

Analisa Pemodelan PLTA Sengguruh dengan *Matlab Simulink*

Nadia Adikurniawan, Daniel Rohi, Hanny Hosiana Tumbelaka
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: m23412028@john.petra.ac.id; rohi@petra.ac.id; tumbekh@petra.ac.id

Abstrak— PLTA Sengguruh terletak di Malang, mulai beroperasi sejak tahun 1989. PLTA ini memiliki 2 unit pembangkit sebesar 2 x 14,5 MW. Saat ini kinerjanya telah berkurang menjadi 2 x 12 MW. Penelitian ini berupaya untuk menganalisa PLTA Sengguruh dengan pemodelan *Matlab Simulink* agar dapat digunakan dalam melakukan perencanaan dan investigasi masalah.

Pemodelan PLTA Sengguruh menggunakan *input inflow*, buka tutup katup dan persamaan linear *tail race*. Hasil simulasi model berupa elevasi waduk, debit *outflow*, elevasi *tail race*, *head* efektif dan produksi listrik. Simulasi untuk produksi dilakukan dengan dua pemodelan yaitu sesuai dengan rumus PLTA dan dengan koefisien pengali di lapangan. Hasil simulasi divalidasi berdasarkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data eksisting.

Simulasi PLTA Sengguruh memiliki persentase kesalahan sebesar 0.024% untuk elevasi waduk, 0% untuk debit *outflow*, 0.29% untuk elevasi *Tail Race*. Kesalahan simulasi produksi listrik dengan rumus sebesar PLTA 11.35 % dan kesalahan dengan koefisien sebesar 5.1%.

Kata Kunci— PLTA Sengguruh, *Matlab Simulink*, Pemodelan

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga air merupakan sumber listrik yang dihasilkan dari energi potensial dan kinetik air. Mekanisme dari pembangkit ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air.^[1] Keuntungan dari PLTA adalah tidak menghabiskan sumber daya alam karena air yang digunakan akan dikembalikan ke sumbernya. Pembangkit ini juga ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dan limbah. Selain itu pembangkit ini bisa beroperasi selama 24 jam dan 7 hari seminggu

Salah satu pembangkit listrik tenaga air di Indonesia adalah PLTA Sengguruh yang terletak pada desa Sengguruh di kota Malang. Bendungan ini mulai dibangun pada tahun 1982 dan selesai pada tahun 1989. Tujuan bendungan ini dibangun adalah sebagai penahan sedimen yang masuk ke Bendungan Karangates. Pada bendungan ini terdapat pembangkit listrik dengan daya 2x 14,5 MW.

Saat ini waduk Sengguruh memiliki kondisi yang cukup buruk akibat sedimentasi yang ada cukup tebal, sehingga berimbas pada menurunnya kapasitas waduk. Pengoperasian PLTA Sengguruh juga menjadi tidak optimal ketika musim kemarau. Banyaknya sampah pada waduk Sengguruh juga mempengaruhi kinerja PLTA Sengguruh. Pada musim kemarau sampah yang masuk ke waduk mencapai 30 meter kubik/ hari dan pada musim hujan mencapai 200 meter

kubik/hari. Dengan adanya kondisi sampah seperti di atas maka akan mempercepat proses sedimentasi pada waduk. Sedimentasi pada waduk Sengguruh mencapai 1,28 juta m³/tahun. Dengan adanya sedimentasi tersebut terjadi penurunan produksi listrik dari 29 MW/hari menjadi 18 MW/hari.^[2]

Akibat permasalahan di atas perlu dilakukan kajian yang menyeluruh terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengoperasian PLTA Sengguruh dalam memproduksi energi listrik. Salah satu cara untuk melakukan kajian tersebut adalah dengan membuat pemodelan untuk mensimulasi proses pengoperasian PLTA. Simulasi dengan pemodelan lebih efisien dan efektif dibandingkan eksperimen secara langsung di lapangan. Hal ini karena biaya yang besar dan waktu yang lama jika melakukan eksperimen secara langsung.^[3]

