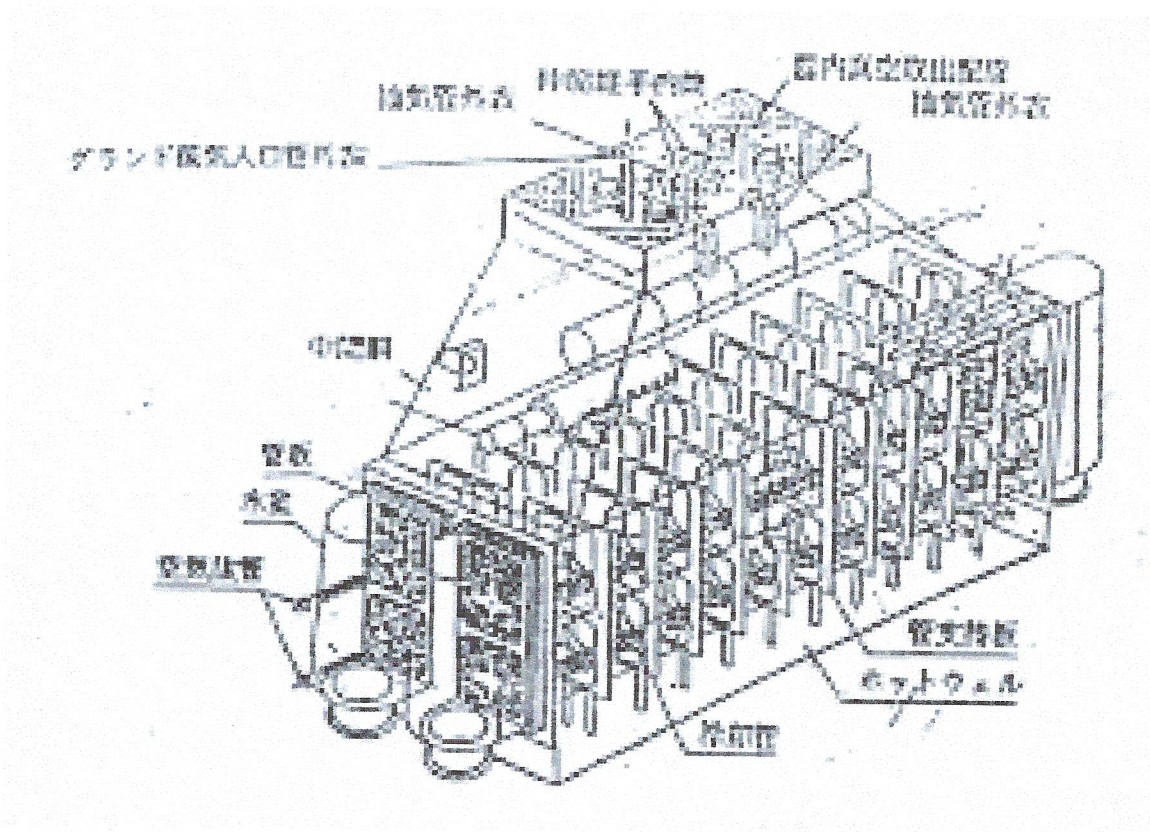


LAPORAN TEKNIS

**PENINGKATAN EFISIENSI PANAS PLTU
DENGAN PERBAIKAN SISTEM KONDENSOR
DI PLTU MUARA KARANG, JAKARTA**

Oleh :
Irhan Febijanto



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



LAPORAN TEKNIS

**PENINGKATAN EFISIENSI PANAS PLTU
DENGAN PERBAIKAN SISTEM KONDENSOR
DI PLTU MUARA KARANG, JAKARTA**

Oleh :
DR.Irhan Febijanto
Nip: 680002166

Mengetahui :

Direktur Pusat Pengkajian dan Penerapan
Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi

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

PERPUSTAKAAN

No. Induk : 1557/H/04.
Klasifikasi : TL 97
Subjek : -ABS- KJ
: _____
Harga / Asal : _____
Pemb. / Had / Tk : _____
Katalog : Edisi 11-04
Dit : 06-10-04

**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	5
1.4 PENINGKATAN EFESIENSI PANAS DI PLTU DI CHUBU ELECTRICITY COMPANY	6
2. PERBAIKAN YANG DILAKUKAN	7
2.1 KONDENSOR	8
2.1.1 STRUKTUR DAN FUNGSI	8
2.1.2 PERBAIKAN MATERIAL PIPA KONDENSOR	9
2.1.3 PERBAIKAN DISAIN	9
2.1.4 PERHITUNGAN PENYERAPAN PANAS	10
2.1.5 RENCANA KERJA	11
2.2 FASILITAS PEMBERSIH PIPA	12
2.2.1 STRUKTUR DAN FUNGSI	12
2.2.2 PERBAIKAN MATERIAL PIPA KONDENSOR	12
2.2.3 PERBAIKAN DISAIN	13
2.2.5 RENCANA KERJA	13
3 HASIL PERBAIKAN	13
3.1 KONDENSOR	13
3.2 FASILITAS PEMBERSIH PIPA	14
4. PENUTUP	14

GAMBAR dan TABEL

Gambar 1 Lokasi PLTU Muara Karang	3
Gambar 2 Lokasi Kompleks PLTU Muara Karang	3
Tabel 1 Rasio penggunaan bahan bakar pada PLTU	4
Tabel 2. Perubahan efisiensi panas di PLTU Muara Karang no 5	5
Tabel 3. Peningkatan Efisiensi Panas di PLTU Chubu Electricity Power Company, Japan ...	6
Gambar 3 Penataan pipa kondensor dan ukurannya	8
Gambar 4 Hubungan antara tingkat kebersihan pipa dengan tingkat hampa udara	9
Tabel 4 Perbandingan Ukuran Kondensor Sebelum dan Setelah Disain Ulang	10
Gambar 5 Perubahan Struktur <i>Water Room Flange</i>	10
Tabel 5 Hasil Pengukuran	10
Gambar 6 Langkah Kerja Pemasangan Pipa Kondensor	12
Gambar 7 Sistem Dari Fasilitas Bola Pembersih dan Bentuk Bola Pembersih	13
Gambar 8 Kenaikan tingkat hampa udara	14

