

EVALUASI POLA OPERASI MULTI WADUK SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMBERIKAN NILAI TAMBAH PADA WADUK YANG TERLETAK SECARA SERIAL (Studi Kasus Pada Waduk Saguling dan Cirata)

Gusta Gunawan

Staf Pengajar pada Jurusan Sipil Universitas Bengkulu.

Gusta_1003@yahoo.com

ABSTRAK

Waduk Saguling dan Cirata berfungsi sebagai sumber air untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yaitu PLTA Saguling dan PLTA Cirata. Kedua waduk ini terletak secara series di sepanjang sungai Citarum. Permasalahan dalam pengoperasian waduk yang terletak secara series adalah pola operasi dari masing-masing waduk saling mempengaruhi satu sama lain. Pola operasi yang tidak tepat bisa menimbulkan dampak yang merugikan bagi salah satu waduk umpamanya jika air waduk yang terletak pada bagian hulu (Saguling) dilepas terlalu banyak untuk memenuhi kebutuhan waduk Cirata maka waduk Saguling bisa mengalami kekeringan. Apabila air yang dilepas sudah melampaui daya tahan waduk Cirata maka waduk Cirata akan mengalami keruntuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun suatu pola operasi waduk series (Saguling dan Cirata) yang memberikan keuntungan optimal bagi kedua waduk. Metode yang dipakai adalah program linier dan simulasi. Keuntungan optimal dicari melalui penerapan persamaan program linear untuk pengoperasian waduk, dan program LINDO. Hasil keluaran dari LINDO dievaluasi dengan teknik simulasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pola operasi yang disusun bisa memberikan keuntungan yang optimal bagi kedua waduk. Hal ini dibuktikan dengan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh kedua PLTA mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan energi listrik yang dihasilkan oleh pola operasi eksisting.

Kata kunci: pola operasi waduk, teknik optimasi, program linier dan Simulasi.

ABSTRACT

Saguling and Cirata reservoir that function as water supplier for electric generator. The problem lies in the series replacement of both reservoirs so that the water release from reservoir in Saguling upper course will give impact toward the operation of Cirata lower course. The wrong operation of reservoirs can cause the disadvantage and fatal impact toward other reservoirs such as the dryness of upper course reservoir and the ruins of lower course reservoir. The aim of the research is to evaluate the existing operation of Saguling and Cirata Reservoirs that can give optimal result toward both reservoirs. The method used is the optimization technique of linier programming and simulation.. The result of the research shows optimal result. It is proved by the electric energy take the significant increasing compared by the existing condition.

Key words: reservoirs operation, optimization technique, linier programming and simulation

PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan industri, kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Pada tahun 1993/1994 konsumsi energi listrik untuk Pulau Jawa dan Bali 41.347 GWH (*Giga Watt Hour*) dengan beban puncak 6.821 MW (Mega Watt) dan diperkirakan tahun 2003/2004 mencapai 162.104 GWH dengan beban puncak 25.700 MW

(PT. PLN 1995; Gustiana, 1998; Nugroho. H, 1999). Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut bisa diupayakan dengan melalui berbagai cara antara lain dengan mengoptimalkan semua elemen waduk yang ada atau pembangunan waduk baru.

Akan tetapi untuk pembangunan waduk baru, dana yang dibutuhkan cukup banyak, waktu pembangunan yang cukup lama, lokasi yang dibutuhkan sangat luas serta dampak sosial yang berkepanjangan. Maka cara

yang dianggap paling menguntungkan adalah dengan mengoptimalkan segala elemen dan potensi waduk yang ada (NTIS, 1983) melalui suatu pola operasi tertentu.

Penyusunan pola operasi waduk yang terletak secara seri perlu disusun secara satu kesatuan. Jika tidak maka permasalahan yang akan timbul adalah 1) Jika air disimpan terlalu banyak pada waduk yang terletak pada bagian hulu (*upstream*) maka waduk yang terletak pada hilir (*down stream*) akan mengalami kekurangan air. 2). Jika air yang dilepas terlalu banyak maka resiko keruntuhan bisa terjadi pada waduk yang di hilir.

