

**UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

TUGAS AKHIR

**ALAT PENUKAR KALOR
PENDINGIN MINYAK PELUMAS
TURBIN-GENERATOR PLTU UNIT 1 & 2
B E L A W A N**



OLEH :

ZALEL HASUDUNGAN SITO HANG

NIM : 018130051

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

TUGAS AKHIR



ALAT PENUKAR KALOR
PENDINGIN MINYAK PELUMAS
TURBIN - GENERATOR PLTU UNIT 1 & 2
BELAWAN

OLEH :

ZALEL HASUDUNGAN SITOHANG

NIM : 018130051

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Amirsyam Nasution, MT

Ir. Ishak Ubit

Diketahui Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Dekan,

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Ir. Darianto, MSc



Document Accepted 22/9/23

Drs. Dadan Ramdan, M.Eng.Sc

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Untuk mengembalikan daya mampu (unjuk kerja) suatu peralatan pada suatu kondisi mendekati kondisi semula dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, dengan cara rekondisi, relokasi, regenerasi atau dengan modifikasi.

Untuk memilih salah satu alternatif diatas, biasanya dengan pertimbangan apa keuntungannya, apa kendalanya, berapa besar biayanya, berapa lama waktunya dan berbagai macam pertimbangan lainnya.

Bila barometer biaya maupun waktu tidak dapat dicapai, maka para supervisor teknisi akan berupaya berbuat paling tidak mendekati dengan tujuan, walaupun sebenarnya solusi yang diambilnya itu bukan merupakan yang paling tepat, akan tetapi mampu memenuhi kebutuhan. Kadang – kadang para supervisor atau teknisi memilih alternatif yang paling baik dari beberapa alternatif yang kurang sempurna, semacam motto “Tidak ada rotan akar pun jadi, kecuali tidak ada pilihan lain (mutlak).

DAFTAR ISI

halaman

1. JUDUL	i
2. LEMBAR PENGESAHAN	ii
3. KATA PENGANTAR	iii
4. ABSTRAK	v
5. DAFTAR ISI	vi
6. BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Kajian	7
1.3 Tujuan Penulisan	8
1.4 Sumber Data	9
1.5 Postulat dan Hipotesis	9
1.6 Sistematika Pembahasan	10
7. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas	12
2.2 Cara-Cara Perpindahan Panas	15
2.2.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi	15
2.2.2 Perpindahan Panas Secara Radiasi	17
2.2.3 Perpindahan Panas Secara Konveksi	18
2.3 Dasar-Dasar Perhitungan	20
2.4 Fungsi-Fungsi Alat Penukar Kalor	28

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/9/23

2.5	Jenis-Jenis Arah Aliran (Flow) Media Pendingin/Pemanas	29
2.5.1	Aliran Searah (Direct Flow)	29
2.5.2	Aliran Berlawanan Arah (Counter Flow)	30
2.5.3	Aliran Berpotongan (Cross Flow)	31
2.6	Bentuk-Bentuk / Tipe Alat Penukar Kalor	32
8. BAB III	PENGOLAHAN DATA	35
3.1	Menaikkan Head Pompa Utama	35
3.2	Menambah Pompa Bantu	36
3.3	Modifikasi dan Relokasi Alat Penukar Kalor Pendingin Minyak Pelumas	39
3.3.1	Modifikasi	39
3.3.2	Relokasi Alat Pendingin Minyak Pelumas	39
9. BAB IV	PERHITUNGAN PERENCANAAN MODIFIKASI LUBRICATING OIL COOLER	41
4.1	Modifikasi Lubricating Oil Cooler	41
4.1.1	Konstruksi Alat Penukar Kalor (Oil Cooler)	42
4.1.2	Material dan Dimensi Awal (Sebelum Modifikasi)	42
4.2	Rancang Bangun	43
4.2.1	Analisa Termal	43
4.2.2	Rancang Bangun Mekanik Pendahuluan	43
4.2.3	Rancang Bangun Produksi	44
4.2.4	Pemilihan Bahan	45

4.3	Viskositas	47
4.4	Menentukan ΔT_{avr} (LTMD)	52
4.5	Mencari Harga Perpindahan Panas Minyak	53
4.6	Menghitung Luas Total Penampang Perpindahan Panas	53
4.7	Menghitung Jumlah Pipa yang Dibutuhkan	
	Menentukan Head dan Kapasitas Pompa Bantu	54
4.8	Jumlah Air Pendingin yang Dibutuhkan	55
4.9	Kecepatan Aliran Air Pendingin	57
4.10	Penentuan Dimensi Pipa Air Pendingin	58
4.11	Material Pipa Saluran Air Pendingin	59
10. BAB V	PENUTUP	60
	Kesimpulan dan Saran	60
11. Daftar Pustaka / Literatur		62
12. Daftar Lampiran		63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemilihan judul dilatar belakangi oleh PLTU Unit 1 & 2 yang ada di PT. PLN (Persero) Pembangkit dan Penyaluran Sumatera Bagian Utara (KITLUR SUMBAGUT) Sektor Belawan dengan daya terpasang 2 x 65 Mega Watt, yang saat ini mempunyai masalah dari sisi **pendingin minyak pelumas** Turbin / Generator.

Ada 2 (dua) permasalahan yang menyangkut pendingin minyak pelumas (Lubricating Oil Cooler), yaitu :

1. Media pendingin (air laut) tidak memadai pada kondisi – kondisi tertentu, level air laut rendah.
2. Berkurangnya luas permukaan perpindahan panas akibat pipa - pipa pendingin banyak yang bocor dan di plug / disumbat (\pm 40% dari 180 batang pipa pendingin).

Kondisi inilah salah satu yang menjadi penyebab PLTU Unit 1 & 2 tidak dapat beroperasi (produksi) dengan optimal, karena dibatasi oleh temperatur bearing Turbine / Generator yang melampaui ambang batas normal. Artinya pendinginan minyak pelumas tidak optimal karena kurangnya unjuk kerja “**Alat Penukar Kalor**” dalam hal ini Lubricating Oil Cooler.

Yang dimaksud dengan permasalahan pertama yaitu dalam kondisi – kondisi tertentu adalah :

- Kondisi air laut pasang surut minimum.

- Beban (output) Generator > 40 Mega Watt.

- Suhu udara luar > 28° C

Penyeragaman kondisi diatas akan menyebabkan naiknya suhu minyak pelumas Turbin / Generator melebihi ambang batas normal.

Sebelum menjelaskan urutan akibat dari kondisi diatas, perlu pula dijelaskan bahwa media pendingin yang digunakan adalah air laut / payau, yang di tapping dari pipa sisi tekan pompa pendingin utama Kondensor (Line pipe Main cooling water pump), dan letak Oil Cooler lebih tinggi \pm 6,2 meter diatas sisi tekan pompa. (lihat gambar skets 1.1 dan 1.2)

Sisi isap pompa pendingin utama (water intake channel) diambil dari muara sungai Pantai (Sei Nunang) Belawan, sehingga unjuk kerja pompa (head pompa) sangat dipengaruhi oleh pasang naik dan pasang surutnya permukaan air laut.

Secara berurutan akibat kondisi diatas adalah sebagai berikut :

1. Bila permukaan sisi isap pompa utama turun sampai level minimum (laut sangat surut, sehingga akan menyebabkan Head pompa turun ($H_{Total} = H_{isap} + H_{tekan}$)
2. Turunnya head pompa akan mempengaruhi (turun) debit air pendingin (Q) ke pendingin minyak pelumas, sehingga perpindahan panas dari minyak pelumas tidak berlangsung secara optimal, dan suhu minyak pelumas akan naik melebihi

3. Suhu minyak pelumas masuk bantalan – bantalan Turbin / Generator dibatasi dengan harga – harga tertentu, yang dianggap mampu menyerap panas dari bantalan – bantalan journal Turbin / Generator, dimana pada sensor suhu bantalan dilengkapi dengan batasan tingkat peringatan (alarm) maupun batasan tingkat proteksi menghentikan Turbin / Generator secara otomatis (Trip Protection).
4. Untuk menghindari Turbin / Generator stop sendiri (tri), maka operator harus segera menurunkan beban hingga batasan suhu proteksi Trip tidak terlampaui. Yang berarti unjuk kerja turbin tidak dapat optimal (load deacrated).

Penyebab Permasalahan kedua ialah karena pipa – pipa pendingin minyak pelumas (oil cooler tubes) yang terbuat dari bahan paduan tembaga – seng (Cu Zn) sangat cepat bocor akibat korosi air laut.

Hal ini akan mengganggu operasi sistem pendingin pelumas. Minyak pelumas akan terbang ke dalam media pendingin lewat bocoran – bocoran pipa – pipa pendingin tersebut ($P_{\text{pelumas}} \gg P_{\text{pendingin}}$).

Pipa – pipa pendingin sudah banyak yang di plug (disumbat), yang mengakibatkan berkurangnya luas permukaan perpindahan panas, untuk itu dianggap perlu memodifikasi lubricating oil cooler, yang salah satu pokok bahasan dalam bab berikutnya.