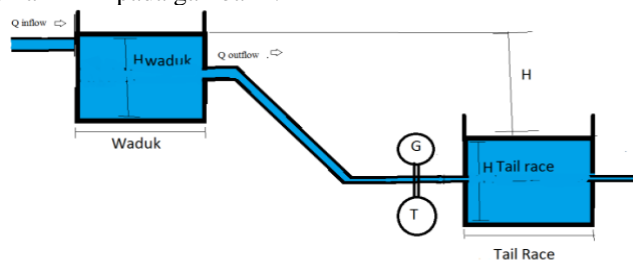
Penelitian yang telah dilakukan saat ini untuk menganalisa masalah PLTA Sengguruh, berkisar pada analisa peralatan listrik dan analisa optimalisasi pada sedimentasi dan faktor alam. Karena itu akan dilakukan penelitian berupa pemodelan PLTA Sengguruh pada *Matlab simulink*. Pemodelan ini dapat digunakan oleh PLTA Sengguruh dalam melakukan perencanaan dan investigasi masalah, sehingga dapat menemukan rancangan yang tepat untuk menanggulangi permasalahan tersebut.

Pemodelan dan simulasi dibuat dengan menggunakan *Matlab Simulink*. Model yang dipakai akan dimodifikasi sesuai dengan kondisi PLTA Sengguruh. Untuk melakukan simulasi diperlukan data-data historis dan aktual terkait pengoperasian PLTA. Data-data tersebut meliputi debit air, elevasi waduk, elevasi *tail race*, komponen hidrolis dan mekanik PLTA Sengguruh. Data-data tersebut digunakan sebagai acuan dan *input* pada model. Hasil simulasi pada pemodelan akan dibandingkan dengan data eksisting. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa model yang dipakai tepat.

II. MODEL PLTA SENGGURUH

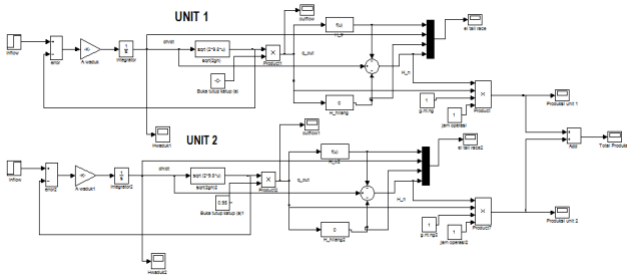
A. Pemilihan Model

PLTA Sengguruh akan dibuat modelnya berdasarkan skema PLTA pada gambar 1.



Gambar 1. Skema PLTA Sengguruh

Skema diatas menunjukkan proses masuknya air dari waduk sampai keluar menuju *tail race*. Debit *inflow* merupakan debit air yang masuk ke dalam waduk. Debit *inflow* dipengaruhi oleh curah hujan. Sementara semakin besar debit *inflow* maka debit *outflow*nya juga semakin besar. Debit *outflow* yang berfungsi sebagai penggerak turbin. Melalui skema diatas akan dibuat model dengan *input* debit *inflow* agar dapat menghasilkan elevasi waduk, debit *outflow* dan elevasi *tail race* sesuai kondisi eksisting. PLTA Sengguruh memiliki dua unit pembangkit yang identik, berikut pemodelannya:



Gambar 2. Model PLTA Sengguruh

Proses pembuatan rumus diatas dibagi menjadi tiga tahap yaitu menemukan elevasi waduk, debit *outflow* dan elevasi waduk. Elevasi waduk didapat berdasarkan nilai *input inflow*. Sementara elevasi *tail race* dicari dengan menggunakan grafik persamaan linear. Sumbu (x) pada grafik merupakan debit *outflow* (x) dan sumbu (y) merupakan elevasi *tail race* (y). Persamaan linear yang digunakan berbeda tiap bulannya.

Sementara mencari debit *outflow* ditentukan dengan rumus fisika sebagai berikut:

Energi potensial = Energi kinetik

$$m \cdot g \cdot h = (m \cdot v^2) / 2 \tag{1}$$

$$g \cdot h = (Q/a)^2 \tag{2}$$

$$\sqrt{g \cdot h} = Q/a \tag{3}$$

$$Q = a \cdot \sqrt{g \cdot h} \tag{4}$$

Q pada rumus merupakan debit *outflow*, a merupakan buka tutup katup, g adalah gaya jatuh air sebesar 9.8 m²/s dan h adalah elevasi waduk. Buka tutup waduk merupakan perbandingan antara debit *outflow* dengan *inflow*.

