

ANALISA PENUKAR KALOR PADA BOILER THERMAL OIL HEATER

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan
Ujian Sarjana*

Oleh :

ERWIN JONTER R. SAGALA
NIM : 038130003



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2007**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/9/23

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)6/9/23

ABSTRAK

Boiler thermal oil heater is machine which post with combination between system and equipment are used to change electric energy to be oil heater become warm energy that contain by boiler thermal oil heater.

The work manner boiler thermal system as follow :

Oil as fluid are entered in to the tank (Reservoir), then the oil are pumped in to heater that stake from elektrics element by lubricating oil tube. The equipment to pumps that oil are oil pumps are moved by electric car.

To slower pumps rotation by elektrics car is used treads overcast, so sirculation oil rotation are gotten efficiency tube. Oil are pumped by heater that followed to ward tube trellis whose made from Copper tube and trellis made Aluminium. In the trellis tube are pair fun/blower that have function to blow warm air is gotten by warming in heater, this warm air that willuse as drying result of culture. By trills tube are flowed again in to reservoir, so the work manner sirculation on and on until it's mover is offed.

The warm transferring is happened on trellis tube are transferring force convection warm, because both of side fluid to move it's fluid uses the other tools as pump tro fluid oil and fun to provide the air.

Speed up flows of fluid will make big quick mass flowing more big will make big flows quick it's warm mover.

By result of accounting, this trellis efficiency belong to conductivity of thermal substance and thick of trellis plat are used. effeciency of trellis plat is proportion by warm that moved by trellis plat with warm which moved if temperature all front of trellis plat same with temperature trellis plat based.

Coefficient this warm transferring belong to value from coefficient on the overage warm by both of fluid, efficiency of trellis plat, width area transferring warm and conductifity substance thermal.

By coefficient warm transferring spread all over so can be accounted quick of transferring warm that happento know difference average temperature of logarithm.

RINGKASAN

Boiler thermal oil heater adalah suatu Mesin yang dirancang dengan kombinasi antara sistem-sistem dan peralatan yang dipakai untuk mengubah energi listrik melalui pemanasan oil menjadi energi panas yang dikandung oleh boiler thermal oil heater.

Cara kerja boiler thermal oil heater sebagai berikut :

Minyak goreng sebagai fluida dimasukkan kedalam tangki pengisian (Reservoir), kemudian minyak goreng dipompakan ke Alat pemanas (Heater) yang dirancang dari elemen listrik melalui pipa oli. Alat untuk memompakan minyak goreng tersebut adalah pompa oli yang digerakkan oleh motor listrik .

Untuk memperlambat putaran pompa dari motor listrik dipasang gigi reduksi agar sirkulasi putaran minyak goreng didapat seefisien mungkin. Minyak goreng yang dipompakan dari heater dialiri menuju pipa kisi-kisi yang terbuat dari pipa tembaga dan plat kisi-kisi yang terbuat dari plat Aluminium. Pada pipa kisi-kisi dipasang fan / blower yang berfungsi untuk menghembuskan udara panas yang dihasilkan melalui pemanasan pada heater, udara panas inilah yang akan dimanfaatkan sebagai pengering hasil-hasil pertanian. Dari pipa kisi-kisi dialiri kembali ke Reservoir, jadi cara kerjanya bersirkulasi terus sampai motor penggerakannya diberhentikan atau di off kan.

Jadi Perpindahan panas yang terjadi pada pipa kisi-kisi adalah perpindahan panas konveksi paksa, karena dari kedua sisi fluida untuk menggerakkan fluidanya menggunakan alat Bantu berupa pompa untuk fluida minyak goreng dan fan untuk mendorong Udara .

Kecepatan mengalirnya fluida akan memperbesar laju aliran massa, dimana bila laju aliran massa semakin besar akan memperbesar laju aliran perpindahan panasnya.

Dari hasil perhitungan, efisiensi kisi-kisi ini dipengaruhi oleh konduktifitas termal bahan dan tebal plat kisi-kisi yang digunakan. Efisiensi plat kisi-kisi adalah perbandingan dari panas yang dipindahkan oleh plat kisi-kisi terhadap panas yang dipindahkan kalau temperatur seluruh muka plat kisi-kisi sama dengan temperatur dasar plat kisi-kisi.

koefisien perpindahan panas ini dipengaruhi oleh nilai dari koefisien perpindahan panas rata-rata dari kedua fluida , efisiensi plat kisi-kisi, luas daerah perpindahan panas dan konduktifitas termal bahan.

Dari koefisien perpindahan panas menyeluruh maka dapat dihitung laju perpindahan panas yang terjadi dengan mengetahui beda temperature rata-rata logaritma.

DAFTAR ISI

ABSTRAKS.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR SIMBOL.....	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Rancangan.....	3
1.4. Manfaat Rancangan.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Bioler Thermal Oil Heater	4
2.1.1. Perpindahan Kalor Konduksi	5
2.1.2. Perpindahan Kaolor Konveksi	6
2.1.3. Perpindahan Kalor Radiasi	8
2.2. Heater	9
2.3. Pompa Sirkulasi	10
2.4. Motor Penggerak dan Gigi Reduksi.....	13
2.5. Sistem Pemipaan.....	15

2.5.1. Pengelasan	16
2.5.2. Ulir (Theared)	16
2.5.3. Flens (Flange)	16
2.6. Recervoir.....	16
2.7. Pipa Kisi-Kisi.....	17
2.8. Blower.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu.....	21
3.2. Bahan dan Konstruksi Alat Penukar Kalor.....	23
3.2.1. Tube Pada Penukar Kalor	23
3.2.2. Bahan dan Ukuran Tube	24
3.2.3. Konstruksi Penukar Kalor yang Digunakan	26
3.3. Spesifikasi Alat Penukar Kalor.....	27
3.3.1. Perhitungan Temperatur Logaritmik Rata-rata (LMTD).....	30
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.4.1. Perpindahan Kalor Konveksi.....	35
3.4.2. Perpindahan Kalor Konveksi Bebas	37
3.4.3. Gabungan Konveksi Bebas dan Konveksi Paksa	39
3.4.4. Konveksi Paksa Di Dalam Pipa dan Saluran.....	41
3.5. Variabel yang Diamati Pada Pipa Kisi-Kisi	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian 45

4.1.1. Beda Temperatur Rata-Rata Logaritma (ΔT_m) LMTD 45

4.1.2. Sifat-Sifat Fisis Udara..... 47

4.1.3. Karakteristik Permukaan Sisi Udara..... 48

4.1.4. Bilangan Reynold Udara (Re_u) 52

4.1.5. Bilangan Nusselt (Nu_u) 52

4.1.6. Koefisien Perpindahan Panas Rata-Rata Udara (h_u)..... 53

4.1.7. Sifat-Sifat Fisis Minyak Goreng 53

4.1.8. Karakteristik Permukaan Minyak Goreng 54

4.1.9. Bilangan Reynold Minyak Goreng (Re_m)..... 56

4.1.10. Bilangan Nusselt Minyak Goreng (Nu_m)..... 57

4.1.11. Koefisien Perpindahan Panas Rata-Rata
Minyak Goreng (h_m)..... 57

4.1.12. Efisiensi Plat Kisi-Kisi (η_f) 58

4.1.13. Efisiensi Permukaan Menyeluruh (η_m) 58

4.1.14. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U) 59

4.1.15. Laju Perpindahan Yang Terjadi (q) 60

4.2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan..... 60

4.3. Pembahasan 61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan energi secara keseluruhan semakin meningkat, hal ini disebabkan teknologi industri berkembang cukup pesat. Akhir-akhir ini industri-industri kebanyakan telah dan mulai menerapkan penggunaan teknologi canggih dalam menjalankan proses produksinya dengan kapasitas yang tinggi dan berkualitas. Pada masa pembangunan dewasa ini bahwa bidang industri harus mampu membawa perubahan-perubahan mendasar pada bangsa Indonesia, sehingga produksi nasional yang berasal dari sektor diluar pertanian menjadi semakin besar. Selanjutnya proses industri harus mampu mendorong perkembangan terhadap industri sebagai pengerak umum dalam meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja. Hal ini bahwa industrilisasi merupakan instrumen yang harus mampu menginformasikan sektor-sektor pertanian, pertambangan dan energi, perhubungan, administrasi dan industri.

Kebutuhan akan mesin dan peralatan ini akan semakin bertambah dengan meningkatnya kebutuhan akan komponen-komponen dan peralatan teknik yang menunjang industri-industri kecil yang baru terbentuk.

Untuk itu Penulis menganalisa suatu alat penukar kalor dengan bahan minyak goreng yang dipanaskan di dalam boiler thermal oil heater. Alat ini

berguna untuk membantu para petani mengeringkan hasil-hasil pertanian seperti kopi, padi, jagung.

Secara umum cara kerja boiler thermal oil heater yaitu elemen pemanas yang ada di dalam tabung pemanas dihubungkan ke listrik, sehingga minyak goreng yang ada di dalam tabung pemanas dipanaskan, dimana panas itu didapat dari elemen pemanas yang ada didalam tabung karena pompa oli sudah diputar oleh motor penggerak maka minyak goreng disirkulasikan oleh pompa. Minyak goreng yang sudah dipanaskan mengalir pipa yang mempunyai kisi-kisi atau sirip-sirip. Selanjutnya dialirkan ke resevoir kemudian dari resevoir mengalir kembali ke pemanas melalui pompa.

Dasar pertimbangan pembuatan mesin boiler thermal oil heater ini adalah tersedianya sumber daya manusia dan sumber daya teknologi. Mengingat Negara Indonesia adalah Negara agraria dimana penduduk Indonesia sebahagian besar bertani, maka dengan keberadaan mesin boiler thermal oil heater sangat membantu penduduk Indonesia untuk pengeringan hasil pertanian tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Untuk lebih memahami satu bagian saja dari yang penulis lakukan didalam praktek kerja lapangan, penulis membatasi masalah yang akan dibahas didalam laporan ini yaitu :

1. Analisa penukar kalor dengan bahan minyak goreng pada boiler thermal oil heater.
2. Prinsip kerja boiler thermal heater.

1.3. Tujuan Rancangan

Maksud dan tujuan penulisan laporan ini adalah :

1. Secara Teknis

Rancangan ini bertujuan untuk menganalisa panas yang dihasilkan oleh boiler thermal oil heater guna untuk membantu para petani untuk mengeringkan hasil pertanian (padi, jagung, coklat, kopi)

2. Secara Akademis

Tugas akhir ini sebagai salah satu syarat kelulusan Program Teknik Mesin Medan Area.

1.4. Manfaat Rancangan

Adapun manfaat dari rancangan ini adalah:

1. Untuk membantu mengeringka hasil pertanian
2. Untuk mengurangi biaya serta menghemat tenaga kerja yang dalam proses pengeringan hasil pertanian.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini Penulis membatasi masalah yang dibahas yaitu Analisa penukar kalor pada boiler thermal oil heater, dimana penulis menggunakan minyak goreng untuk menghasilkan uap panas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Boiler Thermal Oil Heater

Boiler thermal oil heater adalah suatu kombinasi antara sistem-sistem dan peralatan yang dipakai untuk mengubah energi listrik melalui pemanasan oil menjadi energi panas yang dikandung oleh boiler thermal oil heater. Perpindahan kalor atau alih bahang (heat transfer) ialah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dari hukum termodinamika dapat diketahui bahwa energi yang pindah itu dinamakan kalor atau bahang atau panas (heat). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana kalor atau panas itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi dapat juga meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu.