Perlu diingat bahwa PLTU unit 1 & 2 Belawan yang dibangun sejak tahun 1977 dan dioperasikan sejak tahun 1983, merupakan Pusat Listrik Tenaga Uap yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA Bagian Utara, sehingga akurasi data – data survey awal

3. Suhu minyak pelumas masuk bantalan – bantalan Turbin / Generator dibatasi dengan harga – harga tertentu, yang dianggap mampu menyerap panas dari bantalan – bantalan journal Turbin / Generator, dimana pada sensor suhu bantalan dilengkapi dengan batasan tingkat peringatan (alarm) maupun batasan tingkat proteksi menghentikan Turbin / Generator secara otomatis (Trip Protection).
4. Untuk menghindari Turbin / Generator stop sendiri (tri), maka operator harus segera menurunkan beban hingga batasan suhu proteksi Trip tidak terlampaui. Yang berarti unjuk kerja turbin tidak dapat optimal (load deaerated).

Penyebab Permasalahan kedua ialah karena pipa – pipa pendingin minyak pelumas (oil cooler tubes) yang terbuat dari bahan paduan tembaga – seng (Cu Zn) sangat cepat bocor akibat korosi air laut.

Hal ini akan mengganggu operasi sistem pendingin pelumas. Minyak pelumas akan terbang ke dalam media pendingin lewat bocoran – bocoran pipa – pipa pendingin tersebut ($P_{\text{pelumas}} \gg P_{\text{pendingin}}$).

Pipa – pipa pendingin sudah banyak yang di plug (disumbat), yang mengakibatkan berkurangnya luas permukaan perpindahan panas, untuk itu dianggap perlu memodifikasi lubricating oil cooler, yang salah satu pokok bahasan dalam bab berikutnya.

Perlu diingat bahwa PLTU unit 1 & 2 Belawan yang dibangun sejak tahun 1977 dan dioperasikan sejak tahun 1983, merupakan Pusat Listrik Tenaga Uap yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA Bagian Utara, sehingga akurasi data – data survey awal

permukaan pasang surut air laut, kualitas air laut, maupun kualitas pipa pendingin kemungkinan kurang sempurna, akibatnya rancangan (design) jenis material pipa pendingin kurang sesuai (tidak tahan terhadap korosi air laut) dan juga rancangan saluran intake sisi isap pompa pendingin utama yang kurang memprediksi laju penimbunan lumpur, sehingga pendangkalan sisi isap pompa berlangsung dengan cepat, yang juga merupakan faktor penyebab penurunan head pompa.

Menurunnya tekanan sisi isap pompa, sudah barang tentu menurunkan tekanan keluar pompa (discharge pressure), selanjutnya penurunan tekanan pada sisi tekanan pompa utama akan menurunkan debit air dingin (Q) ke pendingin minyak pelumas yang lokasinya lebih tinggi 6,2 meter.

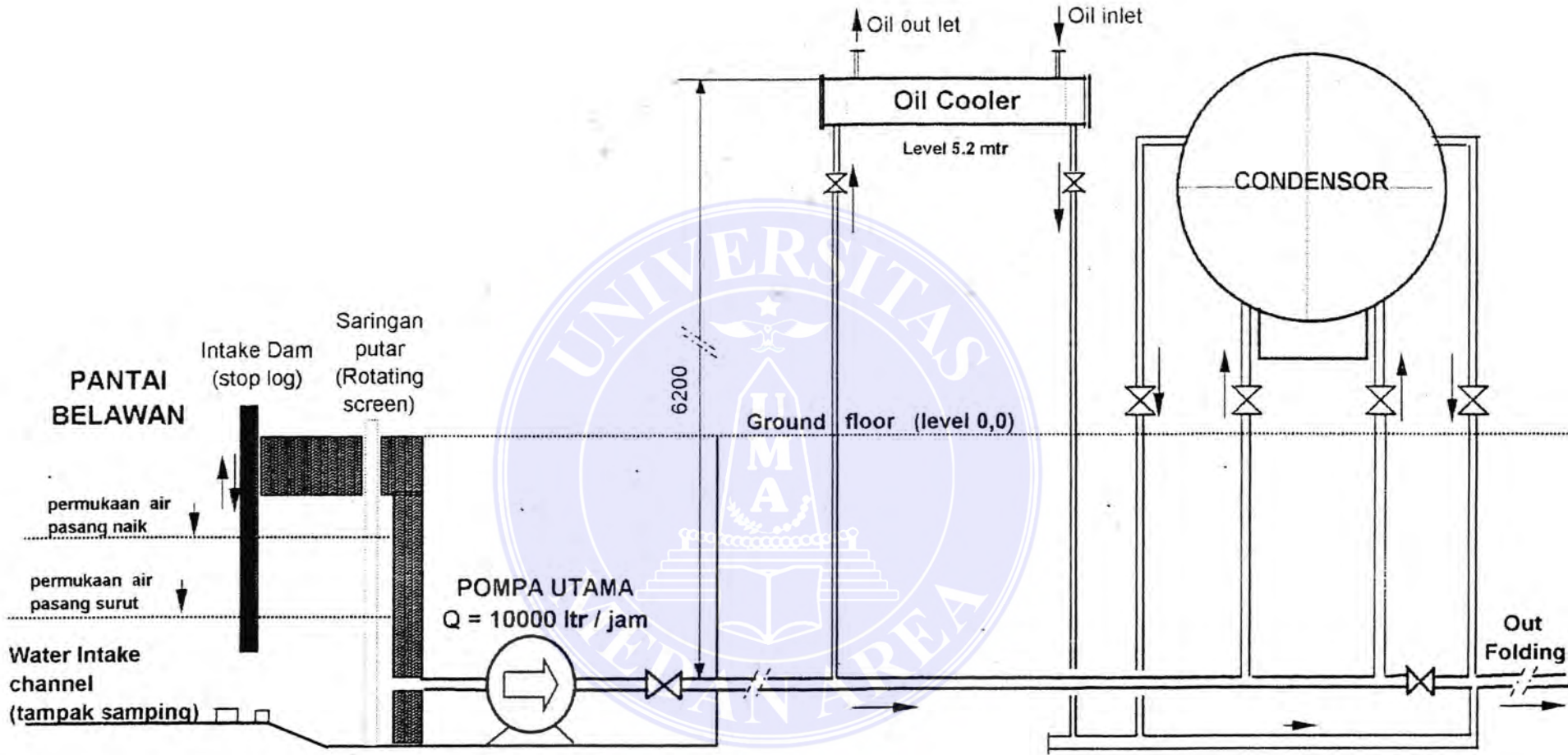
Permasalahan pertama dan kedua akan menyebabkan PLTU unit 1 & 2 Belawan turunya daya mampu (deacrating load).

Dalam kondisi beban puncak (untuk Sumatera bagian utara) terjadi antara pukul 18.30 s/d pukul 21.30 WIB. Ketersediaan beban (energi listrik) 5 ÷ 10 MW pada jam – jam puncak tersebut sangat berarti, baik bagi konsumen maupun bagi perusahaan (PLN).

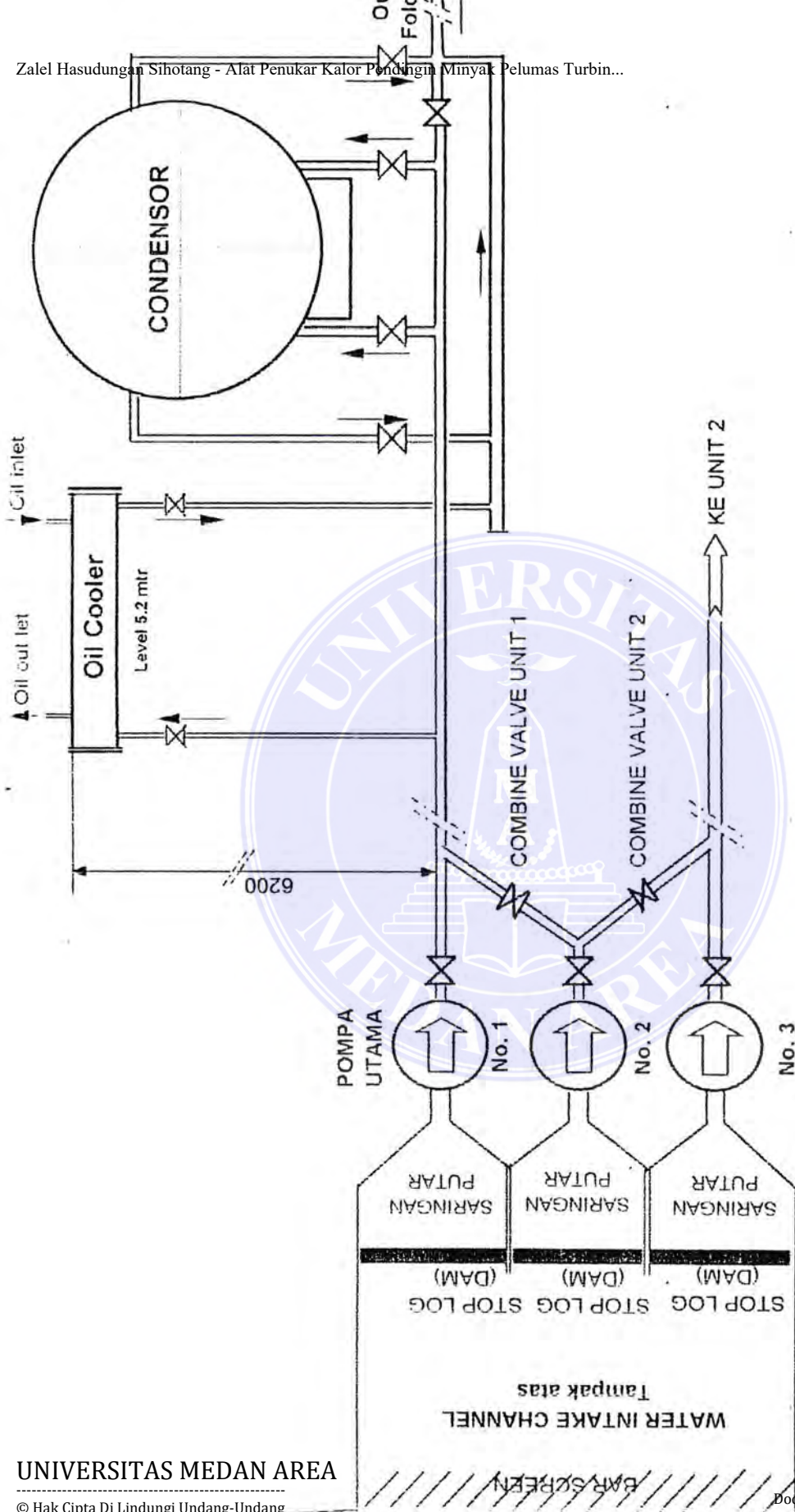
Apabila pada saat cadangan panas (daya mampu) sangat minimum, misalnya beberapa unit pembangkit lainnya sedang dalam perbaikan / pemeliharaan.

