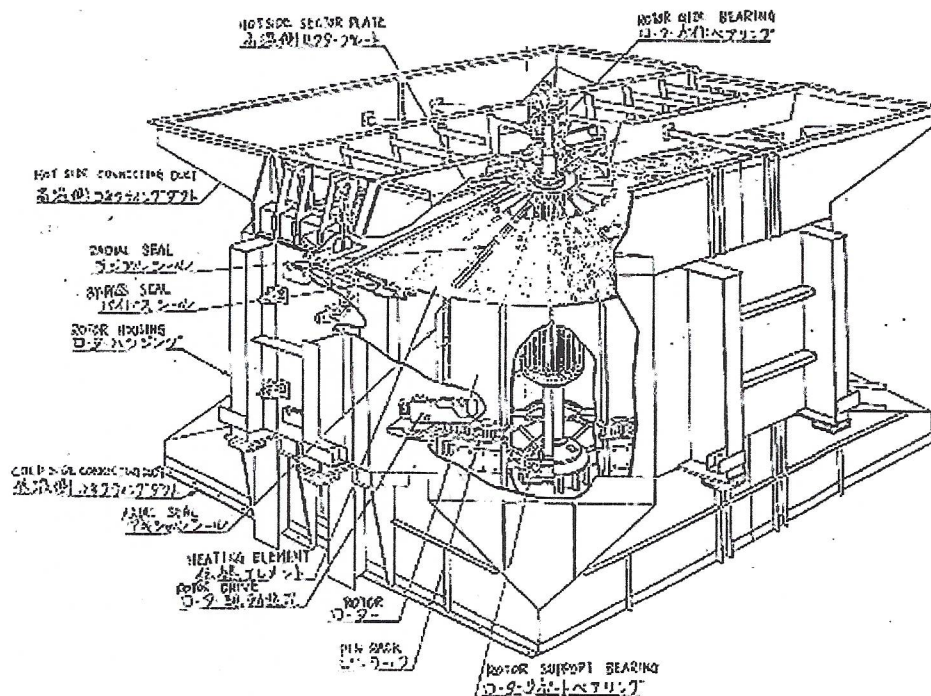


## LAPORAN TEKNIS

**PENINGKATAN EFISIENSI PANAS PLTU  
DENGAN PERBAIKAN SISTEM AIR HEATER  
DI UNIT NO 5 PLTU MUARA KARANG, JAKARTA**

Oleh :  
Irhan Febijanto



**PUSAT PENGAJIAN & PENERAPAN  
TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ENERGI  
DEPUTI BIDANG TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ALAM  
BPP TEKNOLOGI  
2002**



**LAPORAN TEKNIS**

**PENINGKATAN EFESIENSI PANAS PLTU  
DENGAN PERBAIKAN SISTEM AIR HEATER  
DI UNIT NO 5 PLTU MUARA KARANG, JAKARTA**

---

Oleh :  
DR.Irhan Febijanto  
Nip: 680002166

PERPUSTAKAAN

No. Induk	: 1543/H/04
Klasifikasi	: IL.97.04.1543
Subjek	:
Harga / Asal	:
Pemb. / Had / Tk	:
Katalog	: 02-05-05
Dit.	: 06-10-04

25 Jan 05

**Mengetahui :**

Direktur Pusat Pengkajian dan Penerapan  
Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi

**(DR. Ir. Subagio Imam Bakri)**  
Nip: 680000168

---

**PUSAT PENGAJIAN & PENERAPAN  
TEKNOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ENERGI  
DEPUTI BIDANG TENOLOGI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA ALAM  
BPP TEKNOLOGI  
2002**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
1. PENDAHULUAN.....	3
1.1 LOKASI DAN SEJARAH PERKEMBANGAN PLTU MUARA KARANG.....	3
1.2 LATAR BELAKANG.....	4
1.3 KONDISI KERJA PLTU MUARA KARANG.....	6
1.4 USAHA PENINGKATAN EFESIENSI PANAS DI PLTU DI CHUBU ELECTRICITY COMPANY.....	6
2. PERBAIKAN YANG DILAKUKAN.....	6
2.1 <i>AIR HEATER</i> .....	7
2.1.1 STRUKTUR DAN FUNGSI.....	7
2.1.2 PERBAIKAN MATERIAL <i>AIR HEATER</i> .....	10
2.1.3 PENGGANTIAN <i>ELEMENT AIR HEATER</i> .....	10
2.1.4 EFESIENSI SUHU.....	10
2.1.5 RENCANA KERJA.....	13
2.2 PENGGANTIAN <i>ELEMENT SEAL</i> .....	13
2.3 <i>STEAM AIR HEATER</i> .....	14
3. HASIL PERBAIKAN.....	16
4. PENUTUP.....	16
5. DAFTAR PUSTAKA.....	17

## GAMBAR dan TABEL

Gambar 1 Lokasi PLTU Muara Karang.....	3
Gambar 2 Lokasi Kompleks PLTU Muara Karang.....	4
Gambar 3 Jaringan Transmisi Jakarta.....	4
Tabel 1 Rasio penggunaan bahan bakar pada PLTU.....	5
Tabel 2. Perubahan efisiensi panas di PLTU Muara Karang no 5.....	6
Tabel 3. Peningkatan Efisiensi Panas di PLTU Chubu Electricity Power Company, Japan.....	7
Gambar 4 Struktur <i>Air Heater</i> .....	9
Gambar 5 Bentuk <i>element Air Heater</i> .....	9
Gambar 6 Perubahan suhu di <i>element Air Heater</i> .....	9
Tabel 4 Perbandingan Komposisi Element.....	11
Gambar 7 Suhu di Inlet AH.....	11
Gambar 8 Hubungan antara efisiensi panas dengan efisiensi suhu AH .....	12
Gambar 9 Letak <i>Air Heater Seal</i> .....	14
Gambar 10 Mekanisme Kebocoran Udara pada <i>Air Heater Seal</i> .....	15
Tabel 5 Performance <i>Air Heater</i> .....	16

## 1. PENDAHULUAN

Laporan teknis ini disampaikan kepada P3TPSE (Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi), sebagai salah satu syarat untuk melengkapi laporan kerja, dalam rangka training di Maintenance Technology Group, Thermal Power Plant Engineering Center, Thermal Power Plant Department, TEPCO (Tokyo Electric Power Company), Jepang.