Termodinamika mempelajari konsep sistim energi yang menyangkut kaitan antara panas (heat) dan kerja (work). Hukum Pertama Termodinamika (konservasi energi), menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dihilangkan tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk menjadi bentuk yang lainnya. Hukum ini mengatur semua perubahan bentuk enegi secara kuantatif tetapi tidak membatasi arah perubahan bentuk itu. Sedangkan hukum termodinamika kedua menyatakan bahwa tidak ada kemungkinan terjadinya proses yang satu-satunya hasilnya adalah perpindahan bersih panas dari suatu daerah yang suhu panasnya lebih rendah kesuatu daerah yang suhu panasnya lebih tinggi.

Analisis pada perpindahan panas adalah masalah laju perpindahan panas, inilah yang membedakan ilmu Perpindahan Panas (kalor) dari Termodinamika. Termodinamika membahas sistem dalam keseimbangan, ilmu ini dapat digunakan untuk meramalkan energi yang diperlukan untuk mengubah sistem dari suatu keadaan seimbang ke keadaan seimbang lain, tetapi tidak dapat meramalkan kecepatan perpindahan itu. Ilmu perpindahan kalor itu saling melengkapi antara hukum pertama dan hukum yang kedua yaitu dengan memberikan beberapa kaidah percobaan yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan perpindahan energi. Istilah-istilah yang digunakan untuk menyatakan tiga modus perpindahan kalor yaitu :

2.1.1 Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan kalor konduksi ini disebut juga dengan perpindahan panas hantaran. Jika pada suatu benda terdapat gradient suhu (temperature gradient), maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian suhu tinggi ke bagian suhu rendah, kita katakan energi yang berpindah itu secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan panas berbanding dengan gradient suhu normal :

$$\frac{q}{A} \sim \frac{dT}{dx}$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas (proportionality constant) atau tetapan kesebandingan maka :

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$



dimana :

1. k , konduktivitas termal bahan.
2. A , luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi, yang harus diukur tegak lurus terhadap arah aliran panas.
3. dT/dx , gradient suhu pada penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas x .
4. q , laju perpindahan kalor.

Sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua Termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Persamaan diatas hukum fourier tentang konduksi kalor yaitu menurut ahli matematika fisika bangsa prancis, joseph fourier, yang telah memberikan sumbangan yang sangat penting dalam pengolahan analitis masalah perpindahan panas konduksi. Perlu dicatat disini bahwa persamaan diatas merupakan persamaan dasar dari konduktivitas thermal, bahwa satuan k ialah watt/ meter/ derajat selsius (dalam satuan yang menggunakan watt sebagai satuan aliran kalor). Dengan menggunakan persamaan diatas sebagai titik awal sekarang dapat kita menentukan persamaan dasar yang mengatur perpindahan panas dalam zat padat.

2.1.2. Perpindahan kalor konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dengan proses transport energi dengan gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur.

Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan panas konveksi ini diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). konveksi bebas terjadi akibat secara alamiah (natural), bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

Rumus yang digunakan adalah:

$$q = - h \cdot A \cdot dT$$

dimana :

q = laju aliran panas (j / jam)

A = luas permukaan (m^2)

$- dT$ = perbedaan suhu ($T_2 - T_1$) ($^{\circ}C$ atau $^{\circ}K$)

h = koefisien perpindahan panas (j / jam. m^2 . $^{\circ}K$)

Perpindahan panas konveksi ini sering juga disebut dengan ilian, salah satu contoh: plat logam yang sudah dipanaskan kita taruh didepan kipas angin plat logam ini akan lebih cepat dingin bila dibandingkan dengan plat logam yang ditempatkan di udara tenang, panas yang dikandung oleh plat logam itu akan dikonveksikan atau dialirkan keluar, istilah konveksi atau ilian barangkali sudah memberi gambaran tentang apa yang terjadi dalam proses perpindahan kalor ini. Tetapi gambaran ini harus dikembangkan agar kita dapat melakukan pengolahan analitis yang memadai tentang masalah ini. Umpamanya kita sudah tahu bahwa kecepatan udara yang ditiupkan ke plat panas ini akan mempengaruhi laju perpindahan kalor tetapi apakah pengaruh ini berlangsung dalam perbandingan lurus, artinya jika kecepatan dilipat duakan apakah laju perpindahan kalor juga

akan menjadi dua kali lebih cepat?. Juga dapat diperkirakan bahwa laju perpindahan kalor akan berbeda jika plat tersebut didinginkan dengan air dan bukan dengan udara.

2.1.3. Perpindahan kalor radiasi

Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan panas dengan proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi panas terjadi panas terjadi melalui daerah-daerah hampa, mekanismenya disini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik. Salah satu contoh benda akan menjadi panas disekitar tungku api, walaupun benda itu tidak bersentuhan langsung dengan bara api atau tungku. Contoh yang paling sederhana adalah pancaran sinar matahari sampai ke bumi.

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiasi (penyinar) ideal atau benda hitam (black body) memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolute benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaannya jadi :

$$q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4$$

dimana :

q = Radiasi energi dari permukaan (W)

A = Luas permukaan benda (m^2)

T = Temperature absolute benda kerja (K)

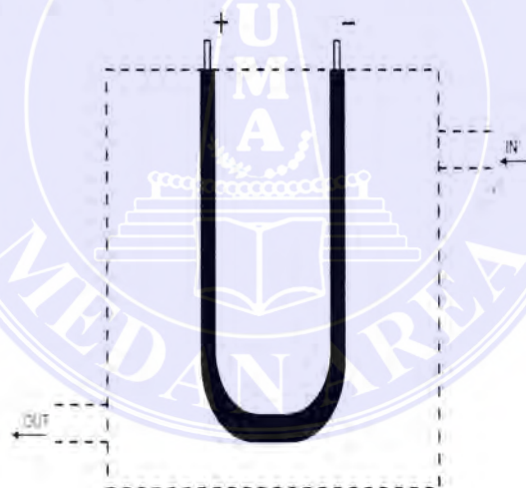
σ = Adalah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefen boltzman dengan nilai $5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, persamaan diatas

disebut hukum Stefan-Boltzman tentang radiasi termal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Perlu dicatat bahwa persamaan ini hanya berlaku untuk radiasi termal saja.

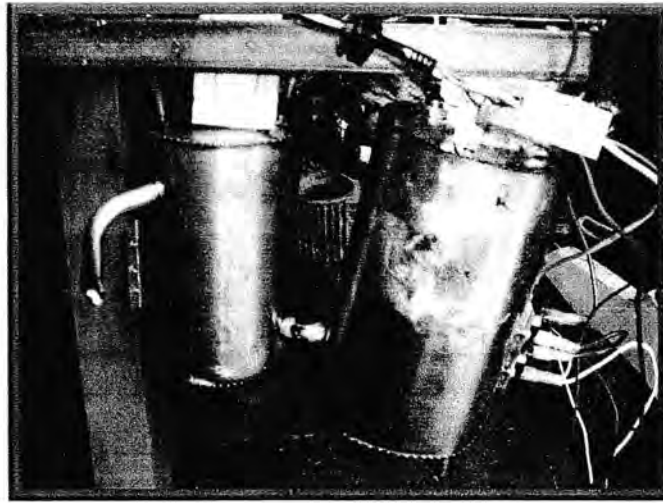
2.2. Heater

Energi listrik dapat diubah menjadi energi panas. Alat-alat yang memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan panas antara lain: setrika listrik, kompor listrik, solder, dan penanak nasi(rice cooker).

Alat yang mengubah energi listrik menjadi panas dilengkapi dengan elemen pemanas. Listrik yang mengalir melalui elemen pemanas diubah menjadi energi panas. Elemen pemanas terbuat dari bahan yang mempunyai tahanan tinggi, sehingga listrik yang mengalir melalui bahan tersebut berubah menjadi panas yang disebut dengan kalor.



Gambar 2.2 a. Elektrik Heater



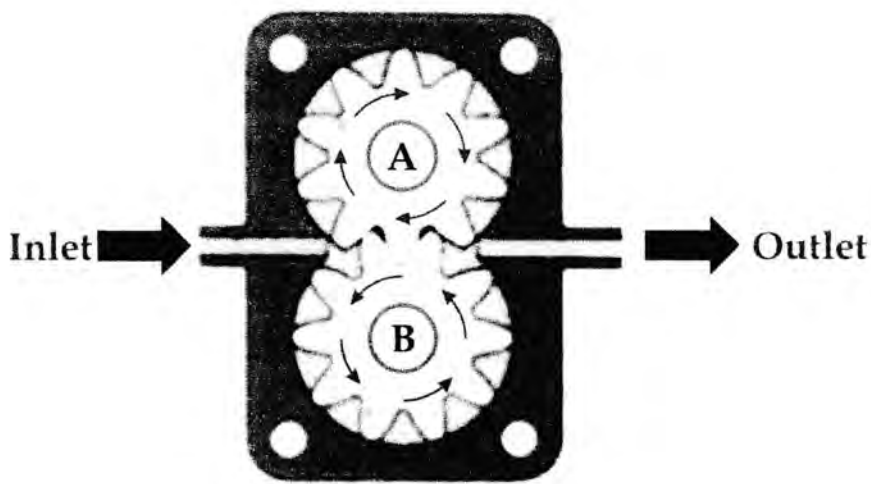
Gambar 2.2 b. Tabung Pemanas

2.3. Pompa Sirkulasi

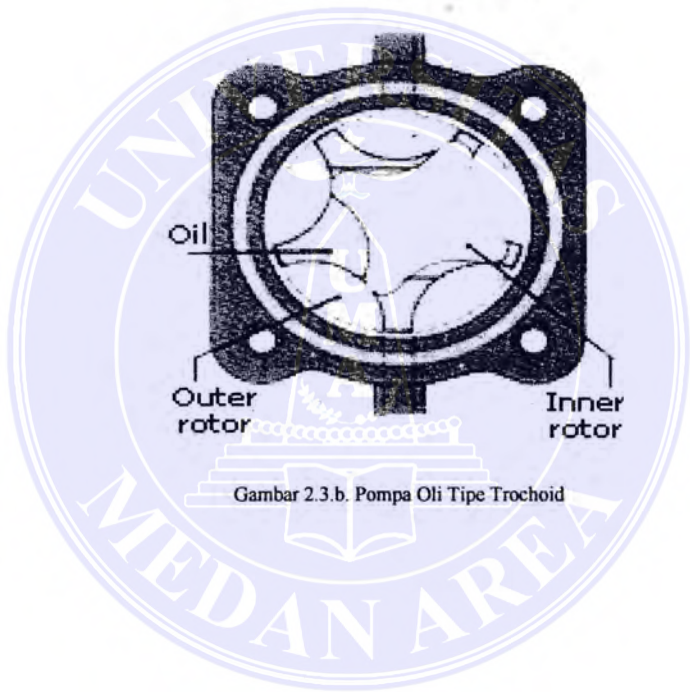
Pompa yang di gunakan pada alat ini adalah pompa oli, karena yang disirkulasikan adalah minyak goreng. Pompa berfungsi mensirkulasikan minyak goreng dari satu tempat ke tempat lain, dan pompa ini harus diputar dengan alat penggerak, misalnya motor listrik atau mesin.