Permasalahan – permasalahan diatas dapat diatas dengan berbagai cara dan akan dibahas pada bab berikutnya.

Hal – hal diataslah yang melatar belakangi penulis untuk memilih judul “**Alat Penukar Kalor** pendingin minyak pelumas Turbin / Generator PLTU unit 1 &



Gambar 1.1 Skets aliran air pendingin ke Kondensor dan Oil Cooler (existing)



Gambar 1.1 Skets aliran air pendingin ke Kondensator dan Oil Cooler (existing)

1.2 Ruang Lingkup Kajian

Biasanya suatu proses produksi harus melibatkan berbagai aspek yang saling mendukung dan saling terkait untuk memperoleh suatu hasil proses / produksi. Demikian juga halnya dengan proses produksi energi listrik yang dihasilkan oleh suatu pusat pembangkit.

Pada PLTU Belawan misalnya, harus ada keterkaitan yang tidak boleh terlepas antara alat yang satu dengan alat lainnya, baik antara alat – alat bantu maupun alat – alat utamanya. Salah satu contoh, pendingin minyak pelumas turbin / generator (lubricating oil cooler) merupakan alat bantu turbin untuk mendinginkan minyak pelumas yang keluar dari bantalan – bantalan luncur (journal bearings) agar suhu minyak pelumas normal kembali untuk dipergunakan kembali secara bersirkulasi.

Berarti pengoperasian Turbin uap mempunyai ketergantungan terhadap pendingin minyak pelumas, selanjutnya pendingin minyak pelumas mempunyai ketergantungan terhadap Pompa utama yang mensuplai media pendingin.

Untuk mempermudah analisa / pembahasan permasalahan, ruang lingkup kajian dibatasi pada analisa / pembahasan unjuk kerja “Alat Penukar Kalor” pendingin minyak pelumas Turbin – Generator dan sarana penunjang lainnya, hingga dapat mengatasi permasalahan, agar PLTU unit 1 & 2 dapat beroperasi dengan beban

penuh tanpa dibatasi oleh masalah suhu minyak pelumas yang terlalu tinggi dalam berbagai kondisi seperti telah dijelaskan pada paragraph latar belakang di atas.

1.3. Tujuan Penulisan

Dari hasil penulisan diharapkan akan dapat mencari solusi yang paling tepat dalam hal menyelesaikan permasalahan, yaitu solusi untuk mempertahankan suhu minyak pelumas yang disirkulasikan ke bantalan – bantalan Turbin / Generator, sehingga pembebanan Generator tidak dibatasi oleh maksimum temperatur.

Seperti telah dijelaskan pada paragraph 1.1 (latar belakang penulisa), bahwa temperatur bantalan – bantalan Turbin / Generator dibatasi maksimum 110° C, apabila harga temperatur tersebut terlampaui, maka Turbin / Generator akan “Trip” (stop secara otomatis), untuk memproteksi / menghindari kerusakan bantalan – bantalan.

Untuk itulah dibutuhkan fungsi pendingin minyak pelumas, agar minyak pelumas dengan temperatur yang lebih rendah, serta jumlah yang cukup untuk menyerap panas gesekan yang terjadi di bantalan.

1.4. Sumber Data

Untuk menunjang pembahasan, dilengkapi dengan Data antara lain :

1. Data desain yang diperoleh dari instruction manual book (lampiran 1).
2. Data dari pembangunan awal (erection data) (lampiran 2).
3. Data operasi harian yang dicatat oleh operator dalam log sheet (operation data) (lampiran 3).

1.5. Postulat dan Hipotesis

Kondisi data awal (erection data) maupun data performance test dibandingkan dengan kondisi saat ini terdapat perubahan – perubahan yang besar pada sisi tekan pompa pendingin utama, dimana data performance test tekanan pompa (discharge pressure) diperoleh 1,1 bar ($\pm 1,1 \times 10,326$ mka) pada saat permukaan air laut pasang naik dan 0,8 bar ($\pm 0,8 \times 10,326$ mka) pada saat permukaan air laut pasang surut.

Akan tetapi kondisi pada saat ini tekanan keluar pompa (discharge pressure) adalah 0,8 bar pada saat permukaan air laut pasang naik dan 0,6 bar pada saat permukaan air laut pasang surut (terjadi penurunan tekanan sebesar 0,2 bar).

Artinya pada saat permukaan air laut pasang surut head pompa maksimum adalah $0,6 \times 10,326$ mka (= 6,19 meter – head losses), sedangkan pendingin minyak pelumas (lubricating oil cooler) terletak pada elevasi 6,2 meter dari pipa discharge pompa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa air pendingin tidak mampu naik ke oil cooler (alat penukar kalor). Disini sudah dapat dilihat bahwa pada level permukaan air laut

permukaan air pendingin tidak akan sampai ke cooler ($6,19$ meter – losses $< 6,2$

meter). Hal ini juga terbukti dari data laporan operasi (dari operator) bahwa pada kondisi air laut minimum, dilakukan drain dengan membuka katup drain sisi air pendingin ternyata tidak ada air pendingin yang keluar.

Disamping material pipa – pipa pendingin yang tidak kuat terhadap korosi air laut, kondisi – kondisi ini juga yang mempercepat rusaknya (bocor) pipa – pipa pendingin alat penular kalor, karena terjadi over heating dan thermal stress.

1.6 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dimulai dari data operasi, dimana untuk menghindari Turbin – Generator Trip (stop otomatis) dari sisi temperatur bantalan Turbin – Generator, operator harus segera menurunkan beban generator, sampai temperatur bantalan tidak melampaui harga limit (Temperatur $\geq 85^{\circ}\text{C}$ akan muncul tanda peringatan / alarm ; dan temperatur $\geq 110^{\circ}\text{C}$ proteksi akan bekerja untuk mentriapkan Turbin - Generator.

Untuk pembahasan – pembahasan dalam penulisan ini tidak dijelaskan hubungan beban generator dengan temperatur bantalan.

Atas dasar ini pembahasan dilanjutkan dengan analisa unjuk kerja lubricating oil cooler (pendingin minyak pelumas).

Selanjutnya secara berurut dari atas ke bawah sistem pendingin minyak

pelumas tidak optimal yang disebabkan media pendingin tidak memadai diwaktu

pasang surut dan berkurangnya luas permukaan perpindahan panas pada pipa – pipa penukar kalor (tubes).

Untuk mencari solusi kedua permasalahan diatas akan dijelaskan pada bab pembahasan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Yang dimaksud dengan “Alat Penukar Kalor” (heat exchanger) ialah suatu alat untuk menerima atau mengeluarkan kalor (panas) dari suatu media kepada media lainnya atau dapat juga disebut alat / sarana perpindahan sebahagian panas dari suatu daerah / media yang lebih panas ke daerah / media yang lebih dingin.

Secara garis besar alat penukar kalor berfungsi sebagai pemanas (heater) dan sebagai pendingin (cooler).

2.1. Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas

Panas (kalor) dapat berpindah lewat benda padat, cair atau gas. Apabila ada perbedaan panas (suhu) dari suatu benda ke benda lainnya, maka diantara benda tersebut akan terdapat laju perpindahan panas sebesar q (Btu / h; watt; $\frac{J}{s}$; satuan energi / satuan waktu) dan jumlah panas yang berpindah sebesar Q (Btu; Joule).

