

Analisis dan Optimasi Pemakaian Make-up Water pada PLTU Menggunakan Metode DMAIC

Rachmad Hariadi^{1*}, Jusafwar¹, dan Benhur Nainggolan¹

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga uap memanfaatkan air sebagai media kerja. Air yang digunakan sebagai pengisi boiler disebut air pengisi. Pemakaian make-up water berguna untuk mengisi losses air yang terjadi setelah air pengisi bersirkulasi. Dalam menganalisis pemakaian make-up water digunakan metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) yang bertujuan mengetahui penyebab terjadinya pemborosan pemakaian make-up water dan cost saving bahan bakar yang diperoleh setelah dilakukan optimasi make-up water. Saat proses produksi listrik terjadi pemborosan pemakaian make-up water, dari analisis yang dilakukan diketahui bahwa penyebab pemborosan adalah kebocoran 47 valve di area turbin dan 45 valve di area boiler. Setelah dilakukan optimasi saat maintenance outage dan overhaul pemakaian make-up water turun dari 67,74 t/jam menjadi 30,18 t/jam sehingga penghematan bahan bakar yang diterima sebesar 4,33 t/jam setara Rp 2.247.557.239,-/bulan.

Kata-kata kunci: metode DMAIC, make-up water, optimasi

Abstract

The steam power plant utilizes water as a working medium. The water used as a boiler filler is called fill water. The use of make-up water is useful for filling water losses that occur after the fill water circulates. In analyzing the use of make-up water, the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) method is used to determine the causes of the use of make-up water and the cost saving of fuel obtained after optimization of make-up water. When the electricity production process occurs, the use of make-up water is wasted. From the analysis carried out it is known that the cause of waste is 47 valve leakage in the turbine area and 45 valve in the boiler area. After optimization of maintenance outages and overhauls, the use of make-up water dropped from 67.74 t/hour to 30.18 t/hour so that the fuel savings received were 4.33 t/hour equivalent to Rp 2.247.557.239, - / month.

Keywords: DMAIC method, make-up water, optimization

1. PENDAHULUAN

Di dalam boiler air dipanaskan hingga menjadi uap, sebagai bahan bakar dipakai bahan bakar batubara dan udara pembakaran dibantu dari Force Draft Fan (FD Fan) dan pelumas dari fuel oil tank. Proses pemanasan di dalam boiler menghasilkan perubahan fasa dari air menjadi fasa uap jenuh. Uap jenuh kemudian menuju superheater menjadi uap kering. Uap kering digunakan memutar turbin dan generator untuk menghasilkan listrik [1]. Pada proses sirkulasi air di boiler, air bersirkulasi secara tertutup namun setiap bersirkulasi air mengalami pengurangan atau losses untuk itu penting adanya make up water (air penambah) untuk mengganti losses tersebut[2]. Make-up water digunakan untuk mengganti kehilangan air

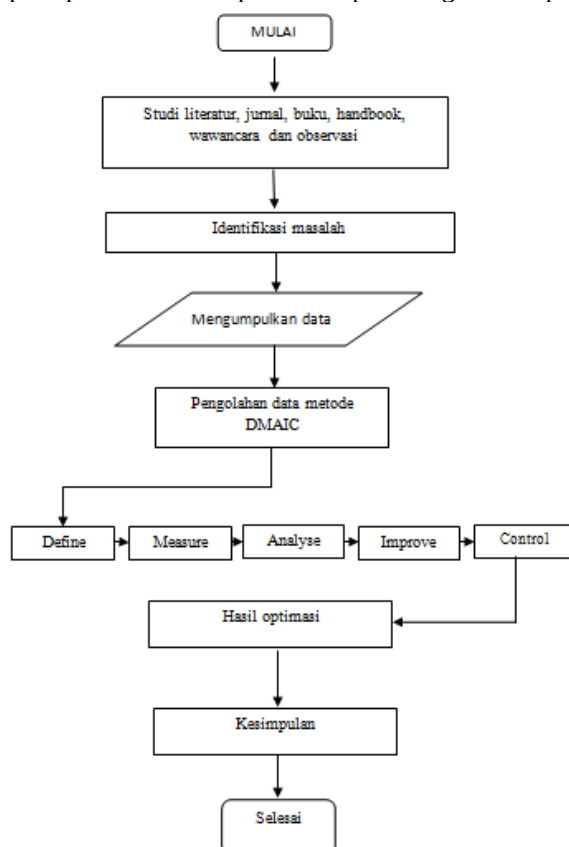
* Corresponding author E-mail address: rd.hariadi22@gmail.com

(*water losses*) yang terjadi akibat *leak through valve*, *blowdown*, kerak di *valve glands* dan sambungan *valve*, *steam venting*, *safety valve popping*[3]. Penurunan 0,5% pemakaian *make-up water* akan menghemat biaya produksi Rp. 6.700.000.000,-/tahun[4].

