

## ANALISIS *ECONOMIZER*#2 PADA *HEAT RECOVERY STEAM GENERATION (HRSG)* DI TURBIN GAS#2 UNTUK PROSES *MAINTENANCE* DI PT. XXX

Jojo Sumarjo<sup>1</sup>, Chandrasa Soekardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

Email: jojosumarjo@gmail.com, csoekardi@gmail.com

### INFO ARTIKEL

Diterima : 14 November 2016

Direvisi : 15 Desember 2016

Disetujui : 21 Januari 2017

Kata Kunci : *Economizer*, performa, faktor pengotor, *cleaning interval*

### ABSTRAK

*Economizer* #2 pada Instalasi Pembangkit Daya yaitu pada *HRSG (Heat Recovery Steam Generator)* di Turbin Gas#2, sering mengalami *maintenance* atau *cleaning* dari pada seharusnya (tidak sesuai dengan spesifikasi dari alat tersebut) hal ini mengakibatkan performanya menurun dan biaya *maintenance* meningkat. Evaluasi performa pada alat tersebut telah dilakukan dengan pengujian pada skala industri yang dilaksanakan selama 5 bulan dengan interval waktu selama 48 jam (2 hari). Terjadi penurunan performa pada alat tersebut akibat dari bertambahnya faktor pengotor (*fouling factor*) yang merupakan fungsi dari waktu, dengan tahanan termal asimtotis aktual akibat faktor pengotor sebesar 0.01689 (m<sup>2</sup>K)/W dan *cleaning interval*nya hampir selama 5 bulan untuk proses *maintenance*, mengurangi *lose time* pada produksi kertas, dan menekan *maintenance cost* secara signifikan.

### I. PENDAHULUAN

Riset ini dilakukan berangkat dari motivasi untuk mencari solusi atas sebuah masalah industri, yaitu masalah yang dihadapi oleh instalasi industri pembangkit tenaga gas-uap, khususnya pada alat *economizer*#2 yang terpasang di bagian komponen *HRSG (Heat Recovery Steam Generator)* di Turbin Gas#2.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh instalasi pembangkit energi tersebut adalah alat *economizer* yang ada pada bagian instalasi tersebut lebih sering harus mengalami *maintenance* untuk *cleaning* daripada seharusnya.

Menurut spesifikasi alat tersebut seharusnya *cleaning* dilakukan satu kali per tahun dengan kondisi alat yang masih baru. Namun dalam praktek pengoperasian *cleaning* rata-rata dilakukan lebih dari dua kali per tahunnya.

Hal tersebut tentu menyebabkan biaya *maintenance* alat tersebut menjadi tinggi sekali, yaitu menjadi lebih dari dua kali lipat lebih tinggi dari semestinya.

Pada saat yang bersamaan, seringkali *maintenance* mengakibatkan instalasi juga mengalami kehilangan produksi yang berdampak pada kerugian yang lebih besar secara keseluruhan.

*Economizer* alat yang fungsi utamanya adalah memastikan terjadinya perubahan tingkat keadaan aliran air dari tingkat keadaan sub-dingin setelah keluar dari pompa menjadi tingkat keadaan cair jenuh sebelum kemudian diuapkan pada alat *evaporator*. Proses pemanasan pada

Uap bertekanan yang kemudian dihasilkan oleh sistem *economizer-evaporator-superheater* yang terdapat di dalam *HRSG* dipergunakan untuk menghasilkan daya turbin penggerak *generator* listrik dan dipergunakan untuk proses pemanasan pada pembuatan kertas

Peranan alat *economizer* tersebut sangat vital, karena apabila *performance of economizer* mengalami gangguan sehingga kinerjanya menurun, maka dapat mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh turbin tersebut menjadi lebih rendah karena tekanan dan temperatur aliran uap masuk turbin lebih rendah dari yang seharusnya, kemudian proses pemanasan pada proses pembuatan kertas menjadi terganggu juga, yang semua itu akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar.