B. Percobaan Model

Analisa model pada *Matlab Simulink* akan menggunakan data bulan September dan Desember 2015. Pemilihan data tersebut berdasarkan kondisi terakhir PLTA Sengguruh. Simulasi yang dilakukan pada tiap bulan masing- masing mewakili musim kemarau dan musim hujan. Hasil simulasi dari kedua bulan ini akan dibandingkan untuk menunjukkan validasi model. Hasil simulasi akan divalidasi dengan cara mencari persentase kesalahan pada simulasi. Persentase kesalahan didapat dengan cara membandingkan nilai yang didapat pada hasil simulasi pemodelan dengan data eksisting.

Input pada pemodelan adalah *inflow*, buka tutup katup (a), dan persamaan linear elevasi *tail race*. Hasil simulasi berupa nilai elevasi waduk, elevasi *tail race*, *outflow*, kwh produksi. Percobaan pertama akan menentukan parameter

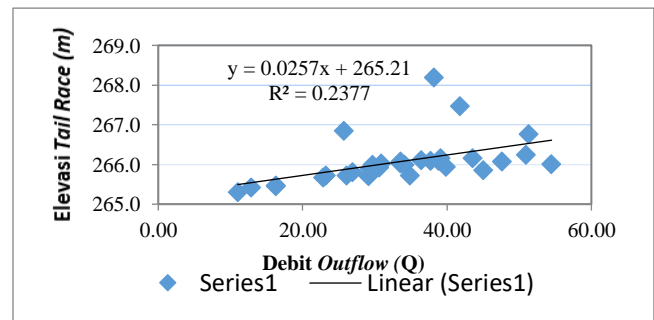
pada model yang dimodifikasi. Simulasi pertama akan dilakukan pada bulan desember, berikut data eksistingnya:

Tabel 1. Data Hidrologi Desember 2015

Tgl	<i>Outflow</i>	<i>Inflow</i>	Elevasi waduk	Elevasi <i>tail race</i>	Head efektif
	m ³ /s	m ³ /s	meter	meter	meter
1	34.090	40.640	292.453	265.988	26.465
2	33.560	41.140	292.347	266.021	26.326
3	41.790	40.350	292.424	267.476	24.948
4	38.170	33.270	292.428	268.200	24.228

(sum ber: Lape ng PLT A Seng guru h Dese mber2015)

Simulasi pertama dilakukan berdasarkan data 1 Desember 2015 dengan nilai *inflow* sebesar 40.64 dan *outflow* sebesar 34.09. Sehingga *input* pada model adalah *inflow* sebesar 40.64 dan buka tutup katup (a) sebesar 0.8388. Buka tutup katup merupakan perbandingan antara *outflow* dengan *inflow*. Persamaan *tail race* yang dimasukan dicari dengan persamaan linear dari grafik debit *outflow* dan elevasi *tail race* bulan Desember 2015.



Grafik 1. Persamaan Linear Desember 2015

Grafik 2 merupakan grafik antara debit *outflow* bulan Desember (x) dengan elevasi *tail race* bulan Desember (y). Persamaan linear yang dipakai:

$$Y = 0.0257x + 265.21 \tag{5}$$

Hasil simulasi pada percobaan pertama sebagai berikut:

- Elevasi waduk: 84.265
- *Outflow*: 34.07
- Elevasi *Tail Race*: 266.08

Elevasi waduk pada percobaan sebesar 84.265 sedangkan pada data eksisting sebesar 292.453. *Outflow* pada percobaan sebesar 34.07 sedangkan pada data eksisting sebesar 34.09. Elevasi *Tail Race* pada percobaan sebesar 266.08 sedangkan pada data eksisting sebesar 265.988. Hal ini membuktikan perbedaan yang cukup besar pada elevasi waduk. Sehingga perlu dilakukan *adjusting* pada parameter *Inflow*.

Nilai *inflow* mempengaruhi besar elevasi waduk, sehingga elevasi waduk berdasarkan data eksisting dijadikan acuan untuk mencari nilai *inflow* sebagai *input* pada model.

Nilai *inflow* dapat diadjust pada model, karena yang digunakan sebagai acuan pada model adalah elevasi waduk. Elevasi waduk PLTA Sengguruh memiliki *range* antara 291.5- 292.5 m. Sehingga elevasi waduk Sengguruh harus dijaga ketinggiannya agar tidak lebih/ kurang dari posisi

tersebut. Maka besar atau kecilnya debit air yang masuk ke waduk tidak menyebabkan perubahan yang besar pada waduk.