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah menentukan penyebab pemborosan pemakaian *make-up water*. Lalu menentukan tindakan yang dilakukan untuk optimasi pemakaian *make-up water*. Setelah itu memperoleh hasil dari optimasi dan mengetahui dampaknya terhadap kinerja sistem PLTU. Terakhir memperoleh *cost saving* bahan bakar setelah dilakukan optimasi terhadap pemakaian *make-up water*.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 1



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Berdasarkan gambar 1, maka metode yang digunakan pertama adalah melakukan observasi. Pada penelitian ini observasi dilakukan pada *valve* yang ada di pembangkit menggunakan peralatan bantu *thermogun* dan *thermography* yang diuji adalah temperatur pada *valve* untuk mengetahui kondisi *leak through* yang terjadi. Setelah observasi dilakukan kemudian mengidentifikasi masalah berdasarkan hasil observasi dan dianalisis. Analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian yaitu mengetahui penyebab pemborosan *make-up water*, optimasi, pengaruh terhadap kinerja PLTU dan *cost saving* bahan bakar. Pada tahapan analisis daya dilah menggunakan metode DMAIC; *Define*, penulis mengidentifikasi permasalahan secara rinci dengan menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) untuk menggambarkan proses pemakaian *make-up water* di pembangkit listrik. *measure*, tahapan menentukan standar pemakaian *make-up water* dan pemakaian aktual sebelum optimasi yang data pemakaian *make-up water* diperoleh dari pembacaan pada *flow meter*. *Analyze*, menganalisis pemakaian *make-up water* berdasar hasil observasi dengan menentukan selisih pemakaian *make-up water* aktual dengan standar pemakaiannya, penyebab terjadinya pemborosan pemakaian *make-up water*, total *valve* yang mengalami *leak through*. Kemudian analisis menggunakan run chart dan diagram Ishikawa. *Improve*, tahapan improve merupakan tahap pengoptimalan pemakaian *make-up water* dilakukan pada saat *maintenance outage* (MO) dan *overhaul* (OH) dengan penggantian *valve* yang mengalami *leak through* atau melakukan *lapping* pada *valve* yang dinilai masih bisa diperbaiki. Kemudian dilakukan pendataan ulang pemakaian *make-up water*. *Control*, Pada tahap ini, data sebelum dan sesudah optimasi telah diperoleh sehingga dilakukan pengecekan

rutin dilakukan guna mengetahui apakah optimasi dengan cara mengganti *valve* dan *lapping* sesuai dengan yang direncanakan atau tidak dan diberi rekomendasi tindakan. Untuk itu dilakukan *monitoring* terhadap pemakaian *make-up water*. Hasil optimasi, Setelah data optimasi dan data sebelum optimasi diperoleh maka akan dilakukan perhitungan pengaruh pemborosan pemakaian *make-up water* terhadap *net plant heat rate* (NPHR). Dari hasil analisis didapatkan kerugian yang dialami PLTU dari selisih NPHR, kemudian selisih tersebut dikonversi ke *input* bahan bakar sehingga penghematan (*cost saving*) bahan bakar yang diperoleh setelah optimasi.

Untuk mengetahui pengaruh pemakaian *make-up water* dihitung dengan menggunakan rumus *net plant heat rate* dan efisiensi^[5] :

$$\text{NPHR} = \frac{\text{flow BB} \times \text{HHV}}{(\text{Pg} - \text{Ps})} \quad (1)$$

Dengan :

NPHR = *Net Plant Heat Rate* (kcal/kwh)

Flow BB = Jumlah Pemakaian Batubara (t/jam)

HHV = *High Heating Value* (kcal/kg)

Pg = *Generator Output* (MWh)

Ps = Pemakaian Sendiri (MWh)

$$\text{Efisiensi} = \frac{860 \text{ kCal/kWh}}{\text{NPHR}} \times 100\% \quad (2)$$

3. ANALISIS DAN HASIL

Tahapan awal adalah observasi, kemudian melakukan pengolahan data dengan metode DMAIC. Selanjutnya dilakukan perhitungan hasil optimasi.