Maka pada penelitian ini dicoba untuk menyusun suatu pola operasi yang bisa memberikan hasil energi yang optimal dengan tetap memperhatikan keberlanjutan dari fungsi waduk yang ada.

METODE PENELITIAN

Pengelompokan tahun data inflow

Pengelompokan tahun basah, normal, dan kering dilakukan dengan cara mengelompokan data inflow selama 73 tahun (1928-2001) diurutkan dari data yang terkecil hingga yang terbesar lalu dirata-ratakan, 1/3 kelompok pertama adalah tahun kering, 2/3 kelompok kedua adalah tahun

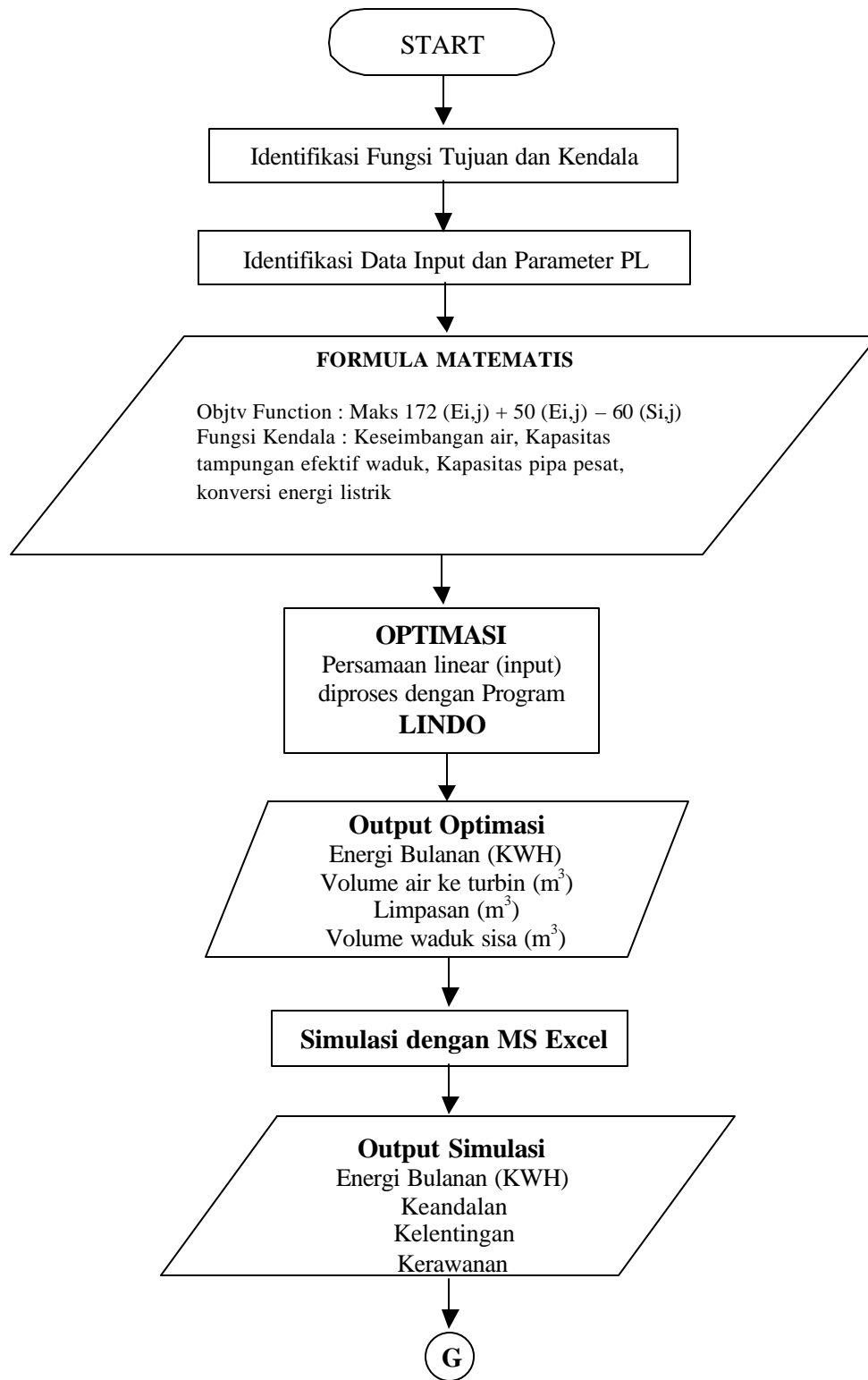
normal dan 1/3 kelompok terakhir adalah tahun basah.

