

SIMULASI POLA OPERASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI WADUK KEDUNGOMBO

Deandra Astried¹⁾, Agus Hari Wahyudi²⁾, Suyanto³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069. Email : deandra.astried@yahoo.com

Abstract

Kedungombo Reservoir is a multipurpose reservoir which separates Sragen Regency and Boyolali Regency. The functions of Kedungombo Reservoir are as means of irrigation, hydropower, water supply for fresh water, and fisheries. Kedungombo Reservoir's problems are when the rainy season comes, the entry of the inflow was too much that immediately discarded through the spillway and in the dry season, in 2003, Kedungombo Hydropower stopped operating because the water discharge decreased dramatically. This research was conducted by quantitative descriptive analysis which is using reservoir operation rule simulation to increase the electricity production of Kedungombo Hydropower. The simulation of reservoir operation rule was done by using dependable inflow (Q_{80}) and simulation application by using existing inflow in 2005-2012. The goal of this research is examining the possibility of increasing the electricity production's benefit in Kedungombo Hydropower. The results of the simulation of reservoir operation rule using dependable inflow (Q_{80}) generate electricity production Rp 625.520.000,00 every half month or Rp 15.012.590.000,00 each year. In the application using existing inflow in 2005-2012, the average electrical energy is increasing up to 14,59 GWh each year and the average electricity production increase to Rp 14.046.480.000,- each year.

Keywords:Hydropower, Electricity Production, Kedungombo Reservoir, Reservoir Operation Rule

Abstrak

Waduk Kedungombo adalah waduk serbaguna yang menjadi batas wilayah antara Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali. Fungsi dari Waduk Kedungombo adalah sebagai sarana irigasi, PLTA, penyedia air baku, dan perikanan. Permasalahan dari Waduk Kedungombo adalah *inflow* yang terlalu besar pada musim penghujan sehingga langsung melimpas melalui spillway, dan pada musim kemarau pada tahun 2003, PLTA Kedungombo berhenti beroperasi karena debit air yang menurun drastis. Penelitian ini dilakukan dengan metode distribusi frekuensi yaitu dengan melakukan simulasi pola operasi waduk untuk meningkatkan produksi listrik PLTA Kedungombo. Simulasi pola operasi waduk dilakukan dengan menggunakan *inflow* andalan (Q_{80}) dan aplikasi simulasi dengan menggunakan *inflow* eksisting pada tahun 2005-2012 untuk mengetahui peningkatan produksi listrik yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kemungkinan peningkatan manfaat produksi listrik di PLTA Kedungombo. Hasil dari simulasi pola operasi dengan menggunakan *inflow* andalan (Q_{80}) menghasilkan produksi listrik rata-rata per 15 harian sebesar Rp 625.520.000,- atau sebesar Rp 15.012.590.000,- per tahun. Pada aplikasi *inflow* eksisting di tahun 2005-2012, didapatkan peningkatan energi listrik rata-rata sebesar 14,59 GWh per tahun dan peningkatan produksi listrik sebesar Rp 14.046.480.000,- per tahun.