Penurunan kinerja *economizer* tersebut, di luar masalah gangguan pada sistem mekaniknya, pada umumnya disebabkan oleh penurunan efektifitas perpindahan panas yang terjadi di dalam alat tersebut akibat terjadinya pengotoran permukaan.

Pertumbuhan *deposit* di kedua sisi permukaan tersebut akibat proses pengotoran permukaan tentu saja berlangsung secara bertahap. Tahanan termal akibat terjadinya *deposit* di permukaan menyebabkan laju pertukaran energi panas antara gas panas dengan aliran air menjadi menurun sehingga efektifitas perpindahan panas di dalam pipa *economizer* lebih rendah dari seharusnya.

*Economizer* sebenarnya adalah Alat Penukar Kalor atau APK, salah satu studi atau riset tentang APK sudah dilaksanakan oleh I. Bizzy dan R. Setiadi [14] yang membahas tentang perhitungan APK shell and Tube antara gas panas sebagai fluida panas dan air sebagai fluida dingin, membandingkan koefisien perpindahan kalor global

(keseluruhan) dan faktor pengotor, membandingkan hasil perhitungan manual dan dengan perhitungan komputerisasi. Dalam hal ini tidak dibahas tentang peranan faktor pengotor (*fouling*) terhadap performa APK, dan efek dari performa APK terhadap peralatan yang lainnya pada instalasi industri.

Tujuan penelitian atau riset ini adalah mengevaluasi alat *economizer#2* yang ada pada bagian instalasi pembangkit tenaga uap tersebut adalah faktor apa yang menyebabkan performa *economizer#2* ini menurun sehingga berakibat buruk pada proses perpindahan energi panas pada sistem HRSG, dan berapa lama *cleaning interval*-nya sehingga *maintenance schedule* bisa diestimasi dan diprediksi supaya operasional produksi kertas tidak terganggu, juga *maintenance cost* bisa ditekan secara signifikan.

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah melakukan wawancara dengan personel setempat dan pengamatan langsung pada obyek yang diteliti pada saat operasional, dengan jalan monitoring selama 24 jam dalam sehari. Dengan Peralatan dan instrument yang sudah tersedia di industri, data yang diperlukan diperoleh dari monitor di *DCS(Distributed Control System) Room*, dicatat setiap jam dalam *work sheet Daily Monitoring Report*, kemudian untuk penelitian ini, data tersebut dikoleksi untuk *interval* waktu 5 bulan. Untuk fluida yang dipanaskan (*feedwater* atau  $H_2O$ ) data yang diperoleh adalah temperatur *inlet*, temperatur *outlet* dan *flow*. Sedangkan untuk fluida yang melepaskan panas adalah *flow* dan temperatur *outlet*. Data dimensi dan material *Economizer#2* diperoleh dari *drawing* yang sudah disediakan *vendor*. Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengujian pada skala industri diolah dengan menggunakan formulasi dan simulasi *numeric* yang diperoleh dari buku-buku referensi dan sumber lain yang relevan dengan penelitian ini, sehingga didapatkan nilai tertentu dan dituangkan dalam bentuk tabel dan grafik.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Economizer#2* yang diteliti adalah merk DELTAK dengan spesifikasi (untuk load generator 100%) sebagai berikut :

Tabel-I. Spesifikasi *Economizer#2* pada *Load generator* 100% (dari Manual Book HRSG)