Jenis pompa oli yang umum digunakan ada dua jenis yaitu pompa oli tipe roda gigi dan pompa oli tipe rotary, semua prinsip kerja dari pompa oli adalah sama, adanya kevakuman disaluran masuk dan tekanan disaluran buang. Untuk lebih jelas kita ambil contoh kerja pompa oli jenis roda gigi (gear pump).

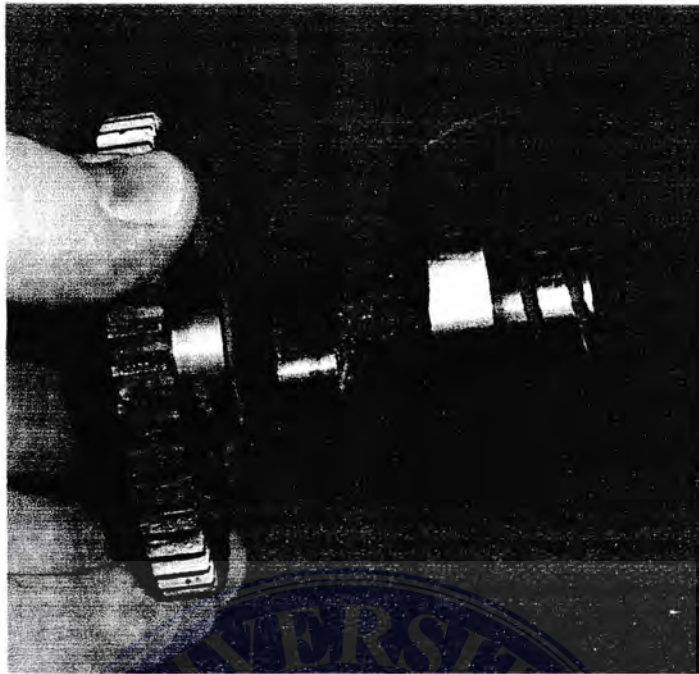
Apabila roda gigi A berputar dengan arah seperti terlihat pada gambar dibawah ini, maka roda gigi gigi B juga akan berputar dengan arah yang berlawanan dengan roda gigi A. pada keadaan ini ruangan 1 yang dihubungkan dengan reservoir akan terjadi kevakuman sehingga minyak goreng mengalir dari reservoir ke ruangan 1. Minyak goreng ini selanjutnya ikut berputar bersama-sama roda gigi A dan B.



Gambar 2.3.a. Pompa Oli Tipe Roda Gigi



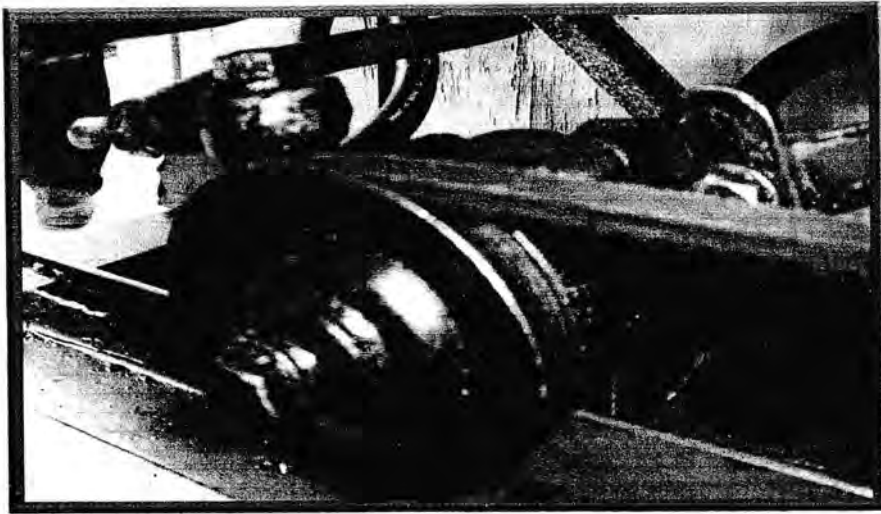
Gambar 2.3.b. Pompa Oli Tipe Trochoid



Gambar 2.3.c. Pompa oli tipe sentrifugal



Gambar 2.3.d. Pompa oli tipe piston



Gambar 2.3.e. Pompa yang digunakan pada boiler thermal oil heater

2.4. Motor Penggerak dan Gigi Reduksi

Untuk memutar pompa oli membutuhkan motor penggerak, dimana motor penggerak yang digunakan adalah sebuah motor listrik, putaran motor penggerak yang diteruskan ke pompa harus terlebih dahulu direduksi, supaya pompa berputar tidak terlampaui cepat, karena jika pompa berputar terlalu cepat minyak goreng bersirkulasi akan terlalu cepat pula sehingga penyerapan panas yang dari heater tidak akan maksimal.

Roda gigi reduksi (*reduction gear*) digunakan diantara motor penggerak dan pompa oli. Dari motor penggerak ke roda gigi reduksi dan dari roda gigi ke pompa oli dihubungkan langsung tanpa perantara, dalam hal ini cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat diterapkan dimana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan sekeliling pully atau sprocket pada poros.

Transmisi dengan elemen mesin yang luwes dapat digolongkan atas transmisi sabuk, transmisi rantai, dan transmisi kabel atau tali. Dari macam – macam transmisi tersebut kabel atau tali hanya dipakai untuk maksud khusus. Transmisi sabuk dapat dibagi atas tiga kelompok. Dalam kelompok pertama sabuk

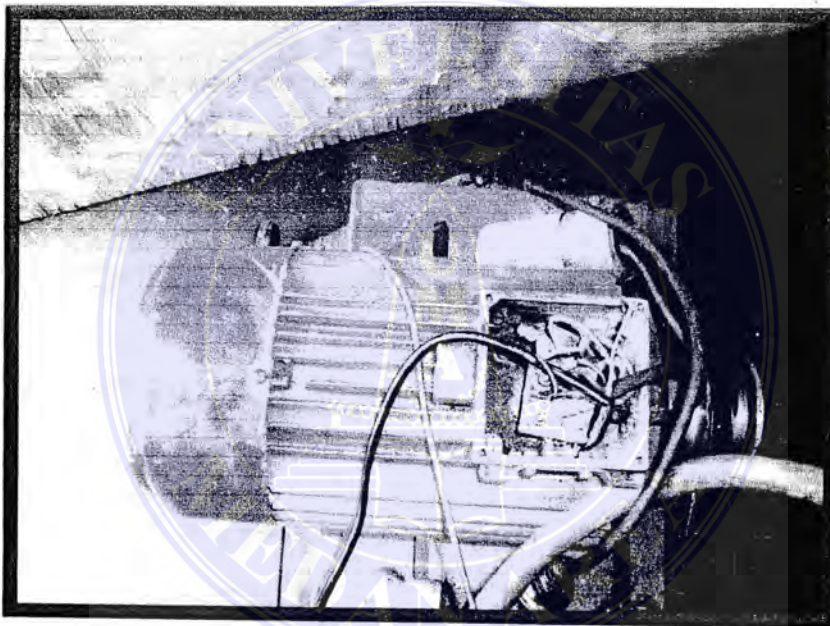
rata dipasang pada puli silinder dan meneruskan moment antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 10 meter dengan perbandingan putaran 1/1 sampai 6/1. Dalam kelompok kedua sabuk dengan penampang trapesium dipasang pada puli dengan alur dan meneruskan moment antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 5 meter dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 1/7. Kelompok terakhir terdiri atas sabuk dengan gigi yang digerakkan dengan sproket pada jarak pusat sampai mencapai 2 meter, dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan antara 1/1 sampai 6/1. Sabuk rata yang banyak ditulis dalam buku – buku lama belakangan ini pemakaiannya tidak seberapa luas lagi, namun akhir – akhir ini dikembangkan sabuk rata untuk beberapa pemakaian khusus.

Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk – V karena mudah penanganannya dan harganya pun murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 meter/detik pada umumnya, dan maksimum sampai 20 meter/detik. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 kw.

Karena terjadi slip antara puli dan sabuk, sabuk – V tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat. Dengan sabuk gilir transmisi dapat dilakukan dengan perbandingan putaran yang tepat seperti pada roda gigi. Karena itu sabuk gilir telah digunakan secara luas dalam industri mesin jahit, komputer, mesin photo copy, mesin tik listrik, dan sebagainya.

Transmisi rantai dapat dibagi atas rantai roll dan rantai gigi yang dipergunakan untuk meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat pada jarak sumbu poros sampai 4 meter dan perbandingan 1/1 sampai 7/1. Kecepatan yang diijinkan untuk rantai rol adalah sampai 5 meter/detik pada umumnya, dan maksimum sampai 10 meter/detik. Untuk rantai gigi kecepatan dapat dipertinggi hingga 16 sampai 30 meter per detik

Pada *Boiler Heat Thermal Oil* digunakan sabuk – V, dimana sabuk – V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Sabuk – V dibelitkan dikeliling alur puli yang bentuknya V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif yang rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan sabuk – V dibandingkan dengan sabuk rata.



Gambar 2.4. Motor penggerak

2.5. Sistem Pemipaan

Dalam pemakaian pipa, banyak sekali digunakan sambungan-sambungan, baik sambungan antara pipa dengan pipa maupun sambungan-sambungan antara pipa dengan peralatan yang diperlukan seperti katup (valve), instrumentasi, nozel

(nozzle) peralatan atau sambungan untuk merubah arah aliran. cara penyambungan tersebut dapat dilakukan dengan :

2.5.1. Pengelasan

Jenis pengelasan yang dilakukan tergantung dari jenis pipa yang digunakan, misalnya pengelasan untuk bahan stainless steel harus menggunakan las busur gas wolfram dan untuk pipa baja karbon digunakan las metal.

2.5.2. Ulir (*Thearded*)

Penyambungan ini digunakan pada pipa yang bertekanan tak terlalu tinggi. Kebocoran pada sambungan ini dapat dicegah dengan menggunakan gasket tape pipe. Umumnya pipa dengan sambungan ulir digunakan ukuran yang lebih kecil dari dua inchi.