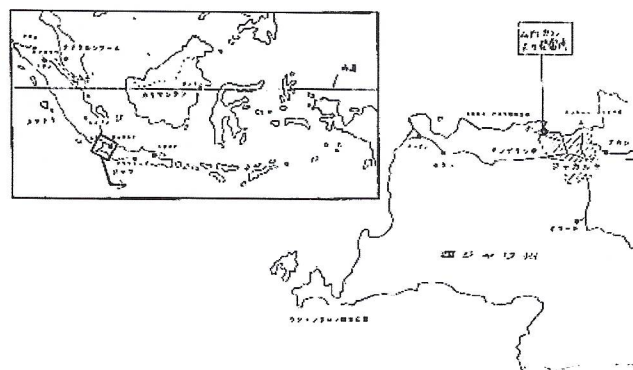
### 1.1 LOKASI DAN SEJARAH PERKEMBANGAN PLTU MUARA KARANG

PLTU Muara Karang ini berada pada arah barat laut ibu kota Jakarta, berada dekat di pinggi laut dan lokasinya berdekatan dengan pelabuhan udara internasional Sokarno-Hatta. Gambar 1 menunjukkan lokasi PLTU Muara Karang. PLTU ini beroperasi di bawah manajemen operasi PLN PJB-2. Pembangunan 5 unit pembangkit listrik di PLTU ini dilakukan dari tahun 1979 sampai tahun 1982, dimana unit 1, 2 dan 3 mempunyai kapasitas 100MW, sedangkan unit 4 dan 5 dengan kapasitas 200MW. Biaya pembangunan pada saat itu menghabiskan \$ 296.000.000.

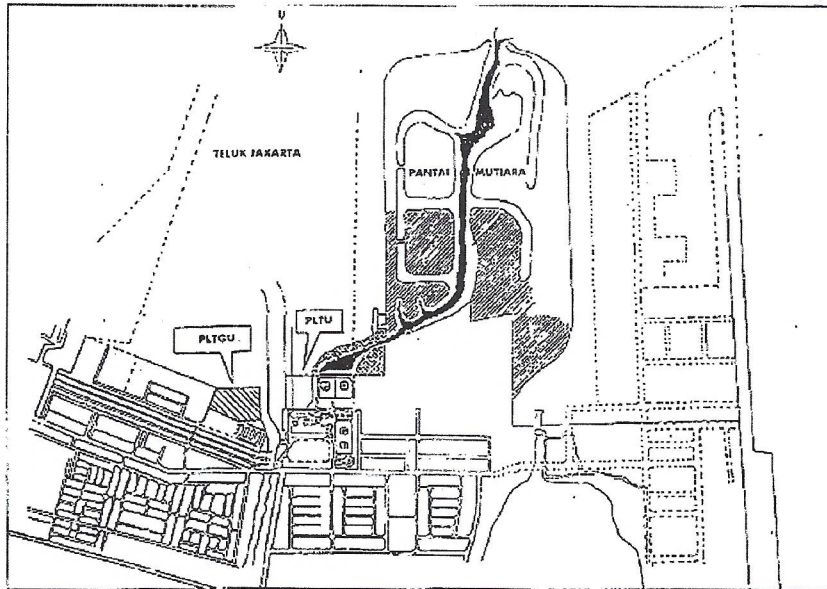
Luas kompleks PLTU Muara Karang adalah sekitar 12 ha, detail dari kompleks fasilitas tersebut dapat dilihat di gambar 2. Di sebelah PLTU Muara Karang di bangun juga Gas Turbine Combine-Cycle. Total kapasitas yang dimiliki PLTU Muara Karang adalah 508.55 MW. Pegawai yang dimiliki ada sejumlah 390 orang.

PLTU Muara Karang ini menyuplai sekitar 25% dari kebutuhan listrik ibu kota Jakarta dan memberikan sumbangan kebutuhan listrik Jawa-Bali sekitar 13%. Gambar 3 menunjukkan posisi PLTU Muara Karang dalam jaringan listrik di Jakarta. Posisi PLTU Muara Karang ditunjukkan dalam kotak.

Unit 5 PLTU Muara Karang ini, menjadi obyek pemeriksaan. Unit ini mulai beroperasi pada bulan Juni 1982, dimana mula-mula memakai bahan bakar minyak berat (*heavy oil*). Tetapi dengan diketemukannya ladang gas di sekitar pantai Jakarta, dan dengan pertimbangan di sekitar lokasi belum ada PLTU yang memakai gas, maka untuk unit 4 dan 5 mulai bulan Juni 1996, bahan bakar Gas Alam mulai dipakai. Saat ini boiler beroperasi dengan bahan bakar minyak berat atau gas alam, tetapi gas alam menjadi bahan bakar utama yang dipakai. Kontrak yang dilakukan dengan perusahaan asing menetapkan suplai gas alam ke PLTU Muara Karang dilakukan dengan volume tetap.

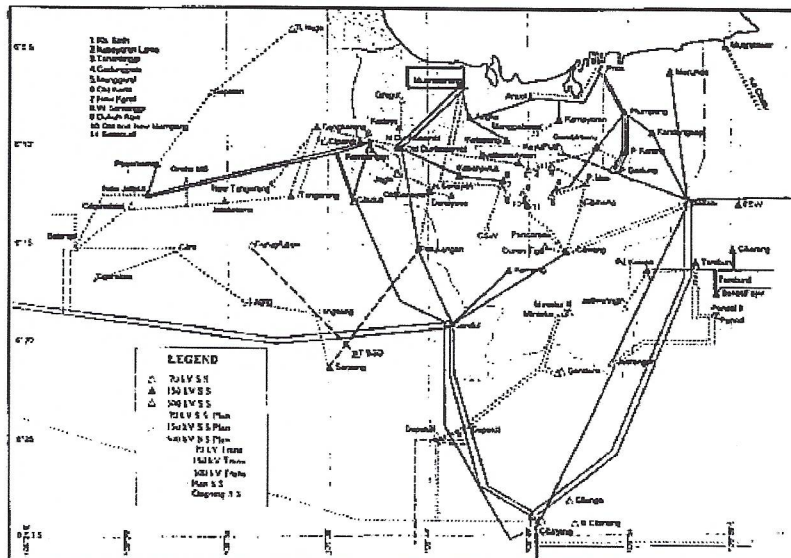


Gambar 1 Lokasi PLTU Muara Karang



**Gambar 2 Lokasi Kompleks PLTU Muara Karang**

Map Showing Electricity in DKI Jaya and Tangerang



**Gambar 3 Jaringan Transmisi Jakarta**

## 1.2 LATAR BELAKANG

Dengan adanya sinar matahari yang memanasi permukaan bumi pada siang hari, suhu bumi menjadi terjaga pada suhu yang sesuai untuk kondisi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Di udara ada beberapa gas seperti karbondioksida ( $CO_2$ ) dan Methan ( $CH_4$ ) yang dapat menutup panas dari matahari, sehingga timbul efek rumah kaca di permukaan bumi. Phenomena ini menyebabkan naiknya suhu bumi yang dapat menyebabkan

rusaknya siklus iklim di permukaan bumi, seperti yang kita alami dan saksikan di TV atau mass media, dimana kemarau yang berkepanjangan tetapi di belahan bumi lain terjadi hujan yang tak henti –henti yang menyebabkan banjir.