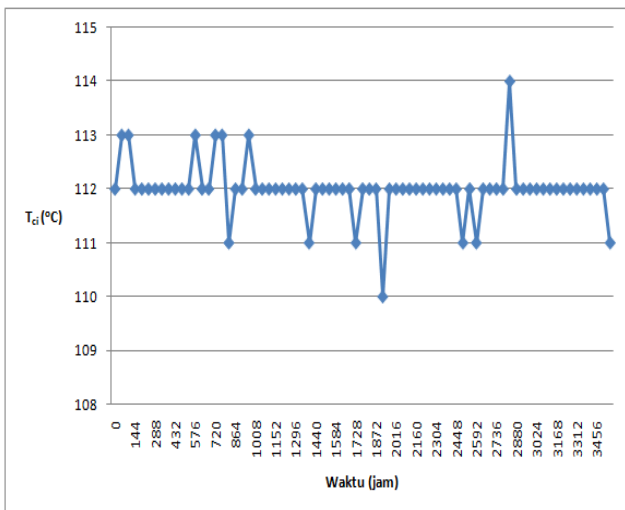
HEATING SIDE DATA :		
Fluid		Turbine Exhaust : Gas (TEG)
Fouling Factor	(ft <sup>2</sup> .°F.hr/BTU)	: 0,0010
Flow Rate	(lb/hr)	: 878204
Inlet Temperature (Design)	(°F)	: 475
Outlet Temperature (Design)	(°F)	: 272
Temperature Drop (rise)	(°F)	: 203
Average Specific Heat	(BTU/lb.°F)	: 0,263
Heat release	(MBTU/hr)	: 46,86
Flow Pattern		: COUNTER
COOLING SIDE DATA :		
Fluid		Water : (H <sub>2</sub> O)
Fouling Factor	(ft <sup>2</sup> .°F.hr/BTU)	: 0,0010
Flow Rate	(lb/hr)	: 263158
Inlet Temperature (Design)	(°F)	: 227
Outlet Temperature (Design)	(°F)	: 398
Temperature Drop (rise)	(°F)	: 171
Heat absorbed	(MBTU/hr)	: 46,39
EQUIPMENT DATA :		
Heating surface	(ft <sup>2</sup> )	: 115660
Tube Diameter x min. thickness	(in)	: 2,0 x 0,105
Tube Length (nominal)	(ft)	: 38
Tube Material		: SA-178-C

Data hasil pengukuran (dengan load generator 60%) tersebut diperoleh dengan mencatat setiap 2 hari sekali dari *Daily Monitoring Report* selama 5 bulan dengan interval waktu selama 48 jam, yang disajikan dalam Tabel II sebagai berikut ini :

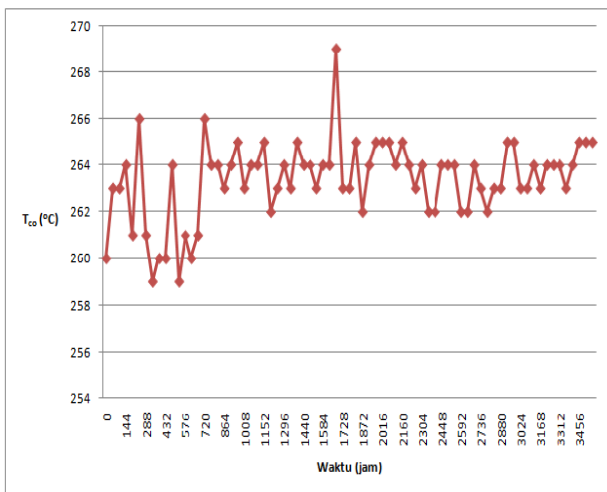
TABEL II  
DATA HASIL PENGUJIAN

No	Waktu (jam)	T <sub>ci</sub> (°C)	T <sub>co</sub> (°C)	m <sub>c</sub> (ton/hr)	T <sub>ho</sub> (°C)
1	0	112	260	57	190
2	48	113	263	46	200
3	96	113	263	54	196
4	144	112	264	48	203
5	192	112	261	50	193
6	240	112	266	48	203
7	288	112	261	59	193
8	336	112	259	55	190
9	384	112	260	57	190
10	432	112	260	51	194
.	.	.	.	.	.
20	912	112	264	37	212
.	.	.	.	.	.
30	1392	111	265	38	212
.	.	.	.	.	.
50	2352	112	262	35	204
.	.	.	.	.	.
60	2832	114	263	37	208
.	.	.	.	.	.
75	3552	111	265	39	209