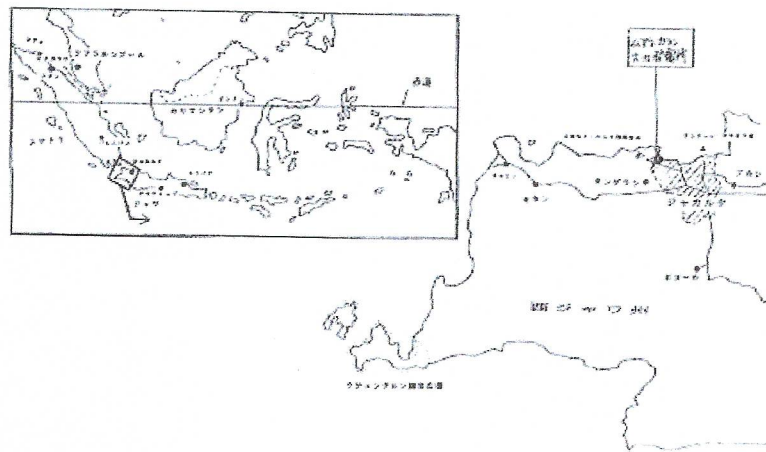
1. PENDAHULUAN

1.1 LOKASI DAN SEJARAH PERKEMBANGAN PLTU MUARA KARANG

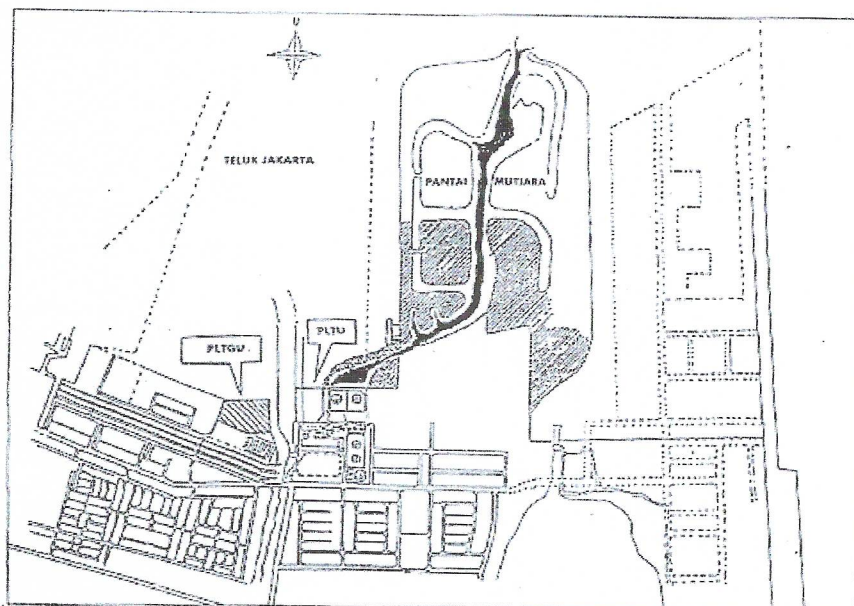
PLTU Muara Karang ini berada pada arah barat laut ibu kota Jakarta, berada dekat di pinggi laut dan lokasinya berdekatan dengan pelabuhan udara internasional Sokarno-Hatta. Gambar 1 menunjukkan lokasi PLTU Muara Karang. PLTU ini beroperasi di bawah manajemen operasi PLN PJB-2. Pembangunan 5 unit pembangkit 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, detil 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 1 Lokasi PLTU Muara Karang



Gambar 2 Lokasi Kompleks PLTU Muara Karang

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.

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 (CO₂) dan Methan (CH₄) 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 CO₂. 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 CO₂ nya dengan teknologi yang ada dan yang sedang dikembangkan. Juga dikembangkannya suatu sistem kuota emisi CO₂ yang mekanismenya sedang dalam proses pengaturan.

Pada PLTU yang dianggap menyumbang emisi CO₂ 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 CO₂ 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 maka 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 $\text{¥}2.822 \times 10^8$ (data tahun 1998). Jadi penghematan sekitar 0.1% dapat menghemat biaya sekitar $\text{¥}3000 \times 10^8$.

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 pertama saja.

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

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

Catatan: Efisiensi berdasarkan disain untuk

- Boiler : 87.5%,
- Turbin : 42.96%,
- rata rata : 37.59%

Penurunan ini diakibatkan beberapa faktor yang akan diulas dalam laporan teknis ini. Kemudian dari analisa kondisi kerja PLTU Muara Karang no 5 baik personil maupun fasilitas peralatan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan PLTU ini kurang perawatan, kerusakan yang diakibatkan karena tuanya usia pakai peralatan sangat menyolok. Peraturan operasi sangat tidak jelas, ini dapat dilihat dari kerja operator yang banyak melakukan keputusan atas kebijaksanaan sendiri, tanpa koordinasi. Pendalaman kondisi kerja dengan cara mewawancara tiap personil operator menghasilkan jawaban yang berbeda-beda. Hal ini karena sebab seperti dugaan di atas.

Kondensor

1. Kondisi tingkat tekanan udara sangat buruk, dengan disain tekanan 695.5 mmHg, sedangkan dalam kondisi operasi hanya mencapai 650 mmHg. Dugaan kuat terjadinya kebocoran udara sangat kuat, hal ini menjadi item pemeriksaan selanjutnya.
2. Pembersihan pipa kondensor dilakukan setahun 3 kali. Dari jumlah sangat sangat rendah. Karena di PLTU di Jepang sehari 2 kali dilakukan pembersihan pipa kondensor. Ketika pembersihan dilakukan, dari pipa banyak mengeluarkan Lumpur berwarna hitam yang diduga merupakan kotoran yang telah menempel di dalam permukaan dalam pipa.
3. Pembersihan pipa dengan bola pembersih (taproge) sudah 2 tahun belakangan tidak dilakukan karena rasio bola pembersih yang dapat diambil sangat rendah. Sebagai perbandingan di PLTU di Jepang, yang melakukan pembersihan dengan bola pembersih sehari 2 kali, rasio pengambilan ulang bola pembersih (taproge), mencapai 100%.
4. Dari pengamatan keseluruhan kondensor berada dalam kondisi yang bagus, hanya *Expansion Joint* antara turbin dan kondensor yang terbuat dari karet, sama sekali belum

- pernah mengalami pergantian, diduga dalam kondisi yang tidak layak dan kebocoran telah terjadi di bagian ini.
5. Di beberapa tempat alat ukur seperti thermometer dan manometer dalam keadaan rusak, tidak bekerja dengan baik, sehingga kesalahan pengukuran yang ditunjukkan sangat besar. Diperlukan pergantian segera.
 6. CWP (Circulation Water Pump) yang mempengaruhi unjuk kerja kondensor telah mengalami penurunan kemampuan kerja. CWP perlu diadakan *overhaul maintenance*.
 7. Kondisi kerja pembersihan pipa kondensor :
 - a. Pembersihan dengan *Water Gun* dilakukan setahun sekali (sewaktu *periodical maintenance*)
 - b. Pembersihan dengan *Plastic Brush* dilakukan setahun 4 kali (sewaktu PLTU berhenti)
 - c. Pembersihan dengan taproge (bola pembesih) tidak dilakukan karena rasio pemungutan taproge sangat jelek, hampir separuh taproge yang digunakan mengalir ke laut. Alat pengumpul taproge tidak bekerja dengan baik, hingga 2 tahun terakhir pembersihan dengan taproge tidak dilakukan.
 8. Kebocoran pada pipa kondensor tidak ada. Catatan pada tahun 1984 telah diganti 4 pipa karena bocor.
 9. Dari data selama 1 tahun (1998), pada lampiran 1 ditunjukkan perubahan daya dan lampiran 2 ditunjukkan perubahan tingkat hampa udara. Dari kedua data ini dilakukan perhitungan dihasilkan tingkat kebersihan pipa antar 30%~60% (lampiran 3) yang merupakan hasil yang rendah.