Untuk itu beberapa negara telah berkumpul untuk berusaha mengurangi efek rumah kaca dengan mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Mekanisme pengurangan ini dikelola secara internasional yang didapat dari pertemuan–pertemuan dari COP1 sampai COP3 yang menghasilkan Deklarasi Kyoto, yang intinya kesepakatan negara-negara di dunia untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> nya dengan teknologi yang ada dan yang sedang dikembangkan. Juga dikembangkannya suatu sistem kuota emisi CO<sub>2</sub> yang mekanismenya sedang dalam proses pengaturan.

Pada PLTU yang dianggap menyumbang emisi CO<sub>2</sub> cukup besar, program menaikkan efisiensi thermal dengan merupakan suatu program yang digalakkan. Dalam pada itu Indonesia menerima program bantuan dari pihak Jepang melalui MITI (Departemen Perdagangan dan Industri Jepang) untuk pengurangan emisi CO<sub>2</sub> melalui peningkatan efisiensi panas. Dimana pada program ini PLTU Muara Karang menjadi pilihan pertama dalam program bantuan ini.

Selain mempunyai efek terhadap pengurangan efek rumah kaca peningkatan efisiensi panas dapat meningkatkan efisiensi manajemen PLTU itu sendiri. Hal ini ditunjukkan pada tabel 3, yang merupakan data dari PLTU di Jepang.

**Tabel 1 Rasio penggunaan bahan bakar pada PLTU**

Bahan Bakar	Rasio Penggunaan bahan bakar(%)	Harga bahan bakar (\$/t)
Heavy Oil	60	120
LNG	50	170
Batu bara	40	50

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa biaya bahan bakar merupakan biaya yang mempunyai presentase yang besar dalam pengoperasian PLTU, dan jika biaya bahan bakar dapat ditekan maka suatu penghematan besar dapat dicapai dalam manajemen sebuah PLTU, karena itu tujuan untuk melakukan efisiensi pemakaian bahan bakar merupakan tujuan keseluruhan yang mempengaruhi efisiensi operasional suatu PLTU.

Jika sebuah PLTU dengan bahan bakar minyak berat didapat penghematan bahan bakar sebanyak 1%, maka biaya untuk pembangkitan listrik dapat dihemat sebanyak 0.6%. Dan banyaknya bahan bakar yang dihemat adalah 3000 ton/tahun. Atau sekitar ¥43.000.000 (1\$=¥120). Dan jika ini terjadi di Indonesia dimana, harga bahan bakar ¥10.000/ton maa pertahun dapat dihemat biaya sebesar ¥ 3.000.000/tahun (dengan perbandingan harga bahan bakar Rp 16/MJ, dengan konversi ¥1=Rp 65)

Di Chubu Electricity Company dimana dapat dilakukan penghematan sebanyak ¥2.822 x 10<sup>8</sup> (data tahun 1998). Jadi penghematan sekitar 0.1% dapat menghemat biaya sekitar ¥3000 x 10<sup>8</sup>.

### 1.3 KONDISI KERJA PLTU MUARA KARANG

Dari data yang didapat (tabel 1) menunjukkan efisiensi panas di PLTU Muara Karang unit 5, mengalami penurunan sebesar 3%, selama 26 tahun terakhir.

Yang menjadi point pengamatan akibat turunnya efisiensi panas dalam pemeriksaan ini adalah :

- (1) Turunnya level hampa udara di kondensor dan kondisi kerja kondensor serta turbin
- (2) Tingginya suhu gas buang di *Air Heater* dan kondisi kerja *Air Heater*
- (3) Suhu pada Reheater yang tidak sesuai dengan disain dan kondisi kerja Boiler

Pada laporan teknis ini hanya akan dibahas point nomer kedua saja.

**Tabel 2.** Perubahan efisiensi panas di PLTU Muara Karang no 5

	1982	Maret, 1998	Agustus 1998
<b>Plant Gross Thermal Efficiency</b>	36.5%	34.4%	33.3%
<b>Ambient temperature</b>	28.9°C	29.9°C	35.0°C
<b>Kondensor vacuum pressure (mmHg)</b>	689	650	650
<b>Sea water teperature at Condenser inlet</b>	29.8°C	30.0°C	30.0°C

**Catatan:** Efisiensi berdasarkan disain untuk  
 Boiler : 87.5%,  
 Turbin : 42.96%,  
 rata rata : 37.59%

### 1.4 USAHA PENINGKATAN EFISIENSI PANAS DI PLTU DI CHUBU ELECTRICITY COMPANY

Pada tabel ditunjukkan usaha-usaha penanggulangan penurunan efisiensi panas yang terjadi di Chubu Electricity Power. Usaha-usaha penanggulangan ini menjadi referensi dalam menanggulangi penurunan panas yang terjadi di PLTU Muara Karang unit 5.

## 2. PERBAIKAN YANG DILAKUKAN

Perbaikan yang dilakukan disini meliputi penggantian element *Air Heater*, penggantian *seal Air Heater* dan tidak digunakannya *Steam Air Heater*.

**Tabel 3. Peningkatan Efisiensi Panas di PLTU Chubu Electricity Power Company, Japan**

No	Perbaikan	Pelaksanaan perbaikan	
		Peralatan	Operasi
1	Perbaikan kondisi steam	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengurangan atau penambahan area penghantar panas boiler</li> <li>● Pembersihan permukaan area penghantar panas boiler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kenaikan suhu uap air (steam)</li> <li>● Penurunan tekanan operasi</li> </ul>
2	Penurunan turunya gas buang	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pergantian/perbaikan elemen AH</li> <li>● Perbaikan seal AH</li> <li>● Pengaturan burning air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengoperasian dengan konsentrasi O<sub>2</sub> rendah</li> <li>● Penurunan suhu gas buang</li> </ul>
3	Peningkatan siklus turbin	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Peningkatan kemampuan uap air turbin</li> <li>● Pemasangan alat pembersih kondensor</li> <li>● Pemasangan penyedot air</li> <li>● Pemasangan alat pembersih pipa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Optimalisasi pembersihan pipa kondensor</li> <li>● Penambahan debit air pendingin di kondensor</li> </ul>
4	Penurunan kebutuhan listrik di fasilitas PLTU	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengurangan pangjang sudu pada pompa</li> <li>● Penggunaan sudu gerak pada pompa</li> <li>● Penurunan tekanan pada Feed water warming line</li> <li>● Pemasangan valve pada pipa penghubung air laut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengurangan fasilitas peralatan bantu</li> <li>● Perubahan cara water treatment</li> <li>● Penurunan tekanan Hidrogen untuk pendingin turbin</li> </ul>
5	Pengurangan loss pada saat start	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mempercepat operasi start</li> <li>● Pengubahan pada cara boiler blow</li> </ul>
6	Peningkatan efisiensi pada keseluruhan sistem	-	DSS (Daily Sstart-Stop) operation