2.5.3. Menggunakan Flens (*flange*)

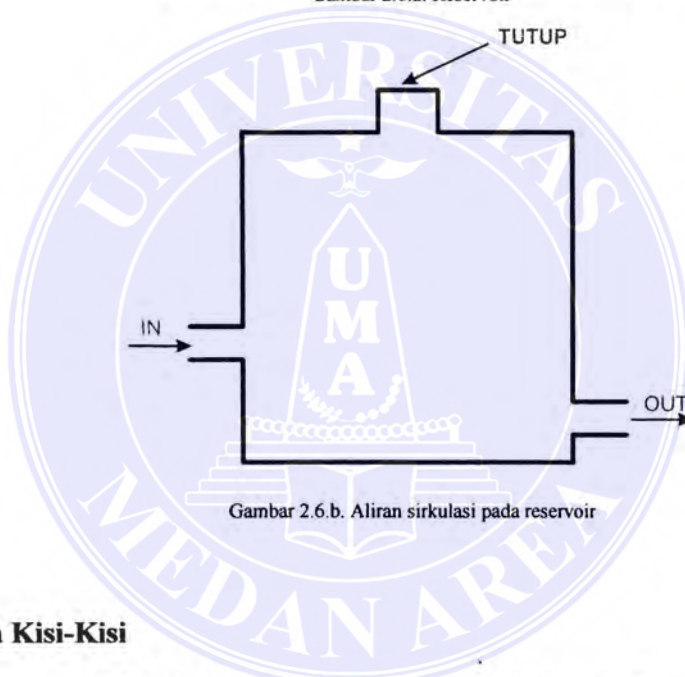
Biasanya penyambungan flens ini dilakukan setelah kedua ujung pipa yang satu dengan yang lain dipasang atau di las dengan flens kemudian flens tersebut diikat dengan baut.

2.6. Reservoir

Reservoir berfungsi untuk tempat memasukkan minyak goreng ke sistim pemanas ini, dan juga tempat mengontrol jumlah minyak goreng.



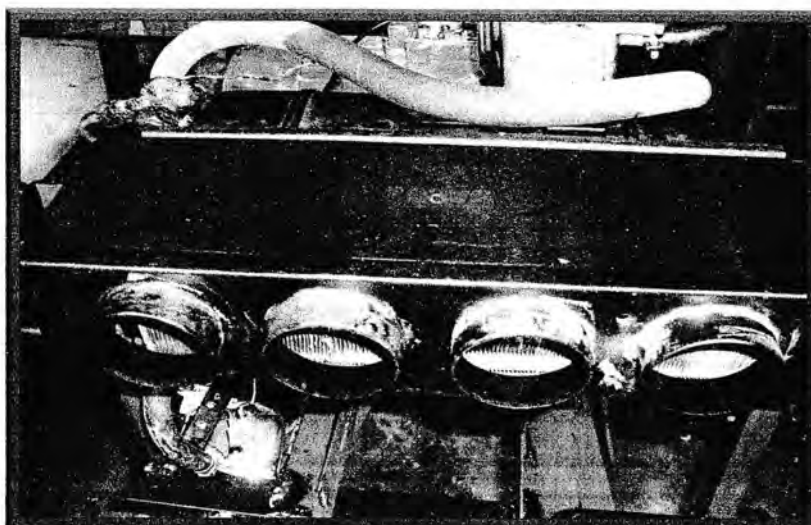
Gambar 2.6.a. Reservoir



Gambar 2.6.b. Aliran sirkulasi pada reservoir

2.7. Pipa Kisi-Kisi

Pipa kisi-kisi berfungsi menyerap panas dari minyak goreng, kemudian panas itu diteruskan diteruskan ke kisi-kisi. Perpindahan panas dari minyak goreng ke pipa adalah secara konveksi (aliran) dan dari pipa ke kisi-kisi adalah koduksi (secara molekuler).



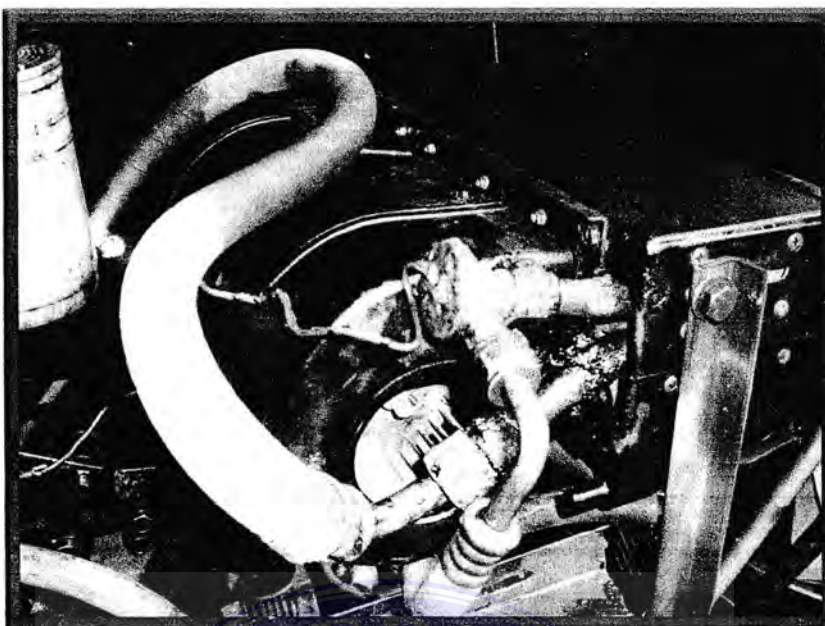
Gambar 2.7.a. pipa kisi-kisi



Gambar 2.7.b Aliran pipa kisi – kisi

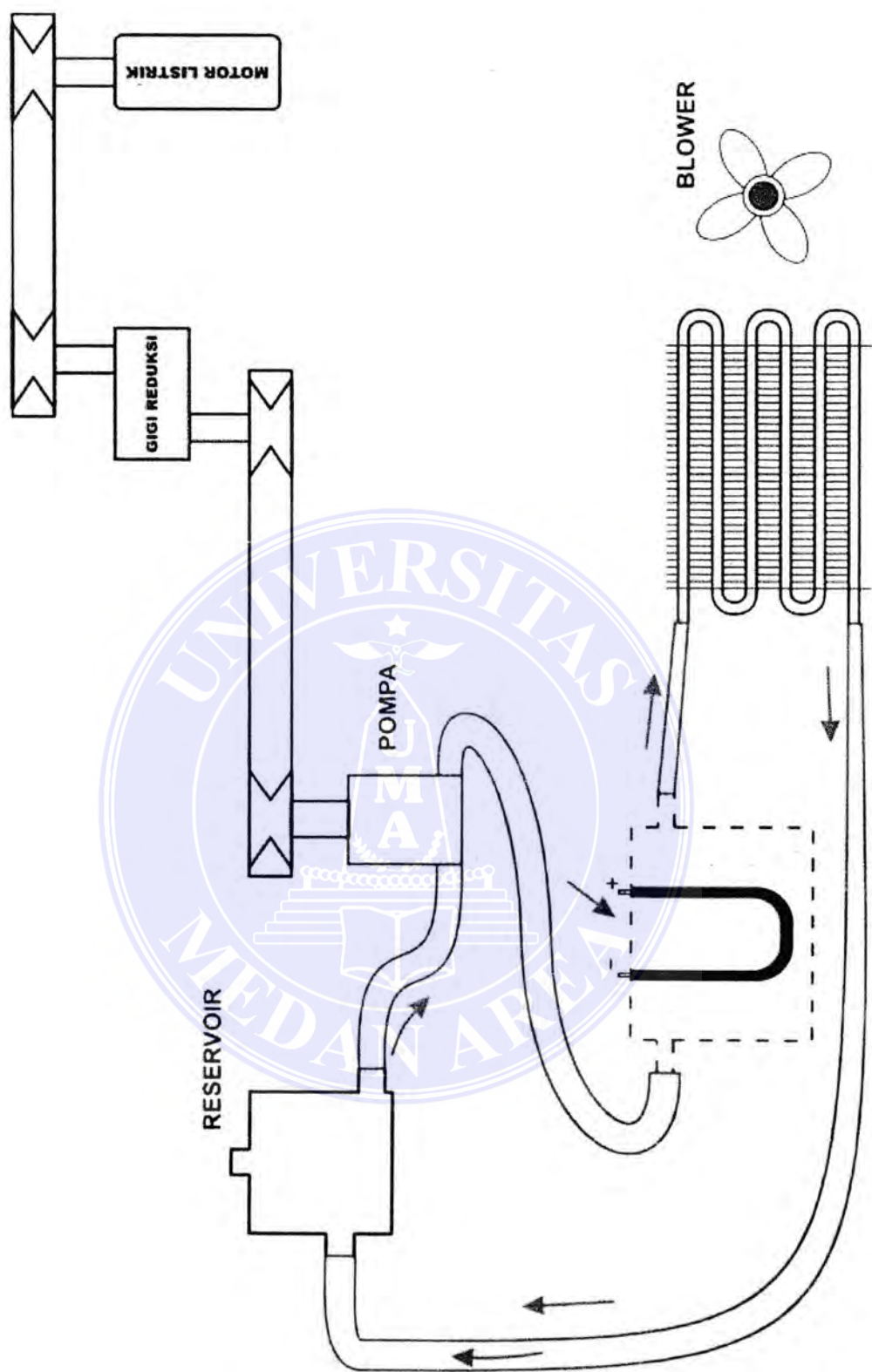
2.8. Blower

Blower berfungsi untuk menghembuskan panas yang ada pada kisi-kisi, hasil dari panas yang dihembuskan inilah yang akan dipergunakan untuk berbagai macam pengeringan. Perpindahan panas dari kisi-kisi ke objek yang akan dikeringkan disebut perpindahan panas konveksi paksa (*forced convection*).



Gambar 2.8 a. Blower pada Boiler Thermal Oil Heater

Mengingat musim di Indonesia ada dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau, jika saat musim hujan hasil pertanian sangat susah dikeringkan, boiler thermal oil heater ini dirancang untuk mengeringkan hasil-hasil pertanian contohnya kopi, jagung, coklat dan lain sebagainya karena yang diharapkan para petani selama ini adalah panas dari matahari untuk mengeringkan hasil pertanian tersebut.



Gambar 2.8.b. Instalasi Boiler Thermal Oil Heater

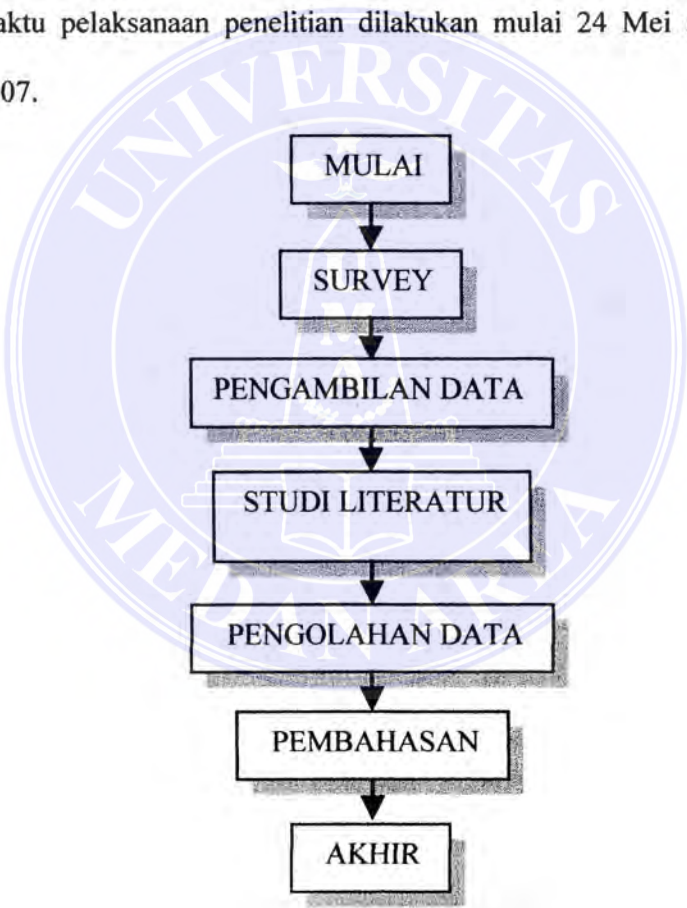
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Obyek penelitian pada tugas akhir ini adalah Analisa Penukar Kalor Pada Boiler Thermal Oil Heater. Pengambilan data dilakukan di laboratorium proses produksi Universitas Medan Area.

