ANALISA SISTEM SUPLAI AIR PRODUKSI DAN AIR PENDINGIN UNTUK KEHANDALAN OPERASI DI PLTU PULANG PISAU (2X66MW)

Hendra Hadi Saputra¹⁾, Rudi Siswanto²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

e-mail: hh.saputra88@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the water supply / discharge system of water pretreatment station equipment which is then processed for the purpose of operating a steam power plant. In the distribution process, the reliability of the equipment and the resulting discharge will be observed whether it is in accordance with the provisions for the ideal operation or not. The expected discharge is 518 m³ / h according to the water balance so that the plant can operate full load (2x66 MW). With this condition, the company is expected to benefit. In the actual conditions this ideal discharge condition is not achieved so that the impact of the plant cannot operate full load (2x66 MW). With water conditions that do not match these expectations, it is feared that the company will continue to suffer losses. In fact, this study only obtained a maximum discharge of 402.2 m³ / h. From this figure there is a difference in water debit of 115.8 m³ / h. Furthermore, this debit shortage must be overcome so that the generator can meet the maximum full load performance. For long-term steps, standby backup equipment must be provided in anticipation of the operation.

Keywords: Water Supply, Water Balance, Maximum Discharge, Standby Backup

PENDAHULUAN

Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan, seluruh makhluk hidup membutuhkan air khususnya manusia, baik itu kebutuhan air minum maupun kebutuhan air bersih untuk kehidupan sehari-hari. Air bisa didapatkan dari berbagai sumber, misalnya dari sumur bor, sumur konvensional, air hujan, air laut, sungai dan lain-lain. Selain untuk keperluan hidup sehari – hari, air juga digunakan untuk berbagai keperluan industri salah satunya adalah industri pembangkit listrik yaitu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Pada PLTU, air dipanaskan hingga berubah menjadi uap dengan suhu dan tekanan tertentu lalu kemudian disalurkan untuk memutar turbin uap yang terhubung dengan generator sehingga menghasilkan listrik. Uap yang telah melewati turbin kemudian akan didinginkan sehingga kembali menjadi air yang kemudian akan dipanaskan lagi menjadi uap sehingga membentuk siklus tertutup.

Proses pendinginan uap air ini dilakukan di *cooling tower* dengan media air dan udara yang ditiupkan menggunakan kipas pendingin. Air yang digunakan sebagai media pendingin ini merupakan bagian dari air pemadam dan air *service*. Dalam proses pendinginan di *cooling tower*, air ini akan mengalami penguapan dan terbuang ke atmosfer lepas sehingga air pendingin dan air industri ini akan terus berkurang.

Selain untuk pendingin di *cooling tower*, air produksi dan air *service* juga digunakan untuk kebutuhan domestik karyawan di PLTU dan juga ditampung

sebagai air pemadam kebakaran atau *fire fighter*. Selain itu, meskipun siklusnya tertutup, air yang digunakan untuk memutar turbin uap juga harus ditambah secara berkala untuk menjaga jumlah dan kualitas airnya. Oleh karena itu, diperlukan sistem suplai air yang memadai agar sistem pembangkit listrik PLTU dapat beroperasi dengan lancar.

Namun, pada kenyataan di lapangan terdapat banyak sekali kendala dalam sistem suplai air tersebut, salah satunya di PLTU Pulang Pisau. Di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) yang berada di daerah Buntoi sampai saat ini belum maksimal produksi air dan penyalurannya, sehingga terkadang di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) masih terkendala dalam kegiatan penyediaan air untuk produksi unit dan untuk penunjang kegiatan operasional unit. PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) menggunakan sumber air dari sungai Kahayan, karena membutuhkan air bersih dalam jumlah yang banyak untuk menunjang kelancaran sarana dan prasarana di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW). Namun pada kenyataannya sering terjadi kekurangan air untuk mencukupi kebutuhan air servis dan air produksi di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) sehingga mengganggu proses operasi PLTU Pulang Pisau (2x66 MW).