Observasi

Observasi merupakan kegiatan pemeriksaan peralatan yang ada di pembangkit listrik secara sistematis sehingga diperoleh data secara objektif yang bertujuan mengetahui kinerja peralatan pembangkit listrik. Tindakan audit dilakukan dengan menggunakan *thermogun* dan *thermography*. Untuk *valve* yang *Normally Closed*, *valve* yang memiliki temperatur 30°C – 40°C berarti tidak terjadi *leak through*. namun jika temperatur pada *valve* > 40°C maka terdikasi terjadinya *leak through*[6]



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Kerusakan *valve* yang disebut *leak out* , (b) *Valve* rusak akibat *leak out* dan harus diganti.



(a)



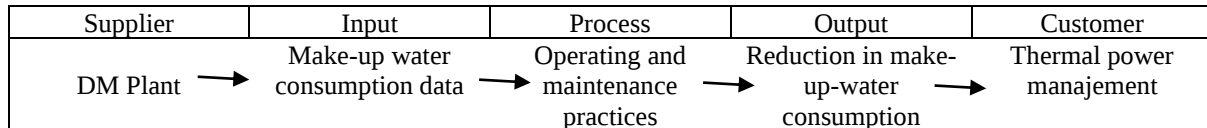
(b)

Gambar 3 (a) dan (b) Pengujian temperatur pada *valve* menggunakan *thermogun*.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan maka diketahui bahwa di area *boiler* ditemukan *valve* yang mengalami *leak through* dan kerusakan sebanyak 45 *valve*. Di area turbin ditemukan *valve* yang mengalami *leak through* dan kerusakan sebanyak 47 *valve*.

Define

Pada tahapan *define*, pemakaian *make-up water* di pembangkit listrik digambarkan dengan proses SIPOC (*supplier, Input, Process, Output, Customer*) seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Proses SIPOC^[4]

Proses SIPOC pada gambar 4 menunjukkan proses pemakaian *make-up water* yang terjadi di pembangkit listrik. Pada bagian *supplier*, *make-up water* diproduksi di *demineralization plant* dimana hasilnya berupa air demin. Selanjutnya pada *input*, dilakukan pendataan *make-up water* dari pemakaian saat normal operasi. Kemudian pada tahap *process*, kegiatan pemakaian *make-up water* saat operasi dan pemeliharaan seperti pada proses *spray* untuk mendinginkan peralatan dan *sootblower* untuk pembersihan pipa-pipa *boiler*. Di tahapan *output* dilakukan evaluasi untuk menurunkan pemakaian *make-up water* agar tidak terjadi pemborosan, terakhir, *costomer* merupakan manajemen pembangkit itu sendiri, apabila bisa dilakukan penghematan pemakaian *make-up water* akan berdampak penghematan biaya produksi listrik dari segi *input* bahan bakar yang menguntungkan bagi perusahaan.