Turbin

1. Dari *Grand Labirin*, didapatkan banyak kebocoran dari *Steam Seal*, dan ditemukan per dari Labira dalam keadaan patah. Sehingga menyebabkan tekanan uap air (*steam*) yang seharusnya 0.28 menjadi tinggi, 0.48 k, ini menyebabkan tingkat hampa udara turun
2. Minyak pelumas dari axial banyak tercampur dengan air, ini dapat mejadi penyebab adanya kerusakan/kecelakaan pada turbin axial
3. Dari pengamatan diketemukan ada bekas kebocoraan, yang disebabkan adanya patahnya bagian penutup.

Water Intake

1. Pada pintu masuk air laut, banyak diketemukan sampah dari kapal maupun dari kota/penduduk yang mengganggu masuknya air ke dalam intake
2. Pompa pembersih screen dalam keadaan rusak, sehingga tidak dapat digunakan dan pada screen banyak menempel rumput laut.

Hal-hal di atas dari hasil pemeriksaan di lapangan dan analisa merupakan penyebab utama turunnya tingkat hampa udara di kondensor.

1.4 PENINGKATAN EFESIENSI PANAS DI PLTU DI CHUBU ELECTRICITY COMPANY

Peningkatan efesiensi panas yang dilakukan oleh PLTU-PLTU di Jepang dapat menjadi referensi untuk peningkatan efesisensi panas di PLTU Muara Karang unit 5 ini. Jenis-jenis perbaikan yang dilakukan untuk tiap fasilitas peralatan ditunjukkan pada tabel 3.

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

No	Perbaikan	Pelaksanaan perbaikan	
		Peralatan	Operasi
1	Perbaikan kondisi steam	<ul style="list-style-type: none"> ● Pengurangan atau penambahan area penghantar panas boiler ● Pembersihan permukaan area 	<ul style="list-style-type: none"> ● Kenaikan suhu uap air (steam) ● Penurunan tekanan operasi

		penghantar panas boiler	
2	Penurunan turunnya gas buang	<ul style="list-style-type: none"> ● Pergantian/perbaikan elemen AH ● Perbaikan seal AH ● Pengaturan burning air 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pengoperasian dengan konsentrasi O₂ rendah ● Penurunan suhu gas buang
3	Peningkatan siklus turbin	<ul style="list-style-type: none"> ● Peningkatan kemampuan uap air turbin ● Pemasangan alat pembersih kondensor ● Pemasangan penyedot air ● Pemasangan alat pembersih pipa 	<ul style="list-style-type: none"> ● Optimalisasi pembersihan pipa kondensor ● Penambahan debit air pendingin di kondensor
4	Penurunan kebutuhan listrik di fasilitas PLTU	<ul style="list-style-type: none"> ● Pengurangan pangjang sudu pada pompa ● Penggunaan sudu gerak pada pompa ● Penurunan tekanan pada Feed water warming line ● Pemasangan valve pada pipa penghubung air laut 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pengurangan fasilitas peralatan bantu ● Perubahan cara water treatment ● Penurunan tekanan Hidrogen untuk pendingin turbin
5	Pengurangan loss pada saat start	-	<ul style="list-style-type: none"> ● Mempercepat operasi start ● Pengubahan pada cara boiler blow
6	Peningkatan efesiensi pada keseluruhan sistem	-	DSS (Daily Ssstart-Stop) operation

2. PERBAIKAN YANG DILAKUKAN

Perbaikan di PLTU Muara Karang dilakukan dengan standar yang dilaksanakan pada program naikan efesiensi panas PLTU di Chubu Electricity Power Company. Dengan pelaksanaannya disesuaikan dengan kondisi PLTU Muara Karang. Perbaikan peralatan dipesankan kepada maker pembuat seperti Mitsubishi Heavy Industries. Dan untuk beberapa pekerjaan yang tidak dapat dilakukan di lokasi di pesankan ke Chubu Plant Services.

Perbaikan untuk kondisi kerja pegawai tidak dapat dilakukan karena itu merupakan kewajiban PLN. Yang akan ditanggulangi dalam tugas ini adalah perbaikan level hampa udara kondensor. Terutama adalah kebocoran udara dan penjagaan kebersihan permukaan dalam pipa. Kebersihan pipa kondensor ini dapat meningkatkan efesiensi perpindahan panas dari gas buang turbin ke air laut. Untuk itu material dari pipa kondensor harus diganti dengan titan. Dimana pergantian pipa dengan material titan ini tidak perlu mengubah disain dari PLTU. Karena seperti diketahui pipa titan ini mempunyai konduktivitas yang lebih rendah dari material pipa yang sekarang dipakai yaitu Nikel

Dari pengalaman PLN, diketahui bahwa dengan digantinya pipa kondensor dengan material titan dapat terjadi penurunan efesiensi perpindahan panas yang besar, tetapi dari pemeriksaan lebih lanjut ternyata bukan karena pergantian dengan material tersebut yang menyebabkan turunnya efesiensi perpindahan panas kondensor, tetapi karena prosedur pembersihan pipa kondensor tidak dilakukan dengan benar.

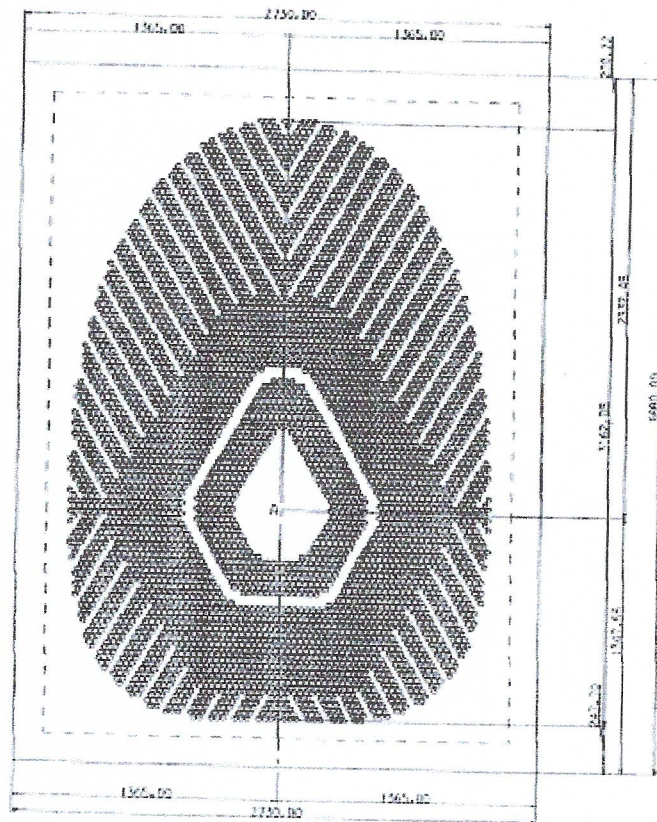
Dari hasil penyelidikan turunnya level hampa udara (*vacuum level*) di kondensor terjadi karena, perawatan pipa bagian dalam kondensor tidak dilakukan sebagaimana mestinya. Terlepas dari tidak dilakukannya prosedur sebagaimana mestinya, material pipa yang dipakai mejadi salah satu sebab pembersihan tidak dapat dilakukan perhari. Kotornya permukaan pipa ini menjadi penyebab turunnya penghantaran panas dari gas buang turbin ke air laut.