Berdasarkan uraian di atas bisa disimpulkan bahwa untuk menunjang sistem pembangkit di PLTU Pulang Pisau agar dapat beroperasi dengan baik, diperlukan sistem suplai air produksi dan air pendingin yang memadai. Oleh karena itu, penelitian mengenai *Analisa Sistem Suplai Air Produksi dan Air Pendingin untuk kehandalan operasi di PLTU Pulang Pisau (2x66MW)* perlu untuk dilakukan.

Mengenai kekurangan sistem suplai air di PLTU Pulang Pisau saat ini dan bagaimana cara mengatasi *kekurangan* tersebut. Sistem suplai air tersebut dimulai dari air sungai yang diambil dari sungai kahayan sebagai intake water yang kemudian akan diproses sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air service di PLTU Pulang Pisau. Air Service ini sendiri antara lain :

1. *Living water/domestik water.*
2. *Air industri/chemical water.*
3. *Cooling water.*
4. *Firefighting water.*

Gambar 1. Bagan Kebutuhan Air PLTU Pulang Pisau (2x66)MW

Gambar 2. Fishbone Diagram Kekurangan Air PLTU Pulang Pisau (2x66)MW

Tabel 1. Peralatan *water treatment* di PLTU Pulang Pisau (2x66) MW

No	Description	Specification	Unit	Quantity			Remark
				#1	#2	Total	
1	Intake Pump	150CPP-23A, Q=140m ³ /h, H=20m, N=15kW P= 0,2 Mpa	Set	2	2	4	Hubei Tongfang Gaoke Pump Co. Ltd
2	Purification/ Mechanical Clarifier	Q= 260m ³ /h	Set	1	1	2	Jiangsu Peninsula environmental engineering Co.Ltd
3	Mechanical draft cooling tower fan	NH=4000, Q=4000m ³ /h, N=200 kW, 6kV	Set	3	3	6	Jiangsu Seagull Cooling Tower Co. Ltd
4	CW Pump	800S-22, Q=5693m ³ /h, H=19m, n=742r/min	Set	2	2	4	Shandong Shuanglun Co. Ltd
5	Motor CW Pump	YKK-8, n=740r/min, 6kV, 500kW, IPS54	Set	2	2	4	Nanche Zhuzhou motor Co. Ltd
6	Hidraulic Buterfly Valve	HBD743H-6C, DN1000, N=2,5kW	Set	2	2	4	China Valve Co. Ltd
7	Pipeline Intake	DN300, P=1.0 Mpa	Set	1	1	2	Jiangsu Peninsula environmental engineering Co.Ltd
8	Fire Pump	XBD9.0/80-HS200, Q=288m ³ /h, H=90m	Set			1	Anhui Sanlian Pump Industri Co. Ltd
	Diesel Engine	N=162kW, 1500r/min	Set			1	
9	Fire Pump	XBD9.0/80-HS200, Q=288m ³ /h, H=90m	Set			1	
	Electric Engine	Y3-315S-2, N=110kW, 2950r/min, 400V	Set			1	
10	Chemical/ Industrial Water Pump	IS100-80-160A, Q=80m ³ /h, H=30m	Set			2	
	Matching Motor	Y160M-2, N=15kW, 2900r/min	Set			2	

METODE PENELITIAN

Adapun metodologi penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur

Studi pustaka yang dilakukan mengenai PLTU, komponen pemipaan suplai air. Studi pustaka ini diperoleh dari sumber beberapa buku maupun jurnal yang didapat di internet.

2. Pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan mendata dan mencatat seluruh media yang menjadi objek penelitian.

3. Pengolahan data

Data yang telah didapat kemudian dikumpulkan agar dapat dilakukan analisis dalam penelitian tugas akhir ini.

4. Pengambilan kesimpulan

Dari hasil analisis data yang didapat selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai debit dan sistem suplai air untuk produksi (air demin) dan air pendingin di PLTU Pulang Pisau.