## 2.1 AIR HEATER

### 2.1.1 STRUKTUR DAN FUNGSI

*Air Heater* ini berada pada bagian akhir dari *Economizer* yang merupakan tempat mengalirnya gas buang. *Air Heater* ini berfungsi sebagai alat untuk menyerap panas dari gas buang, dimana panas tersebut dipakai untuk memanaskan udara pembakaran (*burning air*).

Klasifikasi dari *heat exchanger* didasarkan oleh beberapa kriteria di bawah ini:

1. Recuperator dan regenerator

2. Proses transfer panas : kontak langsung atau kontak tidak langsung
3. Konstruksi geometri : tube/pipa, plate dan perluasan permukaan
4. Mekanisme penghantaran panas : phase tunggal dan phase ganda
5. Bentuk aliran fluida : arah paralel, arah berlawanan dan bersilangan arah

Berdasarkan klasifikasi di atas, *Air Heater* sebagai salah satu bentuk *heat exchanger* termasuk dalam kategori sebagai berikut :

1. Regenerator
2. Proses transfer panas : kontak tidak langsung
3. Konstruksi geometri : plate
4. Mekanisme penghantaran panas : phase tunggal
5. Bentuk aliran fluida : arah berlawanan

*Air Heater* terdiri dari beberapa jenis sistem, tetapi jenis yang paling banyak di pakai di PLTU-PLTU adalah jenis yang ditunjukkan di gambar 4. Pada *Air Heater* ini aliran terbagi dua, yang masih bersambungan satu sama lain, di satu sisi merupakan tempat aliran gas buang dan di sisi lain tempat aliran udara pembakaran.

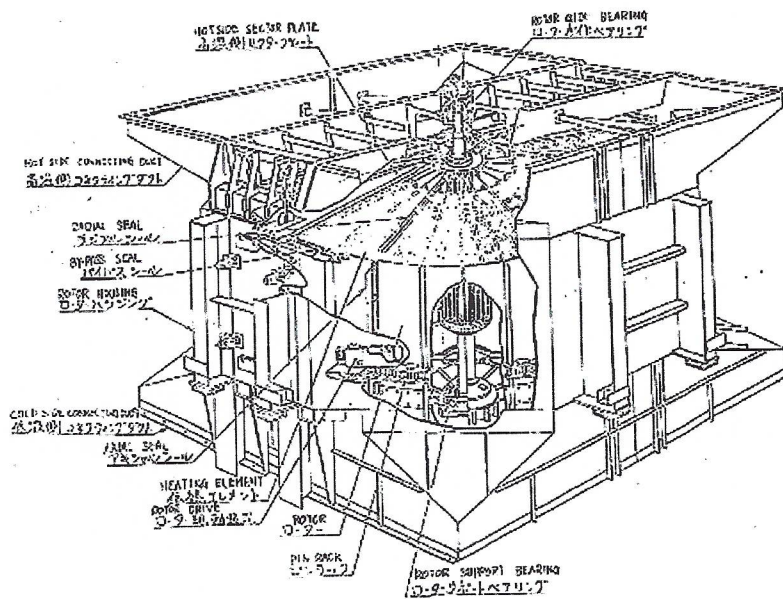
Tempat penyimpanan panas (Thermal Storage) adalah kumpulan dari banyak plate yang diletakkan sejajar dengan aliran gas atau udara, dan disebut element. Dalam sistem *Air Heater* ini, element mempunyai fungsi yang penting dalam pertukaran panas. Pada gambar 5 ditunjukkan bentuk element dimana untuk *Hot Layer Air Heater*, tipe DU, dan *Cold Layer Air Heater*, tipe NF, bentuk dari element tersebut berbeda satu sama lain. Bentuk element tersebut disesuaikan dengan kondisi kerja, dan jenis gas yang dipakai.

Rotor dari *Air Heater* berputar dengan kecepatan sangat rendah berputar, yaitu antara 0.8 dan 2 rpm. Suhu element berubah sesuai dengan perputaran *Air Heater* seperti ditunjukkan pada gambar 6, dimana suhu akan naik jika element bersentuhan dengan aliran gas dan akan turun jika bersentuhan dengan aliran gas. Dan jika perbedaan suhu sangat tinggi antara element ketika melewati aliran udara atau gas, berarti pertukaran panas banyak dilakukan. Lost dari gas buang pun menjadi mengecil. Tetapi jika suhu pada masukan (*inlet*) *Low Layer Air Heater* sangat rendah, maka permukaan element akan ditempeli oleh kondensasi air atau SO<sub>x</sub> yang terkandung di dalam gas buang. Dan komponen kimia tersebut dapat berubah menjadi asam yang dapat menumbuhkan karat pada permukaan element.

Untuk mencegah timbulnya karat, salah satu caranya adalah menjaga efisiensi boiler. SO<sub>x</sub> dan air yang terkandung dalam gas buang, berasal dari Sulfur atau H<sub>2</sub>O yang terkandung dalam bahan bakar dan teroksidasi karena adanya pembakaran.

Pada PLTU Muara Karang, suhu gas buang pada keluaran relatif tinggi, sehingga penurunan *performance Air Heater* karena penurunan efisiensi suhu sangat jelas nampak terjadi. Dengan perbaikan element, direncanakan

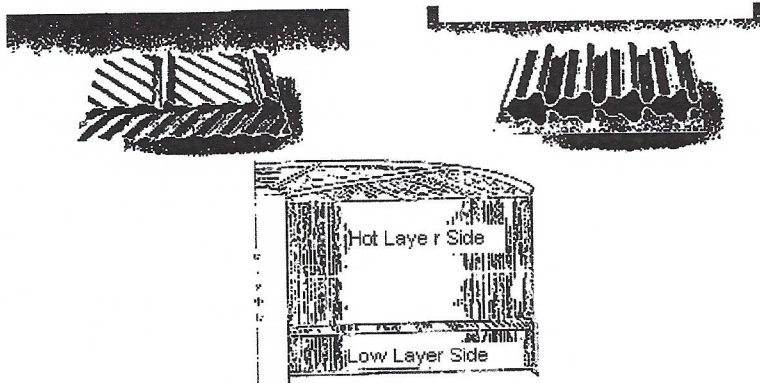
penurunan suhu di pintu keluaran gas buang dapat menaikkan efisiensi panas.