Besar debit air yang masuk (*inflow*) tersebut mempengaruhi besar debit air ke turbin. Besar debit ini mempengaruhi lama operasi PLTA Sengguruh. Karena pada model tidak dibuat untuk air tumpangan pada waduk, hanya ada debit masuk ke waduk maka *inflow* harus *diadjust* agar sesuai dengan elevasinya.

Elevasi waduk yang dijadikan acuan adalah tanggal 1 Desember 2015, sebesar 292.453. Nilai *Inflow* yang didapat setelah melakukan *adjusting* pada model sebesar 75.71079. Hasil simulasi setelah modifikasi adalah:

- Elevasi waduk: 292.455
- Debit outflow: 34.07
- Elevasi Tail Race: 266.08

Tidak Terjadi perubahan pada hasil simulasi debit *outflow* dan elevasi waduk hal ini disebabkan perubahan pada *inflow* merubah nilai buka tutup katup. Buka tutup katup yang sebelumnya sebesar 0.8388 menjadi 0.450266. Nilai ini didapat dari perbandingan *outflow* dan nilai *inflow* yang ditentukan.

Maka untuk nilai *Inflow* pada tanggal 2- 4 Desember merupakan perbandingan dari nilai *inflow* tanggal 1. Setelah dihitung pada excel didapat nilai *inflow* pada tabel 4.4. Tabel 4.4 merupakan penentuan nilai *inflow* yang akan dimasukkan ke dalam model untuk membuktikan bahwa model yang dipakai tepat.

Tabel 2. Penentuan *Inflow* Desember 2015 pada Model

Tgl	Elevasi waduk	<i>Q Inflow</i>
1	292.453	75.710
2	292.347	75.683
3	292.424	75.703
4	292.428	75.704

Setelah *inflow* didapat maka dapat dihitung besar buka tutup katup pada model dengan cara membagi debit *outflow* eksisting dengan debit *inflow*. Berikut adalah perhitungan buka tutup katup pada excel:

Tabel 3. Penentuan Besar Buka tutup katup pada Model

Tgl	<i>Inflow</i> pada model	<i>Q. Outflow</i>	a
1	75.710	34.090	0.450
2	75.683	33.560	0.443
3	75.703	41.790	0.552
4	75.70432	38.17	0.504198

Nilai *inflow* dan buka tutup katup pada tabel 3 adalah parameter yang *diinputkan* ke dalam model.

III. ANALISA HASIL SIMULASI PEMODELAN

A. Hasil Simulasi Debit dan Elevasi Desember 2015

Berikut merupakan hasil simulasi pada tanggal 1- 4 Desember. *Output* yang didapat berupa elevasi waduk, debit *outflow* dan elevasi *tail race*.

Tabel 4. Hasil Simulasi dan Data Eksisting Desember

Tgl	Hasil Simulasi			Data Eksisting		
	El. waduk	<i>Outflow</i>	El. <i>tail race</i>	El. waduk	<i>Outflow</i>	El. <i>tail race</i>
1	292.45	34.07	266.08	292.45	34.09	265.988
2	292.43	33.56	266.07	292.34	33.56	266.021
3	292.4	41.80	266.28	292.42	41.79	267.476
4	292.40	38.17	266.19	292.42	38.17	268.200

Hasil Simulasi pada tanggal 1 untuk elevasi waduk lebih besar dari elevasi waduk kondisi eksisting. Sementara untuk *outflow*, simulasi memiliki hasil lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting. Elevasi *tail race* memiliki nilai lebih besar dari kondisi eksisting. Data *outflow* pada tanggal 2- 4 memiliki nilai yang sama antara hasil simulasi dan kondisi eksisting. Persentase kesalahan untuk elevasi waduk sebesar 0.0024 %. Persentase kesalahan untuk hasil simulasi *outflow* sebesar 0%. Persentase kesalahan untuk hasil simulasi elevasi *tail race* sebesar 0.29%.