Kata Kunci :PLTA, Pola Operasi Waduk, Produksi Listrik, Waduk Kedungombo

PENDAHULUAN

Waduk Kedungombo adalah waduk serbaguna yang terletak di Desa Rambat, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan yang menjadi batas wilayah antara Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali. Fungsi dari Waduk Kedungombo adalah sebagai sarana irigasi, PLTA, penyediaan air baku untuk keperluan domestik (air bersih), penyediaan air proses keperluan industri (air industri), dan perikanan. Permasalahan yang timbul di Waduk Kedungombo adalah ketika musim hujan tiba, *inflow* yang masuk ke bendungan terlalu besar sehingga langsung dibuang (melimpas) melalui spillway, tanpa diberdayakan terlebih dahulu. Sedangkan pada musim kemarau pada tahun 2003, PLTA Waduk Kedungombo berhenti beroperasi karena debit air yang menurun drastis (Anas Syahirul, 2003). Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan lebih ramah lingkungan apabila dibandingkan dengan sumber daya alam yang lain, seperti batu bara, kayu, dan bahan yang lain. Mengacu pada hal tersebut, waduk yang ada di Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai penghasil pasokan listrik dari *inflow* yang masuk dengan memperhitungkan pola operasi waduk dan tinggi tekan/terjun hidrolik sehingga didapatkan hasil yang maksimal. Dari uraian di atas, pemanfaatan Waduk Kedungombo dapat ditingkatkan dengan beberapa cara, salah satunya dengan meningkatkan produktivitas PLTA Kedungombo dengan pengaturan operasi waduk yang tetap memperhatikan kebutuhan air untuk irigasi dan air baku agar PLTA Kedungombo dapat beroperasi sepanjang tahun dengan tetap memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji peningkatan manfaat produksi listrik PLTA Kedungombo dengan melakukan simulasi

pola operasi Waduk Kedungombo. Simulasi pola operasi waduk dilakukan dengan trial pelepasan air dari Waduk Kedungombo yang bergantung pada kebutuhan air irigasi dan air baku. Hasil yang diharapkan adalah didapatkan peningkatan produksi listrik dari keadaan eksisting dengan tetap terpenuhinya kebutuhan air irigasi dan air baku.

PERSAMAAN

Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengenai debit andalan, pola operasi waduk, potensi listrik, dan kehilangan energi pada pipa.

Debit Andalan

Debit andalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Q_{80} yang berarti bahwa probabilitas tidak terpenuhinya debit tersebut sepanjang tahun sebesar 20%. Perhitungan debit andalan dilakukan dengan metode *Basic Year*, adapun langkah-langkah perhitungan dapat diuraikan sebagai berikut (Rudi Azuan, 2009):

- a. Mentabelkan hasil perhitungan debit
- b. Menghitung rata-rata debit di setiap tahun
- c. Mengurutkan rata-rata tersebut dari besar ke kecil
- d. Menghitung probabilitas dengan rumus:

$$P\% = \frac{m_n}{(x + 1)} \times 100 \dots\dots\dots [1]$$

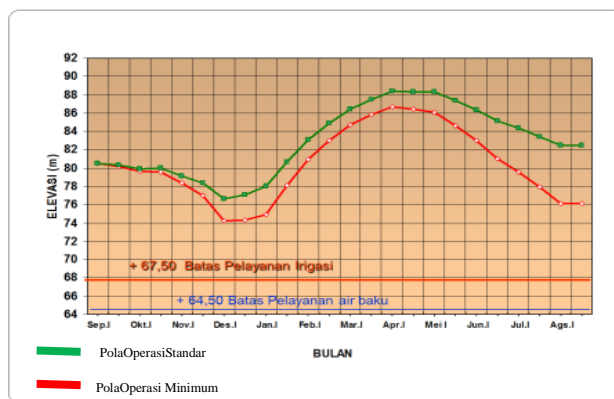
keterangan:

- m_n = nomor urut data,
- P = probabilitas kejadian (%),
- x = jumlah data dalam analisis.

- e. Untuk menentukan debit andalan 80%, diambil debit yang memiliki probabilitas 80%

Pola Operasi Waduk

Operasi waduk adalah kegiatan pengaturan air waduk sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Sedangkan pola operasi waduk adalah suatu pola pengaturan air waduk dan alokasi pemanfaatan air selama periode tertentu. (Prpto Subagyo, 2008).



Gambar 1. Sketsa Pola Operasi Waduk Kedungombo (Prpto Subagyo, 2008)

Potensi Listrik

Kapasitas dari PLTA dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (O.F. Patty, 1994):

$$P = 9,8 \times \eta_t \times \eta_g \times Q \times H_n \dots\dots\dots [2]$$

$$E = P \times t \times \eta_g \dots\dots\dots [3]$$

keterangan:

- η_t = efisiensi turbin,
- η_g = efisiensi generator,
- H_n = tinggi tekan hidrolis/ tinggi terjun efektif (m),
- P = kapasitas (KW),
- Q = debit perencanaan (m^3/det).