Untuk mendukung pembersihan pipa bisa dilaksanakan dengan baik, perbaikan alat pengambil bola pembersih (*taproge*) diperlukan. Dari hasil pemeriksaan alat pengambil bola *taproge* ini merupakan tipe lama, sehingga tidak dapat bekerja secara optimal.

Selain itu kebocoran yang diduga terjadi pada kondensor sehingga menyebabkan naiknya level hampa udara di dalam kondensor harus diatasi.

2.1 KONDENSOR

2.1.1 STRUKTUR DAN FUNGSI



Gambar 3 Penataan pipa kondensor dan ukurannya

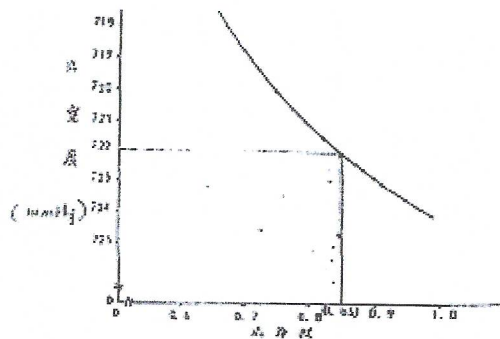
Kondensor berada pada bagian bawah turbin tempat gas buang bertekanan rendah mengalir. Gas buang dari uap air turbin dikondensasi dengan penurunan tekanan. Penurunan enthalpy gas buang ini menentukan efisiensi kerja turbin. Kemudian gas buang yang terkondensasi dan menjadi air, dialirkan oleh BFP (Boiler Feed Pump) sebagai air yang disuplai ke boiler (feed-water). Pada kondensor dipasang pompa hampa udara dan ejector yang berfungsi untuk mengeluarkan gas yang tidak dapat terkondensasi.

Penataan pipa dalam kondensor ditunjukkan pada gambar 3. Pipa-pipa di dalam kondensor adalah tempat mengalirnya air laut sebagai media pendingin gas buang turbin. Tumbuhan laut dan benda padat yang ada dalam air laut biasanya masuk ke pipa bersama air laut, dan ini menyebabkan kotor dan tersumbatnya pipa. Jika keadaan dalam pipa kotor, maka efisiensi perpindahan panas dari gas buang ke air laut akan menurun. Dan ini menyebabkan tingkat

hampa udara menjadi turun. Sehingga Low Pressure Turbin tidak dapat mengambil perbedaan panas yang besar, menyebabkan turunnya keluaran turbin.

Hubungan antara tingkat kebersihan dan tingkat hampa udara di kondensor ditunjukkan pada gambar 4. Biasanya tingkat kebersihan berdasarkan disain adalah sekitar 0.85-0.85, kondisi ini sama dengan ketika pipa baru dalam keadaan telah dibersihkan.

Penurunan tingkat hampa udara di PLTU Muara Karang ini lebih diakibatkan karena alat pembersih pipa tidak dapat berfungsi.



Gambar 4 Hubungan antara tingkat kebersihan pipa dengan tingkat hampa udara

2.1.2 PERBAIKAN MATERIAL PIPA KONDENSOR

Material pipa kondensor adalah aluminum-kuningan, dimana material tersebut mempunyai keunggulan, murah dan mempunyai efektivitas pertukaran panas yang tinggi. Tetapi material pipa ini mempunyai kelemahan dalam hal kekuatan secara mekanik dan mempunyai kelemahan dalam anti karat. Karena itu dengan material pipa ini, mempunyai debit air maksimum dan jumlah pembersihan permukaan pipa bagian dalam dibatasi. Semua ini untuk mengurangi gesekan secara mekanik di permukaan pipa.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut digunakan material pipa yang telah dikenal luas di Jepang, yaitu dengan menggunakan material pipa dari titan. Dengan material ini, pembersihan pipa yang dilakukan dengan bola pembersih (taproge) tidak akan mengakibatkan gesekan, dan pembersihan permukaan pipa dengan taproge bisa dilakukan sehari 2 kali atau lebih. Dan penambahan jumlah debit air bisa bertambah tanpa perlu menguatirkan abrasi dari air laut terhadap permukaan dalam pipa. Tetapi material titan ini mempunyai rasio konduksi penghantar panas sekitar 80% dari material sebelumnya. Untuk mengatasi itu, permukaan penghantar panas perlu ditambah dengan melakukan penambahan pada panjang pipa dan jumlah pipa. Tetapi dengan perubahan tersebut, membuat kemampuan CWP (Circulation Water Pump) yang memompa air laut masuk ke dalam kondensor perlu ditingkatkan.

Untuk perubahan mengenai peningkatan kemampuan CWP dan perpanjangan pipa kondensor mengalami kesukaran. Sehingga hanya perubahan material pipa saja yang dilakukan dalam perbaikan untuk sistem kondensor pada perbaikan kali ini.

2.1.3 PERBAIKAN DISAIN

Perbaikan disain kondensor ditunjukkan pada tabel 4. Perhitungan disain yang dilakukan oleh maker ditunjukkan bab berikutnya, dimana diadakan perhitungan ulang untuk penyerapan panas dari turbin, dan banyaknya panas yang dibutuhkan/diserap di kondensor, dari perhitungan ini dihasilkan kebutuhan jumlah pipa dan penempatan *Pipes arrangement* yang sesuai dengan kebutuhan.

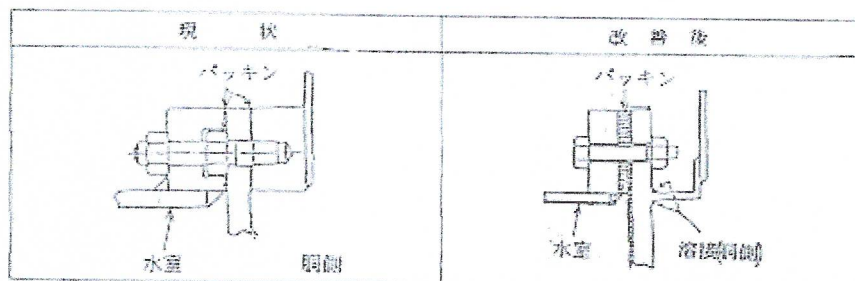
Pada penentuan disain hal-hal di bawah ini menjadi pertimbangan utama sebagai kondisi disain.