B. Hasil Simulasi Produksi Listrik Desember 201

Berikut merupakan data eksisting produksi listrik tanggal 1- 4 Desember 2015:

Tabel 5. Data Eksisting Produksi Listrik Desember 2015

Tgl	Produksi Energi kWh			Jam Operasi		
	I	II	Total	I	II	Total
1	68,896	123,032	191,928	6	11.52	17.52
2	93,160	95,784	188,944	8.58	10.04	18.62
3	103,760	94,464	198,224	9.56	9.37	18.93
4	122,952	82,742	205,694	10.41	7.59	18

(sumber: Lapeng PLTA Sengguruh Desember 2015)

Produksi listrik PLTA Sengguruh apabila dihitung dengan rumus daya PLTA listrik tidak tepat hal ini karena PLTA Sengguruh memiliki koefisien sendiri dalam perhitungannya. Maka dibuat dua perhitungan menggunakan excel yaitu dengan menggunakan rumus PLTA dan dengan dikali koefisien pembangkit yaitu 204.8328.

Rumus PLTA untuk produksi listrik yaitu sebagai berikut: ^[4]

$$P = 9,8 \times H \times Q \times \eta_T \times \eta_G \quad (6)$$

dimana,

P (power) = tenaga yang dikeluarkan oleh generator secara teoritis (kW)

H (head) = tinggi jatuh air efektif (m)

Q (outflow) = debit air (m³/s)

η_T = efisiensi turbin

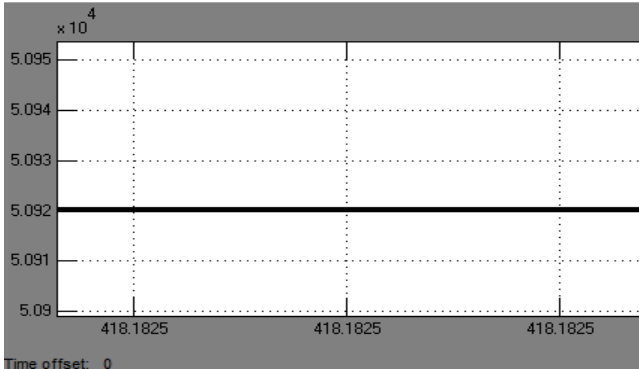
η_G = efisiensi generator

Hasil perhitungan daya akan dikalikan dengan jam operasi sehingga menghasilkan total produksi listrik (kWh).

Berikut adalah hasil simulasi unit 1 dan unit 2 pada tanggal 1 Desember 2015 berdasarkan rumus pada *matlab simulink*:

Input unit 1 pada pemodelan yaitu:

- Gaya jatuh air = 9.8
- Efisiensi turbin= 0.9863
- Efisiensi generator=0.9773
- Jam operasi= 6

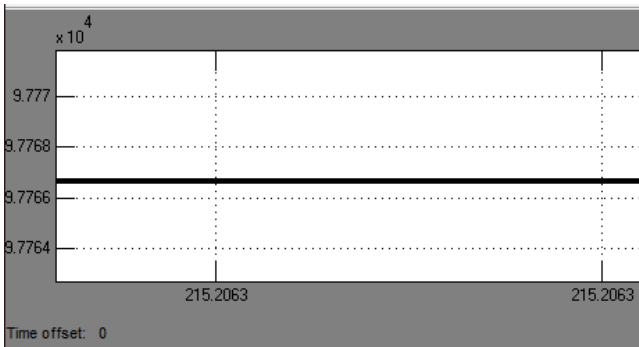


Gambar 3. Produksi Unit 1 dengan Rumus

Hasil Produksi unit 1 dengan rumus sebesar 50.920 kWh. Sementara hasil produksi eksisting sebesar 68.896 kWh.

Input unit 2 pada pemodelan yaitu:

- Gaya jatuh air = 9.8
- Efisiensi turbin= 0.9863
- Efisiensi generator=0.9773
- Jam operasi= 11.87



Gambar 4. Produksi Unit 2 dengan Rumus

Hasil simulasi unit 2 sebesar 97.767 kWh. Sementara data eksisting sebesar 123.032 kWh.

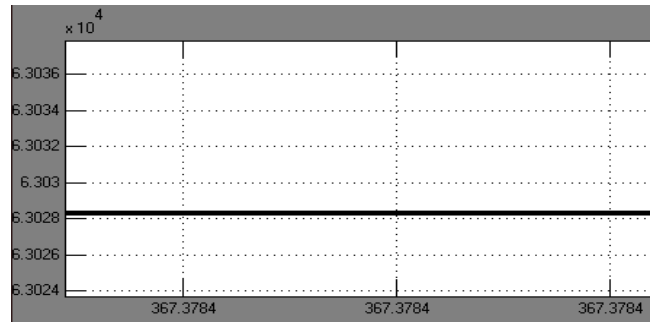
Hasil perhitungan unit 1 sebesar 50.920 kWh. Sementara hasil perhitungan unit 2 sebesar 97.767 kWh. Maka hasil simulasi total produksi sebesar 148.690 kWh. Sementara total produksi tanggal 1 data eksisting adalah 191.928 kWh. Hasil simulasi produksi listrik dengan perhitungan rumus lebih kecil dibandingkan data eksistingnya.