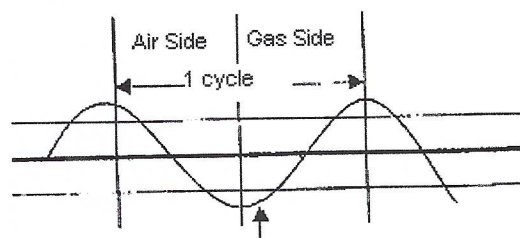
**Gambar 4 Struktur Air Heater**

DU type : used in Hot Layer Side

NF type : used in Low Layer Side



**Gambar 5 Bentuk element Air Heater**



**Gambar 6 Perubahan suhu di element Air Heater**

### **2.1.2 PERBAIKAN MATERIAL AIR HEATER**

Pencegahan terjadinya karat di element untuk mencegah penurunan suhu, sangat sulit dilakukan tanpa perubahan material element, karena penyebab timbulnya karat adalah komponen S yang terkandung dalam bahan bakar. Sehingga pergantian element *Air Heater* yang tahan karat adalah pilihan satu-satunya, karena tidak mungkin mengganti bahan bakar atau mencegah timbulnya komponen S penyebab karat. Tetapi bahan material element yang tahan karat seperti Low C-Cr Steel, yang merupakan bahan material element tahan karat yang sangat cocok untuk PLTU berbahan bakar heavy oil maupun berbahan bakar LNG bisa digunakan, akan tetapi mengingat pertimbangan jumlah element yang perlu diganti sangat banyak, dan harga material element tersebut mahal harganya. Maka dipertimbangkan tidak memakai material tersebut, tetapi tetap memakai material yang sama tetapi dilapisi/coating dengan Enamel. Pelapisan coating dengan Enamel ini telah terbukti dalam beberapa percobaan dapat meningkatkan daya tahan terhadap karat pada *element Air Heater*.

### **2.1.3 PENGGANTIAN ELEMENT AIR HEATER**

Enamel Coating Element dibentuk dari Steel plate, yang dicelupkan ke cairan Enamel kemudian dilakukan pembakaran kembali, dimana pembuatannya membutuhkan teknologi tinggi. Proses ini tidak mengurangi kemampuan perindahan panas, bahkan sama dengan material element yang terbuat dari element. Dengan proses coating ini, pemasangan element ke *Air Heater* menjadi lebih mudah.

Enamel Coating Element yang dipasang di bagian *Cold Layer Air Heater* (CLAH) merupakan bahan yang anti karat, bagian lain *Air Heater* yaitu *Hot Layer Air Heater* (HLAH) yang terbuat dari Soft Steel, yang mengalami pengkaratan sangat berat, dan menyebabkan penurunan efisiensi panas. Dalam perbaikan kali ini element *Hot Layer Air Heater* pun dilapisi dengan bahan Enamel.

Komposisi element setelah mengalami proses coating ditunjukkan pada tabel 4.

### **2.1.4 EFESIENSI SUHU**

Di *Air Heater* setelah terjadi pertukaran panas antara udara dengan panas dari gas buang, jika suhu gas buang sangat tinggi, maka panas yang hilang dari gas buang bertambah, dan jika teralalu rendah akan menjadi faktor penyebab karat pada *Air Heater*. Karena pada umumnya penyebab karat adalah proses kondensasi uap air yang mengandung komponen asam, seperti SOx.

**Tabel 4 Perbandingan Komposisi Element**

			Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan
Jumlah sektor	HLAH	-	12	sama
	CLAH	-	12	sama
Jumlah bascet	HLAH	-	6/sektor	sama
	CLAH	-	6/sektor	sama
Total berat element	HLAH	kg/lbr	32400	sama
	CLAH	kg/lbr	16800	sama
Hot Layer Air Heater (HLAH) Element	Tinggi	mm	1000	sama
	Tebal	mm	0.6	sama
	Bentuk	-	DU type	sama
	Material	-	SPCC	CRLS
	Berat	kg/lbr	2700	sama
Cold Layer Air Heater (CLAH) Element			300	sama
			1.2	sama
			NF type	sama
			CRLS	SPCC 2kali lapis Enamel
			1400	sama

Catatan : CRLS (Corrosion Resistant Low Alloy Steel)

Untuk itu pada pengawasan suhu di bawah ini disebutkan point-point yang perlu diperhatikan.

Air Heater Cold End Temperature (CET) didefinisikan sebagai berikut :

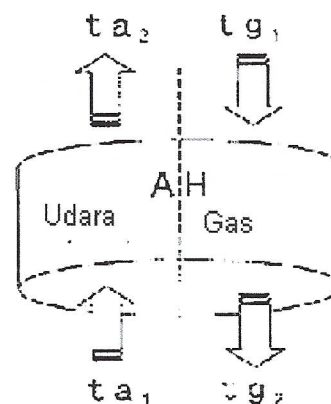
$$CET = \frac{(tg_2 + ta_1)}{2}$$

Efisiensi suhu ( $\eta_a$ )