Untuk memindahkan panas sejumlah q (Btu / h; watt; $\frac{J}{s}$; satuan energi / satuan waktu) dibutuhkan media pendingin sejumlah Q ($\frac{\text{satuan isi}}{\text{satuan waktu}}$) dan luas permukaan perpindahan kalor A (Satuan Luas) dengan menggunakan “Alat Penukar Kalor” (Heat Exchanger). Laju perpindahan / penerimaan panas tergantung dari besar kecilnya daya hantaran panas (koefisien perpindahan panas), maupun order besaran konduktivitas termal dari suatu benda (bahan) serta luas permukaan perpindahan panas. Setiap benda (material) yang berbeda, tentu mempunyai daya hantaran panas / koefisien perpindahan panas yang berbeda pula.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Berikut dalam tabel 2.1.1 dan tabel 2.1.2 ditunjukkan orde besaran konduktivitas termal dan orde besaran koefisien perpindahan panas konveksi dari beberapa macam bahan.



Bahan	Btu/h.ft ² .F	W / m ² .K
Bahan Isolasi	0,02 ÷ 0,12	0,034 ÷ 0,21
Cairan Bukan Logam	0,05 ÷ 0,40	0,086 ÷ 0,69
Zat Padat Bukan Logam (semen, bata, batu)	0,02 ÷ 1,50	0,034 ÷ 2,60
Logam Cair	5,0 ÷ 45,0	8,60 ÷ 76,0
Paduan	8,0 ÷ 70,0	14,0 ÷ 120,0
Logam Murni	30,0 ÷ 240,0	52,0 ÷ 410,0
Udara Konveksi Bebas	1,0 ÷ 5,0	6,00 ÷ 30,0
Udara Konveksi Paksa	5,0 ÷ 50,0	30,0 ÷ 300,0
Minyak Konveksi Paksa	10,0 ÷ 300,0	60,0 ÷ 1800,0
Air Konveksi Paksa	50,0 ÷ 2000,0	300,0 ÷ 6000,0

Dikutip dari buku prinsip perpindahan panas, Aeko Prijono, Msc, Edisi 3, hal. 8 & 13

Tabel 2.1.1 Orde besaran konduktivitas termal k dan konvensi h_c

Bahan	K (Btu/hr. ft F)				C (Btu/lb _m F)	ρ (lb _m /ft ³)	α (ft ² /h)
	32 F	212 F	572 F	932 F	32 F	32 F	32 F
Logam							
Aluminium	117	119	133	155	0,208	169	3,33
Bismut	4,9	3,9	...	...	0,029	612	0,28
Tembaga murni	224	218	212	207	0,091	558	4,42
Emas	169	170	...	...	0,030	1203	4,68
Besi Murni	35,8	36,6	...	...	0,104	491	0,70
Timbal	20,1	19	18	...	0,030	705	0,95
Magnesium	91	92	...	...	0,232	109	3,60
Air Raksa	4,8	...	...	...	0,033	849	0,17
Nikel	34,5	34	32	...	0,103	555	0,60
Perak	243	238	...	...	0,056	655	6,6
Timah	36	31	...	...	0,054	456	1,46
Seng	65	61	69	...	0,091	446	1,60
Paduan							
Logam admiralti	65	64	...	...	...	...	...
Kuningan 70% Cu, 30% Zn	66	60	66	...	0,092	532	1,14
Perunggu 75% Cu, 25% Sn	16	...	...	...	0,082	540	0,34
Besi Tuang							
Biasa	33	31,8	27,7	24,8	0,11	474	0,63
Paduan	30	28,3	27	...	0,10	455	0,66
Konstantan, 60% Cu, 40% Ni	12,4	12,8	...	...	0,10	557	0,22
Baja tahan karat 18-8							
Tipe 304	8,0	9,4	10,9	12,4	0,11	488	0,15
Tipe 347	8,0	9,3	11,0	12,8	0,11	488	0,15
Baja lunak 1% C	26,5	26	25	22	0,11	490	0,49

Dikutip dari buku Prinsip² perpindahan panas, Arko Prijono, Msc, Edisi 3, hal. 576

Tabel 2.1.2 Orde besaran konduktivitas termal (k) dari beberapa metal

2.2. Cara – cara perpindahan panas

Perpindahan panas pada umumnya mengenal 3 (tiga) cara yaitu perpindahan panas secara :

1. Konduksi (conduction), sering disebut perpindahan panas secara hantaran.
2. Radiasi (radiation).
3. Konveksi (convection), sering disebut perpindahan panas secara ilian.

2.2.1. Perpindahan panas secara konduksi (conduction)

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium – medium yang berlainan yang bersinggung secara langsung.

Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang sangat besar. Menurut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata – rata molekul – molekul yang membentuk elemen itu.

Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan posisi relatif molekul – molekulnya disebut energi dalam.

Jadi semakin cepat molekul – molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

Bila molekul – molekul di satu daerah memperoleh energi kinetik rata – rata yang lebih besar dari pada yang dimiliki oleh molekul – molekul di satu daerah yang

berdekatan, sebagaimana diejawantahkan (diwujudkan) oleh adanya beda suhu, maka

molekul – molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul – molekul di daerah yang bersuhu lebih rendah. Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik (Elastic impact) bila di dalam fluida atau dengan pembauran (diffusion) elektron – elektron yang bergerak secara lebih cepat dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah (misalnya dalam logam).

Akibat dari konduksi panas, yang dapat diamati ialah penyamaan suhu.

Tetapi, jika beda suhu dipertahankan dengan penambahan dan pembuangan panas diberbagai titik, maka akan berlangsung beraliran panas yang terus menerus dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin.

Konduksi adalah sat – satunya dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi dan dalam beberapa hal juga tergabung dengan perpindahan panas secara radiasi.

Besarnya laju perpindahan panas secara Konduksi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

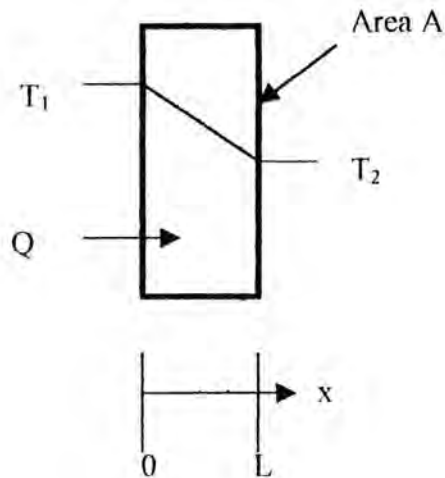
$$q_k = - k.A (dT/dx)$$

Dimana: q_k = laju aliran panas (Btu/h)

k = koefisien perpindahan panas (Btu/h.ft².°F)

dT/dx = gradien suhu (°F/ft)

A = luas penampang (m²)



Gambar. 2.2.1 Sketsa perpindahan panas secara Konduksi

2.2.2. Perpindahan panas secara Radiasi (Radiation)

Perpindahan panas secara Radiasi ialah proses panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah dimana benda yang satu dengan benda lainnya terpisah di dalam satu ruang atau bahkan dalam ruang hampa.

Panas berpindah lewat gelombang – gelombang elektro magnetik yang diakibatkan oleh suhu yang dapat mengangkut energi melalui medium yang tembus cahaya.

Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus menerus, intensitas pancaran tergantung kepada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s).

Besarnya jumlah perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_r = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana : q_r = Jumlah alran panas (watt)

σ = konstStefan-Boltzmann

= $5,67 \times 10^{-8}$ (Watt/m² K⁴)

T_1, T_2 = derajat Kelvin

A = luas penampang (m²)



Gambar 2.2.2 Sketsa perpindahan panas secara Radiasi antara dua pelat sejajar.

2.2.3. Perpindahan panas secara Konveksi (Convection)

Perpindahan panas secara konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Cara konveksi adalah mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya, berlangsung dalam beberapa tahap.

Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel –

UNIVERSITAS MEDAN AREA

partikel fluida ini. Kemudian partikel – partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur.

Perpindahan panas Konveksi diklasifikasikan dalam **konveksi bebas** (*free convection*) dan **konveksi paksa** (*forced convection*), menurut cara menggerakkan alirannya.

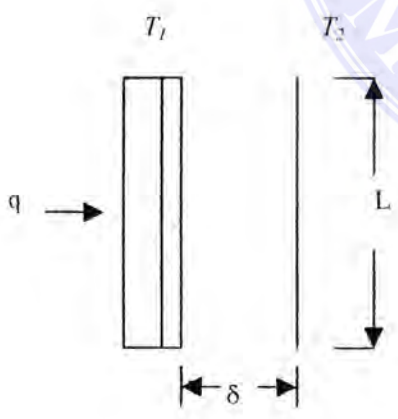
Bila gerakan mencampur berlangsung semata – mata sebagai akibat dari kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, disebut konveksi bebas alamiah (natural), dan bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, misalnya poompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

Besarnya laju perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$q_c = h_c \cdot A (\Delta T)$$

dimana :

- q_c = laju perpindahan panas (Btu/h)
- ΔT = beda suhu suhu masuk dan keluar ($^{\circ}F$)
- A = luas penampang perpindahan panas (m^2)
- H_c = Koef. Perpindahan panas konveksi ($Btu/h \cdot ft^2^{\circ}F$)



Gambar 2.2.3 Sekts perpindahan panas secara konveksi

2.3 Dasar – dasar perhitungan

Untuk kasus perpindahan panas dalam pipa baik aliran sejajar maupun aliran berlawanan, laju perpindahan panas (q) dimulai dengan hukum dasar

$$dq = u \cdot dA \cdot \Delta T \dots\dots\dots 1$$

Dengan integrasi seluas permukaan perpindahan panas (A)

Jika konduktansi satuan keseluruhan $U = \text{konstan}$; maka keseimbangan energi pada luas dirensial dA , persamaan 1 menjadi :

$$dq = - m_h \cdot c_p \cdot dT_h = \pm m_c \cdot c_p \cdot dT_c = U \cdot dA \cdot (T_h - T_c) \dots\dots\dots 2$$

dimana : m = laju aliran massa (Btu / lbm . F)

C_p = panas jenis fluida pada tekanan konstan

T = temperatur fluida

Indeks h menunjukkan fluida yang panas, dan c adalah fluida yang dingin.