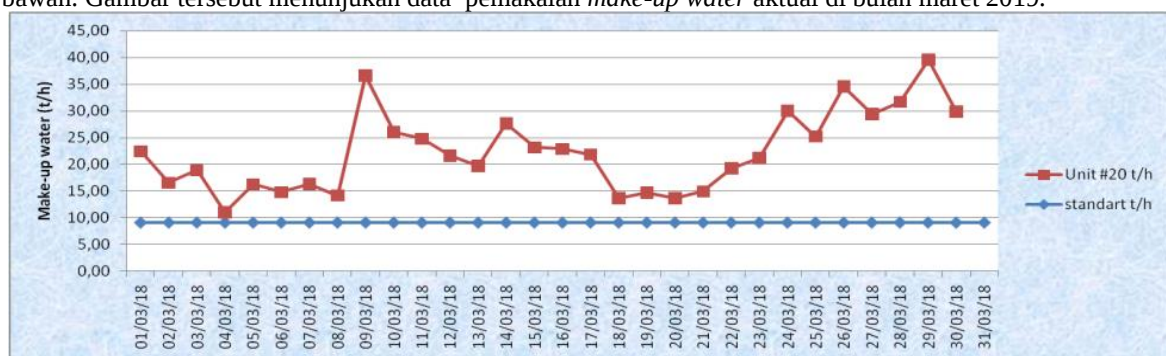
Measure

Tahapan *measure* adalah tahapan untuk mengukur kerugian yang dialami pembangkit listrik. Berdasarkan data komisioning standar pemakaian *make-up water* di PLTU unit #20 adalah 9,091 t/jam. Berdasarkan *performance test* (PT) yang dilakukan hasil *report* menunjukkan penggunaan *make-up water* bulan juli 2018 terjadi peningkatan yang signifikan. pemakaian *make-up water* pada bulan juli tersebut adalah 67,74 t/jam. Terjadi kenaikan 58,649 t/jam dari pemakaian *make-up water* normalnya. Dihitung menggunakan persamaan 1 maka diperoleh kerugian yang ditimbulkan akibat meningkatnya pemakaian *make-up water* sebesar 105,52 kcal/kWh dari NPHR. Apabila dihitung terhadap konsumsi bahan bakar maka kerugian dari *input* bahan bakar adalah 6,77 t/jam atau 4874 t/bulan. Dengan menggunakan harga kontrak batu bara PLTU unit #20 sebesar Rp. 720,25,-/kg maka kerugian finansial bahan bakar sebesar Rp 3.509.504.380,-/bulan.

Analyse

Run chart

Menunjukkan data yang diperoleh yang kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti gambar 5 di bawah. Gambar tersebut menunjukkan data pemakaian *make-up water* aktual di bulan maret 2019.

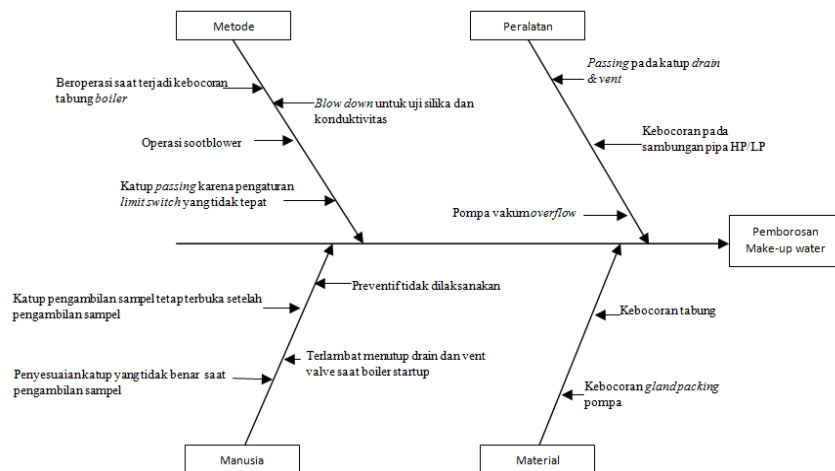


Gambar 5 Run chart

Gambar 5 merupakan grafik pemakaian *make-up water* bulan maret terhadap komisioning. Dari gambar tersebut menunjukkan fluktuasi pemakaian *make-up water* di bulan maret. Fluktuasi terjadi diakibatkan oleh pemakaian *make-up water* yang tidak stabil disebabkan penggunaan untuk *spray*, *sootblower* dan adanya *valve passing*. Dirata-ratakan pemakaian *make-up water* bulan maret 2019 sebesar 13,32 t/jam.

Diagram Ishikawa

Diagram ini menggambarkan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pemborosan pemakaian *make-up water*, seperti yang terlihat di gambar 6



Gambar 6. Diagram Ishikawa^[7]

Dari gambar 6 dapat diketahui yang menyebabkan terjadinya pemborosan pemakaian *make-up water* di pembangkit listrik tenaga uap ada beberapa faktor utama yaitu manusia, peralatan, material dan metode operasi. diantara faktor-faktor utama penyebab terjadinya pemborosan tersebut ada sub faktornya yaitu kebocoran tabung boiler, blowdown, kebocoran pada sambungan pipa, kegiatan *preventif maintenance* yang tidak terlaksana dan sebagainya, sehingga berdampak terhadap pemborosan pemakaian *make-up water*.