- (1) Panjang dan bentuk pipa dibuat sama dengan terdahulu, untuk penghematan pengadaan alat pembersih pipa.
- (2) Kemampuan CWP (berhubungan dengan debit air laut yang masuk ke dalam pipa) tidak ada perubahan.

- (3) *Pipes arrangement* diusahakan lebih efisien dari yang terdahulu, supaya *steam* dapat mengalir dengan lancar.
- (4) Untuk mencegah kebocoran pada kondensor diadakan perubahan stuktur *water room flange*. Struktur tersebut ditunjukkan pada gambar 5.

Tabel 4 Perbandingan Ukuran Kondensor Sebelum dan Setelah Disain Ulang

		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	
Luas area pendingin (pipa)	m ²	9430	10420	
Material pipa	-	Cupro Nikel	Titan	
Ukuran pipa	mm	φ 25.4 x 1.254t	φ 25.4 x 0.5t	
Jumlah pipa	Batang	9738	10756	
Material	-	Nepal Brass	Titan Gradd	
Tebal plate	mm	29	29	
Jarak plate	mm	12140	12140	
Kecepatan alir	m/s	2.13	1.7	
Suhu masukan	°C	32	32	
Debit air laut	m ³ /h	30780	30780	
Tekanan hampa udara	mmHg	684	Cf=90%	692
			Cf=80%	688



Gambar 5 Perubahan Struktur Water Room Flange

2.1.4 PERHITUNGAN PENYERAPAN PANAS

(1) Hasil pengukuran ditunjukkan di tabel 5

Tabel 5 Hasil Pengukuran

Output	160 MW
Tingkat hampa udara	670 mmHg
Hot Well	49.3 °C
Sea Water Inlet	29.4 °C
Sea Water Outlet	39.2 °C
Sea Water Pump Pressure	0.7 kg/cm ² G
Tinggi permukaan laut	1050 mm

(2) Peningkatan suhu air laut : $\Delta T = 39.2 - 29.4 = 9.8 \text{ }^\circ\text{C}$

(3) Heat Rate dengan base debit air laut :
 $22.06 \times 10^7 \times 160/220 = 17.65 \times 10^7 \text{ kcal/h}$

$G_w = Q/C_d \gamma \Delta T = 17.65 \times 10^7 / (0.94 \times 1024 \times 9.8) = 18711 \text{ m}^3/\text{h}$

(4) Pump Head dengan base debit air laut :

$0.7 \times 104 / (1024) = 6.84$

Potensial Head = 1.05

Total Head $6.84 + 1.05 = 7.9 \text{ m}$

Dari curve Q-H didapat 35 x 60 x 2 pompa -2820 = 36180 m^3/h

(5) Kecepatan air

$v = 18711 / ((\pi/4) \times 0.02291^2 \times 9728 \times 3600) = 1.29 \text{ m/s}$

(6) Beda Log-suhu

$tm = 9.8 / (\ln((49.3 - 29.4) / (49.3 - 39.2))) = 14.45$

(7) Heat Transmission Ratio

$v = 17.65 \times 10^7 / (9430 \times 14.45) = 1295 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

(8) Heat transmisson ratio ketika Cf=100%

$v = 263 \times (3.28084 \times 1.29)^{0.5} \times 0.9 \times 4.8825 \times 1.06$

= 2520

= (3238)

(9) Tingkat kebersihan

$C_f = 1295/520 = 0.51$ atau $C_f = 51\%$

$(1295/238 = 0.40)$ atau $(C_f = 40\%)$

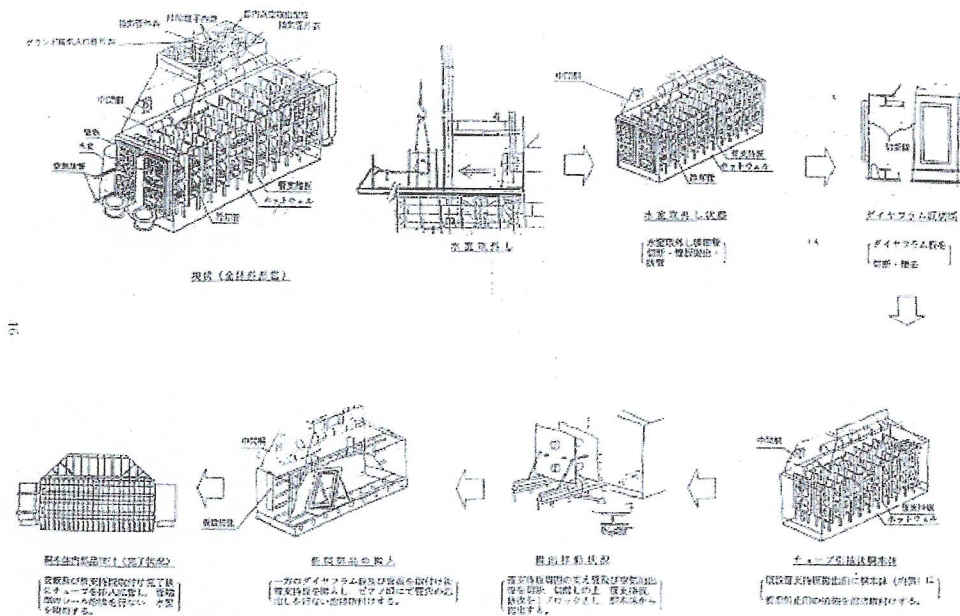
() Base rate pada saat normal

2.1.5 RENCANA KERJA

Dalam rangka meningkatkan efisiensi PLTU Muaran Karang unit no 5, dari analisa dan hasil pemeriksaan dilakukan penggantian pipa kondensor dengan material Titan. Langkah kerja pergantian pipa ini ditunjukkan pada gambar 6, dengan arah langkah kerja mulai dari arah kiri ke kanan lalu ke bawah kemudian di bagian bawah dari arah kanan ke kiri.

Setelah kondensor dibuka Water Room dilepas (kondisi ini digambarkan oleh gambar ke 3 dari arah kiri), kemudian diaghpram pemisah water room dilepas setelah itu pipa baru bisa dilepas (kondisi ini ditunjukkan di gambar bagian bawah, ke dua dari kanan). Setelah dipasang diaghpram kemudian kondensor dipasang kembali.

Sampai kondensor dapat berfungsi kemabali, pekerjaan penggantian pipa ini memakan waktu selama 19 bulan.