Kehilangan Energi

Kehilangan energi dapat disebabkan karena *minor loss* dan *head loss major*. *Minor loss* adalah kehilangan energi yang disebabkan karena sambungan, belokan, pembesaran, pengecilan, dan percabangan, dapat dinyatakan pada persamaan berikut (Bambang Triatmodjo, 1993):

$$h_e = \alpha \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots [4]$$

Head loss major adalah kehilangan energi yang diakibatkan karena gesekan antara aliran fluida dengan dinding-dinding pipa, dapat dihitung dengan persamaan berikut (Bambang Triatmodjo, 1993):

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \dots\dots\dots [5]$$

keterangan:

- α = faktor sambungan percabangan,
- f = faktor gesekan,
- g = gravitasi bumi (m/s^2),
- h_e = kehilangan energi,
- h_f = *head loss major* (m),
- L = panjang pipa (m),
- v = kecepatan fluida (m/s).

METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Analisis yang dilakukan di dalam penelitian ini adalah melakukan simulasi pola operasi untuk meningkatkan produksi listrik di PLTA Kedungombo. Tahapan dari penelitian ini diawali dengan pengumpulan data dari instansi terkait, meliputi:

1. Data *outflow* harian,
2. Data *inflow* harian,
3. Data kebutuhan air total,
4. Data pola tanam,
5. Data klimatologi,
6. Data curah hujan harian,
7. Data pencatatan elevasi,
8. Pola operasi eksisting Waduk Kedungombo,
9. Data lengkung kapasitas, dan
10. Data teknis Waduk Kedungombo.

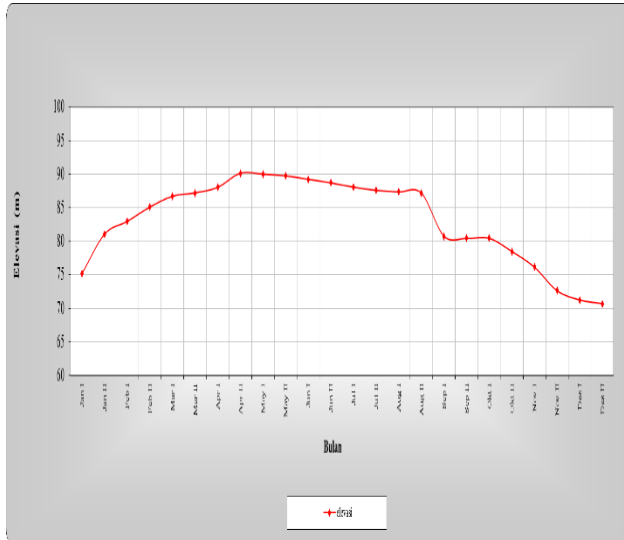
Tahapan berikutnya adalah menghitung produksi listrik eksisting yang dihitung dari nilai *outflow* dan perhitungan kehilangan energi yang terjadi (dari data teknis dan elevasi). Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan air irigasi (dihitung dari data pola tanam daerah irigasi Waduk Kedungombo dan satuan kebutuhan air irigasi), dan kebutuhan air total yang merupakan total dari kebutuhan air irigasi dan air baku. Untuk menghitung debit yang digunakan, maka dilakukan analisis *inflow* 15 harian dan perhitungan debit andalan (Q_{80}) dengan metode *Basic Year*. Kemudian dari data curah hujan dan data evaporasi (didapatkan dari data klimatologi) dihitung besarnya *losses* yang terjadi. Selanjutnya dilakukan simulasi pola operasi waduk dengan Q_{80} dan *inflow* eksisting agar dapat dihitung peningkatan produksi listrik yang terjadi dari keadaan eksisting.