Adapun prosedur penelitian dimulai dengan melakukan pengamatan di lapangan yang bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang ada dan langkah selanjutnya yaitu melakukan studi literatur dari buku-buku konstruksi, pemeliharaan, operasi pembangkit dan jurnal online. Selanjutnya peneliti melakukan observasi di lapangan dengan tujuan untuk menjangkau data tentang sistem suplai air produksi (air demin) dan air pendingin untuk PLTU Pulang Pisau (2x66 MW), sistem suplai air produksi (air demin) dan air pendingin untuk suatu pembangkit listrik khususnya PLTU Pulang Pisau (2x66 MW), dan kehandalan sistem pemipaan suplai air produksi (air demin) dan air pendingin untuk PLTU Pulang Pisau (2x66 MW). Setelah data didapat dianalisis dan ditarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi ideal jika 4 pompa RWI beroperasi Berdasarkan *water balance* yang telah dirancang oleh *engineer* pihak kontraktor, maka pada saat empat buah pompa RWI beroperasi dapat dipenuhi jumlah kebutuhan air sebagai berikut :

Tabel 2. Kondisi 4 pompa RWI (*river water intake*) beroperasi

Penampungan	Jumlah (buah)	Dimensi (m)	Volume (m ³)	Volume Total (m ³)	Debit Air Max (m ³ /h)	Waktu Pengisian per equipment (jam)
Reservoir	1	-	-	-		-
Clarifier	2	13x5,5x6	429	858	518	1,66
Firefighting	1	4x5x5	100	100		0,19
Cooling Tower	2	52,8x17,6x2,3	2200	4400	431	10,21
Chemical Pond	1	10x7x3	200	200	160	1,25
Living water pond	1	5x7x3	100	100		0,63
Ultrafiltration Tank	1	(D=4; T=4)	50	50	51	0,98
1st RO tank	1	(D=4; T=4)	50	50		0,98
Intermediate Tank	1	(D=4; T=4)	50	50		0,98
Demin Tank	2	(D=7; T=7,8)	300	600		11,76

Total waktu pengisian semua pos air						28,64
--	--	--	--	--	--	--------------

Grafik 1. Perbandingan kinerja terhadap jumlah pompa

Defisit Debit Air Di *Clarifier*Tabel 3. Debit Air *Clarifier* unit 1

Tanggal	Current value	Max	Min	Average	Pengurang	Aktual
15/10/2018	211	220	203	211,5	60	151,5
16/10/2018	223	250	210	230	60	170
17/10/2018	235	265	212	238,5	60	178,5
18/10/2018	243	255	231	243	60	183
19/10/2018	243	260	227	243,5	60	183,5
20/10/2018	237	245	215	230	60	170
21/10/2018	252	262	166	214	60	154
22/10/2018	262	270	245	257,5	60	197,5
Rata-Rata						173,5

Tabel 4. Debit Air *Clarifier* unit 2

Tanggal	Current value	Max	Min	Average	Pengurang	Aktual
15/10/2018	329	490	205	347,5	90	257,5
16/10/2018	359	492	241	366,5	90	276,5
17/10/2018	305	381	245	313	90	223
18/10/2018	302	364	239	301,5	90	211,5
19/10/2018	317	380	251	315,5	90	225,5
20/10/2018	315	360	230	295	90	205
21/10/2018	309	411	205	308	90	218
22/10/2018	312	365	240	302,5	90	212,5

Rata-Rata	228,7
-----------	-------

Berdasarkan rata – rata dari kedua tabel di atas, maka dapat diketahui total debit aktual di *clarifier* adalah 402,2 m³/h. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan debit ideal *clarifier* pada tabel 4.4 yaitu sebesar 518 m³/h.