Gambar 6 Langkah Kerja Pemasangan Pipa Kondensor

2.2 FASILITAS PEMBERSIH PIPA

2.2.1 STRUKTUR DAN FUNGSI

Dari hasil pemeriksaan/inspeksi diketahui bahwa Fasilitas peralatan pembersih pipa kondensor adalah tipe lama sehingga pengambilan kembali bola pembersih (taproge), berkisar 50%. Yang berarti banyak bola pembersih yang hilang, tidak kembali. Dan karena harga taproge sangat mahal, 2 tahun yang lalu pengoperasian fasilitas peralatan ini dihentikan.

Sistem dari pembersihan ini ditunjukkan pada gambar 7, di bagian atas nampak kondensor dengan pipa-pipa dan di bagian bawah alah fasilitas pengumpul taproge. Taproge dalam jumlah yang banyak, dialirkan bersamaan dengan masuknya air laut yang mengalir di dalam pipa kondensor. Diameter dari taproge ini hampir sama dengan pipa, sehingga ketika taproge melewati pipa, tumbuhan laut atau kotoran-kotoran dari laut yang melekat di permukaan dalam pipa dapat terkikis lepas dari permukaan dan terbawa air laut ke luar. Taproge kemudian dikumpulkan kembali dengan fasilitas peralatan pengumpul yang dipasang di pintu keluaran pipa kondensor. Ukuran dari taproge, dapat dilihat pada gambar 7, sebelah kanan.

Walaupun material pipa diganti, tapi jika sistem fasilitas pembersih tidak mengalami perbaikan, usaha meningkatkan efisiensi panas PLTU dengan memperbaiki sistem di kondensor ini sangat percuma saja. Karena ketika sudah beroperasi kembali, kotoran atau tumbuhan laut yang dibawa masuk bersamaan dengan air laut akan menempel di permukaan dalam pipa. Hal ini akan menurunkan efisiensi pertukaran panas pipa. Untuk itu perbaikan fasilitas pengumpul taproge ini dilakukan bersamaan dengan penggantian material pipa kondensor.

2.2.2 PERBAIKAN MATERIAL PIPA KONDENSOR

Dari hasil pemeriksaan, secara spesifik, penyebab dari tidak dapat terkumpulnya taproge tidak dapat diketahui. Dari pengalaman Chubu Electricity Power Company, penyebab tidak terkumpulnya taproge adalah sebagai berikut:

- (1) Torque untuk menutup Screen Block tidak mencukupi
- (2) Perubahan bentuk screen yang menyebabkan adanya lubang
- (3) Lepasnya bolt untuk salah satu bagian screen
- (4) Adanya benda yang mengalir masuk dan menghalangi pergerakan screen
- (5) Tersumbatnya udara di water room karena mengumpulnya taproge

- (6) Masuknya suatu benda ke dalam pipa yang menyebabkan terjadinya penyumbatan
- (7) Tersumbatnya lubang pelepasan udara di water room
- (8) Tersumbatnya pipa pengumpul taproge oleh kerang atau benda laut lainnya
- (9) Kurangnya volume air yang membawa taproge
- (10) Sirkulasi yang tidak sempurna karena terjadinya cavitation di *Ball Circulation Pump*
- (11) Sirkulasi yang tidak sempurna karena perbedaan head
- (12) Lain-lain

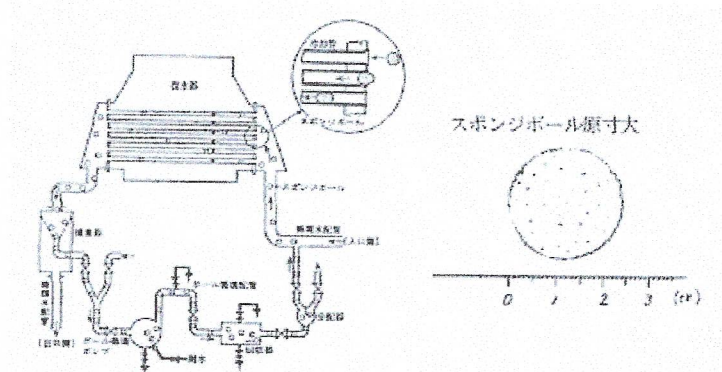
Kemungkinan-kemungkinan tersebut di atas, dianggap terjadi di PLTU Muara Karang ini, dan dengan kemungkinan-kemungkinan tersebut perbaikan sistem dan pengecekan fasilitas pengumpul taproge ini dilakukan.

2.2.3 PERBAIKAN DISAIN

Dari hasil pemeriksaan dan analisa, diputuskan bahwa sistem fasilitas pengumpul taproge secara keseluruhan harus diganti dengan sistem dan peralatan yang baru. Bola taproge, pompa pengumpul, dan jenis serta bentuk pipa pengumpul pun diganti. Dimana pergantian dilakukan oleh maker dari fasilitas pengumpul taproge ini di Jepang, yang mempunyai "know-how" tersendiri yang tidak dapat diungkapkan di sini.

2.2.5 RENCANA KERJA

Waktu perbaikan dilakukan bersamaan dengan penggantian pipa kondensor. Dimana Pit dari Ball Screen Block Parts bagian atas dalam keadaan terbuka. Tetapi karena di dalam pit masih ada air dilakukan pengeringan air dahulu sebelum pekerjaan dimulai.



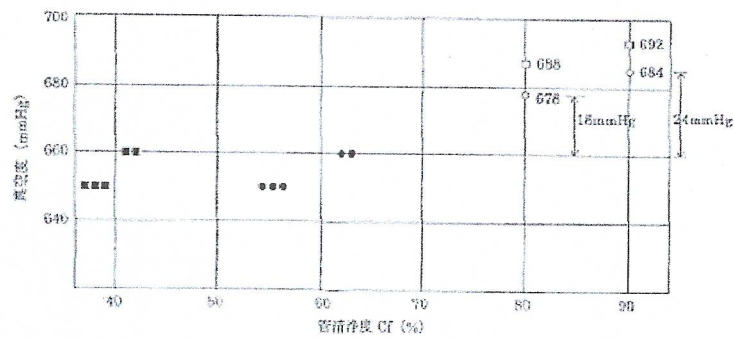
Gambar 7 Sistem Dari Fasilitas Bola Pembersih dan Bentuk Bola Pembersih

3 HASIL PERBAIKAN

3.1 KONDENSOR

Dari hasil penggantian material pipa kondensor dari Cupro-Nikel menjadi Titan diharapkan kenaikan tingkat hampa udara dari 660 mmHg menjadi 678 mmHg, sekitar 20 mmHg tingkat hampa udara diharapkan akan naik. Hal ini akan berpengaruh pada efisiensi kerja turbin dan efisiensi panas pada PLTU.