HASIL DAN PEMBAHASAN

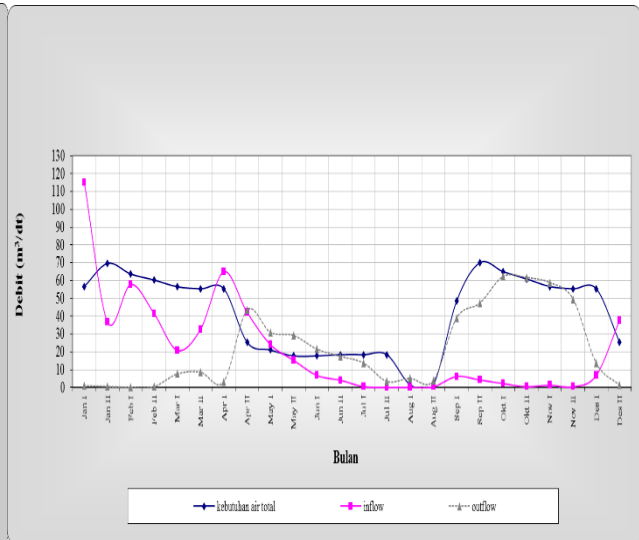
Perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Perhitungan kehilangan energi.
2. Perhitungan produksi listrik eksisting.
3. Perhitungan *inflow* andalan.
4. Perhitungan *losses*.
5. Perhitungan kebutuhan air.
6. Simulasi pola operasi waduk dengan menggunakan *inflow* andalan dan *inflow* eksisting.
7. Perhitungan produksi listrik hasil simulasi.
8. Perbandingan produksi listrik hasil simulasi dengan produksi listrik keadaan eksisting.

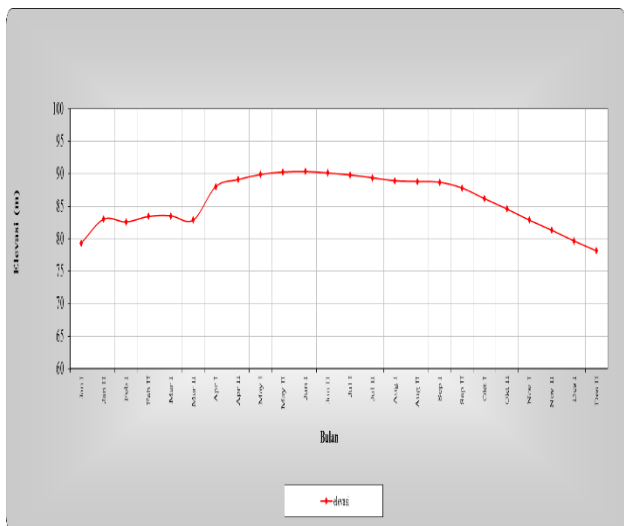
Analisis simulasi pola operasi dilakukan dengan menggunakan *inflow* andalan (Q_{80}) dan diaplikasikan dengan menggunakan *inflow* eksisting pada rentang tahun 2005-2012 untuk membandingkan produksi listrik eksisting dan produksi listrik hasil dari simulasi pola operasi. Berikut adalah contoh hasil simulasi pola operasi pada tahun 2006:



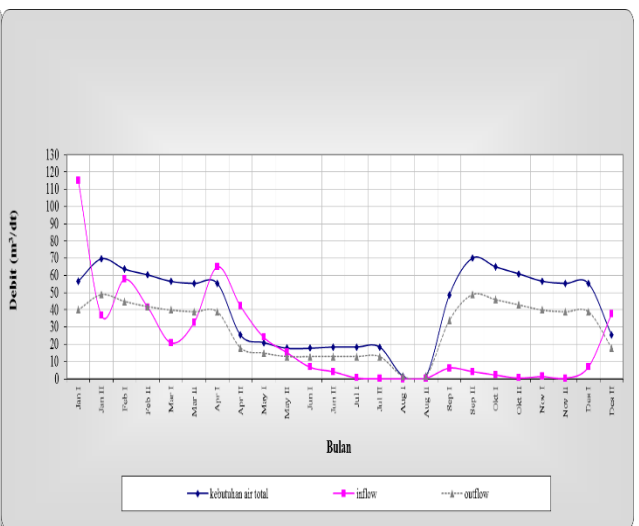
Gambar 2. Pola Operasi Eksisting Pada Tahun 2006