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan mulai 24 Mei sampai dengan 31 Mei 2007.



Gambar 3.1. Diagram aliaran survey

1. Start

Pembuatan proposal (*outline*) tugas akhir dengan judul “Analisa Penukar Kalor pada Boiler Thermal Oil Heater” dimana sebagai masalah yang akan diangkat sebagai tugas akhir.

2. Studi Pustaka / Literatur

Mengumpulkan sebanyak mungkin buku – buku referensi tentang perpindahan kalor, yang akan dijadikan sebagai sumber penulisan tugas akhir, buku – buku tersebut seperti tercantum pada daftar literatur.

3. Surfey Lapangan

Surfey langsung di lapangan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Medan Area untuk mendapatkan data-data sebagai pembandingan dengan data-data yang terdapat dalam buku-buku referensi dan juga untuk mengetahui konstruksi dan analisa penukar kalor pada boiler thermal oil heater.

4. Penentuan Ukuran Dimensi, Bahan Material, Proses Operasi dari Boiler Thermal Oil Heater menentukan bentuk konstruksi, variable proses yang bekerja, tekanan kerja, laju aliran (*flow*), temperature, bahan material, nilai konduktifitas termal, kemudian menerapkan rumus-rumus perhitungan yang sesuai dengan alat yang ada di lapangan.

5. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Memulai penulisan laporan tugas akhir dengan mengacu pada buku “Panduan Penulisan Proposal Dan Tugas Akhir” dari Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area serta bimbingan yang telah ditetapkan.

6. Selesai

Laporan Tugas Akhir ini selesai bila telah selesai bimbingan dari dosen pembimbing.

3.2. Bahan dan Konstruksi Alat Penukar Kalor

Bahan yang terpenting pada alat penukar kalor adalah bahan yang berfungsi sebagai penghantar / pemindah panas antar fluida dan fluida dingin, dimana pada alat penukar kalor jenis shell and tube. Fungsi ini berada pada tube. Istilah tube sering digunakan pada dunia teknik, khususnya bidang mekanik, pabrik kimia pengolahan minyak, pembangkit listrik tenaga uap, dan lain-lain.

3.2.1. Tube pada penukar kalor

Tube dapat dikatakan sebagai urat nadi alat penukar kalor, di dalam dan luar tube mengalir fluida kedua jenis fluida itu mempunyai kapasitas dan tekanan, density, serta jenis yang berbeda. Kedua ujung tube diikat pada tube sheet ini bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida yang mengakibatkan fluida terkontaminasi. Tube juga harus mampu memindahkan panas diantara fluida dalam tube dengan diluar tube.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi tube antara lain adalah :

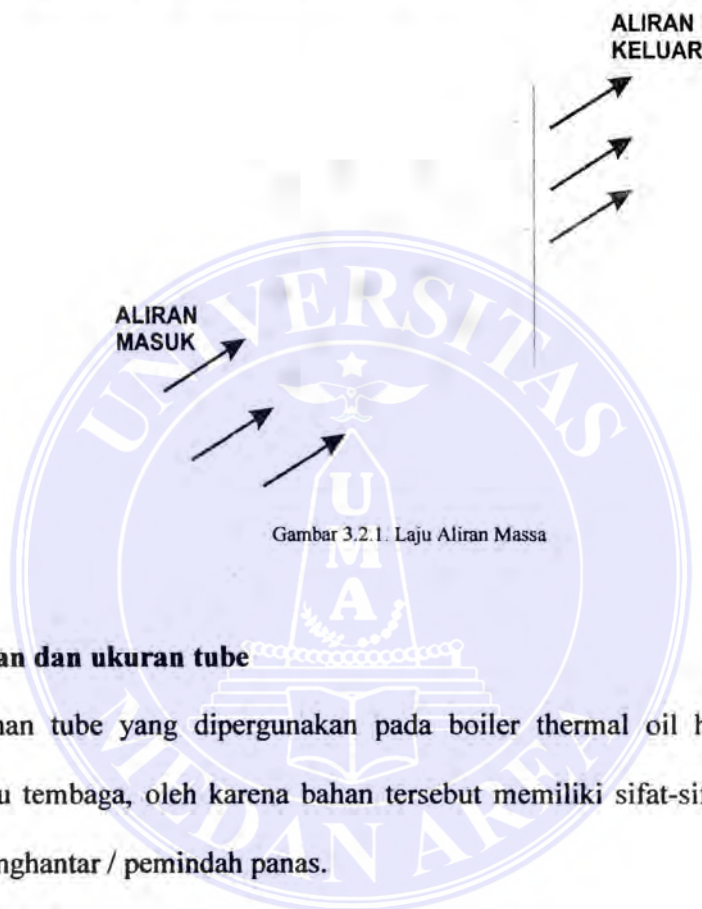
- Kemampuan memindahkan panas yang tinggi
- Daya tahan terhadap panas
- Daya tahan terhadap korosi
- Daya tahan terhadap erosi
- Mampu untuk dibentuk dengan proses dingin atau panas
- Mempunyai sifat elastis yang baik

Pemilihan jenis bahan dan ukuran tube didasarkan pada :

- Besarnya aliran fluida
- Temperatur
- Tekanan

- Korosif atau tidak
- Sitem serta periode pemeliharaan

Bahan tube alat penukar kalor pada Boiler Thermal Oil Heater adalah Copper atau Tembaga, dimana telah sesuai dengan jenis bahan dan analisa penukar kalor pada boiler thermal oil heater tersebut.

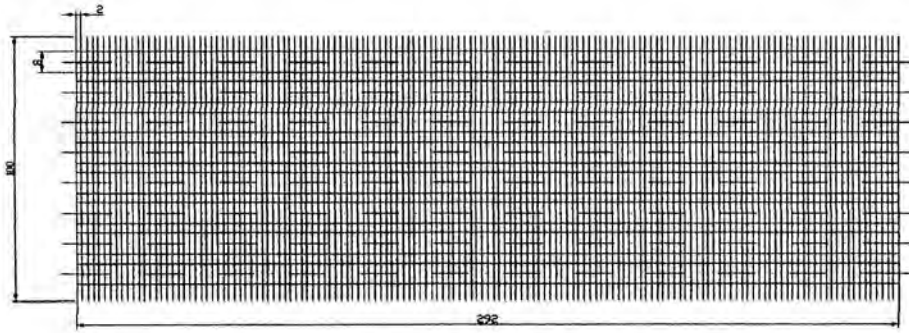


3.2.2. Bahan dan ukuran tube

Bahan tube yang dipergunakan pada boiler thermal oil heater adalah copper atau tembaga, oleh karena bahan tersebut memiliki sifat-sifat yang baik sebagai penghantar / pemindah panas.

Dimana :

- Diameter luar pipa (tube) : 0,01m
- Diameter dalam pipa (tube) : 0,008 m
- Tebal pipa (tube) : 0,001 m
- Panjang pipa (tube) : 0,035 m



Gambar 3.2.2.a. Pipa kisi - Kisi

Bahan Plat kisi-kisi pelepas panas yang dipergunakan pada boiler thermal oil heater adalah Plat Aluminium, karena bahan tersebut mudah didapat, murah harganya, ringan dan mempunyai sifat yang baik untuk melepas panas.

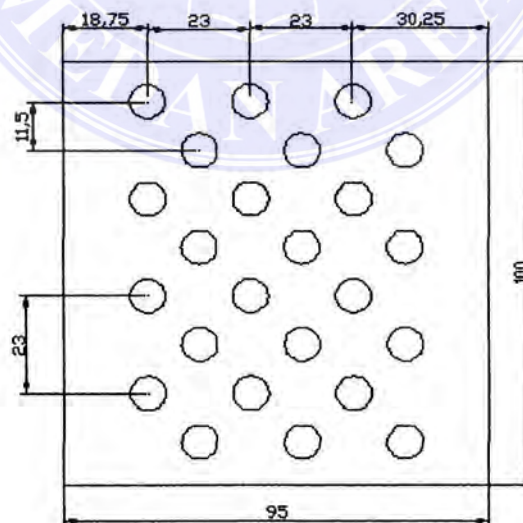
$$l = \text{Panjang Plat kisi-kisi} = 0,095 \text{ m}$$

$$h = \text{Lebar Plat Kisi-kisi} = 0,1 \text{ m}$$

$$b = \text{Tebal Plat Kisi-kisi} = 0,0002 \text{ m}$$

$$x = \text{Jumlah keseluruhan Plat kisi-kisi} = 146 \text{ pcs}$$

$$z = \text{Jarak antara Plat kisi-kisi yang satu dengan Plat kisi-kisi yang lain } z = 0,002 \text{ m}$$



Gambar 3.2.2b. Plat Kisi - Kisi



3.2.3. Konstruksi penukar kalor yang digunakan

Ditinjau dari segi bentuk konstruksi dari alat penukar kalor yang digunakan, konstruksinya terdiri atas :

a. Pipa saluran masuk (*inlet pipe*)

Pipa saluran masuk (*inlet pipe*) berfungsi untuk masuknya minyak goreng yang telah panas dari *heater*. Saluran masuk minyak goreng biasanya ditempatkan agak keujung dari atas dan dipasangkan pada bagian inti pipa kisi-kisi.

b. Inti pipa kisi-kisi

Inti pipa kisi-kisi berfungsi sebagai melepas panas dari minyak goreng ke udara agar temperatur minyak goreng menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Inti pipa kisi-kisi terdiri dari pipa-pipa untuk mengalirnya minyak goreng dari pipa masuk (*inlet pipe*) ke pipa keluar (*outlet pipe*) dan plat kisi-kisi untuk melepas panas minyak goreng yang berada di dalam pipa . Disamping itu udara juga dialirkan melalui plat kisi-kisi pelepas panas ini agar pelepasan panas dapat terjadi sebesar mungkin. Besar kecilnya inti pipa kisi-kisi tergantung dari kapasitas mesinnya, juga jumlah pipa-pipa dan plat kisi-kisinya.

c. Pipa saluran keluar (*outlet pipe*)

Pipa saluran keluar dimaksudkan untuk mengalirkan kelebihan minyak goreng didalam system yang disebabkan Karena ekspansi panas dari minyak goreng keluar atau tangki reservoir.