Tanda plus pada suku ketiga berlaku untuk aliran searah (direct), dan tanda minus berlaku untuk aliran lawan (counter flow).

Jika panas jenis fluida tidak berubah dengan suhu, maka dapat ditulis dengan persamaan keseimbangan :

$$- c_h (T_{hc} - T_{hm}) = C_c (T_{cc} - T_{cm}) \dots\dots\dots 3$$

dimana : $C_h = m_h \cdot C_{ph}$ adalah laju aliran kapasitas panas per satuan waktu, untuk fluida yang lebih panas (Btu/h . °F)

$C_c = m_c \cdot C_{pc}$ adalah laju aliran kapasitas panas per satuan waktu untuk fluida yang lebih dingin (Btu/h . °F)

Dengan menghitung T_h dari pers. 3

$$T_{hc} = T_{hm} - (C_c / c_h) (T_{cc} - T_{em}) \dots\dots\dots 4$$

Persamaan 4 diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$T_{hc} - T_{cc} = - (1 + (c_c / c_h) T_{cc} + (c_c / c_h) (T_{em}) + T_{hm} \dots\dots\dots 5$$

Harga $T_{hc} - T_{cc}$ substitusi ke persamaan 2, dilakukan penyempurnaan ulang diperoleh:

Integrasi pers. 6 pada seluruh panjang penukar panas (dari $\Lambda = 0$ s/d Λ_{total}), diperoleh:

$$\ln \left[\frac{- [1 + (C_c / C_h)] T_{ck} + (C_c / C_h) T_{cm} + T_{hm}}{- [1 + (C_c / C_h)] T_{cm} + (C_c / C_h) T_{cm} + T_{hm}} \right] = \left[\frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_k} \right] U.A \dots\dots\dots 7$$

Persamaan 7 disederhanakan menjadi :

$$\ln \left[\frac{(1 + C_c / C_h)(T_{cm} - T_{ck}) + T_{cm} + T_{hm}}{T_{hm} - T_{cm}} \right] = - \left[\frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_k} \right] U.A \dots\dots\dots 8$$

$$\frac{C_c}{C_h} = - \frac{T_{hk} - T_{hm}}{T_{ck} - T_{cm}} \dots\dots\dots 9$$

Substitusi ke persamaan 3, diperoleh :

Untuk meniadakan kapasitas – kapasitas panas per jam dalam persamaan 8, setelah menyusun ulang diperoleh :

$$\ln \left[\frac{T_{hk} - T_{ck}}{T_{hm} - T_{cm}} \right] = [(T_{hk} - T_{ck}) - (T_{hm} - T_{cm})] \frac{U.A}{q} \dots\dots\dots 10$$

Sehingga : $q = C_c (T_{ck} - T_{cm}) = C_h (T_{hm} - T_{hk})$

Jika ditulis $T_h - T_c = \Delta T$, maka pers. 10 menjadi :

$$q = U.A \left[\frac{(\Delta T_a - \Delta T_b)}{\ln(\Delta T_a / \Delta T_b)} \right] \dots\dots\dots 11$$

Dalam praktek akan memudahkan jika penggunaan suatu beda suhu efektif rata - rata (ΔT_{avr}),

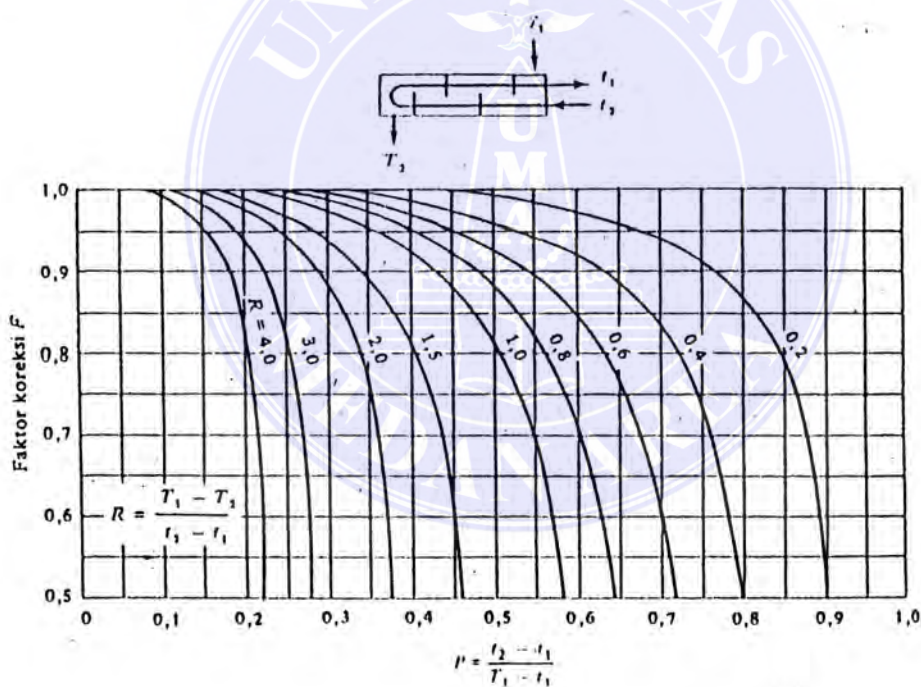
dan untuk $q = UA \Delta T_{avr} \dots\dots\dots 12$

Dengan membandingkan persamaan pers. 11 dan 12 didapatkan bahwa untuk aliran searah (paralel) atau aliran berlawanan (counter flow).

$$LTMD = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln(\Delta T_a / \Delta T_b)} \dots\dots\dots 13$$

Karena perubahan suhu fluida pada tiap – tiap tempat tidak sama, maka untuk menentukan ΔT_{avr} , harus dilakukan dengan faktor koreksi (F), agar didapatkan ΔT yang lebih mendekati.

Berikut faktor koreksi (F) dapat dicari pada gambar 2.3.1 dibawah ini.



Dikutip dari buku *Perpindahan Kalo, JP. Holman, edisi ke 6, Erlangga 1994*

Gbr 2.3.1 Grafik faktor koreksi terhadap LTMD, aliran lawan untuk

Penukar panas dengan 1 lintas cangkang dan 2 lintas pipa

Ordinat grafik menunjukkan faktor koeksi F

Absis grafik menunjukkan perbandingan beda suhu tanpa dimensi LTMD yang dihitung untuk aliran lawan harus dikalikan dengan faktor koreksi yang sesuai, yaitu :

$$\Delta T_{avr} = LTMD \times F \dots\dots\dots 14$$

Pada grafik diatas, harga P berada pada garis absis, dan harga R pada garis kurva dimana :

$$P = \frac{(T_{mk} - T_{mm})}{(T_{ak} - T_{mm})} \dots\dots\dots 15$$

Indeks – indeks pada persamaan diatas adalah sbb :

a = fluida air (pipa), m = fluida minyak (cangkang)

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(T_{ak} - T_{am})}{(T_{mk} - T_{mm})} \dots\dots\dots 16$$

m = aliran masuk, k = aliran keluar

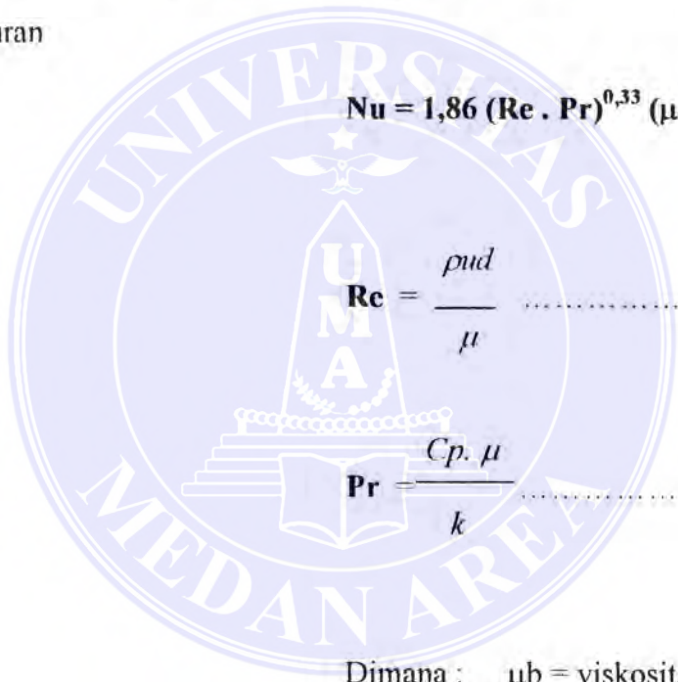
c = sisi dingin, h = sisi panas

Setelah harga P dan R diperoleh, dan dikonversikan ke grafik / kurva, didapat harga faktor koreksi (F), sehingga :

$$q = U.A LTMD \dots\dots\dots 17$$

Untuk aliran laminer, persamaan untuk bilangan Nusselt (Nu) diperoleh dari tabel ikhtisar persamaan yang berguna bagi perpindahan konveksi paksa di dalam pipa dan saluran

$$Nu = 1,86 (Re \cdot Pr)^{0,33} (\mu_b/\mu_s)^{0,14} \dots\dots 18$$



$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} \dots\dots\dots 19$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \dots\dots\dots 20$$