Gambar 3. Hubungan Kebutuhan Air, *Inflow*, dan *Outflow* Pada Pola Operasi Eksisting Tahun 2006



Gambar 4. Simulasi Pola Operasi Pada Tahun 2006



Gambar 5. Hubungan Kebutuhan Air, *Inflow*, dan *Outflow* Pada Simulasi Pola Operasi Tahun 2006

Pada Gambar 2 dapat dilihat pola operasi eksisting pada tahun 2006 yang didapatkan dari data pencatatan elevasi, dan pada Gambar 3 dapat dilihat hubungan antara kebutuhan air yang didasarkan pada perhitungan kebutuhan air, *inflow*, dan *outflow* eksisting yang didapatkan dari pencatatan *inflow* dan *outflow* Waduk Kedungombo. Untuk membandingkan dengan hasil simulasi pola operasi maka ditampilkan Gambar 4 yang merupakan hasil dari simulasi pola operasi pada tahun 2006 dan Gambar 5, dimana dapat dilihat besarnya kebutuhan air, *inflow*, dan *outflow* yang dihasilkan pada simulasi pola operasi pada tahun 2006.

Dari simulasi pola operasi yang dilakukan pada keadaan *inflow* andalan dan aplikasi pada tahun 2005-2012, didapatkan produksi listrik hasil simulasi sebagai berikut:

Tabel 1. Produksi Listrik Hasil Simulasi

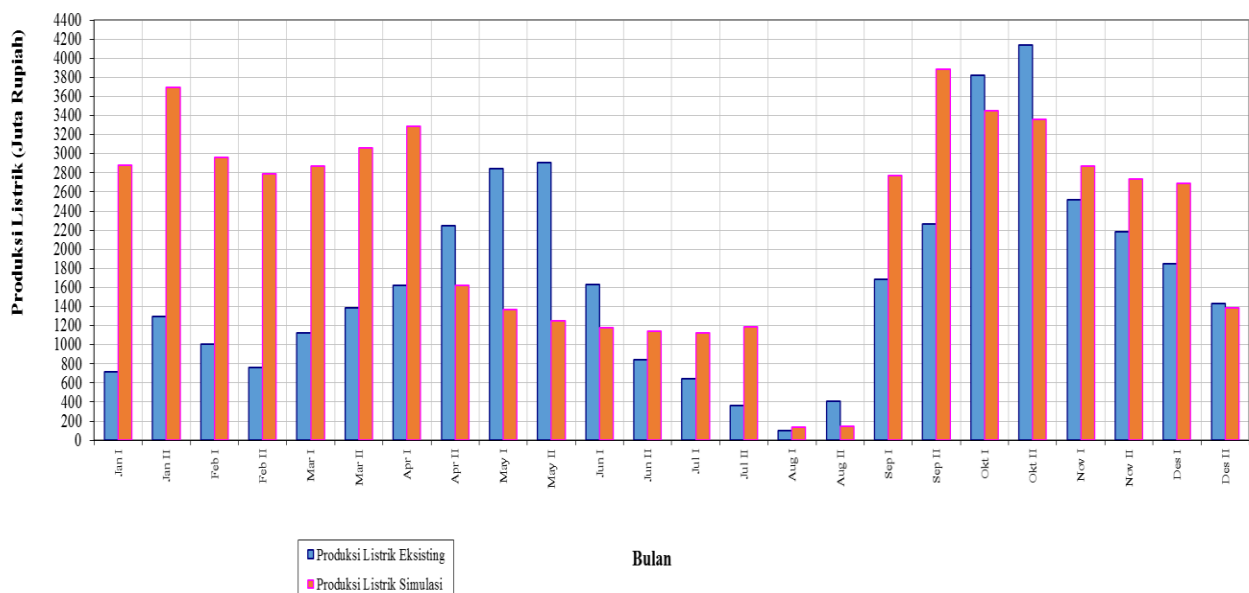
Tahun	Jumlah (juta rupiah)	Rata-rata (juta rupiah)
Q ₈₀	15.012,59	625,52
2005	43.279,82	1.803,33
2006	55.764,19	2.323,51
2007	37.757,92	1.573,25
2008	49.761,04	2.073,38
2009	51.973,48	2.165,56
2010	72.081,98	3.003,42
2011	65.172,48	2.715,52
2012	54.953,31	2.289,72