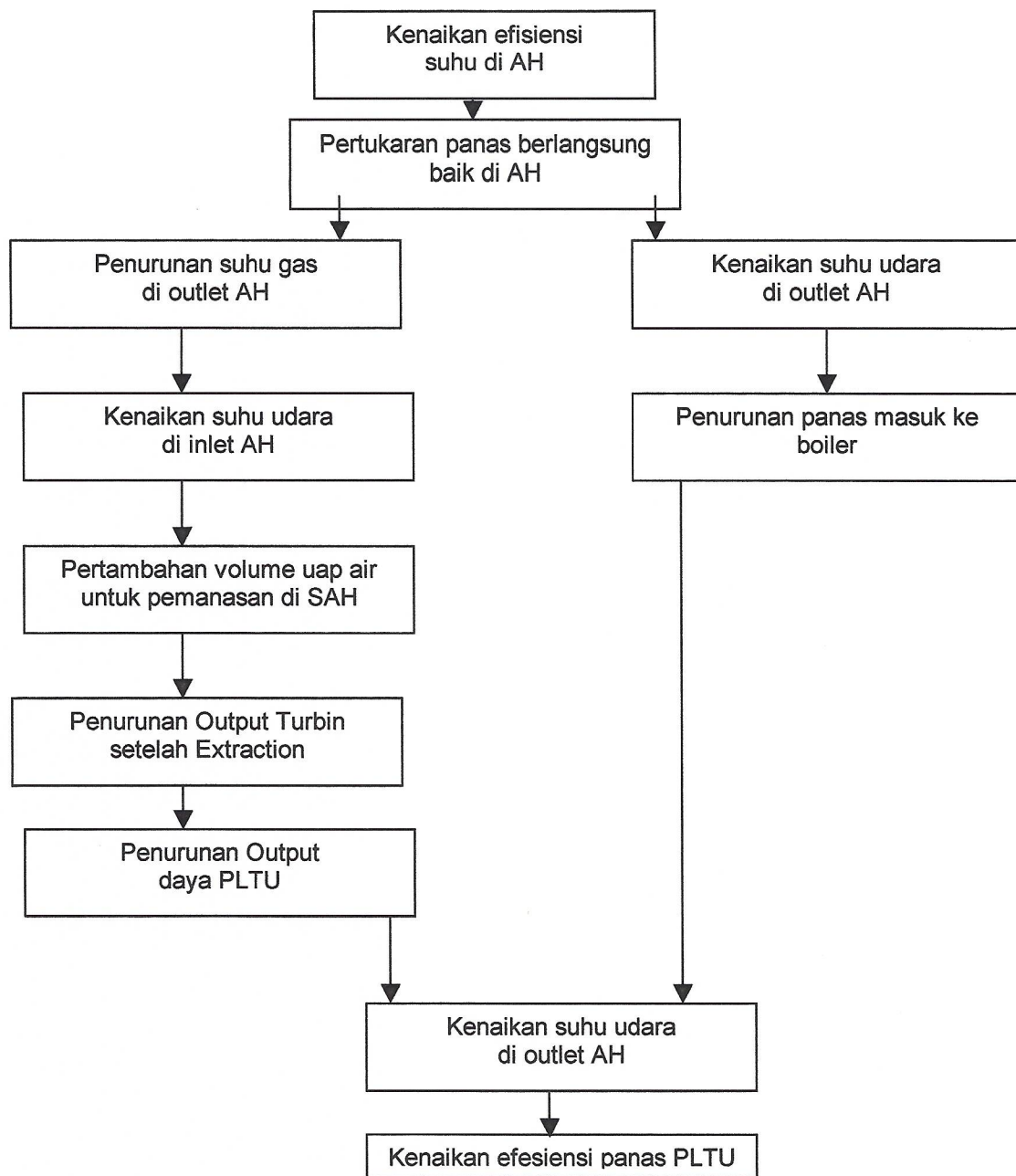
$$\eta_a = \frac{(ta_2 - ta_1)}{(tg_1 - ta_1)} \times 100(\%)$$

Efisiensi gas ( $\eta_b$ )

$$\eta_b = \frac{(tg_2 - tg_1)}{(tg_1 - ta_1)} \times 100(\%)$$

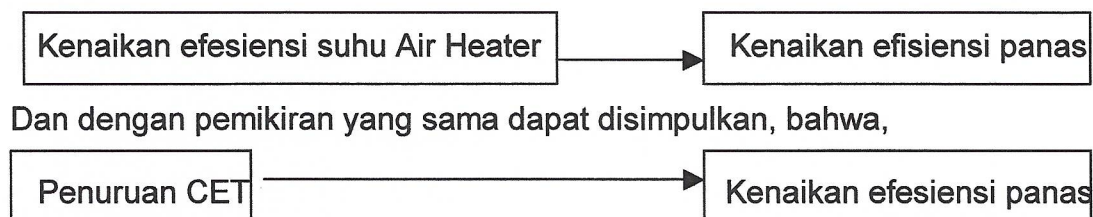


**Gambar 7 Suhu di Inlet AH**



**Gambar 8 Hubungan antara efisiensi panas dengan efisiensi suhu AH**

CET adalah ditentukan oleh titik kondensasi gas buang, perormane boiler, kondisi lingkungan. Jika CET dapat ditentukan dengan proses yang digambarkan dalam skema gambar 8, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:



Dan dengan pemikiran yang sama dapat disimpulkan, bahwa,

Karena itu peningkatan efisiensi panas dapat dicapai dengan cara penurunan CET. Untuk PLTU berbahan bakar heavy oil atau batubara, kandungan komponen S dalam bahan bakar yang merupakan faktor penyebab karat, diatasi dengan cara menaikkan suhu udara di bagian depan *Air Heater* (inlet), untuk itu pada PLTU berbahan bakar batubara atau minyak berat perlu adanya *Steam Air Heater*. Sedangkan hubungan antara karat element *Air Heater* dengan CET ditentukan dengan nilai yang telah diatur dalam pengoperasian PLTU.

### 2.1.5 RENCANA KERJA

Pekerjaan penggantian element dilakukan keseluruhan dilakukan di PLTU Muara Karang, dengan keseluruhan hari kerja direncanakan selama 60 hari.

Urutan kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- (1) Melakukan pencucian pada badan *Air Heater*
- (2) Pencucian dan pengeringan element
- (3) Pembukaan tutup /manhold *Air Heater*
- (4) Pemasangan crain untuk pengambilan element
- (5) Pembukaan cover element dan pengambilan element
- (6) Dilakukan penggantian material element yang baru (Enamel Coating element)
- (7) Pemasangan kembali element
- (8) Penutupan cover element
- (9) Pelepasan crain
- (10) Penutupan Manhold
- (11) Test unjuk kerja *Air Heater*

### 2.2 PENGGANTIAN ELEMENT SEAL

Selain penggantian element *Air Heater* untuk meningkatkan sifat anti karat pada element, pencegahan kebocoran udara maupun gas pada *Air Heater* juga diperlukan. Dengan adanya kebocoran, pertukaran panas tidak akan dapat dilakukan secara efisien.

*Seal* yang perlu diganti adalah *seal* antara *Rotor* dan *Housing Rotor*, seperti ditunjukkan pada gambar 9. Yang terdiri dari radial *seal*, axial *seal* dan lain sebagainya. Dengan perputaran *Rotor*, bagian berputarnya rotor terdapat celah yang dapat menyebabkan bocornya udara. Jika *seal* ini dalam keadaan rusak, seperti yang telah dijelaskan di atas pertukaran panas antara gas buang dengan udara pembakaran tidak dapat berlangsung dengan baik dan dapat menurunkan efisiensi boiler. Lebih dari itu, jika udara pembakaran ini langsung bocor ke pipa gas buang yang menuju cerobong asap, akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna ataupun *Forced Draft Fan* (FDF) akan kehilangan daya. Ilustrasi dari proses kebocoran ini ditunjukkan pada gambar 10.