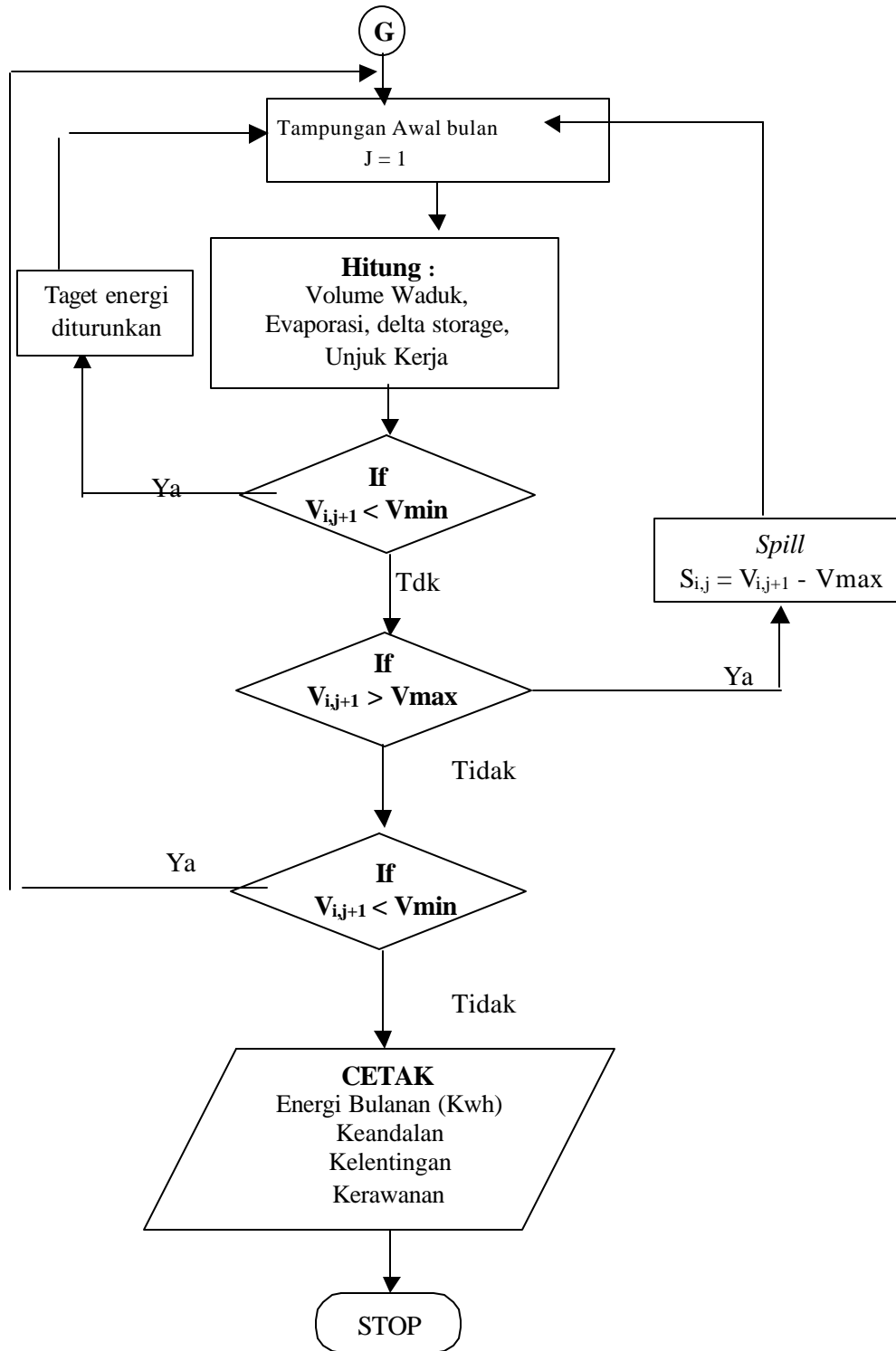
Linierisasi variabel non linear

Linierisasi persamaan non linier untuk tinggi muka air waduk dilakukan dengan cara mengasumsikan tinggi muka air efektif (H_{eff}) besar nilainya tetap. Untuk maksud tersebut dicari nilai tinggi muka air rata-rata dengan cara menjumlahkan muka air maksimum dengan muka air minimum lalu dibagi dua (Dagli and Miles, 1985, Yeh, 1985; Pranoto, 1993; Makruf, 1995). Tinggi muka air efektif (H_{eff}) diperoleh dengan cara mengurangi tinggi tekanan kotor (*gross head*) dengan besarnya kehilangan tekanan (*head loss*). Sedangkan tinggi tekanan kotor merupakan hasil pengurangan muka air rata-rata dengan muka air belakang (*tail water level*).

Prosedur Optimasi dan Simulasi

Tujuan melakukan optimasi adalah untuk mendapatkan suatu hasil yang optimum dalam kasus ini berupa energi listrik. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi hasil target keluaran dari hasil optimasi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini untuk prosedur optimasi dan simulasi disajikan pada bagan alir berikut :





Gambar 1. Bagan alir metode optimasi program linear dengan simulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi energi yang mampu dihasilkan berdasarkan hasil optimasi ternyata bisa lebih tinggi jika dibandingkan dengan produksi energi eksisting untuk kedua waduk.

