhitungan Selisih Volume dengan Evaporasi Tahun Basah..... | 87 |
| Tabel 4.22 Hasil Optimasi Kebutuhan Air Untuk Turbin PLTA dalam Volume (m3) | 98 |
| Tabel 4.23 Hasil Optimasi Rotasi Kebutuhan Air Untuk Turbin PLTA dalam Volume (m3) | 99 |
| Tabel 4.24 Hasil Optimasi Debit Air yang Masuk Turbin PLTA dalam Volume (m3/s) | 100 |
| Tabel 4.25 Hasil Optimasi Operasi Daya Turbin PLTA (W) | 101 |
| Tabel 4.26 Hasil Optimasi Operasi Daya Turbin PLTA (MW)..... | 103 |
| Tabel 4.27 Hasil Optimasi Operasi Daya Turbin PLTA (MWh)..... | 104 |
| Tabel 4.28 Perbandingan Energi Hasil Optimasi dan Eksisting Waduk Cirata.. | 106 |

DAFTAR PUSTAKA

- Adhisttana, D Dika. (2017). Rencana Pengoperasian Yang Optimum Pada Potensi Air Waduk Selorejo Untuk Pembangkit Listrik Dan Irigasi. Tugas Akhir Terapan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Aprizal, dkk. (2003). Optimasi Waduk Menggunakan Program Dinamik Stokastik (Kasus Waduk Saguling Jawa Barat). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Arganata, A Dwiki. (2021). Studi Evaluasi Dan Pola Operasi Waduk Selorejo Dalam Memenuhi Kebutuhan Energi Plta Dan Air Irigasi. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, & Kimpraswil. (2004). Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Pengoperasian Waduk tunggal). In Nomor : 360/KPTS/M/2004.
- Diklat Teknis Perencanaan Bendungan Urugan Tingkat Dasar Tentang Perhitungan Hidrologi.
- Fauziah, Sundari. (2022). Bab II Landasan Teori Optimasi Operasional Bendungan Leuwikeris Berbasis Nilai Manfaat. Tasikmalaya: Universitas Siliwangi.
- Hanafi, Diana., & Harmiyanti. (2021). Studi Optimasi Operasional Waduk Koto Panjang Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jurnal Sainstis Volume 21 Nomor 01.
- Kalbuardhi, R., & Surwano, D. (2018). Analisis Ketersediaan Air Waduk Jatiluhur Sebagai Dasar Penerapan Pola Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus: PLTA Waduk Jatiluhur Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang.
- Laporan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030.
- Mujibadi, J. K. (2016). Analisis Kapasitas Tampung Waduk Peomenade Di Citraland Surabaya Provinsi Jawa Timur.

- Pratama,S Yudo. (2010). Studi Optimasi Waduk Sengguruh Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Psikologimania. (2013). Pengertian Waduk. [Online]. Dapat diakses di: <https://www.e-jurnal.com/2013/12/pengertian-waduk.html>.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). Modul Operasi waduk.
- Ramli, M. M., & Yuwono, B. E. (2015). Identifikasi Faktor Dominan Pengelolaan Waduk yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Waduk. Seminar Nasional Teknik Sipil V, 242–248.
- Rianta, M Gusti. (2021). Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Air. [Online]. Dapat diakses di: <https://indonesiare.co.id/en/article/mengenal-pembangkit-listrik-tenaga-air-plta>
- Rizal. (2020). Pengaruh Operasi Plta Terhadap Pola Operasi Waduk Bili-Bili. Tugas Akhir Program Sarjana Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin 2020.
- Samosir, C. S. (2015). Optimasi Pola Operasi Waduk Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri) (Vol. 2015).
- Saragi, T. E., Oktavianus Zai, E., & Zebua, E. (2023). Analisa Debit Andalan (Studi Kasus Pada PLTM Parmongan II). *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 13–24.