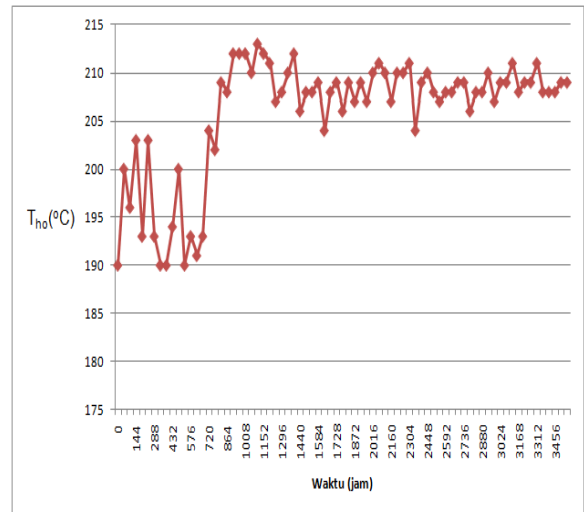
Jika data hasil pengujian untuk setiap parameter dari Table II diatas disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh :



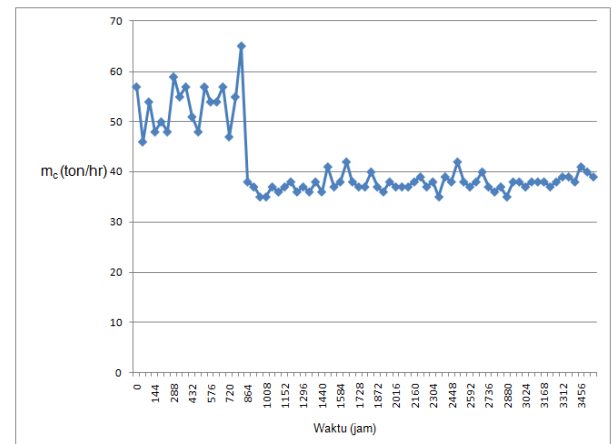
Gambar 1. Karakteristik hasil pengujian temperature fluida dingin masuk economizer#2



Gambar 2. Karakteristik hasil pengujian temperature fluida dingin keluar economizer#2



Gambar 3. Karakteristik hasil pengujian temperature fluida panas keluar economizer#2



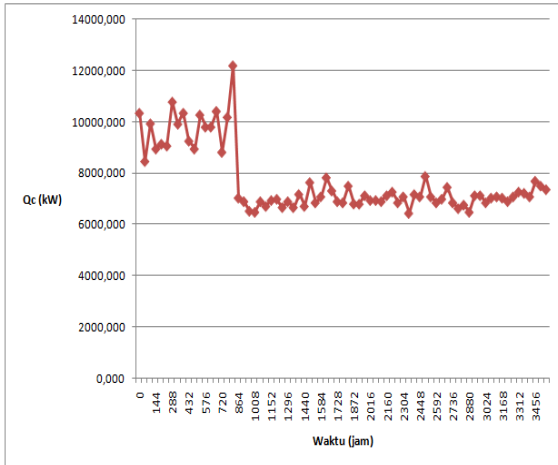
Gambar 4. Karakteristik hasil pengujian laju aliran fluida dingin di economizer#2

Dari tabel dan grafik hasil pengujian dapat beberapa hal sebagai berikut :