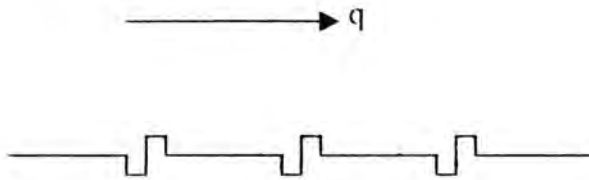
Dimana : μ_b = viskosits absolut

μ_s = viscoositas kinematik = (μ_b/ρ)

Pers. 18 & 20 dikutip dari buku prinsip perpindahan panas, Arko Prijono, edisi 3, hal. 445

Pers. 19 dikutip dari buku Penukar kalor, JP. Holman, edisi 6, hal. 483.

Jaringan tahanan termal untuk perpindahan kalor menyeluruh :



$$\frac{1}{h_i \cdot A_i} \quad \frac{\ln(R_o / R_i)}{2\pi kL} \quad \frac{1}{h_o A_o}$$

Konveksi Konduksi Konveksi

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_i \cdot A_i} + \frac{\ln(R_o / R_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o \cdot A_o}} \dots\dots\dots 21$$

Indeks i = menyatakan bagian dalam pipa

o = menyatkan bagian luar pipa

Pada bagian pipa pendingin :

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i \cdot A_i} + \frac{\ln(R_o / R_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o \cdot A_o}} \dots\dots\dots 22$$

Pada bagian luar pipa pendingin :

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{A_o \ln(R_o / R_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_i + A_i}} \dots\dots\dots 23$$

Persamaan untuk menentukan harga – harga **h**, **R_i**, **h_o**, **R_o**, **R_{total}** diperoleh dari buku Perpindahan kalor, JP. Holman, edisi 6, hal. 483 dimana :

$$h = Nu (k/d) \text{ dalam } w/m^2 \cdot ^\circ C; \text{ Btu}/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F \dots\dots\dots 24$$

Tahanan Termal pipa $R_i = (h_i \cdot A)^{-1} = (h_i \cdot 2\pi R_i)^{-1} \dots\dots\dots 25$

Tahanan termal pipa persatuan panjang :

$$H_o = 1,32 \left[\frac{\Delta T^{1/4}}{d_o} \right] \dots\dots\dots 27$$

$$R_o = \frac{\ln(R_o / R_i)}{2\pi k} \dots\dots\dots 26$$

$$R_{tot} = \frac{1}{H_o \cdot A_o} = \frac{1}{h_o \cdot 2\pi R_o} \dots\dots\dots 28$$

Dibawah ini ditampilkan tabel harga – harga koefisien perpindahan panas “U” beberapa macam fluida (media) penukar kalor.

SITUASI FISIS	U	
	Btu/h.ft ² °F	W/m ² .°C
Kondensor Freon 12 dgn mesin pendingin Air	50 ÷ 150	280 ÷ 850
Penukar kalor Air ke Air	150 ÷ 300	850 ÷ 1700
Penukar kalor air ke minyak	20 ÷ 60	110 ÷ 350
Uap ke minyak bakar ringan	30 ÷ 60	175 ÷ 340
Uap ke minyak bakar berat	10 ÷ 30	56 ÷ 170
Uap ke minyak tanah atau bensin	50 ÷ 200	280 ÷ 1140

Dikutip dari buku buku perpindahan kalor, Jp. Holman, edisi 6, hal. 482

Gbr. 2.3.2 Tabel Koefisien perpindahan kalor menyeluruh

2.4 Fungsi – fungsi alat penukar kalor

Dalam kehidupan sehari – hari banyak digunakan alat penukar kalor, baik kebutuhan rumah tangga, kebutuhan umum, maupun kebutuhan industri, misalnya :

- pendingin air (water cooler)
- pendingin udara (air conditioning)
- pendingin air dingin (close cooling water)
- pendingin uap (steam condenser)

- pendingin minyak pelumas (lube oil cooler)
- pemanas udara (air heater)
- pemanas air (water heater), dan lain – lain.

Yang disebut diatas adalah alat penukar kalor dengan media – media yang mengalir.

Dalam bab berikut yang akan dibahas lebih detail adalah alat penukar kalor Pendingin Minyak Pelumas (Lube Oil Cooler).

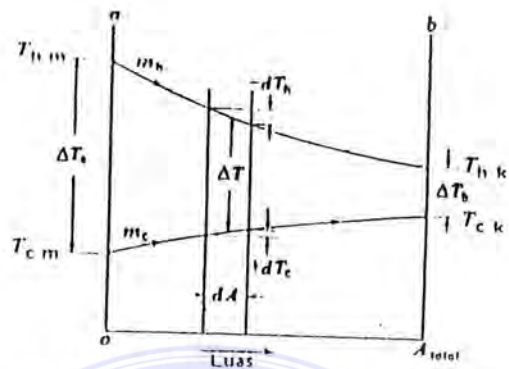
2.5 Jenis – jenis arah aliran (flow) media pemanas / pendingin

Ada beberapa jenis arah aliran (flow) media pemanas/pendingin yang dijumpai dalam teknik alat penukar kalor, antara lain :

2.5.1 Aliran searah (direct flow)

Aliran semacam ini sering juga disebut aliran paralel ataupun aliran sejajar.

Pada sistim ini arah aliran media pemanas / pendingin searah dengan arah aliran yang dipanaskan/didinginkan. Skets distribusi temperatur dalam penukar panas untuk aliran searah lintas tunggal seperti terlihat pada gambar 2.5.1.

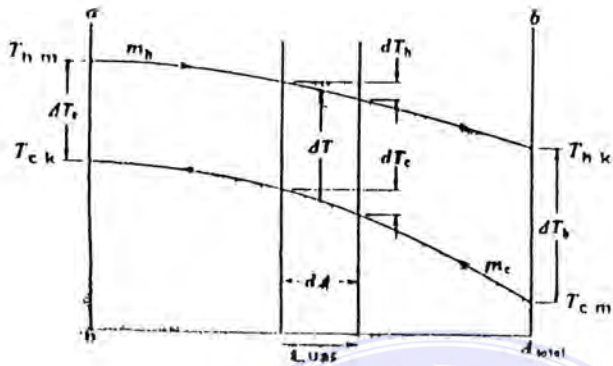


m = masuk
k = keluar

Gambar 2.5.1 Distribusi suhu dalam penukar kalor aliran searah lintas tunggal.

2.5.2 Aliran berlawanan arah (counter flow)

Pada sistem ini arah aliran media pemanas / pendingin berlawanan arah dengan arah aliran media yang dipanaskan / didinginkan. Distribusi temperatur dalam penukar panas aliran berlawanan (counter flow) lintas tunggal seperti terlihat pada gambar 2.5.2.

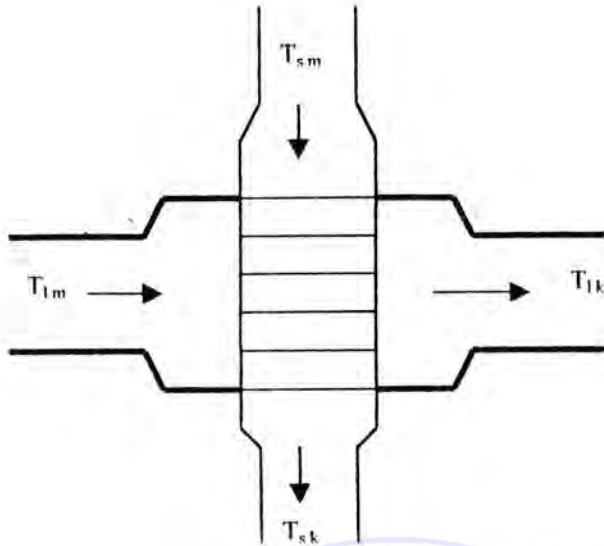


m = masuk
k = keluar

Gambar 2.5.2 Distribusi suhu dalam penukar kalor aliran berlawanan (Counter flow) lintas tunggal

2.5.3 Aliran berpotongan (cross flow)

Pada sistem ini arah aliran media pemanas / pendingin, berpototngan arah dengan arah aliran media yang dipanaskan / didinginkan. (gbr. 2.5.3)



Gambar 2.5.3 Skets distribusi suhu penukar kalor aliran Lintang (cross flow)

Untuk keseluruhan sistem diatas, antara media pemanas / media pendingin dengan media yang dipanaskan/didingkan dibatasi oleh kisi – kisi atau pipa – pipa.