Pipa saluran keluar berfungsi untuk mengalirnya minyak goreng panas yang telah dingin saat pelepasan panas pada plat kisi-kisi melalui bantuan

fun/blower ke objek yang mau dikeringkan selanjutnya disalurkan ke *reservoir* melalui pompa oli. Penempatan pipa saluran minyak goreng keluar ini juga agak keujung dan posisinya menyilang dengan saluran pada pipa saluran masuk. Ini dimaksudkan agar pelepasan panas dapat berlangsung dengan sempurna pada inti pipa kisi-kisinya.

3.3. Spesifikasi Alat Penukar Kalor

Dalam analisa sebuah alat penukar kalor, perhitungan yang sering dan perlu diperhatikan adalah:

1. Perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh dsari alat penukar kalor dengan mengetahui dahulu tekanan temperatur masuk dan keluar, diameter dan laju aliran massa.
2. Perhitungan penurunan tekanan.
3. Perhitungan faktor pengotoran dengan mengetahui koefisien perpindahan panas menyeluruh.

Untuk lebih jelas dapat dilihat dari data-data spesifik sebagai berikut:

Laju aliran minyak = 220.000 kg/s

Temperatur minyak masuk = 180 °C

Temperatur minyak keluar = 159 °C

Laju aliran uap = 240.000 kg/s

Temperatur uap masuk = 145 °C

Temperatur uap keluar = 115 °C

Data-data lain sebagai berikut:

1. Jumlah tube = 146 buah
2. Diameter dalam pipa (tube) = 10 mm
3. Diameter luar tube (tube) = 8 mm
4. Tekanan pipa = 1 mm
5. Jumlah antara pipa = 5 mm
6. Panjang pipa = 1050 mm
7. Fluida panas = Uap
8. Fluida dingin = Minyak goreng

Dari data diatas dapat diketahui bahwa temperatur uap memberikan panas pada minyak yang berada pada tube.

1. Temperatur uap masuk = 145°C
2. Temperatur uap keluar = 115°C
3. Temperatur minyak masuk (t_1) = 180°C
4. Temperatur minyak keluar (t_2) = 159°C

Kesetimbangan panas uap:

$$\begin{aligned}
 T_{av} &= \frac{T_1 + T_2}{2} \\
 &= \frac{180 + 159}{2} \\
 &= 169,5^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan keseimbangan panas uap yang diperoleh sebesar : 169,5 $^{\circ}\text{C}$, untuk mendapatkan nilai (Cp) maka nilai keseimbangan panas yang diambil

dari tabel sifat-sifat air pada lampiran 5 menurut (A.I. Brown dan S.M. Marco, 1958 : 593) :

$$C_p = 4,413 \text{ Kj / Kg. } ^\circ\text{C}$$

Kesetimbangan panas minyak goreng :

$$\begin{aligned} T_{av} &= \frac{T_1 + T_2}{2} \\ &= \frac{145 + 115}{2} = 130 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kesetimbangan panas minyak goreng diperoleh sebesar $130 \text{ } ^\circ\text{C}$, untuk mendapatkan nilai (C_p) maka nilai kesetimbangan panas yang diambil dari total panas jenis minyak pada lampiran 4 menurut (Alton E. Balley, 1951: 420)

$$C_p = 0,538 \text{ Kj / Kg. } ^\circ\text{C}$$

Laju aliran uap

$$mc = 240.000 \text{ Kg/s.}$$

Maka di dapat laju aliran uap:

$$\begin{aligned} Q &= mc \cdot C_p \Delta th \\ &= 240.000 \text{ Kg/s} \cdot 4,413 \text{ Kj/Kg. } ^\circ\text{C} (180 - 159) \text{ } ^\circ\text{C.} \\ &= 22241520 \text{ Kg/s.} \end{aligned}$$

Laju aliran minyak

$$mc = 220 \text{ Kg/s.}$$

Panas yang diterima minyak

$$\begin{aligned} Q &= mc \cdot C_p \cdot \Delta th \\ &= 220.000 \text{ Kg/s} \cdot 0,538 \text{ Kj/Kg. } ^\circ\text{C} (145 - 115) \text{ } ^\circ\text{C.} \\ &= 3550800 \text{ Kj/s.} \end{aligned}$$

3.3.1. Perhitungan Temperatur Logaritmic Rata -Rata (LMTD)

Untuk menentukan harga LMTD dapat digunakan rumus :

(Tunggul M. Sitompul, 1993: 179)

1. LMTD Aliran Counter

$$T_1 = 180^{\circ}C \quad T_2 = 159^{\circ}C$$

$$\begin{array}{l} t_2 = 145^{\circ}C \\ \Delta t_2 = 35^{\circ}C \end{array} \quad \begin{array}{l} t_1 = 115^{\circ}C \\ \Delta t_1 = 44^{\circ}C \end{array}$$

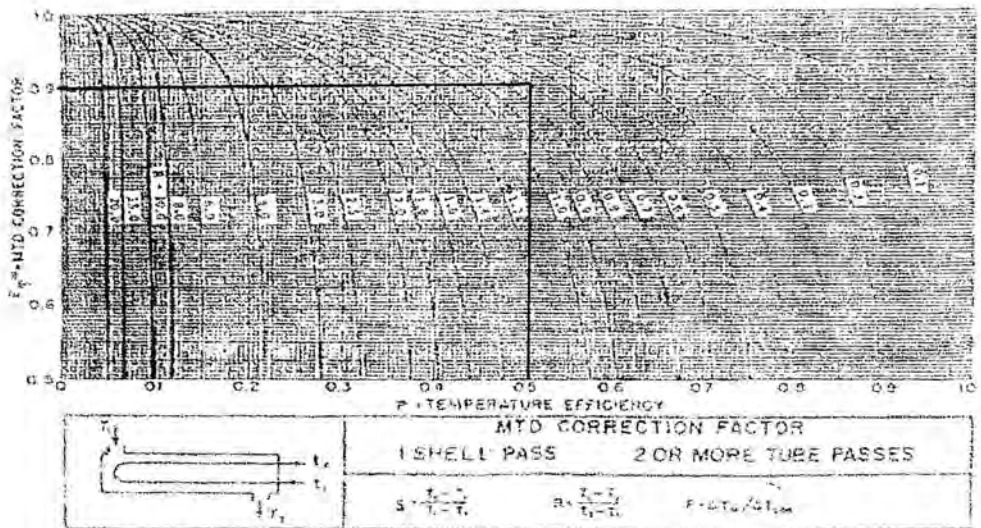
$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \\ &= \frac{35 - 44}{\ln \frac{35}{44}} \\ &= 39,4^{\circ}C \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dicari harga P dan R sehingga faktor koreksi temperatur dapat digunakan rumus : (J.P. Holman, 1986 : 494)

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{180 - 159}{145 - 115} = 0,7$$

$$P = \frac{t_1 - t_2}{T_2 - T_1} = \frac{145 - 115}{180 - 115} = 0,5$$

Dari gambar diperoleh $F_t = 0,9$



Gambar 3.3.1 a. Faktor Koreksi LMTD

Maka temperatur rata-rata sebenarnya (Δt) dapat dihitung dengan menggunakan rumus : (Tunggul M. Sitompul, 1993: 208)

$$\begin{aligned}\Delta t &= F_t \cdot \text{LMTD} \\ &= 0,9 \cdot 39,4^\circ \text{C} \\ &= 35,46^\circ \text{C}\end{aligned}$$

2. Temperatur Caloric T_c dan t_c

$$\Delta t_c = 4^\circ \text{C}$$

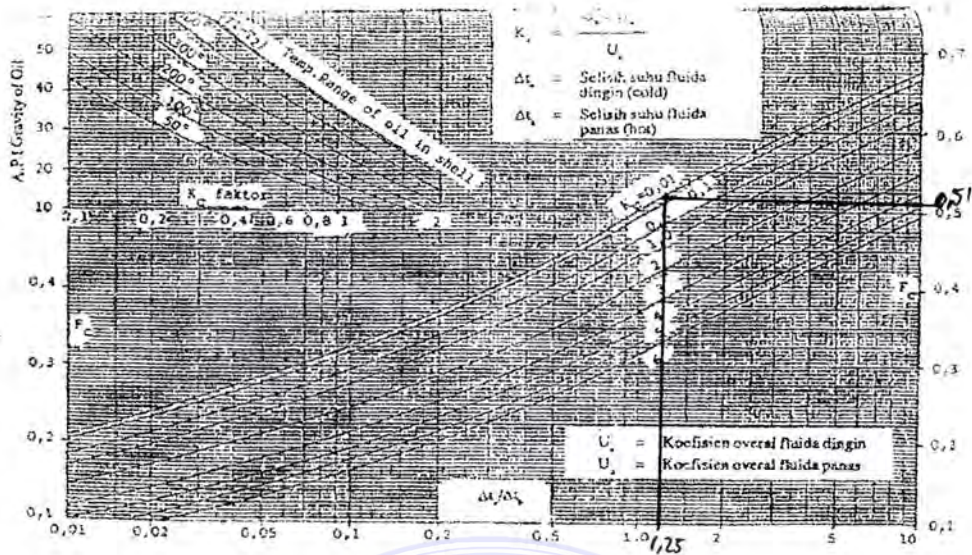
$$\Delta t_h = 35^\circ \text{C}$$

$$\frac{\Delta t_h}{\Delta t_c} = \frac{44}{35}$$

$$= 1,25^\circ \text{C}$$

$$K_c = \frac{U_h - U_c}{U_c} = \frac{159 - 145}{145} = 0,09$$

Dari grafik di bawah ini maka di dapat harga $F_c = 0,51$

Gambar 3.3.1.b. Faktor F_c Temperature Kelori

Maka :

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$T_c = 159 + 0,51 (180 - 159)$$

$$= 169,71$$

$$t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1)$$

$$t_c = 115 + 0,51 (145 - 115)$$

$$= 130,3$$

Maka :

Luas aliran pada tube ($a't$)

$$a't = 0,479 \text{ inchi}^2$$

Luas laju aliran keseluruhan:

Dapat digunakan rumus (Tunggul M. Sitompul, 1993 : 111)

$$(a't) = \frac{Nt \cdot a't}{144 \cdot n} (\text{m}^2)$$

$$= \frac{146.0,479}{144,1} (\text{m}^2)$$

$$= 0,485 \text{ ft}^2$$

$$= 0,148 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran massa (Gt)

$$G_t = \frac{mc}{at}$$

$$= \frac{240.000 \text{ kg/s}}{0,148 \text{ m}^2}$$

$$= 1621621,6 \text{ Kg/m}^2 \text{ s}$$

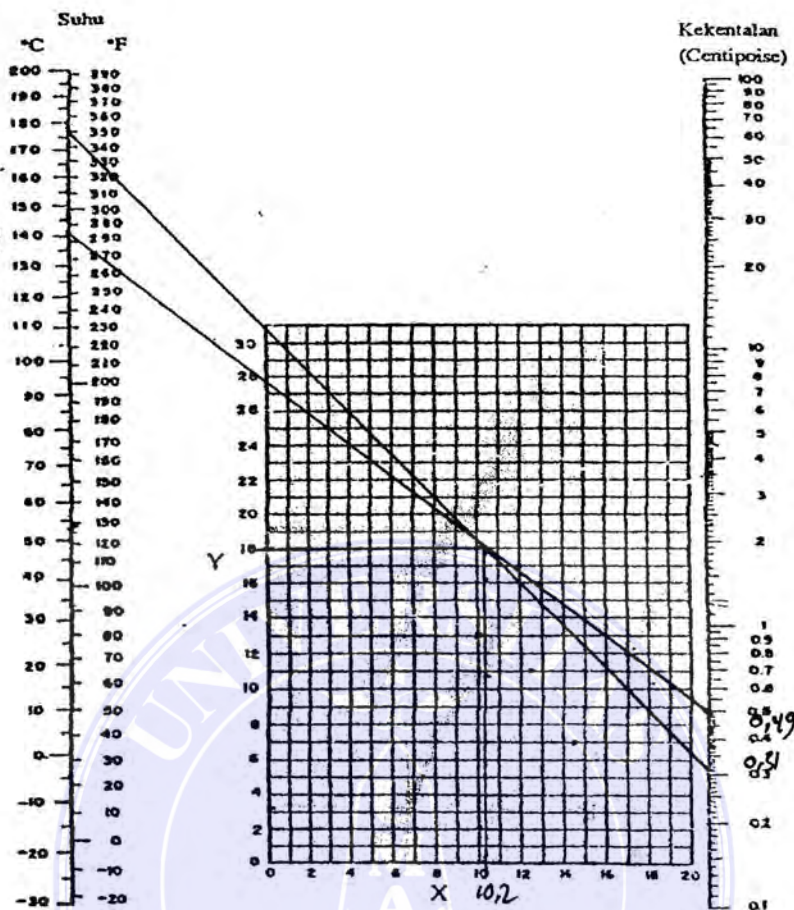
Bilangan Renolds (Ret)

Untuk mencari harga Ret dapat digunakan rumus : (Tunggul M. Sitompul, 1993 : 218)

$$\text{Ret} = \frac{ID \cdot G_t}{\mu}$$

Harga μ dapat dicari dengan menggunakan grafik berbagai jenis cairan dimana telah didapatkan harga $T_c = 130,3^\circ \text{C}$

Dari tabel kekentalan berbagai jenis pada lampiran 8, maka dapat digunakan grafik viskositas berbagai jenis gas seperti gambar berikut.



Gambar 3.3.1.c. Grafik Berbagai Jenis Cairan

Dari grafik didapatkan :

$$\begin{aligned}\mu &= 0,49 \cdot 2,42 \\ &= 1,18 \text{ Kg/m.} \\ &= 0,36 \text{ Kg/s.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ID} &= \frac{0,393}{12} \\ &= 0,032 \text{ jt} \\ &= 0,01 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Ret} = 0,01$$

$$\text{Ret} = \frac{0,01.1621621,6 \text{ Kg} / \text{m.s}}{0,36 \text{ Kg} / \text{m.s}}$$

$$= 4504504,4 \text{ m}$$

Maka dengan mempergunakan gambar didapat hubungan L/D dengan bilangan Raynold serta besarnya faktor perpindahan panas JH.

Dimana :

L = Panjang tube 1050 mm

$$= 1,050 \text{ m}$$

$$\text{IV} = 0,01$$

Maka didapat :

$$\text{L/D} = \frac{1,050 \text{ m}}{0,01 \text{ m}}$$

$$= 105$$

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Perpindahan kalor konveksi

Sudah umum diketahui bahwa plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila ditaruh di depan kipas angin disbanding dengan bilamana ditempatkan diudara tenang. Kita katakana bahwa kalor dikonveksi atau diilli keluar, dan proses ini dinamakan perpindahan kalor secara konveksi atau ilian. Istilah konveksi atau ilian, sudah memberi gambaran tentang apa yang terjadi dalam proses perpindahan panas ini. Tetapi gambaran ini masih harus dikembangkan agar kita dapat melakukan pengolahan analitis yang memadai tentang masalah ini.umpamanya, kita sudah mengetahui bahwa kecepatan udar yang ditiupkan keplat panas ini akan mempengaruhi laju perpindahan panas. Tetapi, apakah

pengaruh ini berlangsung dalam perbandingan lurus, artinya jika kecepatan dilipatduakan apakah laju perpindahan kalor juga akan menjadi dua kali lebih cepat? juga dapat diperkirakan bahwa laju perpindahan kalor akan berbeda jika plat itu didinginkan dengan air dan bukan dengan udara, masalahnya ialah berapa beda panas yang dipindahkan tersebut. demikianlah digambarkan mekanisme fisis perpindahan kalor konveksi untuk menunjukkan hubungannya dengan proses konduksi.

Plat panas seperti gambar, suhu adalah T_w , dan suhu fluida T_∞ . Kecepatan aliran nol pada muka plat sebagai akibat aksi kental viskos (viscous action). Oleh karena kecepatan lapisan fluida pada dinding adalah nol, maka disini panas (kalor) hanya dapat berpindah dengan cara konduksi saja. Jadi perpindahan kalor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = -kA \frac{\partial T}{\partial X} \dots\dots\dots (\text{Holman 1997 : 192})$$

Dimana :

Q = laju perpindahan kalor (kj / s)

$\frac{\partial T}{\partial X}$ = Gradien suhu ke arah perpindahan kalor ($^{\circ}\text{K}$)

k = konduktifitas termal (w/m. $^{\circ}\text{K}$)

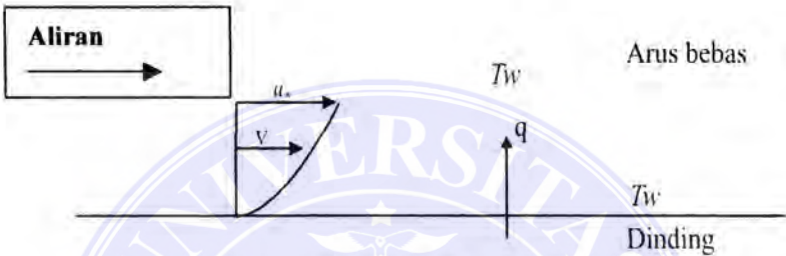
gradient suhu bergantung pada laju fluida membawa kalor dari situ. Kecepatan yang tinggi akan menyebabkan gradient suhu yang besar pula dan demikian seterusnya.

Jadi gradient suhu pada dinding bergantung dari medan aliran, dan di dalam analitis nanti perlu mengembangkan persamaan yang menghubungkan kedua besaran itu. Mekanisme fisis pada dinding itu berupa proses konduksi.

Guna menyatakan pengaruh konduksi secara menyeluruh digunakan hukum Newton tentang perpindahan panas.

$q = h A(T_w - T_{\sim})$ (Holman 1997 : 11)

- h = koefisien perpindahan kalor (W/m².°K)
- A = Luas permukaan (m²)
- T_w = Suhu plat (°K)
- $T_{\sim}$ = Suhu fluida (°K)



(Sumber : J.P. Holman, 1995, Perpindahan Kalor, hal 11)

Persamaan diatas merupakan rumus kkoefisien perpindahan kalor konveksi (cionvection heat – transfer coefeciet). Untuk situasi h yang rumit harus ditentukan dengan percobaan dan fenomena pendidihan dan pengembunan juga termasuk dalam kelompok masalah perpindahan kalor konmveksi

3.4.2. Perpindahan kalor konveksi bebas

Perpindahan kalor konveksi bebas terjadi bila mana sebuah benda ditempatkan dalam suatu fluida yang suhunya lebih tinggi atau lebih rendahdari pada benda tersebut. Sebagai akibat perbedaan suhu tersebut , panas mengalir antara fluida dan benda itu serta mengakibatkan perubahan kerapatan menyebabkan fluida yang lebih berat mengalir kebawah dan fluida yanmg lebih ringan mengalir keatas. Jika gerakan fluida itu disebabkan hanya oleh perbedaan kerapatan yang diakibatkan oleh gradient suhu, tanpa dibantu oleh pompa atau

kipas (*blower*), maka mekanisme perpindahan panas yang bersangkutan disebut konveksi bebas atau konveksi alamiah. Arus konveksi bebas memindahkan energi dalam yang tersimpan fluida dengan cara yang pada hakekatnya sama dengan arus konveksi paksa. Namun, intensitas gerakan pencampurnya dalam konveksi bebas pada umumnya lebih kecil, dan akibatnya koefisien perpindahan panasnya lebih kecil dari pada dalam konveksi paksa.

Walaupun koefisien perpindahan panas konveksi bebas relative rendah, banyak alat – alat yang untuk pendinginannya terutama bergantung pada cara perpindahan panas ini. Dalam bidang teknik listrik, saluran transmisi, transformator, penyerah arus, dan kawat yang dipanaskan dengan listrik seperti filament lampu pijar atau elemen pemanas tanur listrik didinginkan dengan konveksi bebas. Kecepatan fluida didalam arus konveksi bebas, terutama yang pembangkitannya disebabkan oleh gravitasi, pada umumnya rendah, tetapi ciri-ciri aliran didekat permukaan perpindahan panas serupa dengan ciri-ciri dalam konveksi paksa.