- a) Harga T<sub>ci</sub> (temperature inlet fluida dingin) relative konstan (lihat Gambar. 1), kecuali pada jam-jam tertentu ada terjadi penyimpangan, hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh pembacaan yang tidak normal oleh sensor temperature, sedangkan T<sub>co</sub> (Gambar. 2) seiring dengan berjalannya waktu pengoperasian mengalami perubahan yang signifikan, hal ini diakibatkan oleh ketidakstabilan pembacaan temperature akibat mulai atau sudah terbentuknya *deposit* (faktor pengotor).
- b) Harga T<sub>ho</sub> (temperature outlet fluida panas) pada awal pengoperasian perubahan harganya tidak stabil (Gambar. 3), pada waktu 576 jam sampai dengan waktu 864 jam terjadi peningkatan harga yang tinggi, kemudian sampai dengan akhir pengoperasian mengalami perubahan yang signifikan dan cenderung relative konstan, ini disebabkan oleh *deposit* (faktor pengotor) sudah mulai terbentuk dari awal pengoperasian sampai dengan waktu 864 jam, dan sampai dengan akhir pengoperasian jumlah penumpukan *deposit* relative mendekati harga yang konstan.

c) Harga  $m_c$  (laju aliran fluida dingin) pada wal pengoperasian cenderung relative pada kisaran 55 ton/hr (lihat Gambar. 4), namun setelah sekian jam operasi harganya menurun, hal ini disebabkan karena proses autovalve untuk menyesuaikan laju aliran massa fluida dingin supaya laju perpindahan energy panas di *economizer#2* mendekati relative konstan.

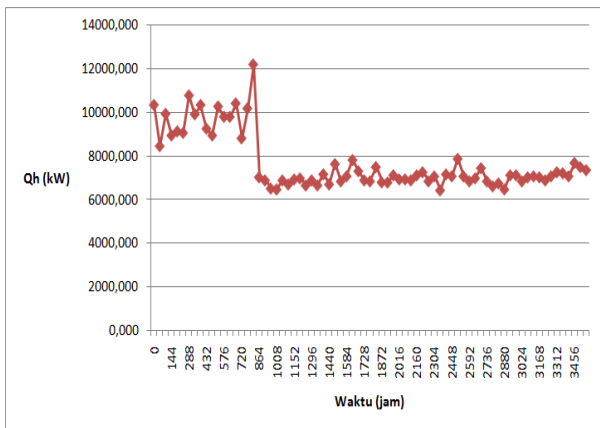
Beban termal untuk setiap pengukuran yang diterima oleh fluida dingin di *economizer* yaitu  $Q_c$ , adalah diperoleh dengan menggunakan pers. (2) dalam bentuk grafik (Gambar.5) adalah :



Gambar. 5 Karakteristik hasil pengujian beban termal fluida dingin di *economizer#2*

Dari Gambar. 5 (Karakteristik hasil pengujian beban termal fluida dingin di *economizer#2*) terlihat pada awal pengoperasian harganya cenderung pada kisaran 10000 kW, kemudian setelah waktu 864 jam samapai dengan akhir pengujian terlihat haranya menurun dan relative konstan, karakteristik beban fluida dingin ini hamper sama dengan harga  $m_c$  (laju aliran fluida dingin), ini disebabkan oleh *deposit* yang menempel pada permukaan meningkat kemudian ketebalannya konstan sampai dengan akhir pengujian

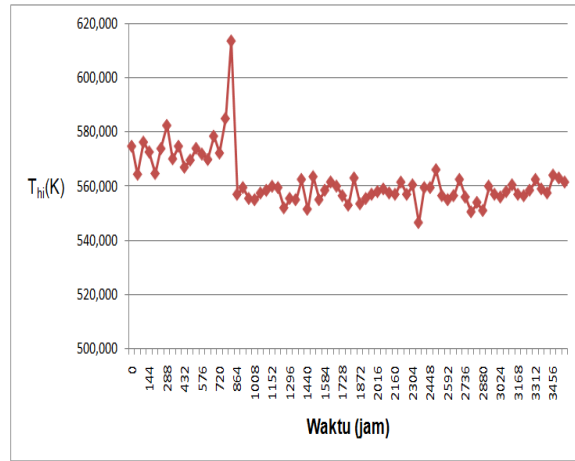
Dengan menganggap *economizer* adalah *adiabatic*, maka laju energi panas yang dilepas oleh fluida panas (dari *Turbine Exhaust Gas* atau *TEG*), untuk setiap pengukuran adalah diperoleh dalam bentuk grafik (Gambar. 6) :