2.6 Bentuk – bentuk / tipe alat penukar kalor

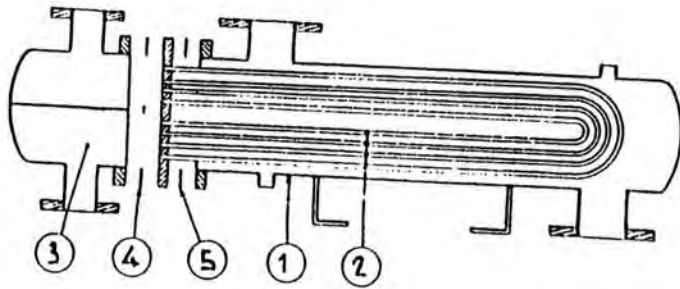
Pada paragraph 2.2 telah dibicarakan cara – cara perpindahan panas.

Dalam hal ini akan dijelaskan perpindahan panas dengan cara “Konduksi – konveksi” (Gabungan) yaitu perpindahan panas lewat pipa – pipa pemanas/pendingin, dari material logam.

Ada 3 (tiga) bentuk / tipe alat penukar kalor yang menggunakan bundelan pipa pemanas/pendingin yaitu :

1. Tipe “U” (U – Type) seperti gambar 2.6.1
2. Tipe “G” (G – Type) seperti gambar 2.6.2
3. Tipe “F” (F – Type) seperti gambar 2.6.3

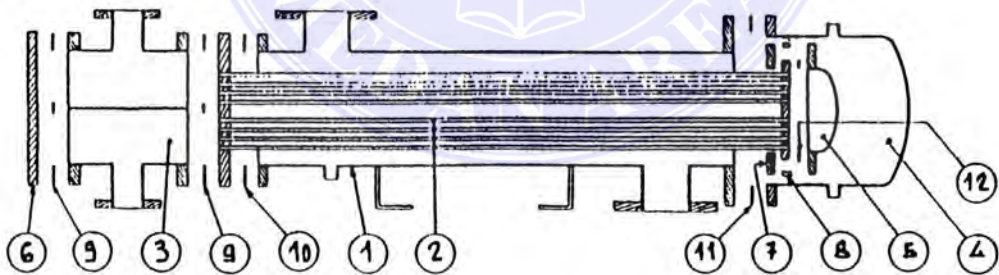
U type



- ① - Shell
- ② - Tube bundle
- ③ - Head
- ④ - Head gasket
- ⑤ - Shell gasket

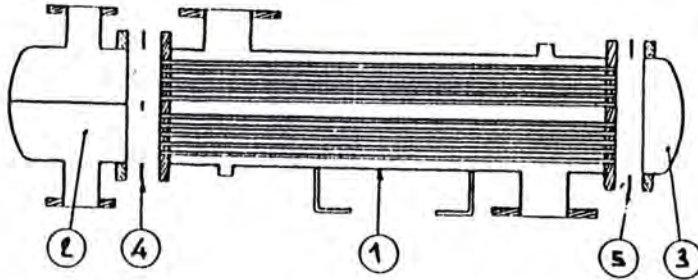
Gambar 2.6.1 Alat penukar kalor tipe "U"

G type



Gambar 2.6.2 Alat penukar kalor tipe "G"

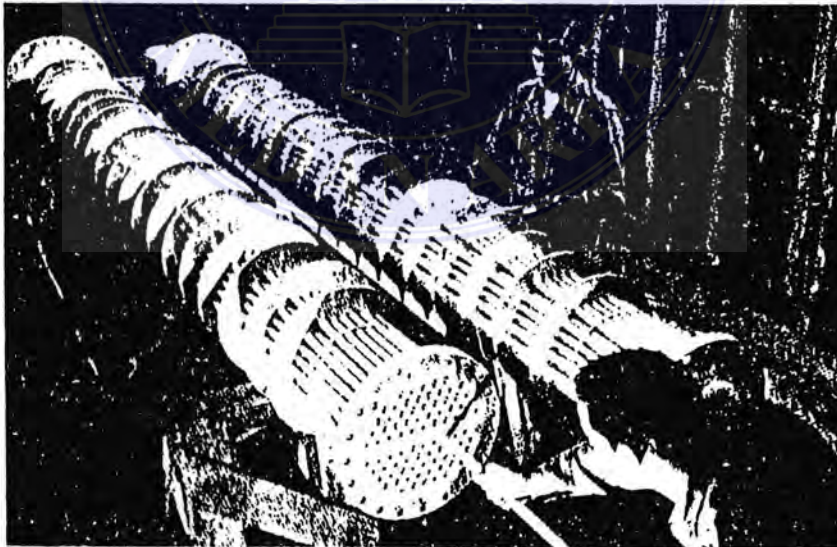
F type



- ① - Shell and bundle
- ② - Front head
- ③ - Rear head
- ④ - Front head gasket
- ⑤ - Rear head gasket

Gambar 2.6.3 Alat penukar kalor tipe “F”

Dalam bahasan bab berikutnya adalah alat penukar kalor tipe “F” yang berfungsi sebagai alat pendingin minyak pelumas. Tipe ini paling banyak digunakan pada industri – industri atau mesin – mesin pembangkit tenaga listrik yang berdaya besar karena harganya lebih murah, simpel, dan mudah untuk pemeliharaan (membersihkan pipa – pipa pendingin / pemanasnya).



Gambar 2.6.4 Salah satu Bundel Oil Cooler tipe “F”

BAB III

PENGOLAHAN DATA

Dari data data yang diperoleh seperti telah dijelaskan pada bab I dan II serta hasil peninjauan di lapangan, permasalahan untuk kerja “Alat Penukar Kalor” (Lubricating Oil Cooler) PLTU Belawan Unit 1 & 2 dapat diatasi dengan berbagai cara (alternatif) antara lain :

3.1 Menaikkan head pompa utama

3.1.1 Memodifikasi (memperkecil) konstruksi laluan masuk air laut sisi isap pompa utama, yang bertujuan untuk menaikkan kecepatan aliran air sehingga tidak terjadi tumpukan lumpur di laluan air masuk kesisip isap pompa. Sesuai dengan rumus menghitung kapasitas aliran ($Q = v \times A$), artinya dengan mengurangi lebar laluan masuk (memperkecil “A”) akan menambah kecepatan aliran “v” untuk kepastian “Q” yang sama.

Beranjak dari kondisi ini (pengalaman PLTU 1 Unit 1 & 2), konstruksi sisi aliran masuk (intake Channel) PLTU unit 3 & 4 dibangun dengan konstruksi jauh lebih sempit daripada intake channel PLTU unit 1 & 2, dan hasilnya jauh lebih baik, dan tidak ditemukan masalah walaupun dalam kondisi air laut sangat suru. (lebar intake channel PLTU Unit 1 & 2 adalah 8,0 meter untuk kapastias 10000 m³/jam bila

UNIVERSITAS MEDAN AREA
satu pompa yang beroperasi, 20000 m³/jam bila dua pompa yang beroperasi,

sedangkan lebar intake channel PLTU Unit 3 & 4 adalah 2 x 1,5 meter untuk kapasitas 2 x 10000 m³/jam).

Akan tetapi, bila alternatif ini yang dipilih untuk menaikkan head pompa, pekerjaan membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang sangat lama .

3.1.2 Mengadakan pengerukan endapan lumpur disaluran isap pompa secara periodik dengan jangka waktu 1 x dalam 1 bulan.

Kendalanya adalah : bila sctiap pekerjaan ini dilaksanakan, maka pompa harus distop, yang berarti pembangkit juga harus stop produksi.

Cara ini tidak mungkin dilaksanakan karena disamping biayanya besar, juga mengalami kerugian dari sisi produksi energi listrik.

3.1.3 Mengganti pompa baru dengan head yang lebih besar.

3.2 Menambah pompa bantu (auxiliary pump) media pendingin pada sisi masuk Oil coler, yang dapat dipasang secara seri dari pengambilan sisi tekan pompa utama. (Lihat gambar 3.1).

Alternatif ini dapat dianggap paling tepat untuk memenuhi kebutuhan air pendingin ke Lubricating oil cooler sekaligus mengatasi permasalahan (solusi) untuk mengoptimalkan unjuk kerja oil cooler dari sisi air pendingin.