Hal ini menunjukkan bahwa air yang ada secara teoritis masih bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi tambahan. Jumlah energi hasil optimasi vs eksisting untuk kedua waduk, Saguling dan Cirata, disajikan pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Tabel 1. Energi hasil optimasi dan eksisting Waduk Saguling

Bulan	Saguling Eksisting			Saguling optimasi		
	Basah	Normal	Kering	Basah	Normal	Kering
	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh
Januari	251.900.000	229.000.000	178.300.000	364.041.220	364.041.220	325.426.850
Februari	209.990.000	190.900.000	157.300.000	364.041.220	364.041.220	109.212.370
Maret	339.020.000	308.200.000	203.500.000	364.041.220	364.041.220	364.041.220
April	349.800.000	318.000.000	234.100.000	364.041.220	178.878.590	118.855.130
Mei	248.930.000	226.300.000	188.700.000	287.440.900	109.212.370	109.212.370
Juni	198.440.000	180.400.000	152.200.000	364.041.220	155.373.920	226.175.860
Juli	161.150.000	146.500.000	125.700.000	117.172.960	207.745.380	109.212.370
Agustus	143.880.000	130.800.000	110.300.000	364.041.220	216.828.450	109.212.370
September	134.310.000	122.100.000	84.600.000	109.212.370	218.480.720	240.455.010
Oktober	156.200.000	142.000.000	108.500.000	364.041.220	364.041.220	364.041.220
November	237.600.000	216.000.000	161.100.000	364.041.220	364.041.220	134.594.930
Desember	249.590.000	226.900.000	188.100.000	364.041.220	328.945.280	364.041.220