Medan suhu dalam konveksi bebas serupa dengan medan suhu dalam konveksi paksa, maka dari itu berlakulah taksiran fisik bilangan nusselt. Dalam penerapan praktis pada umumnya dipergunakan persamaan Newton. Selama bertahun-tahun telah diketahui bahwa koefisien perpindahan kalor konveksi bebas rata-rata untuk berbagai situasi, dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi :

$$Nu_f = C (Gr_f Pr_f)^m \dots\dots\dots (Holman 1997 : 302)$$

Dimana subkrip f menunjukkan bahwa sifat-sifat untuk gugus tak berdimensi dievaluasi pada suhu film

$$T_f = \frac{T_\infty + T_w}{2}$$



Dimana :

Nu_f = Angka Nusselt rata-rata

Gr = Angka Grashof

Pr = Angka Prandtl

C dan m = Konsta tertentu untukl setiap kasus

3.4.3. Gabungan konveksi bebas dan konveksi paksa

Beberapa situasi praktis menyangkut perpindahan panas yang bukan bersifat “paksa” dan bukan pula “bebas”. Situasi ini timbul apabila fluida dialirkan diatas permukaan yang panas dengan percepatan yang agak rendah. ,maka bersamaan dengan kecepatan aliran paksa, terdapat pula kecepatan konveksi yang timbul karena gaya apungyang diakibatkan oleh berkurangnya densitas fluida disekitar permukaan yang panas. Dalam setiap proses perpindahan panas terjadi gradient kerapatan dan dengan adanya medan gaya terjadilah arus- arus konveksi bebas. Jika penhgaruh konveksi paksa sangat besar, maka pengaruh konveksi paksa dapat diabaikan dan demikian pula, bilagaya-gaya konveksi bebas sangat kuat, maka pengaruh konveksi paksa dapat diabaikan. Daerah konveksi gabungan dalam tabung horizontal didefenisikan dengan angka Greatz (Gz)

Sebagai:

$$Gz = Re Pr \frac{d}{L} \dots\dots\dots(Holman 1997 : 323)$$

Dimana :

Gr = Angka grashoff

Gz = Angka Greatz

Re = Angkla Reynolds

Pr = Angka prandtal

D = Diameter tabung

L = Panjang tabung

$$Re = \frac{\rho u x}{m}$$

$$Pr = \frac{C_p m}{k}$$

$$Gr = \frac{g \beta (T_w - T_\infty) x^3}{\nu^2}$$

$$Gz = Re Pr \frac{d}{L}$$

Korelasi yang lebih baik untuk daerah konveksi campuran, aliran laminar pada gambar.

$$Nu = 1,75 \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14} (Gz + 0,012 (Gz Gr^{1/3})^{4/3})^{1/3} \dots\dots\dots (Holman 1997)$$

Dugaan umum yang berlaku dalam analisis konveksi gabungan adalah bahwa modulus perpindahan panas yang paling berpengaruh ditentukan oleh kecepatan fluida yang berkaitan dengan modulus itu. Situasi konveksi paksa yang menyangkut kecepatan fluida 30 m/s. umpamanya, tentu akan mengalahkan sebagian besar dari pengaruh konveksi yang bebas yang ditemukan dalam medan gravitasi biasa, karena kecepatan arus konveksi bebas disini sangat kecil dibandingkan dengan 30 m/s. dilain pihak, situasi aliran paksa dengan kecepatan sangat rendah (~0,3 m/s) mungkin cepat terpengaruh oleh arus konveksi bebas. Analisis orde besaran persamaan lapisan batas konveksi – bebas dapat memberikan kriteria umum untuk menentukan apakah pengaruh konveksi - bebas besar peranannya.

Kriterianya adalah apabila :

$$Gr / Rc^2 > 10 \dots\dots\dots(\text{Holman 1997 :326})$$

3.4.4. Konveksi paksa didalam pipa dan saluran

Pemanasan serta pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran (conduit) merupakan satu diantara proses-proses perpindahan panas yang terpenting dalam perekayasaan. Rancang bangun serta analisa semua jenis penukar kalor memerlukan pengetahuan tentang koefisien perpindahan panas antara dinding saluran dan fluida yang mengalir didalamnya. Bila koefisien perpindahan panas untuk suatu geometri tertentu serta kondisi aliran yang ditetapkan telah diketahui, maka laju perpindahan panas pada beda suhu yang ada dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_c = h_c A (T_{\text{permukaan}} - T_{\text{fluida}}) \dots\dots\dots(\text{Kreith 1994 : 415})$$

Dimana :

$$q_c = \text{laju perpindahan panas konveksi} \quad (\text{W})$$

$$h_c = \text{Koefisien perpindahan panas konveksi} \quad (\text{W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K})$$

$$A = \text{Luar permukaan perpindahan panas} \quad (\text{m}^2)$$

Harga h_c bergantung pada pilihan suhu acuan fluida dan dapat dihitung dengan rumus :

$$c = \text{Nu} \frac{K_f}{L} \dots\dots\dots(\text{Kreith, 1994 :314})$$

dalam hal ini :

$$\text{Nu} = \text{bilangan nusselt}$$

$$K_f = \text{Konduktifitas thermal fluida} (\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K})$$

$$L = \text{Panjang pipa kisi-kisi} \quad (\text{m})$$

Untuk aliran turbulen yang sudah jadi atau berkembang penuh (*fully developed turbulent flow*) dalam tabung licin disarankan menggunakan persamaan:

$$N_{ud} = 0,023 \text{ Red}^{0,8} \text{ Pr}^n \dots\dots\dots(\text{Holman, 1997 : 252})$$

Untuk persamaan ini sifat-sifat ditentukan pada suhu fluida limbak dan nilai eksponen n adalah :

$n = 0,4$ untuk pemanasan

$n = 0,3$ untuk pendinginan

Persamaan tersebut juga berlaku untuk aliran turbulen yang tidak berkembang sepenuhnya didalam tabung lain, dengan flida yang angka prandtlnya berkisaar antara 0,6 sampai 100 dan dengan beda suhu moderat antara dinding dan fluida.

Pemilihan suhu fluida acuan pada perindahan panas konveksi yang dipergunakan untuk membentuk bilangan nusselt bagi perpindahan panas ke fluida yang mengalir didalam saluran (*conduit*). Penggunaan suhu curahan fluida sebagai acuan memungkinkan penulis untuk menuliskan keseimbangan panas. Karena dalam keadaan stedi (*ajeg*) perbedaan antara suhu curahan rata-rata pada dua penampang suatu saluran merupakan tolak ukur laju perpindahan panas.

$$q = m C_p \Delta T_b$$

Dimana :

q = laju perpindahan panas ke fluida

m = Laju aliran

C_p = panas jenis pada tekanan konstanta

ΔT_b = Beda suhu curahan antara penampang

Dalam saluran yang panjang , dimana pengaruh lubang masuk tidak penting, alirannya laminar bila bilangan Reynolds dibawah (<2100). Dalam daerah bilangan Reynolds antara 2.100 dan 10.000 terjadi peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran dalam resim ini disebut aliran peralihan (transisi). Pada bilangan Reynolds sekitar 10.000 aliran menjadi turbulen penuh.

3.5. Variabel Yang Diamati Pada Pipa Kisi-Kisi

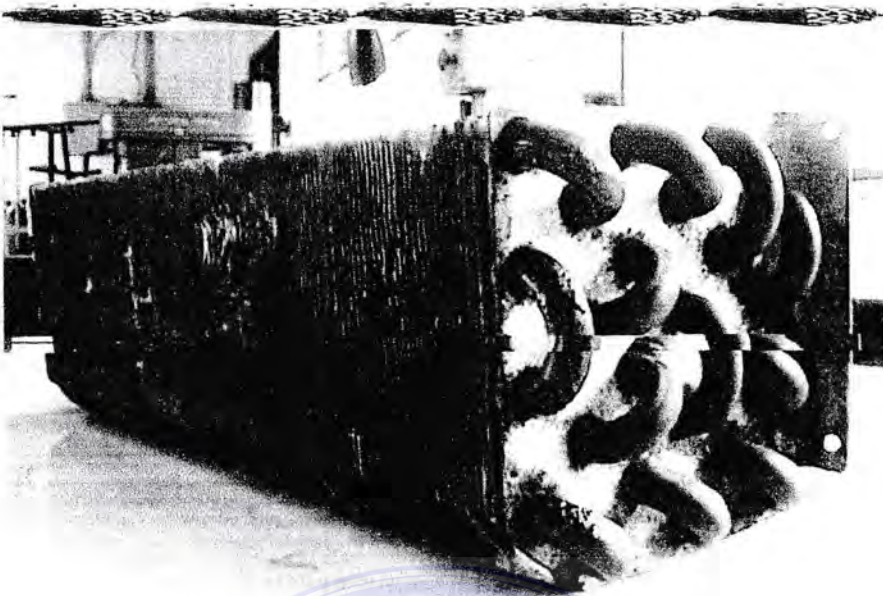
Pengamatan variable – variabel yang ada pada pipa kisi-kisi secara langsung di Laboratorium Universitas Medan Area dan ditambah dengan dengan studi dari beberapa literature yang ada pada buku-buku perpustakaan. Adapun variable yang diamati adalah :

Dimensi pipa kisi-kisi

- Diameter luar pipa (tube) : 10mm = 0,01 m
- Diameter dalam pipa (tube) : 8 mm = 0,008 m
- Tebal pipa (tube) : 1 mm = 0,001 m
- Panjang pipa (tube) : 350 mm = 0,35 m
- Jarak antara pipa (tube) : 15 mm = 0,015 m
- Jumlah pipa kisi-kisi : 8 pcs

Dimensi plat kisi-kisi

- Panjang Plat kisi-kisi : 95 mm = 0,095 m
- Lebar Plat Kisi-kisi : 100 mm = 0,1 m
- Tebal Plat Kisi-kisi : 0,2 mm = 0,0002 m
- Jumlah keseluruhan Plat kisi-kisi : 146 pcs
- Jarak antara Plat kisi-kisi yang satu dengan Plat kisi-kisi yang lain : 2 mm = 0,002 m



Gambar 3.5. Pipa kisi - kisi



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan riset dan perhitungan-perhitungan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Plat kisi-kisi adalah suatu elemen yang penting untuk meningkatkan penyerapan panas dimana dengan penambahan plat kisi-kisi maka akan meningkatkan luasan permukaan perpindahan panas.
2. Semakin besar laju aliran massa terhadap koefesien perpindahan panas akan semakin besar dan memperbesar laju perpindahan panas yang terjadi.
3. Tebal plat kisi-kisi dan harga konduktifitas termal plat kisi-kisi sangat mempengaruhi
4. Boiler Thermal Oil Heater mampu menghasilkan kalor 60°K
5. Proses sirkulasi yang dilakukan tidak sulit
6. Biaya operasional Boiler Thermal Oil Heater cukup rendah bila dibandingkan dengan hasil yang didapat.

5.2. Saran

Setelah melakukan analisa pada Boiler Thermal Oil Heater, maka sebagai bagian akhir dari skripsi ini Penulis memberikan saran-saran sebagai berikut.

1. Pompa sirkulasi jangan sampai mati
2. Harus diperiksa laju aliran pipa agar sirkulasi minyak goreng lancar
3. Perlu dilakukan maintenance secara berkala
4. Perlu dilakukan pemeriksaan ulang sebelum Boiler Thermal Oil Heater dioperasikan.





DAFTAR PUSTAKA

1. Frank Kreith, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Edisi ke tiga, alih bahasa Arko Prijono, Penerbit Erlangga, Jakarta 1994.
2. Frank P.Incropera, *Fundamental of Heat Transfer*, Edisi Pertama, Jhon Willy & Sons, NewYork 1981.
3. Holman, J.P, *Perpindahan Kalor*, Edisi kelima, Alih bahasa E.Jasfi, Penerbit Erlangga, Jakarta 1995.
4. Holman, J.P, 1997. *Perpindahan Kalor*, Jasfi, E. Edisi Ke enam: Erlangga.
5. RS.Northop, *Service Auto Mobil*, Penerbit CV. Pustaka Setia, Bandung 1988.
6. Sitompul, Tunggul. M, 1993. *Alat Penukar Kalor*, PT. Raja Grafindo Persada.
7. Wiranto Arismunandar, *Penggerak Mula Motor Torak*, Edisi Ke empat, Penerbit ITB, Bandung 1988.
8. W.M.Kays, *Compact Heat Exchangers*, Edisi Pertama, McGraw-Hill Book Compeny, NewYork1955.
9. Yilidz Bayazitoglu, *Elements of Heat Transfer*, Edisi Pertama, McGraw-hill Book Compeny, New York 1988.