Tabel 5. Kondisi debit air 518 m³/h

Pompa beroperasi (buah)	Debit RWI (m ³ /h)	Debit RWI efisiensi (m ³ /h)	Suplai ke Cooling Tower (m ³ /h)	Suplai ke proses demin (m ³ /h)	Jumlah debit Cooling tower + Demin (m ³ /h)	Debit minor pos lain (m ³ /h)	Beban Pembangkit (MW)
1	140	129,5	107,75	12,75	120,5	9	(2x16,5)
2	280	259	215,5	25,5	241	18	(2x33)
3	420	388,5	323,25	38,25	361,5	27	(2x49,5)
4	560	518	431	51	482	36	(2x66)

Pada kondisi ini dijelaskan kondisi ideal debit air pada sistem pembangkit agar dapat mencapai beban operasi penuh sebesar (2x66) MW dan dari produksi listrik ini perusahaan akan mendapatkan untung.

Tabel 6. Kondisi debit air 402,2 m³/h

Pompa beroperasi (buah)	Debit RWI (m ³ /h)	Suplai ke Cooling Tower (m ³ /h)	Suplai ke proses demin (m ³ /h)	Beban Pembangkit (MW)
1	100,5	87,75	12,75	Demin cukup, Pendingin Cukup (2x12,8) MW
2	201	175,5	25,5	Demin cukup, Pendingin Cukup (2x25,6) MW
3	301,5	263,25	38,25	Demin cukup, Pendingin Cukup (2x38,4) MW
4	402	351	51	Demin cukup, Pendingin Cukup (2x51,2) MW

Untuk mencari beban pembangkit dengan kondisi debit air 402,2 m³/h tersebut dapat dicari dengan rumus perbandingan/ interpolasi sebagai berikut :

- Kondisi 4 pompa beroperasi

$$\frac{518}{402,2} = \frac{(2x66)}{X}$$

$$X = \frac{(132) \times 402,2}{518}$$

$$X = 102,49 = (2x51,2) \text{ MW}$$

- Kondisi 3 pompa beroperasi

$$\frac{402,2}{301,5} = \frac{(2x51,2)}{X}$$

$$X = \frac{(102,49) \times 301,5}{402,2}$$

$$X=76,82 = (2 \times 38,4) \text{ MW}$$

- Kondisi 2 pompa beroperasi

$$\frac{301,5}{201} = \frac{(2 \times 38,4)}{X}$$

$$X = \frac{(76,82) \times 201}{301,5}$$

$$X = 51,2 = (2 \times 25,6) \text{ MW}$$

- Kondisi 1 pompa beroperasi

$$\frac{201}{100,5} = \frac{(2 \times 25,6)}{X}$$

$$X = \frac{(51,2) \times 100,5}{201}$$

$$X = 25,6 = (2 \times 12,8) \text{ MW}$$

Pada tabel diatas dapat dijelaskan bahwa penurunan debit dari 518 m³/h menjadi 402,2 m³/h, defisit air sebesar 115,8 m³/h berakibat unit pembangkit harus menurunkan beban pembangkit dari (2x66) MW menjadi (2x51,2) MW. Selisih beban pembangkit sebesar (132-102,4=29,6) MW, hal ini tentu merupakan sebuah kerugian bagi perusahaan karena tidak dapat mencapai target produksi listrik.

Jika dihitung dari segi ekonomis maka kerugian 29,6 MW tersebut akan senilai dengan nominal uang berikut ini. Kerugian operasi sebesar 29,6 MW = 29600 KW Harga per KWH tarif dasar listrik sebesar Rp. 1467,28. Kerugian perusahaan dalam 1 jam = 29600 x 1467,28 = 43.431.488,00 rupiah. Kerugian dalam 1 hari = 24 x 43.431.488 = 1.042.355.712,00 rupiah

Loses Air Akibat Evaporasi di Cooling Tower

Terlebih dahulu kita hitung efisiensi pompa RWI sebanyak 4 buah. Kapasitas 1 pompa adalah 140 m³/h, disini terinstal sebanyak 4 buah pompa, maka debit total pompa seharusnya (4x140) = 560 m³/h. Pada *water balance* tertulis sebesar 518 m³/h.