Gambar. 6 Karakteristik panas yang dilepas oleh fluida panas di *economizer#2*

Karakteristik Panas yang dilepas oleh fluida panas ( $Q_h$ ) di *economizer* adalah sama dengan karakteristik beban termal pada fluida dingin ( $Q_c$ )

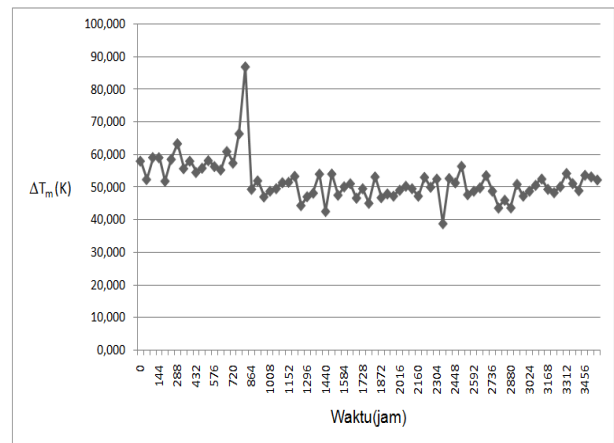
Harga temperature inlet fluida panas ( $T_{hi}$ ) untuk setiap pengukuran diperoleh dalam bentuk grafik (Gambar. 7) :



Gambar. 7 Karakteristik temperatur inlet fluida panas di *economizer#2*

Karakteristik temperatur inlet fluida panas ( $T_{hi}$ ) di *economizer* adalah mirip dengan karakteristik  $T_{ho}$

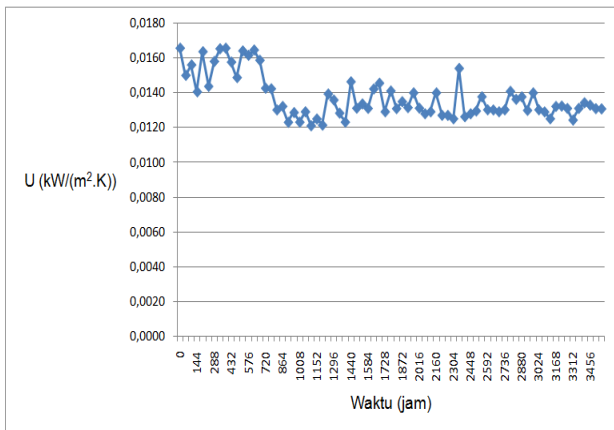
Beda temperature rata-rata logaritmik yaitu  $\Delta T_m$  untuk setiap pengukuran yaitu diperoleh dalam bentuk grafik (Gambar. 8) sebagai berikut :



Gambar. 8 Karakteristik beda temperature rata-rata logaritmik di *economizer#2*

Dari awal pengujian karatersitik beda temperatur rata-rata logaritmik harganya terlihat signifikan atau relative konstan pada harga kisaran 55 K (lihat Gambar. 8), kemudian pada waktu 864 jam terjadi penyimpangan harga yang paling tinggi, setelah itu harganya menurun cenderung pada kisaran 50 K sampai dengan akhir pengujian, ini disebabkan oleh *deposit* yang menempel pada permukaan meningkat kemudian ketebalannya konstan sampai dengan akhir pengujian