*Air Heater* di PLTU Muara Karang ini diketemukan celah sebesar 25 mm di radial *seal*, yang merupakan celah cukup besar, untuk terjadinya suatu

Karena itu peningkatan efisiensi panas dapat dicapai dengan cara penurunan CET. Untuk PLTU berbahan bakar heavy oil atau batubara, kandungan komponen S dalam bahan bakar yang merupakan faktor penyebab karat, diatasi dengan cara menaikkan suhu udara di bagian depan *Air Heater* (inlet), untuk itu pada PLTU berbahan bakar batubara atau minyak berat perlu adanya *Steam Air Heater*. Sedangkan hubungan antara karat element *Air Heater* dengan CET ditentukan dengan nilai yang telah diatur dalam pengoperasian PLTU.

### 2.1.5 RENCANA KERJA

Pekerjaan pergantian element dilakukan keseluruhan dilakukan di PLTU Muara Karang, dengan keseluruhan hari kerja direncanakan selama 60 hari.

Urutan kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- (1) Melakukan pencucian pada badan *Air Heater*
- (2) Pencucian dan pengeringan element
- (3) Pembukaan tutup /manhold *Air Heater*
- (4) Pemasangan crain untuk pengambilan element
- (5) Pembukaan cover element dan pengambilan element
- (6) Dilakukan penggantian material element yang baru (Enamel Coating element)
- (7) Pemasangan kembali element
- (8) Penutupan cover element
- (9) Pelepasan crain
- (10) Penutupan Manhold
- (11) Test unjuk kerja *Air Heater*

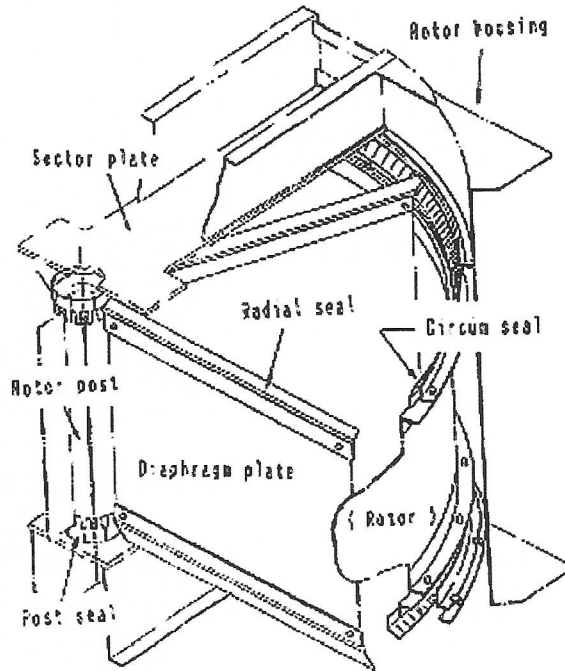
### 2.2 PENGGANTIAN ELEMENT SEAL

Selain penggantian element *Air Heater* untuk meningkatkan sifat anti karat pada element, pencegahan kebocoran udara maupun gas pada *Air Heater* juga diperlukan. Dengan adanya kebocoran, pertukaran panas tidak akan dapat dilakukan secara efisien.

*Seal* yang perlu diganti adalah *seal* antara *Rotor* dan *Housing Rotor*, seperti ditunjukkan pada gambar 9. Yang terdiri dari radial *seal*, axial *seal* dan lain sebagainya. Dengan perputaran *Rotor*, bagian berputarnya rotor terdapat celah yang dapat menyebabkan bocornya udara. Jika *seal* ini dalam keadaan rusak, seperti yang telah dijelaskan di atas pertukaran panas antara gas buang dengan udara pembakaran tidak dapat berlangsung dengan baik dan dapat menurunkan efisiensi boiler. Lebih dari itu, jika udara pembakaran ini langsung bocor ke pipa gas buang yang menuju cerobong asap, akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna ataupun *Forced Draft Fan* (FDF) akan kehilangan daya. Ilustrasi dari proses kebocoran ini ditunjukkan pada gambar 10.

*Air Heater* di PLTU Muara Karang ini diketemukan celah sebesar 25 mm di radial *seal*, yang merupakan celah cukup besar, untuk terjadinya suatu

kebocoran. Dengan adanya kebocoran ini, panas akibat pembakaran di boiler, dapat menaikkan suhu gas buang, dimana dengan adanya kebocoran ini gas buang tersebut dapat merubah bentuk dari rotor, dan semakin besar perubahan bentuk tersebut maka celah antara *Hot Side Radial Seal* dan *Sector Plate* akan semakin membesar dan kebocoran udara akan makin bertambah besar.



**Gambar 9 Letak Air Heater Seal**

Dari hasil pemeriksaan maker *Air Heater*, ditemukan kebocoran udara sekitar 31% ~ 41%, dibandingkan rata-rata PLTU Jepang yang berkisar sekitar 10%~29%, kebocoran tersebut relatif besar. Maka dalam perbaikan ini, keseluruhan seal di *Air Heater* diganti keseluruhannya, agar lebar celah menjadi lebih terjaga. Diperkirakan dengan pergantian ini, kebocoran berkisar sekitar 20%. Dan daya yang dikeluarkan oleh *Forced Draft Fan*, diperbaiki menjadi sekitar 200 KW.

### **2.3 STEAM AIR HEATER**

Pada PLTU Muara Karang ini di bagian depan *Air Heater* terdapat *Steam Air Heater*, yang berfungsi untuk memanaskan udara sebelum masuk ke *Air Heater*. Dengan naiknya suhu udara, maka proses karat di *Cold Layer Air Heater* dapat dicegah. *Steam Air Heater* ini terdiri dari fin tube, di dalam pipa /tube tersebut dialiri air panas, di bagian luar pipa udara mengalir.