Efisiensi pompa (4 pompa RWI):

$$\eta = \left[1 - \left(\frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \right) \right] \times 100\%$$

$$\eta = \left[1 - \left(\frac{560 - 518}{560} \right) \right] \times 100\%$$

$$\eta = [1 - (0,075)] \times 100\%$$

$$\eta = 92,5 \%$$

Dari sini maka 1 pompa menyumbangkan debit sebesar (518 : 4) = 129,5 m³/h.

Loses Cooling Tower :

Debit (Q) *in cooling tower* sebesar (air masuk ke kolam) : 431 m³/h

Debit (Q) *out loses cooling tower* (hilang karena evaporasi/ penguapan) : 323 m³/h

$$\text{Loses} = \left[1 - \left(\frac{Q_{in} - Q_{out \text{ loses}}}{Q_{in}} \right) \right] \times 100\%$$

$$\text{Loses} = \left[1 - \left(\frac{431 - 323}{431} \right) \right] \times 100\%$$

$$\text{Loses} = \frac{1 - (0,25)}{1} \times 100\% = 75\%$$

Angka 75% tersebut sangat besar (senilai dengan 323 m³/h) yang dapat diestimasikan mendekati besar debit suplai 3 pompa RWI yaitu (3x129,5 = 388,5 m³/h) Air yang tersisa di kolam sebesar 25% senilai dengan 108 m³/h atau mendekati nilai debit suplai 1 pompa RWI yaitu 129,5 m³/h.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sebenarnya untuk kebutuhan PLTU Pulang Pisau ini disediakan sebanyak 4 pompa RWI yang kapasitasnya ditujukan untuk Cooling tower sebanyak 3 pompa, dan suplai air demin/ air produksi sebanyak 1 pompa saja tanpa adanya cadangan sama sekali. Hal ini dapat berakibat fatal jika ada kerusakan pada salah satu atau beberapa pompa RWI yang dapat mengganggu keseimbangan neraca air atau *water balance* PLTU Pulang Pisau.

Dampak lebih jauhnya unit pembangkit PLTU Pulang Pisau tidak akan mampu beroperasi pada beban maksimal/ *full load* karena kekurangan debit/ suplai air. Hal tersebut dijelaskan pada gambar *water balance* bahwa desain sedemikian rupa itu adalah kondisi mutlak/ persyaratan minimal untuk unit pembangkit PLTU Pulang Pisau dapat beroperasi pada beban maksimal (2x66 MW)

Tabel 7. Evaporasi dan keringnya kolam yang terjadi di *cooling tower*

Pompa beroperasi	Kapasitas Cooling Tower (m3)	Suplai Air ke Cooling Tower (m3/h)	Evaporasi Rutin (Losses) m3/h	Δ Debit (in-out) m3/h	Kondisi (time)
4	4400	431	323	108	Surplus
3	4400	323,25	323	0,25	Imbang
2	4400	215,5	323	-107,5	-40,9302
1	4400	107,75	323	-215,25	-20,4413
0	4400	0	323	-323	-13,6223

- Untuk yang bertanda warna tersebut menunjukkan kondisi beroperasi 2 pompa dan 1 pompa
- Untuk 4 pompa terjadi surplus debit sebesar 108 per jam, surplus air tersebut bisa dialokasikan untuk air demin, dll
- Untuk 3 pompa terjadi hanya imbang saja, artinya tidak bisa memproduksi air demin
- Untuk 2 pompa terjadi delta debit sebesar 107,05 per jam, air *Cooling Tower* akan habis dalam waktu 40, 93 jam
- Untuk 1 pompa terjadi delta debit sebesar 215,25 per jam, air *Cooling Tower* akan habis dalam waktu 20,44 jam
- Untuk 0 pompa terjadi delta debit sebesar 323 per jam, air *Cooling Tower* akan habis dalam waktu 13,62 jam
- Untuk kondisi beroperasi 3 atau 4 pompa masih dalam batas aman untuk *Cooling Tower*