Dari gambar 8 dapat diilustrasikan, sumbu x adalah tingkat kebersihan pipa, Cf, sumbu y adalah tingkat hampa udara pipa kondensor. Symbol yang hitam adalah keadaan sebelum penggantian, symbol putih adalah kondisi setelah penggantian material pipa dilakukan. Symbol bulat hitam menunjukkan tingkat hampa udara pada saat output PLTU 100% dengan Cf dihitung berdasarkan suhu permukaan air laut, symbol kotak hitam menunjukkan tingkat hampa udara pada saat output PLTU 100% dengan Cf dihitung berdasarkan debit air laut. Sedangkan symbol bulat putih menunjukkan tingkat hampa udara yang dicapai pada output rata-rata, symbol kotak putih menunjukkan tingkat hampa udara yang dapat dicapai berdasarkan perhitungan permukaan air laut.



Gambar 8 Kenaikan tingkat hampa udara

3.2 FASILITAS PEMBERSIH PIPA

Dengan maksud meningkatkan tingkat hampa udara di kondensor, perbaikan fasilitas pembersih pipa atau sistem pengumpul bola taproge dilakukan bersamaan dibukanya shell kondensor untuk penggantian pipa dilaksanakan.

Tetapi dari hasil penggantian sistem pengumpul bola taproge ini, akibatnya terhadap kenaikan tingkat hampa udara di kondensor tidak dapat langsung dihitung atau diperkirakan secara langsung, tetapi harus diikuti secara kontinyu dan periodic perubahan yang terjadi karena perubahan sistem ini. Untuk itu perkiraan kenaikan hampa udara dalam hal ini tidak dapat ditunjukkan secara kuantitatif.

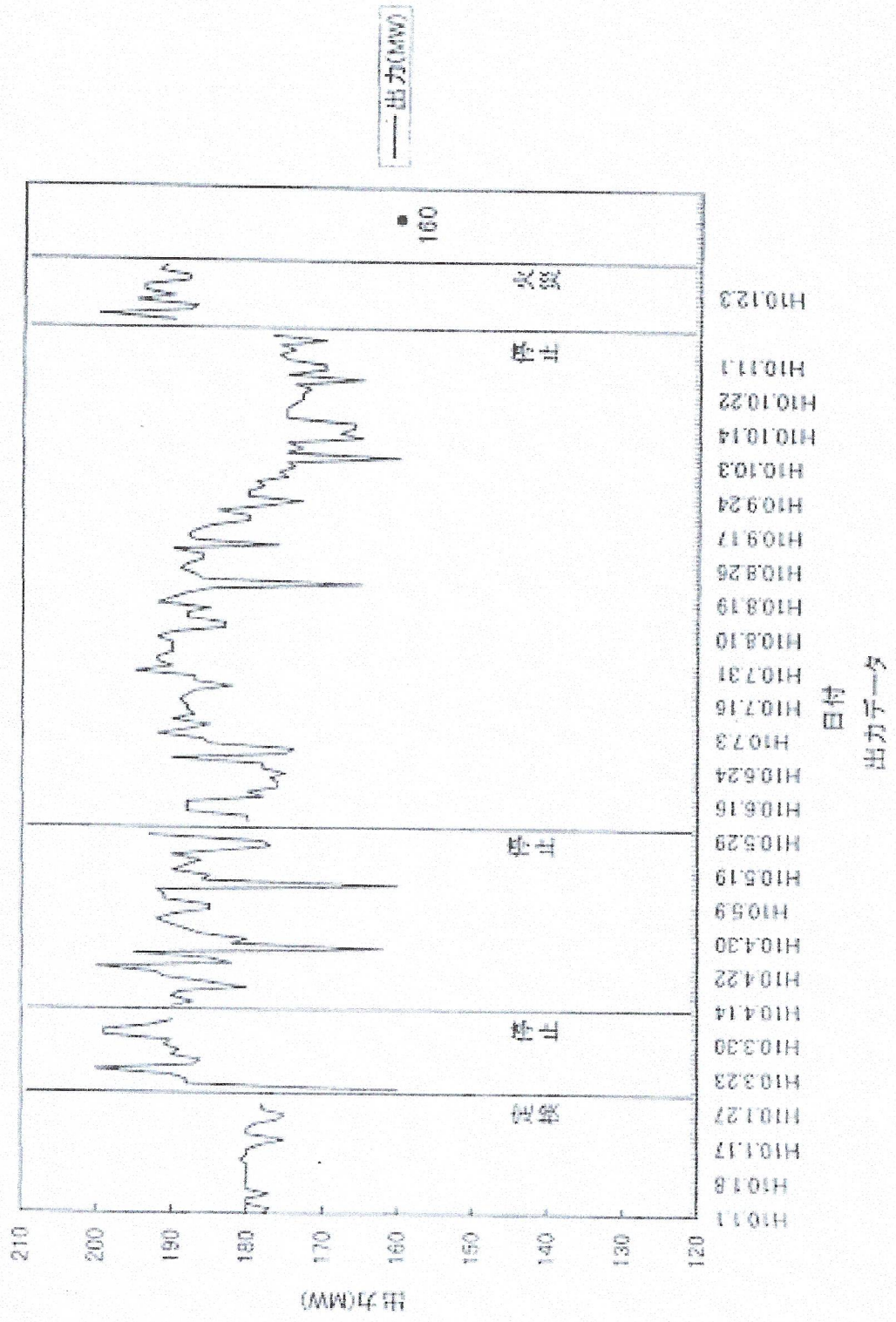
4. PENUTUP

Dalam rangka menurunkan emisi CO₂ 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 menaikkan efisiensi PLTU dalam rangka pengurangan emisi CO₂ yang dilakukan dengan kerja sama NEDO-Jepang dalam rangka melaksanakan program CDM (Clean Development Mechanism).