Improve dan Control

Tabel 1 Data perbaikan dan penggantian valve di area boiler dan turbin

Lokasi	Valve		Bulan			
			MO Agustus		OH September	
	Ganti	Lapping	Ganti	Lapping	Ganti	Lapping
Turbin	33	14	0	0	33	14
Boiler	28	17	8	0	20	17

Dari tabel 1 dapat dilihat tahap optimasi yang dilakukan. Tahap awal, saat MO bulan agustus dilakukan penggantian valve area boiler sebanyak 8 valve. Selanjutnya pada saat OH bulan september proses optimasi selesai dengan mengganti 33 valve di area turbin dan 20 valve di area boiler kemudian dilakukan juga lapping valve sebanyak 14 di area turbin dan 17 valve di area boiler.. Setelah kegiatan diatas selesai, kemudian dilakukan perawatan dan pengecekan kondisi peralatan melalui kegiatan *preventive maintenance* dan *performance test*.

Hasil optimasi

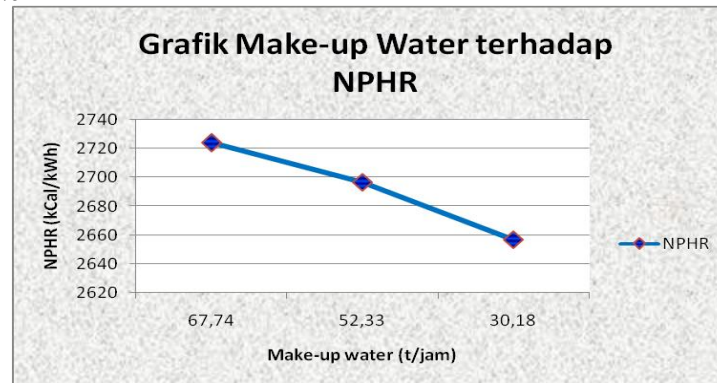
Setelah kegiatan perbaikan selesai dilaksanakan, optimasi dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2. Hasil optimasi dinyatakan seperti tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan optimasi

Data	Satuan	Juli	Agustus	Oktober
Make-up Water	t/jam	67,74	52,33	30,18
NPHR	kcal/kWh	2724,16	2696,43	2656,58
Efisiensi	%	31,57	31,89	32,37
flow BB	t/jam	174,72	172,94	172,16
Rugi NPHR	kcal/kWh	-105,52	-77,79	-37,94
Rugi BB	t/jam	6,77	4,99	2,43
Rugi finansial	Rupiah	Rp 3.509.504.380	Rp 2.587.383.585	Rp 1.261.947.141
saving BB	t/jam	0	1,78	2,56
Cost saving BB	Rp/bulan		Rp 922.120.795	Rp 1.325.436.444

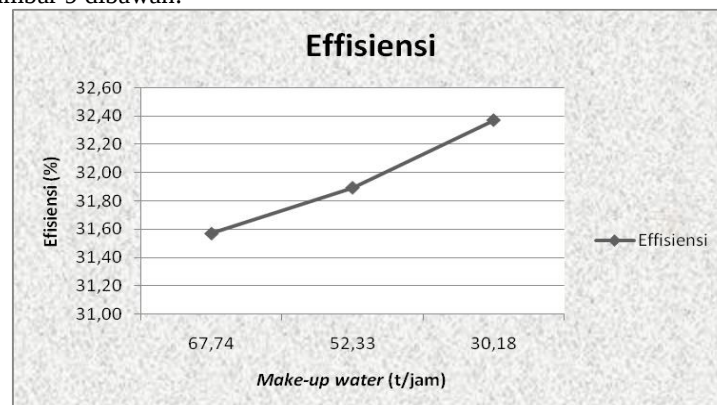
Berdasarkan tabel 2, Dengan menggunakan harga kontrak batu bara pada PLTU X sebesar Rp. 720,25,-/kg maka tabel tersebut menunjukkan pada bulan juli 2018 terjadi kerugian dari biaya konsumsi bahan bakar senilai Rp 3.509.504.380,-/bulan. Setelah optimasi dibulan agustus 2018 kerugian finansial dari bahan bakar turun menjadi Rp 2.587.383.585,-/bulan sehingga selisih antara bulan juli 2018 dan agustus 2018 senilai Rp 922.120.795,-/bulan maka selisih tersebut adalah *cost saving* bahan bakar setelah optimasi pertama. Optimasi kedua, pada bulan oktober 2018 kembali terjadi penurunan biaya konsumsi bahan bakar menjadi Rp 1.261.947.141,-/bulan. Jadi selisih antara optimasi sebelumnya di bulan agustus dengan bulan oktober sebesar Rp 1.325.436.444,-/bulan maka selisih tersebut merupakan *cost saving* bahan bakar.