Tabel 2. Energi hasil optimasi dan eksisting Waduk Cirata

Bulan	Cirata Eksisting			Cirata optimasi		
	Basah	Normal	Kering	Basah	Normal	Kering
	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh
Januari	87.120.000	79.200.000	60.800.000	406.157.760	387.761.220	365.022.880
Februari	116.380.000	105.800.000	86.800.000	198.866.000	188.214.900	81.881.280
Maret	186.560.000	169.600.000	108.300.000	218.394.130	189.609.070	81.881.280
April	176.550.000	160.500.000	113.200.000	215.104.900	81.881.280	81.881.280
Mei	151.360.000	137.600.000	114.500.000	159.198.050	140.275.600	81.881.280
Juni	117.260.000	106.600.000	94.200.000	137.454.430	81.881.280	81.881.280
Juli	104.610.000	95.100.000	80.800.000	81.881.280	85.458.920	81.881.280
Agustus	99.000.000	90.000.000	73.700.000	81.881.280	81.881.280	109.027.580
September	92.400.000	84.000.000	56.100.000	109.629.150	81.881.280	81.881.280
Oktober	110.110.000	100.100.000	78.700.000	150.436.050	138.972.400	81.881.280
November	134.860.000	122.600.000	101.300.000	180.646.580	81.881.280	81.881.280
Desember	127.710.000	116.100.000	92.200.000	194.508.590	247.447.100	191.980.960

Selisih energi hasil penelitian dengan kondisi eksisting cukup besar, persentase perbedaan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah energi listrik yang bisa diproduksi oleh kedua waduk untuk tahun basah, normal dan kering masih bisa ditingkatkan. Untuk waduk Saguling persentase energi yang bisa ditingkatkan pada tahun basah 41.38%, tahun normal 32.77 % dan tahun kering 27.99%. Begitu juga dengan waduk Cirata, jumlah energi listrik yang bisa ditingkatkan pada tahun basah adalah 41.91%, tahun normal sebesar 30.72% dan tahun kering 25.04%.

Hasil optimasi dievaluasi dengan menggunakan simulasi dengan memperhatikan unjuk kerja waduk (*performance of reservoirs*) yaitu tingkat keandalan, kelonggaran, dan kerawanan. Untuk menentukan tingkat kegagalan dan kesuksesan maka digunakan pendekatan apabila terjadi limpasan atau elevasi muka air setelah operasi di bawah muka air minimum yang diisyaratkan maka dianggap gagal, jika sebaliknya maka dianggap sukses. Hasil perhitungan unjuk kerja waduk adalah sebagai berikut :

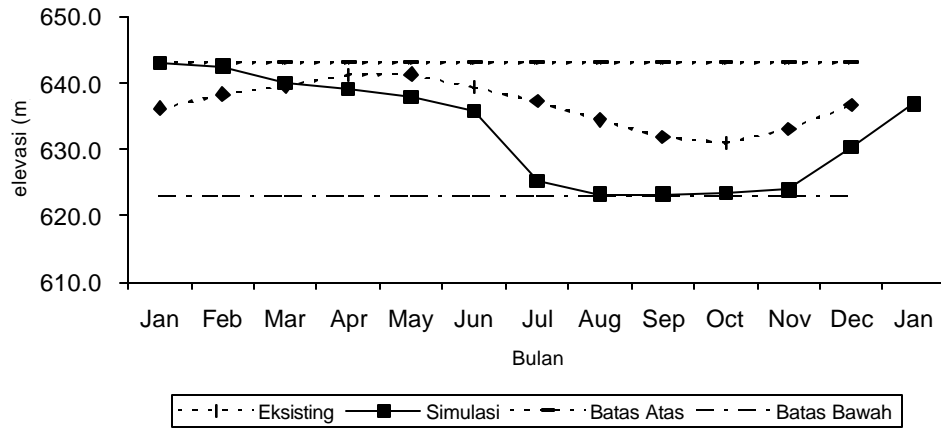
1). Keandalan : Saguling 99.40% dan Cirata 96.43%, memberikan indikasi bahwa dalam pengoperasian waduk pernah mengalami kegagalan, untuk kembali ke kondisi sukses maka Waduk Saguling membutuhkan waktu