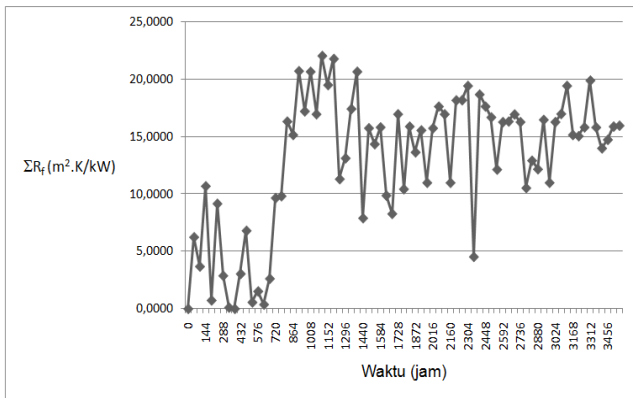
Koefisien perpindahan panas global untuk setiap pengukuran didalam economizer#2 yaitu U, adalah diperoleh dengan menggunakan pers.(5) yaitu dalam bentuk grafik (Gambar 15) sebagai berikut :



Gambar. 9 Karakteristik koefisien perpindahan panas global (U) di economizer#2

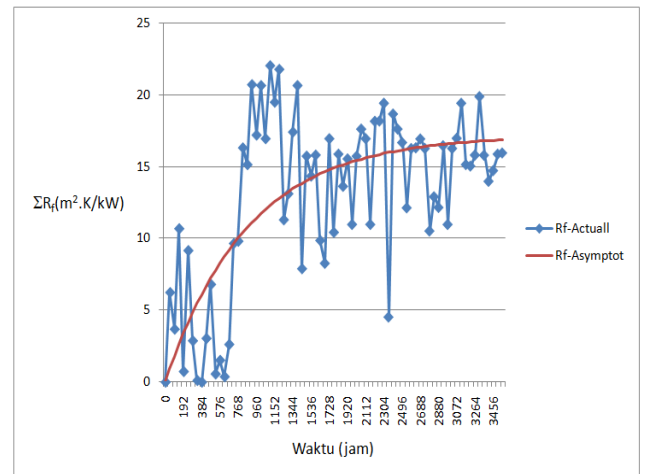
Pada Gambar.9 terlihat bahwa harga koefisien perpindahan panas global (U) di *economizer#2* pada awal pengujian cenderung berada pada kisaran 0,0150 kW/(m²K), kemudian setelah waktu kisaran 960 jam terjadi penurunan cenderung pada kisaran harga 0,0130 kW/(m²K) , harga ini terlihat signifikan atau hamper konstan sampai dengan akhir pengujian.

Tahanan termal akibat factor pengotor (*fouling*) untuk setiap pengukuran pada *economizer#2* yaitu  $\Sigma R_f$  diperoleh dalam bentuk grafik (Gambar.10) sebagai berikut :



Gambar 10. Karakteristik aktual hasil pengujian factor pengotor ( $\Sigma R_f$ ) di economizer#2

Jika karakteristik factor pengotor tersebut , masa jenis dan konduktivitas termalnya dianggap relative konstan maka untuk setiap pengukuran factor pengotor terhadap waktu dapat didekati dengan fungsi *asymptot* , ini diperoleh dalam bentuk grafik (Gambar. 11) sebagai berikut :



Gambar 11. Karakteristik hasil pendekatan asymptotic untuk factor pengotor di economizer

Kurva karakteristik factor pengotor(*fouling*) actual hasil pengujian selama 5 bulan dengan dengan kurva karakteristik factor pengotor(*fouling*) yang membentuk kurva asimtotis (hasil perhitungan dengan data dari hasil pengujian).