Alasan pemilihan alternatif ini ialah karena :

- 3.2.1 Pompa tidak terlalu mahal
- 3.2.2 Pelaksanaan pekerjaan mudah
- 3.2.3 Waktu unti pembangkit stip produksi tidak terlalu lama
- 3.2.4 Pompa sewaktu – waktu dapat distop untuk menghemat energi listrik bila permukaan air laut pasang naik, (dengan catatan pemasangan/konstruksi dibuat saluran by pass yang digambarkan pada gambar skets 3.1)

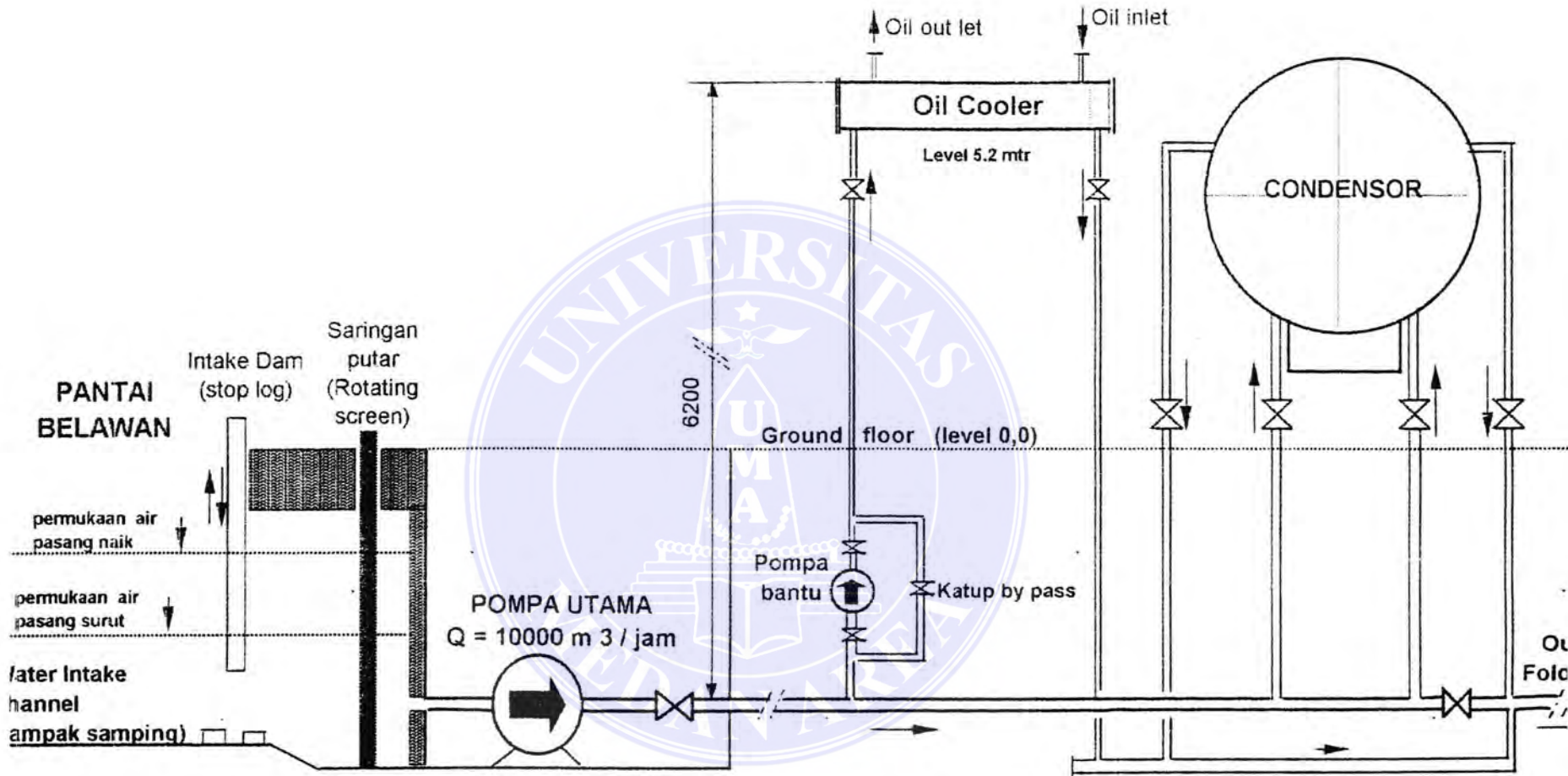
Keuntungan :

PLTU tidak akan load deacrated dari sisi temperatur minyak pelumas, atau beban generator tidak perlu diturunkan pada kondisi air laut sangat minimum.

Kerugian :

- Biaya pembelian material awal berupa & motor, katup – katup, flange dan lain – lain.
- Penambahan pemakaian sendiri energi listrik untuk pompa bantu (auxiliary pump) selama permukaan air laut pasang surut.

Oleh karena alternatif ini dianggap paling tepat, maka dalam pembahasan, secara global akan dilakukan perhitungan jumlah air yang dibutuhkan Oil cooler, yang secara langsung juga untuk menentukan head dan kapasitas pompa bantu yang akan dipasang untuk mengatasi salah satu masalah yang telah dijelaskan diatas.



3.3 Moodifikasi dan relokasi “alat penukar kalor” pendingin minyak pelumas.

3.3.1 Modifikasi

Dari data seperti telah dijelaskan pada Bab I bahwa pipa – pipa pendingin (cooler tubes) \pm 40% sudah tidak berfungsi karena sudah diplug (disumbat). Hal ini disebabkan pipa – pipa tidak tahan terhadap korosi air laut.

Untuk mengoptimalkan unjuk kerja pendingin minyak pelumas **harus** dilakukan modifikasi, dan memilih material pipa pendingin yang lebih tahan terhadap korosi air laut.

Dalam hal modifikasi ini sudah barang tentu merubah konstruksi dan dimensi alat penukar kalor.

3.3.2 Relokasi Alat Pendingin Minyak Pelumas

Yang dimaksud dengan relokasi alat pendingin minyak pelumas adalah menurunkan letak Oil cooler ke elevasi yang lebih rendah, yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah media pendingin yang dibutuhkan, yang disesuaikan dengan head pompa (discharge pressure) paling rendah.

Akan tetapi bila alternatif ini dipilih, akan ditemukan beberapa kendala antara lain :

- Harus menambah tekanan pompa minyak pelumas Turbin – generator, karena posisi turbin tidak mungkin diturunkan.

- Tinggi jatuh minyak pelumas dari tanki minyak pelumas ke oil cooler akan semakin besar dan dikhawatirkan adanya bui (foam)
- Membuat support baru untuk oli cooler
- Banyak pekerjaan pengelasan pipa – pipa dan lain – lain.

Diantara langkah – langkah / alternatif diatas dipilih yang paling efektif sebagai berikut :

1. Untuk mengatasi masalah bocornya pipa – pipa pendingin dipilih alternatif 3.3.1 yaitu dengan **modifikasi pipa – pipa pendingin.**

Item inilah yang akan menjadi bahasan utama dalam bab berikutnya.

2. Untuk memenuhi kebutuhan media pendingin yang dipilih adalah item 3.2, yaitu dengan **menambah pompa bantu.**

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Seperti telah diuraikan pada Bab I dan II bahwa menurunnya unjuk kerja (performance) pendingin minyak pelumas Turbine – Generator PLTU Unit 1 dan 2 Belawan, sangat mempengaruhi unjuk kerja Turbin (load deaerating), dimana suhu bantalan – bantalan luncur (journal bearings) Turbin dan Generator yang dilumasi dan didinginkan oleh minyak pelumas, dibatasi dengan suhu kerja yang tidak boleh mencapai 110°C ($<110^{\circ}\text{C}$).

Saran

Untuk mengatasi permasalahan yang terdapat pada PLTU Unit 1 dan 2 Belawan pada sistem pendingin minyak pelumas (Lubricating Oil Cooler) yaitu,

1. Kurangnya media pendingin pada saat permukaan air laut pasang surut, dilakukan dengan memilih salah satu alternatif seperti telah dijelaskan pada bab III, yaitu dengan menambah pompa bantu yang mengambil sisi isap dari discharge pompa utama dengan head dan kapasitas yang mampu mengalirkan air pendingin ke Oil Cooler walaupun permukaan air laut pasang surut (bila perbaikan sisi isap pompa utama belum memungkinkan).

2. Kurang tahannya material pipa pendingin Oil Cooler terhadap korosi air laut, mutlak dilakukan modifikasi (mengganti pipa – pipa pendingin material CuZn dengan material yang lebih tahan korosi air laut SS304), seperti telah dijelaskan pada Bab IV.



Literatur (Daftar Pustaka)

1. JP. Holman, "Perpindahan Kalor", Edisi ke-6, Erlangga, 1994.
2. Arko Prijono, MSc, "Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, Edisi ke-3, Erlangga, 1985.
3. Wilbert F. Stoecker, "Refrigerasi & Pengkondisian Udara", Erlangga, 1989.
4. Wiranto Aris Munandar, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak, Edisi ke-4, ITB, 1988.
5. Ir. Anton L. Wartawan, Dipl. Ing, "Pelumas dan Pelumasan", Gramedia, 1983.
6. Henry S. Perkins, "Engineering Thermodynamics", 2nd edition, Mc Graw-Hill, 1977.
7. Austin H Church / Zulkifli Harahap, "Pompa dan Blower Sentrifugal", Erlangga, 1993.
8. Fritz Dietzel / Dakso Sriyono, "Turbin Pompa dan Kompresor", Erlangga, 1993.
9. Direktorat Penyuluhan dan Pengendalian mutu Pertamina "Pelumas dan Pelumasan", 1998.
10. PT. Menara Alfa Semesta, "Gould Pumps Manual"