Peningkatan produksi listrik didapatkan dari membandingkan produksi listrik hasil simulasi dengan produksi listrik eksisting pada tahun 2005-2012, berikut adalah peningkatan produksi listrik yang dihasilkan:

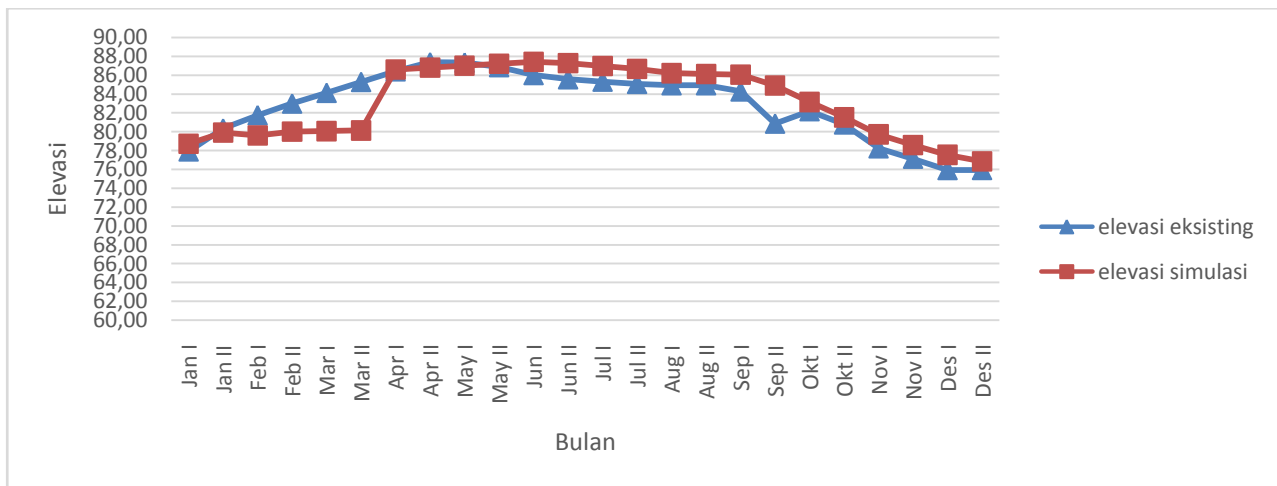
Tabel 2. Peningkatan Produksi Listrik

Tahun	Eksisting (juta rupiah)	Simulasi (juta rupiah)	Peningkatan (juta rupiah)
2005	37.451,00	43.279,82	5.828,83
2006	23.713,59	55.764,19	32.050,61
2007	31.078,75	37.757,92	6.679,17
2008	34.992,68	49.761,04	14.768,37
2009	32.752,83	51.973,48	19.220,65
2010	62.959,67	72.081,98	9.122,31
2011	53.496,05	65.172,48	11.676,43
2012	41.927,87	54.953,31	13.025,44