Pada tabel diatas yang berwarna menunjukkan waktu (jam) durasi habis air pada kolam *cooling tower* jika dipaksakan beroperasi pada beban tinggi (2x66) MW. Untuk menghindari keringnya air pendingin maka dapat diatasi dengan cara

menurunkan beban operasi pembangkit/ *derating*. Namun pada sistem jaringan kelistrikan di Kalimantan ini suatu pembangkit selalu dituntut untuk beroperasi beban penuh dan tidak diizinkan *derating* karena defisit sistem kelistrikan di wilayah Kalimantan.

Kondisi aktual di PLTU Pulang Pisau yang telah diuraikan di atas, dapat dibuat grafik perbandingan seperti berikut :

Grafik 2. Perbandingan kondisi maksimal dan kondisi aktual volume air di PLTU Pulang Pisau

Tabel 8. Output pembangkit PLTU Pulang Pisau bulan Oktober

Tanggal	Unit 1 (MW)				Unit 2 (MW)			
	Current Value	Max	Min	Average	Current Value	Max	Min	Average
14/10/2018	50	53	46	49,5	50	53	49	51
15/10/2018	51	51	49	50	51	52	47	49,5
16/10/2018	50	51	48	49,5	50	52	49	50,5
17/10/2018	50	52	47	49,5	50	52	49	50,5
18/10/2018	50	51	48	49,5	50	52	49	50,5
19/10/2018	51	51	48	49,5	51	51	48	49,5
20/10/2018	50	52	48	50	50	52	48	50
21/10/2018	49	51	28	39,5	51	51	12	31,5
22/10/2018	51	52	49	50,5	50	51	49	50
23/10/2018	51	51	48	49,5	-	-	-	-
24/10/2018	50	51	34	42,5	-	-	-	-
25/10/2018	50	52	49	50,5	-	-	-	-
26/10/2018	50	51	34	42,5	-	-	-	-
27/10/2018	35	51	35	43	-	-	-	-
28/10/2018	50	51	49	50	-	-	-	-
29/10/2018	50	51	49	50	47	41	19	30

Grafik 3. Output PLTU Pulang Pisau bulan Oktober

Gambar 4. Fishbone diagram dampak dari defisit air di PLTU Pulang Pisau

Solusi Jangka Pendek

1. Pemasangan total *flow outlet* demin tank
2. Pemasangan *flowmeter* di RWI
3. Kalibrasi (normalisasi) *flowmeter* di area WTP
4. Menyiapkan cadangan peralatan kritis di WTP
5. Pengecekan secara berkala untuk parameter – parameter *cleaning reverse osmosis* dan *ultrafiltration*
6. Pemasangan alat *silt density index* (SDI) pada *inlet reverse osmosis*
7. Aktifkan injeksi sesuai dengan *design line tapping position*
8. *Jar test* dengan jenis koagulan yang berbeda
9. Aktifkan unit *sludge dewatering*
10. Penambahan RWI atau normalisasi *flow* RWI
11. Pengecekan kemampuan *ion exchanger* resin dan jumlah resin

12. Penambahan atau memperbesar kapasitas *cartridge filter* untuk *primary* dan *secondary reverse osmosis*

Solusi Jangka Panjang

1. Penambahan tangki demin
2. Penggunaan kembali air dari WWTP
3. Penambahan tangki dan pompa air untuk *makeup cooling tower*
4. Penambahan *coating/lining* di *clarifier*

Gambar 5. Instalasi tambahan RWI dan *Clarifier*

Pembahasan

Pada *water pretreatment station*, aliran air dibagi menjadi dua yaitu *self supplied water of water pretreatment station* sebesar $26 \text{ m}^3/\text{h}$ dan air untuk kebutuhan operasi (*cooling tower*, *miscelenous domestic water*, *chemical water workshop*) sebesar $492 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah yang telah mengalami proses *water treatment* dan akan digunakan untuk kebutuhan operasi beserta *losesnya*. Dari kebutuhan operasi itu sendiri $492 \text{ m}^3/\text{h}$ dipecah menjadi 3 antara lain :