1 bulan dan Cirata 0.83 bulan. 2). Jika terjadi suatu kegagalan maka berdasarkan analisis kerawanan maka 20% kebutuhan air untuk PLTA Saguling tidak terpenuhi dan 39.20% kebutuhan PLTA Cirata tidak terpenuhi. 3). Nilai maksimum *deficit ratio* untuk kedua waduk jika terjadi kegagalan berturut-turut adalah 20% dan Cirata 40%. Nilai maksimum *deficit* adalah Saguling 294 m³ detik⁻¹ dan Cirata 1.626 m³ detik⁻¹. Hasil simulasi memberikan suatu pola operasi waduk yang berkelanjutan. Pola operasi hasil simulasi untuk kedua waduk disajikan pada Gambar 2 s.d 7.

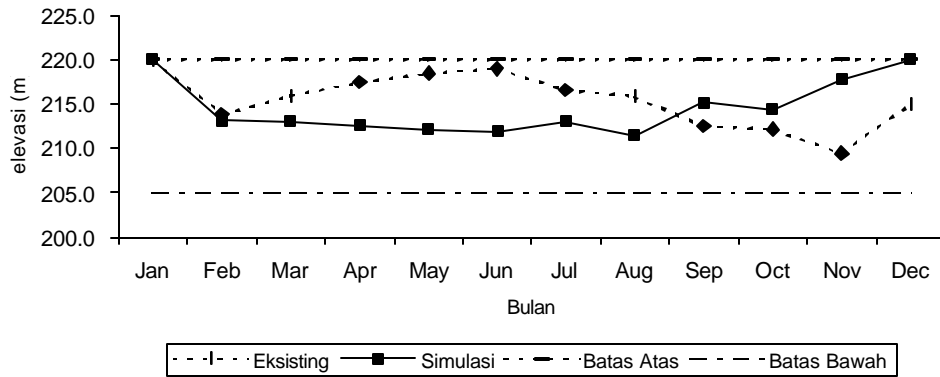
Dengan pola operasi hasil simulasi, jumlah peningkatan energi yang terjadi untuk PLTA Saguling untuk tahun basah sebesar 92.448.934 KWH, tahun Normal 66.547.568 KWH dan tahun kering sebesar 56.840.077 KWH. Untuk PLTA Cirata pada tahun basah sebesar 52.519.850 KWH, tahun Normal 34.995.468 KWH dan tahun Kering sebesar 28.530.245 KWH. Persentase peningkatan produksi energi rata-rata pada masing-masing kelompok jenis tahun pada kedua PLTA adalah : Saguling untuk tahun Basah sebesar 29.27%, untuk tahun Normal sebesar 24.68% dan tahun Kering sebesar 26.49%, dan PLTA Cirata untuk tahun Basah sebesar 29.53%, untuk tahun Normal 23.50% dan untuk tahun Kering sebesar 24.40%.