Perbandingan produksi listrik rata-rata pada keadaan eksisting dan hasil simulasi serta perbandingan pola operasi rata-rata dinyatakan pada gambar berikut:



Gambar 4. Perbandingan Produksi Listrik Rata-Rata Hasil Simulasi dan Keadaan Eksisting



Gambar 5. Perbandingan Pola Operasi Rata-Rata Hasil Simulasi dan Keadaan Eksisting

Hasil dari simulasi pola operasi yang dilakukan adalah didapatkan peningkatan energi listrik rata-rata sebesar 14,59 GWh per tahun dan peningkatan produksi listrik rata-rata sebesar Rp 14.046.480.000,- per tahun. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Abinentaras Tarigan (2001) dalam penelitiannya yang berjudul “Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Kedungombo dengan Program Linier” yang menghasilkan peningkatan energi listrik rata-rata sebesar 7,41 GWh dan peningkatan pendapatan rerata pemanfaatan air Waduk Kedungombo sebesar Rp 30.590.000.000,- maka peningkatan produksi listrik dari penelitian ini cukup signifikan karena pada penelitian ini peningkatan pendapatan pemanfaatan air hanya ditinjau dari produksi listrik saja sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Abinentaras Tarigan selain ditinjau dari pendapatan dari produksi listrik, juga ditinjau dari pemanfaatan air irigasi dan air baku.

SIMPULAN

1. Hasil dari analisis pencatatan *outflow* Waduk Kedungombo, didapatkan produksi listrik rata-rata per tahun pada keadaan eksisting sebesar Rp 39.796.550.000,-.
2. Pada simulasi pola operasi, pola operasi yang optimal untuk meningkatkan kinerja PLTA Waduk Kedungombo adalah pola operasi yang menahan air sebanyak-banyaknya di tampungan waduk, dan melepas air sesuai dengan kebutuhan air total yang telah diperhitungkan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi *head*, semakin tinggi pula produksi listriknya.
3. Dari simulasi pola operasi yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Energi listrik rata-rata yang dihasilkan pada keadaan eksisting sebesar 59,84 GWh per tahun. Sedangkan pada simulasi pola operasi menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 74,43 GWh per tahun. Maka peningkatan energi listrik rata-rata per tahun sebesar 14,59 GWh.
 - b. Pada perencanaan dengan menggunakan *inflow* andalan (Q_{80}) dan *outflow* yang disesuaikan dengan kebutuhan air irigasi didapatkan produksi listrik rata-rata per 15 harian sebesar Rp 625.520.000,- atau sebesar Rp 15.012.590.000,- per tahun.
 - c. Untuk aplikasi per tahun, dilakukan dengan menggunakan *inflow* sesuai dengan data yang ada dan *outflow* sesuai dengan kebutuhan air irigasi. Hasil yang didapatkan terjadi peningkatan produksi listrik rata-rata Rp 14.046.480.000,- per tahun.

REFERENSI

- Anas Syahirul, 2003, “PLTA Kedungombo Berhenti Beroperasi”, <http://www.tempo.co/read/news/2003/08/21/05814257/PLTA-Kedungombo-Berhenti-Operasi>, Diakses tanggal 16 Maret 2013 jam 20:24.
- Bambang Triatmojo, 1993, “Hidraulika II”, Beta Offset. Yogyakarta.
- O.F.Patty, 1994, “Tenaga Air”, Erlangga. Jakarta.
- Prpto Subagyo, 2008, “Kajian Manual Operasi dan Pemeliharaan Waduk Kedungombo”.
- Rudi Azuan, 2009, “Peningkatan Kinerja Operasi Waduk Dengan Cara Rotasi Pemberian Air Pada Daerah Irigasi Way Jepara, Lampung (Skripsi)”, UNS. Surakarta.
- Abinentaras Tarigan. 2001. Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Kedungombo Dengan Program Linier (Skripsi). Semarang : Universitas Diponegoro.