Simulasi akan dilakukan dengan cara dua yaitu dengan faktor pengali 204.8328. Pada cara dua ini perhitungan produksi listrik adalah *outflow* dikalikan dengan *head* lalu dikalikan dengan 204.8328. Berikut adalah hasil simulasi unit 1 dan unit 2 pada tanggal 1 Desember 2015 berdasarkan simulasi dengan koefisien 204.8328.

Input unit 1 pada pemodelan yaitu:

- Input Unit 1:
- Koefisien: 204.328

Jam operasi: 0.342466, jam operasi didapat dengan cara perbandingan antara jam operasi unit 1 sebesar 6 jam dengan total jam operasi sebesar 17.87 jam.



Gambar 6. Produksi Unit 1 dengan Koefisien

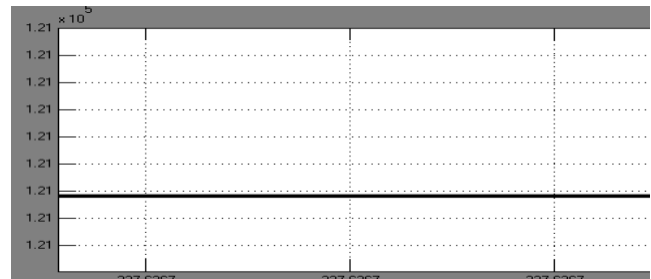
Hasil perhitungan unit 1 sebesar 63.030 kWh. Sementara data eksisting sebesar 68.896 kWh.

Input unit 2 pada pemodelan yaitu:

Koefisien: 204.328

Jam operasi: 0.657534, jam operasi didapat dengan cara perbandingan antara jam operasi unit 1 sebesar 11.87 jam dengan total jam operasi sebesar 17.87 jam.

Hasil simulasi:



Gambar 6. Produksi Unit 2 dengan Koefisien

Hasil perhitungan unit 2 sebesar 121000 kWh. Sementara data eksisting sebesar 123.032 kWh.

Hasil perhitungan unit 1 sebesar 63.030 kWh. Sementara hasil perhitungan unit 2 sebesar 120.870 kWh. Maka hasil simulasi total produksi sebesar 183.900 kWh. Sementara total produksi tanggal 1 data eksisting adalah 191.928 kWh.

Tabel 6. Hasil Simulasi Produksi Listrik dengan Rumus

T gl	Hasil Simulasi (kWH)			Data Eksisting (kWH)		
	Unit1	Unit 2	Total	Unit 1	Unit 2	Total
1	50920	97765	148685	68896	114672	183568
2	71185	83300	154485	132120	73640	205760
3	98550	96600	195150	152856	58088	210944
4	98400	71740	170140	54000	99752	153752

Pada hasil simulasi, total produksi rata-rata dari tanggal 1 sampai 4 desember sebesar 167.115 kWh. Total produksi listrik rata-rata pada kondisi eksisting sebesar 188.506 kWh. Terjadi kesalahan sebesar 11.35 % pada simulasi. Hal ini terjadi karena faktor pengali yang kurang tepat antara rumus PLTA dengan rumus yang dipakai oleh PLTA Sengguh. Berikut akan didapatkan hasil simulasi dengan menggunakan koefisien pengali 204.8328:

Tabel 7. Hasil Simulasi Produksi Listrik dengan Koefisien

Tgl	Hasil Simulasi (kWh)			Data Eksisting (kWh)		
	unit 1	unit 2	Total	unit 1	unit 2	Total
1	63028	121000	184028	68896	114672	183568
2	83000	97000	180000	132120	73640	205760
3	112890	110640	223530	152860	58088	210944
4	118500	8.400	204900	54000	99752	153752

Pada hasil simulasi, total produksi rata-rata dari tanggal 1 sampai 4 Desember sebesar 198.114,5 kWh. Total produksi listrik rata-rata pada kondisi eksisting sebesar 188.506 kWh. Terjadi kesalahan sebesar 5.1% pada simulasi. Simulasi dengan menggunakan koefisien 204.8328 lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan rumus PLTA.