Tabel 3. Selisih energi hasil penelitian dengan energi eksisting

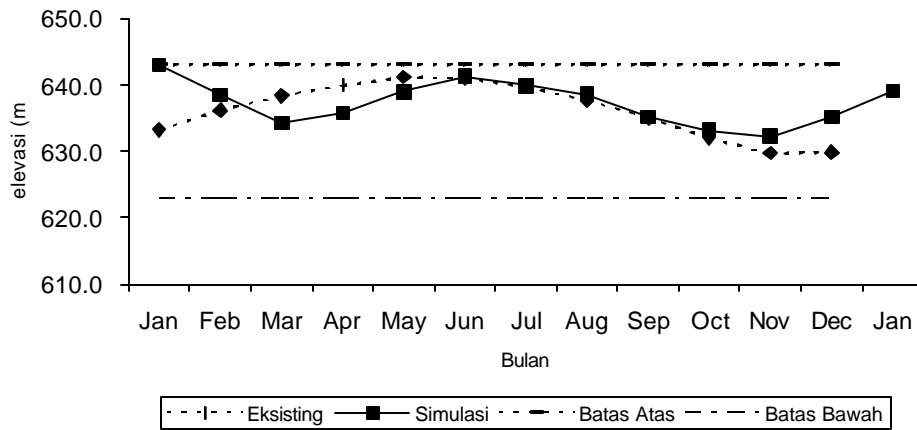
	Selisih			Persentase		
	Basah	Normal	Kering	Basah	Normal	Kering
	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH	KWH
Saguling	92.448.934	66.547.568	56.840.077	41,38	32,77	27,99
Cirata	52.520	34.995	28.530	41,91	30,72	25,04



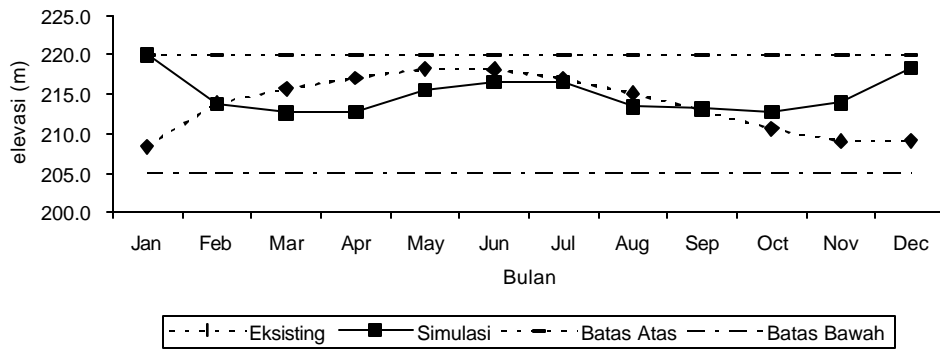
Gambar 2. Pola operasi Waduk Saguling untuk tahun basah



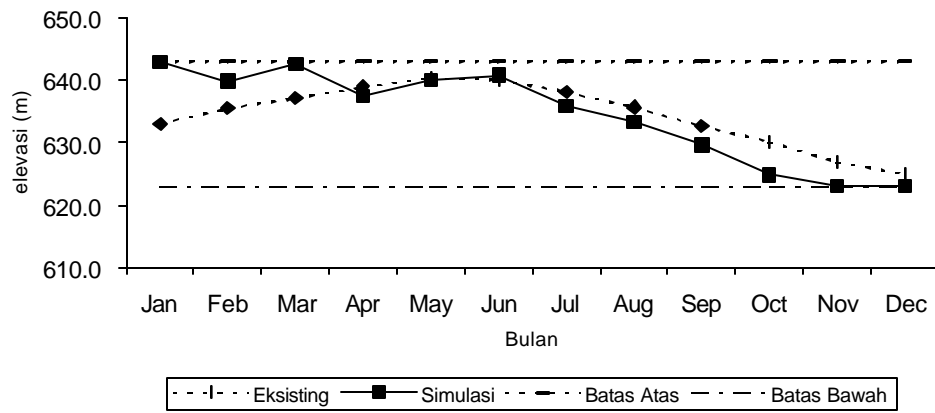
Gambar 3. Pola operasi Waduk Cirata untuk tahun basah