Proses timbulnya karat diakibatkan oleh Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang berasal dari pembakaran komponen S yang terkandung didalam heavy

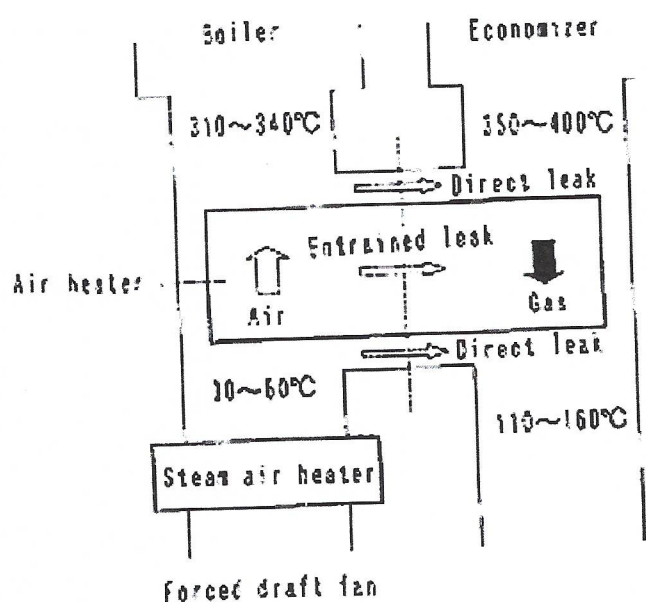
oil/minyak berat yang dipakai sebagai bahan bakar. Tetapi untuk PLTU Muara Karang unit 5, yang memiliki bahan bakar campuran antara LNG dan minyak berat, dapat disimpulkan bahwa LNG tidak mengandung komponen S sehingga ancaman akan timbulnya karat menjadi rendah, karena itu kebutuhan akan *Steam Air Heater* tidak diperlukan.

Dari pemeriksaan di lapangan, diketahui bahwa fin dari pipa *Steam Air Heater* dalam keadaan rusak, yang menyebabkan penghambat aliran udara. Karena itu *Forced Draft Fan* (FDF) bekerja dengan daya yang lebih besar daripada yang direncanakan/tidak sesuai dengan disain.

Dari pengukuran di lapangan, diketahui bahwa kenaikan suhu udara untuk mencegah terjadinya karat akibat kondensasi di Air Heater, hanya dibutuhkan ketika beban 50MW, jika beban lebih tinggi tidak dari itu diperlukan pemanasan udara pembakaran. Jadi dapat disimpulkan selain pada beban 50MW *Steam Air Heater* tidak dibutuhkan.

*Steam Air Heater* (SAH) dapat diusulkan untuk dilepas/tidak digunakan dalam operasi PLTU Muara Karang unit 5. Keuntungan dari tidak digunakannya SAH adalah, daya FDF dapat dikurangi lebih dari 200kW, efektifitas *periodical maintenance*, suhu gas untuk outlet *Air Heater* dapat dikurangi, sehingga dapat menaikkan efisiensi boiler.

Tetapi pengusulan ini kemungkinan tidak dapat dilaksanakan karena tidak disetujui oleh PLN, jadi dalam kesempatan pemeriksaan ini, kesimpulan tersebut hanya sebatas usulan saja.



**Gambar 10 Mekanisme Kebocoran Udara pada *Air Heater Seal***

Sebagai gantinya, pitch dari fin tube dan celah fin di SAH diperbesar untuk mengurangi hambatan udara, yang dapat mengurangi kerja FDF.

### 3. HASIL PERBAIKAN

Hasil dari penggantian element *Air Heater* untuk menaikkan efisiensi *Air Heater* dan peningkatan efisiensi boiler ditunjukkan pada tabel berikut oleh pihak maker.

Pada tabel 5 ditunjukkan hasil pemeriksaan terhadap *Air Heater* setelah mengalami perbaikan. Pada beban 175 MW, suhu gas di pintu keluaran *Air Heater*, dan efisiensi pertukaran suhu di *Air Heater*, masing-masing ditunjukkan sebesar 201°C dan 59.6%, dengan pergantian element terjadi perubahan masing-masing 14°C turun dan 3.4% naik. Dengan hasil ini efisiensi boiler menjadi naik sebanyak 0.5 %. Dan hasil ini menyumbang sekitar 0.2% untuk kenaikan efisiensi panas pada PLTU Muara Karang unit 5 ini.

**Tabel 5 Performance Air Heater**

Inspeksi		Hasil pengukuran	Setelah pergantian element	Setelah pergantian hanya HLAH	Setelah pergantian hanya CLAH
Beban		175MW			
Suhu udara di inlet	°C	36	36	36	36
Suhu udara di outlet	°C	312	343	339	330
Suhu gas di inlet	°C	444	444	444	444
Suhu gas di Outlet(sebelum dihitung dengan kompensasi)	°C	201	187	191	198
(setelah dihitung dengan kompensasi)	°C	163	148	152	159
Suhu di ujung CLAH	%	121	111	113	117
Kebocoran udara	%	33.9	33.9	33.9	33.9
Efisiensi pertukaran suhu	%	59.6	63	62	60.3
Efisiensi Boiler	%	base	0.5	0.4	0.1

### 4. PENUTUP

Dalam rangka menurunkan emisi CO<sub>2</sub> yang memberikan efek rumah kaca yang dapat menaikkan suhu permukaan bumi. Sebagai PLTU yang dekat dengan ibu kota, PLTU Muara Karang ditunjuk sebagai program percontohan penaikan efisiensi PLTU dalam rangka pengurangan emisi CO<sub>2</sub> yang dilakukan dengan kerja sama NEDO-Jepang dalam rangka melaksanakan program CDM (Clean Development Mechanism).

Hasil yang dicapai dengan perbaikan sistem *Air Heater* sebanyak ¥ 140.000.000. Dan dari kedua perbaikan ini dapat menaikkan efisiensi panas PLTU secara keseluruhan sebesar 0.2%.

Pengawasan terhadap efisiensi panas PLTU, sebenarnya sudah dilakukan oleh pihak PLTU tapi kondisinya sangat berbeda dengan PLTU di Jepang. Di PLTU Muara Karang, pengawasan efisiensi panas hanya

terbatas pada perhitungan statistik saja, tidak disertai dengan analisa sebab-sebab turunnya efisiensi panas, usaha untuk menaikkan efisiensi panas. Dalam hal ini diperlukan perubahan dalam sistem pengoperasian dan sistem pengawasan dan sistem kerja PLTU itu sendiri.

Dengan hasil yang dicapai dari proses perbaikan di PLTU Muara Karang unit 5 ini, diharapkan dapat memberikan contoh pada program-program menaikkan efisiensi panas di PLTU-PLTU lain di Indonesia.

## **5. DAFTAR PUSTAKA**

- (1) Kakac, S. et al., (1989): *Heat Exchanger selection, rating and thermal design*, CRC Press.
  - (2) NEDO Reports 1999, "*Improvement in Thermal Efficiency in Thermal Power Station*"
  - (3) JICA-TEPCO Training Textbook, 1994, "*Textbook for The Training Course in Thermal – Electric Power Engineering (1)* "
-