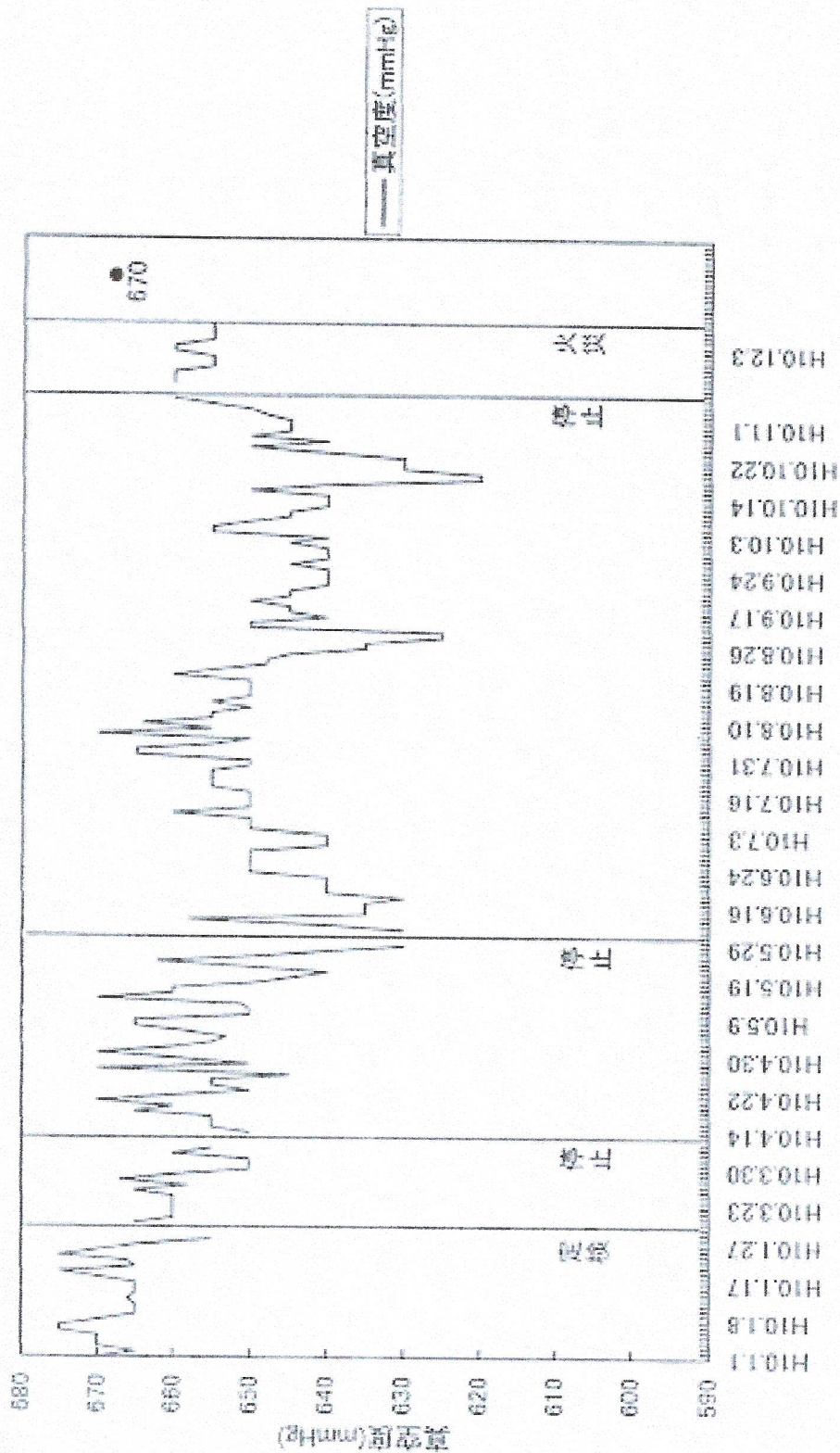
Hasil yang dicapai dengan perbaikan sistem kondensor dan sistem pembersih pipa kondensor masing-masing telah menghabiskan biaya sebanyak ¥300.000.000 dan ¥120.000.000. Dan dari kedua perbaikan ini dapat menaikkan efisiensi panas PLTU secara keseluruhan sebesar 0.8%.

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

LAMPIRAN 1



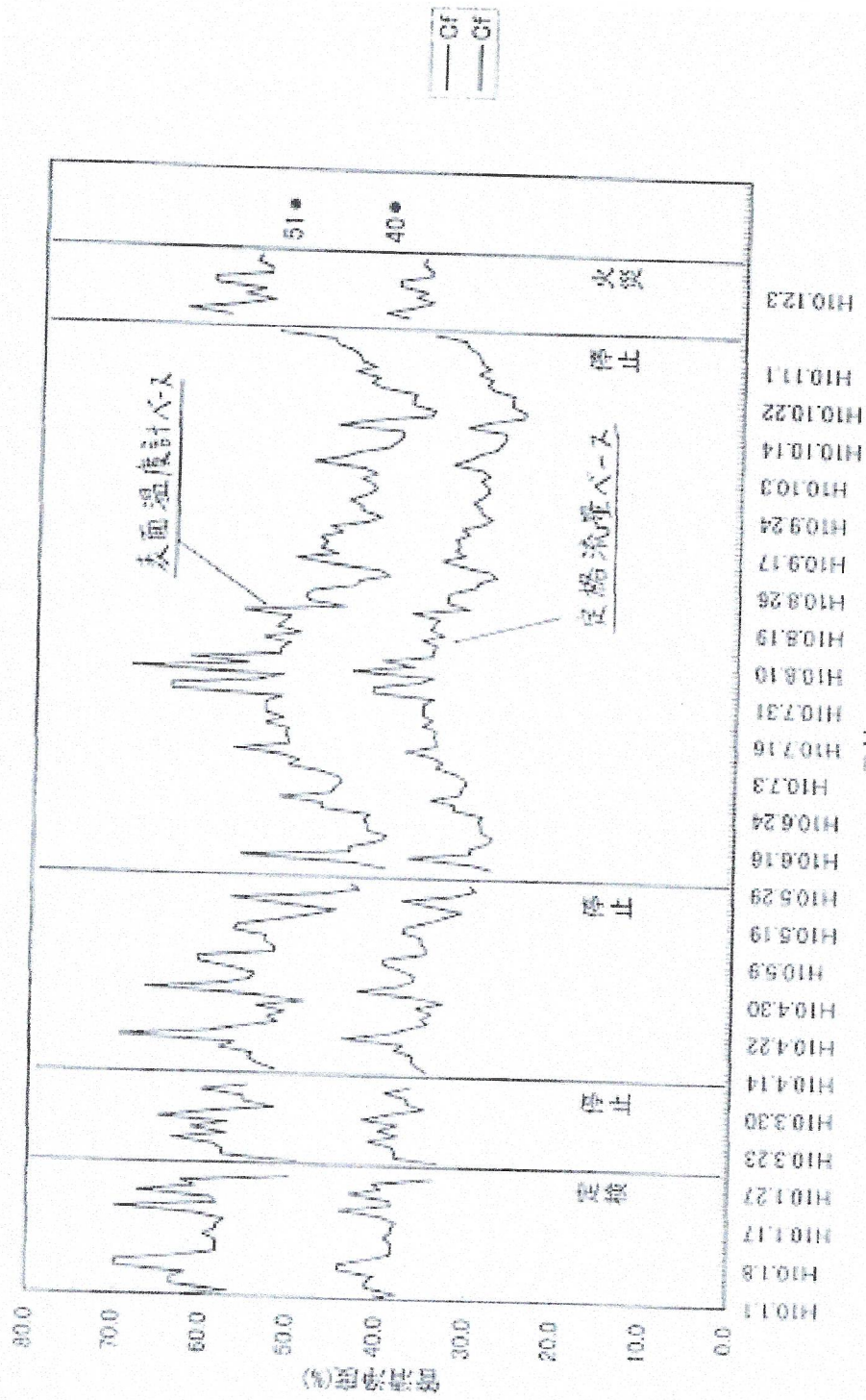
LAMPIRAN 2



目付

真空度子一々

LAMPIRAN 3



管溝浄化子一々