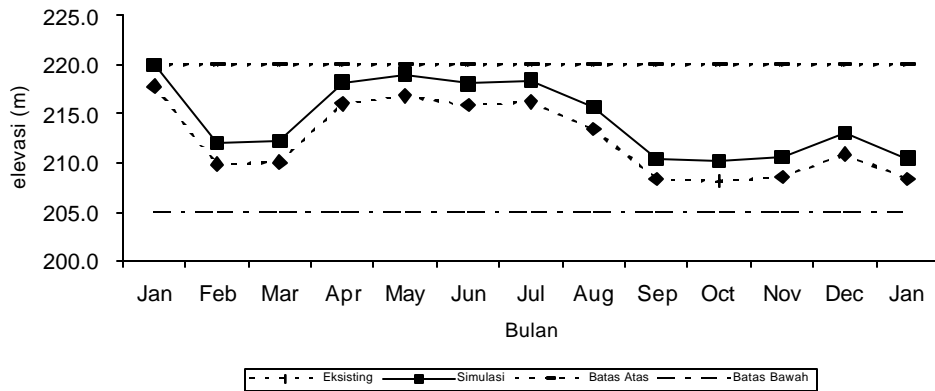
Gambar 4. Pola operasi Waduk Saguling untuk tahun normal



Gambar 5. Pola operasi Waduk Cirata untuk tahun normal



Gambar 6. Pola Operasi Waduk Saguling untuk tahun kering



Gambar 7. Pola operasi Waduk Cirata untuk tahun kering

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan untuk optimasi multi Waduk Saguling dan Cirata yang terletak secara seri dengan menggunakan program linear dan simulasi maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

Berdasarkan pola operasi hasil keluaran LINDO jumlah energi yang dihasilkan oleh kedua PLTA mengalami peningkatan dibandingkan dengan energi hasil eksisting. Pada PLTA Saguling persentase energi yang bisa ditingkatkan pada tahun basah sebesar 41,38%, tahun normal 32,77% dan tahun kering 27,99%. Begitu juga dengan PLTA Cirata, jumlah energi listrik yang bisa ditingkatkan pada tahun basah adalah 41,91%, tahun normal sebesar 30,72% dan tahun kering 25,04%.

Berdasarkan pola operasi simulasi, jumlah energi yang dihasilkan oleh kedua PLTA juga mengalami peningkatan, akan tetapi peningkatan yang terjadi lebih kecil dari hasil optimasi. Persentase peningkatan produksi energi rata-rata pada masing-masing kelompok jenis tahun berdasarkan hasil simulasi pada kedua PLTA adalah : Saguling untuk tahun Basah sebesar 29,27%, untuk tahun Normal sebesar 24,68% dan tahun Kering sebesar 26,49%, dan PLTA Cirata untuk tahun Basah sebesar 29,53%, untuk tahun Normal 23,50% dan untuk tahun Kering sebesar 24,40%..

Untuk pengembangan dan peningkatan dari hasil penelitian ini maka untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan periode waktu yang lebih pendek misalnya mingguan atau harian, sehingga hasilnya lebih baik dan bisa mendekati pada sistim yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dagli, C. H., and J. F. Miles. 1980. Determining Operating Policies for Water Resources Sistem, *J. Hidrol*, 47 (34), 297-306
- Gustiana, D. (1998). Potensi Aliran Sungai di Jawa Barat Belum Dimanfaatkan secara Optimal, *Artikel Harian Umum Republika*, Jakarta.
- Makrup, L.L. 1995. Optimasi Pengelolaan Sistem Multi Reservoir dengan Metode Program Linier (Studi Kasus Reservoir Wadas Lintang dan Pejengkolan, Jateng). Tesis ITB, Bandung.
- Nugroho, H. 1999. Menuju Optimalisasi Eksploitasi Energi Sumber Daya Air, Tesis ITB, Bandung.
- NTIS. 1983. Optimal Operation of a Multiple Reservoir System. California University, Davis.
- Pranoto, S. 1993. Optimasi Pemanfaatan Air DAS Serayu dengan Menggunakan Program Linier dan Simulasi. Tesis, ITB, Bandung.
- Yeh, W. W-G. 1985. Reservoir Management and Operation Models, *Water Resources Research*. vol. 21, pp 1797-1818, The American Geophysical Union.