C. Hasil Simulasi Debit dan Elevasi September 2015

Analisa pemodelan PLTA Sengguruh juga dilakukan pada bulan September 2015. Simulasi ini dilakukan untuk mewakili kinerja PLTA Sengguruh pada musim kemarau. Hasil simulasi ini dipakai untuk memvalidasi model yang dipakai dengan cara membandingkan persentase kesalahan hasil simulasi pemodelan pada musim kemarau dan musim hujan (Desember 2015). Simulasi dilakukan pada tanggal 1 sampai 4 September. Berikut adalah data eksisting untuk debit, elevasi dan produksi listrik.

Tabel 8. Data Hidrologi September 2015

Tgl	Q . Outflow	Q . Inflow	Elevasi waduk	Elevasi tail race
	m ³ /s	m ³ /s	meter	meter
1	15.01	15.33	292.392	269.304
2	14.71	15.51	292.404	269.142
3	14.98	15.89	292.439	269.038
4	15.85	14.07	292.443	269.000

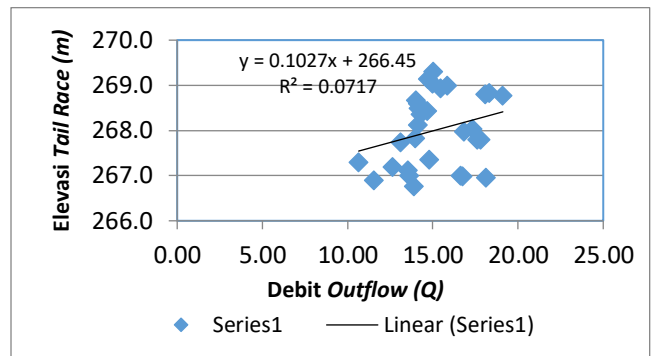
(sumber: Lapeng PLTA Sengguruh September 2015)

Melalui data diatas didapatkan nilai input pada model, sebagai berikut:

Tabel 9. Parameter Input Bulan September

Tgl	Inflow pada model	Outflow	a
1	75.69	15.01	0.198
2	75.70	14.71	0.194
3	75.71	14.98	0.198
4	75.710	15.85	0.209

Persamaan linear yang digunakan untuk mencari elevasi tail race adalah sebagai berikut:



Grafik 2. Persamaan Linear Bulan September 2015

Grafik diatas merupakan grafik antara debit outflow bulan September (x) dengan elevasi tail race bulan September (y). Persamaan linear yang dipakai:

$$Y = 0.1027x + 266.45 \quad (7)$$

Berikut adalah perbandingan antara hasil simulasi 1 sampai 4 September dengan data eksisting:

Tabel 10. Perbandingan Hasil Simulasi dan Eksisting Bulan September

Tg 1	Hasil Simulasi			Data Eksisting		
	El. waduk	Q . Outflow	El. tail race	El. waduk	Q . Outflow	El. tail race
1	292.329	15.010	268	292.392	15.010	269.304
2	292.350	14.710	268	292.404	14.710	269.142
3	292.415	14.980	268	292.439	14.980	269.038
4	292.420	15.850	268.07	292.443	15.850	269.000

Persentase kesalahan untuk hasil simulasi elevasi waduk adalah 0.017, debit outflow adalah 0% dan elevasi tail race adalah 0.4 %. Hal ini membuktikan bahwa persentase kesalahan simulasi sangat kecil.

D. Hasil Simulasi Produksi Listrik September 2015

Berikut merupakan data eksisting PLTA Sengguruh bulan September 2015:

Tabel 11. Data Eksisting Produksi Listrik September 2015

Tgl	PRODUKSI ENERGI kWh			JAM OPERASI		
	I	II	TOTAL	I	II	TOTAL
1	20.488	51.336	71.824	2.010	5.010	7.020
2	53.232	21.744	74.976	4.580	2.010	6.590
3	62.040	15.280	77.320	6	1.300	7.300
4	0	70.808	70.808	0	6.560	6.560

Sumber: (Lapeng PLTA Sengguruh September 2015)