Dari kurva asimtotis (Gambar 11.) terlihat tahanan termal akibat factor pengotor ( $\Sigma R_f$ ) pada akhir waktu mulai 3456 jam atau lebih dari harga itu kurva pada grafik berbentuk asimtotis, artinya harga tahanan termal mulai konstan

#### IV. KESIMPULAN

Permasalahan yang dihadapi oleh Instalasi Pembangkit Daya adalah *Economizer* (yang ada pada instalasi tersebut), sering mengalami *maintenance* atau *cleaning* dari pada seharusnya (tidak sesuai dengan spesifikasi dari alat tersebut) hal ini mengakibatkan time efisiensi menurun dan biaya *maintenance* meningkat. Evaluasi performa pada alat tersebut yaitu *Economizer#2* telah dilakukan dengan pengujian pada skala industri yaitu dengan pengamatan kemudian pengambilan data yang dilaksanakan selama 5 bulan dengan interval waktu selama 48 jam (2 hari), setelah itu dilakukan pengolahan data dan analisis *cleaning interval* yang aktual Hasil evaluasi performa pada alat tersebut secara detil dapat disimpulkan sebagai berikut :

Telah terjadi penurunan performa untuk *Economizer#2* tersebut akibat dari bertambahnya factor pengotor yang merupakan fungsi dari waktu, dengan tahanan termal asimtotis aktual akibat factor pengotor sebesar 16.88824 (m²K)/kW atau 0.01689 (m²K)/W.

*Economizer#2*, dengan tahanan termal akibat factor pengotor sebesar 16.88824 (m²K)/kW atau 0.01689 (m²K)/W, adalah mempunyai *cleaning interval* aktual sebesar 3456 jam atau kurang lebih 5 bulan. Jadi Jadwal *maintenance* untuk *Economizer#2* bisa dilakukan 2 kali dalam setahun, tidak perlu lebih dari 2 kali dalam setahun.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Sumarjo, Jojo & Soekardi, Chandrasa, 2010, Analisis *Economizer#2 Pada Heat Recovery generator Steam generator (HRSG) di Turbin Gas#2 dengan Daya keluaran 32 MW*, Tesis, Magister Teknik Mesin UP
- [2] Soekardi, Chandrasa, 2001, *Prediksi Karakteristik Termal Sebuah Penukar Kalor Dampak Pemilihan Faktor Pengotoran Konstan*, Poros, Vol. 4
- [3] Soekardi, Chandrasa, 2002, *Implikasi Perancangan Sebuah Penukar Kalor Dengan Faktor Pengotoran dan Fungsi Waktu Terhadap Kinerja pada Kondisi Operasi Beban Termal Konstan*, Poros, Vol. 5
- [4] Yulianto, Sulis, 2010, Analisis Perancangan alat Pendingin Jenis *Shell and Tube* dengan *Cleaning Interval* yang Bervariasi, Tesis, Magister Teknik Mesin UP
- [5] Kakac, Sadik & Liu, Hongtan, 2002. *Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design, USA, CRC Press*
- [6] HRSG, melalui <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:HRSGPoster.jpg>> [10 Juli 2010]
- [7] HRSG, melalui <<http://www.hrsgdesign.com/design0.htm>>> [10 Juli 2010]
- [8] IHI-*manual book for HRSG*
- [9] El-Wakil, M. M., 1985. *Power Plant Technology, Singapore, McGraw-Hill Book Co.*
- [10] Kreith, Frank & Z. Black, William, 1980. *Basic Heat Transfer*, New York, HARPER & ROW. PUBLISHER
- [11] Cengel, Yunus A. & Boles, Michael A., 2007. *Thermodynamics: An Engineering Approach*, New York, McGraw-Hill
- [12] Potter, Merle C. & Wiggert, David C. 2002, *Mechanics of Fluids*, USA, BROOKS/COLE
- [13] Reynolds, William C. & Perkins, Henry C. 1987, *Engineering Thermodynamics*, New York, McGraw-Hill
- [14] I. Bizzy, R. Setiadi, *Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Program Heat Transfer Research Inc. (HTRI)*, JURNAL REKAYASA MESIN Vol. 13 No.1, Hal 67-77, Maret 2013