Untuk menggambarkan pengaruh *make-up water* terhadap kinerja PLTU maka dapat dilihat di grafik pada gambar 8 dibawah



Gambar 8. Grafik *Make-up water* terhadap NPHR

Dari grafik 8 dapat dilihat pengaruh pemakaian *make-up water* terhadap NPHR dan dari grafik tersebut dipahami bahwa pengaruh optimasi pemakaian *make-up water* berbanding lurus terhadap penurunan nilai NPHR. Selanjutnya, jika dilihat pengaruh pemakaian *make-up water* terhadap efisiensi pembangkit maka dapat dilihat pada gambar 9 dibawah.



Gambar 9. Grafik *make-up water* terhadap Efisiensi

Dari grafik pada gambar 9 menunjukkan bahwa penurunan pemakaian *make-up water* berpengaruh terhadap kenaikan efisiensi suatu pembangkit. Jika dibandingkan grafik 8 dengan 9 maka pada saat pemakaian *make-up water* 67,74 t/jam, NPHR bernilai 2701,08 kcal/kWh dan efisiensi bernilai 31,84%. Kemudian setelah optimasi pertama terjadi penurunan pemakaian *make-up water* sehingga NPHR turun menjadi 2673,59 kcal/kWh sedangkan efisiensinya mengalami kenaikan menjadi 32,17%. Selanjutnya di optimasi kedua NPHR turun menjadi 2634,08 kcal/kWh dan efisiensi kembali naik menjadi 32,65%, hasil ini menunjukkan juga bahwa NPHR berbanding terbalik dengan efisiensi.

4. KESIMPULAN

1. Melalui kegiatan observasi yang dilakukan banyak ditemukan kerusakan dan *leak through* pada *valve* yang ada di PLTU unit#20. Temuan ini dibuktikan dengan adanya 45 *valve* rusak di area *boiler* dan 47 *valve* rusak di area turbin sehingga menyebabkan peningkatan pemakaian *make-up water* yang signifikan.

2. Berdasarkan hasil observasi optimasi dilakukan dengan mengganti 33 *valve* yang rusak dan melakukan *lapping* pada 14 *valve* lainnya untuk area turbin. sedangkan untuk area *boiler* mengganti 28 *valve* yang rusak dan melakukan *lapping* pada 17 *valve* lainnya.
3. Pemakaian *make-up water* di bulan juli 67,74 t/jam, menyebabkan rugi NPHR sebesar 105,52 kcal/kWh dengan efisiensi sebesar 31,57% sehingga PLTU mengalami rugi dari segi *input* bahan bakar sebesar 6,77 t/jam. Pada bulan agustus, setelah *maintenance outage* pemakaian *make-up water* tercatat sebesar 52,33 t/jam menyebabkan rugi NPHR sebesar 77, 79 kcal/kWh. ada selisih NPHR senilai 27,49 kcal/kWh dari bulan juli setara 1,78 t/jam penghematan bahan bakar. Selanjutnya di bulan oktober setelah *overhaul* pemakaian *make-up water* sebesar 30,18 t/jam dengan NPHR sebesar 2656,58 kcal/kWh dan efisiensi 32,37 %
4. Total *cost saving* yang diterima setelah optimasi sebesar Rp 2.247.557.239,-/bulan

REFERENSI

1. S. Agustinus, Buku Laboratorium Kimia PT.PJB UBJ O&M PLTU Rembang, Rembang, Indonesia (2018).
2. S. Tsubakizaki, "Mithubishi Heavy Industries Technical Review," vol 50, no 3. (2013).
3. D.K.Sarkar , "Thermal Power Plant Design And Operation." Amsterdam, Belanda (2015).
4. K. Prabhakar dan Dinesh K. "Dm Make-Up Water Reduction In Thermal Power Plants Using Six Sigma Dmaic Methodology," India, (2007).
5. M. Khabib A, Perhitungan Efisiensi, PT.Indonesia Power UBP Suralaya, Indonesia (2013).
6. Wang Z., "Water Treatment Equipment And System" chapter 10, Elsevier, inc. (2019)
7. T. Sudhakar, "Implementation of Six Sigma to Improved Performance in Power Plants," India, (2015).