Simulasi produksi listrik menggunakan dua model yaitu berdasarkan rumus PLTA dan model dengan koefisien dari PLTA Sengguruh. Berikut merupakan hasil simulasi menggunakan model berdasarkan rumus:

Tabel 12. Hasil Simulasi Produksi Listrik dengan Rumus

T gl	Hasil Simulasi (kWH)			Data Eksisting (kWH)		
	Unit 1	Unit 2	Total	Unit 1	Unit 2	Total
1	6936	18990	25926	20488	51336	71824
2	15520	7470	22990	53232	21744	74976
3	20738	4933	25671	62040	15280	77320
4	118500	86400	204900	54000	99752	153752

Persentase kesalahan pada simulasi model PLTA berdasarkan rumus adalah 65%. Berikut merupakan hasil simulasi produksi listrik bulan desember berdasarkan koefisien 204.8328 :

Tabel 12. Hasil Simulasi Produksi Listrik dengan Koefisien

T gl	Hasil Simulasi (kWH)			Data Eksisting (kWH)		
	Unit1	Unit 2	Total	Unit 1	Unit 2	Total
1	21350	58751	80101	20488	51336	71824
2	52172	23384	75556	53232	21744	74976
3	60136	16262	76398	62040	15280	77320
4	0	87000	87000	0	70808	70808

Persentase kesalahan pada simulasi model PLTA berdasarkan rumus adalah 8.18%. Hal ini menunjukkan jika perhitungan dengan koefisien PLTA lebih mendekati kondisi eksisting.

Hasil simulasi pemodelan PLTA Sengguruh pada musim hujan (Desember) dan musim kemarau (September) memiliki persentase kesalahan yang kecil. Selisih perbedaan persentase kesalahan keduanya juga kecil, padahal debit *inflow* dan *outflow* pada musim hujan lebih besar. Persentase kesalahan untuk elevasi waduk pada kedua musim yaitu 0.024% dan 0.017%. Debit *outflow* memiliki faktor kesalahan 0%. Sementara elevasi *tail race* memiliki faktor kesalahan 0.29% dan 0.4%. Hal ini membuktikan bahwa pemodelan ini bisa digunakan untuk mensimulasikan PLTA Sengguruh dalam berbagai kondisi.

IV. KESIMPULAN

- Persentase kesalahan untuk simulasi pemodelan pada bulan Desember (musim hujan):
 - Elevasi waduk =0.024%
 - Debit *Outflow*= 0%
 - Elevasi *tail race* = 0.29%
 - Produksi listrik dengan rumus = 11.35%
 - Produksi listrik dengan koefisien PLTA= 5.1%
- Persentase kesalahan untuk simulasi pemodelan pada bulan September musim (kemarau):
 - Elevasi waduk = 0.017 %
 - Debit *outflow*= 0%
 - Elevasi *tail race* = 0.4 %.
 - Produksi listrik dengan rumus=65%
 - Produksi listrik dengan koefisien PLTA=8.18%

- Saat musim hujan (debit air besar) dan musim kemarau dimana debit air kecil. Besar persentase kesalahan pada elevasi waduk tidak beda jauh pada kedua musim yaitu 0.024% dan 0.017%. Begitu pula debit *Outflow* yang memiliki faktor kesalahan 0%. Sementara elevasi *Tail Race* memiliki faktor kesalahan 0.29% dan 0.4%. Hal ini membuktikan bahwa pemodelan ini bisa digunakan untuk mensimulasikan PLTA Sengguruh dalam berbagai kondisi.
- Pemodelan perlu disempurnakan agar dapat dipakai untuk perencanaan dan investigasi permasalahan di PLTA Sengguruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Amevi Acakpovi, Essel Ben Hagan, Francois Xavier Fifatin. (2014). *International Journal of Computer Applications: Review of HydroPower Plant Models*, (0975 - 8887) Volume 108- N0 18.
- Antarajatim.com. (2003). " Sampah Waduk Sengguruh Capai 200 m³/ hari". Retrieved from <http://www.antarajatim.com/lihat/berita/102246/sampah-waduk-sengguruh-capai-200m3hari>
- Kadaffi, Muhammar.(2011).Universitas Mercu Buana. Program Studi Teknik Elektro: Penerapan Simulink untuk Simulasi; Modul 10.Jakarta
- Arismunandar, Kuwahara. 1991. Buku Pegangan: Teknik Tenaga Listrik. Cet.6. Jakarta. Pradnya Paramita.