1. *Cooling tower* sebesar $431 \text{ m}^3/\text{h}$
2. *Miscelenous domestic water* sebesar $8 \text{ m}^3/\text{h}$
3. *Chemical water workshop* sebesar $53 \text{ m}^3/\text{h}$

Yang menjadi hal mayor disini adalah kebutuhan suplai *cooling tower* dan *chemical water workshop* (bahan air demin) karena 2 air ini sangat besar pengaruhnya terhadap kelangsungan operasi PLTU.

Pada rancangan *water balance* PLTU Pulang Pisau (F6101S-S0101-04) juga dijelaskan tentang *loses* yang terjadi pada siklus air di PLTU Pulang Pisau. *Loses* tersebut antara lain :

1. Evaporasi pada *cooling tower* sebesar $323 \text{ m}^3/\text{h}$; hal ini sudah pasti terjadi secara *continue* saat semua *fan cooling tower* beroperasi mendinginkan air pendingin *return* dari condensor jika air tidak didinginkan maka temperatur pada *condensor* akan buruk
2. *Loses* pada *boiler venting* dan *blowdown* sebesar $28 \text{ m}^3/\text{h}$; ini masih bisa lebih besar lagi jika ada kondisi khusus misalnya saat tiba-tiba kondisi air boiler sangat buruk dan harus dilakukan *blowdown* dalam jumlah besar atau saat kondisi akan dilakukan *firing* unit harus dilakukan *flushing* pada seluruh *line boiler*.
3. Pada PLTU Pulang Pisau terdapat dua *clarifier* yang memiliki kapasitas $2 \times 260 \text{ m}^3/\text{h}$. Dari pengukuran di lapangan, hal tersebut tampak terdapat kekurangan debit air yang disebabkan kinerja pompa, dan ditambah lagi selisih pengukuran antara pembacaan *flow meter* di monitor CCR dan kondisi *flow meter* sesungguhnya di lokal, oleh karena itu jumlah debit air di monitor CCR harus dikurangi yaitu sebesar $60 \text{ m}^3/\text{h}$ untuk *clarifier* 1 dan $90 \text{ m}^3/\text{h}$ untuk *clarifier* 2.
4. Total debit aktual di *clarifier* adalah $402,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan debit ideal *clarifier* $518 \text{ m}^3/\text{h}$.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan suplai air produksi dan air pendingin untuk kehandalan operasi PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) menggunakan 4 buah pompa kapasitas masing-masing $140 \text{ m}^3/\text{h}$ dan 2 buah *clarifier*.
2. kondisi aktual debit air produksi dan air pendingin di PLTU Pulang Pisau (2x66 MW) mengalami kekurangan debit air sebesar $79,32 \text{ m}^3/\text{h}$ (berdasarkan data percobaan PJB tahun 2017) dan $115,8 \text{ m}^3/\text{h}$ dari penelitian penulis pada Oktober 2018. Dari *loses* debit $115,8 \text{ m}^3/\text{h}$ maka PLN mengalami kerugian 29,6 MW atau setara 1.042.355.712,00 rupiah/hari.
3. Untuk mengantisipasi kekurangan ketersediaan suplai air dengan menambah 2 pompa beserta instalasi pemipanya dan 1 buah *clarifier*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, M. A., 1978, *Water Supply Engineering Design*, Ann Arbor Science Mich, Michigan.
- Benefield, LD., 1982, *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Darma, Surya, 2013, Rancang Bangun pompa Hidraulik Ram (Hydram). *Tugas Akhir*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ervianto, W. I., 2005, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- Franzini Joseph B., Finnemore E. John., 2002. *Fluid Mechanics*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.