

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk penelitian yang dilakukan ini, penulis mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilaksanakan saat ini. Berikut ini beberapa hasil penelitian yang relevan yang dijadikan bahan telaah bagi peneliti.

Mukmin et al. (2025) dalam penelitiannya *Kajian Eksperimental Performa Cross-Flow Heat Exchanger Berpendingin Udara* menyimpulkan bahwa koefisien perpindahan panas meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan aliran fluida, yang memperlihatkan bahwa variasi konfigurasi *tube bundle* dan kondisi aliran udara sangat berpengaruh terhadap kinerja termal *heat exchanger*.

S Chalimah et al., (2024) dalam penelitiannya *Analysis of Efficiency and Heat Transfer Coefficient in the Performance Evaluation of Shell and Tube Heat Exchanger* menyimpulkan bahwa nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) yang tinggi berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi *heat exchanger*. Secara keseluruhan, desain dan kondisi operasi yang optimal sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi *air fan cooler*.

Muhammaddiyah et al., (2018) dalam penelitiannya *Experimental study of multi-fin heat pipe heat exchanger for energy efficiency in operating room air systems. International Journal of Technology* menyimpulkan bahwa penggunaan fin dan peningkatan aliran udara pada *air-cooled heat exchanger* mampu meningkatkan efektivitas perpindahan panas secara signifikan. Secara keseluruhan, desain *fin* dan performa fan menjadi faktor utama dalam kinerja *air fan cooler*.

2.1.1 Sistem Pendingin Industri Minyak dan Gas

Perpindahan energi-panas (*Heat Transfer*) berasal dari dua kata : *Heat* yang berarti energi-panas atau energi-kalor atau energi-termal dan *Transfer* yang berarti perpindahan, jadi *Heat Transfer* adalah Ilmu yang mempelajari perpindahan energi panas dari suatu titik yang bertemperatur lebih tinggi ke titik lain yang bertemperatur lebih rendah, dengan ruang lingkup yang dipelajari meliputi : besarnya energi panas, cara-cara untuk memperbesar / memperkecil besarnya perpindahan energi panas, aplikasi di lapangan atau industri, dan sebagainya.

Energi panas (*heat*) bisa berpindah karena adanya perbedaan temperatur atau suhu, baik pada media padat, fluida, maupun tanpa media sekalipun, melalui tiga cara perpindahan energi-panas, yaitu :

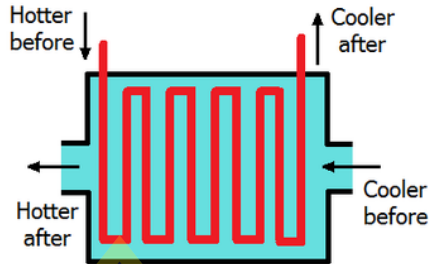
1. Konduksi (Hantaran), untuk perpindahan energi panas pada zat padat perpindahan panas yang terjadi sebagai akibat perpindahan energi kinetik molekuler pada benda padat, cair dan gas yang diam yang disebabkan adanya perbedaan temperatur. Sebagai contoh adalah sendok logam yang dicelupkan ke dalam kopi panas, ujung tangkai sendok akan menjadi hangat.
2. Perpindahan panas konveksi yang terjadi karena adanya pergerakan / aliran fluida (cair atau gas) yang mempunyai perbedaan temperatur dengan permukaannya. Sebagai contoh adalah perpindahan panas secangkir kopi panas ke udara sekeliling secara bebas.
3. Perpindahan panas secara radiasi yaitu : Perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui media perantara atau dapat merambat pada ruang hampa udara. Perpindahan panas ini terjadi karena perambatan energi dalam bentuk gelombang-gelombang elektromagnetik antara dua permukaan

yang temperaturnya berbeda. Contoh panas matahari yang sampai ke bumi.

Heat exchanger atau penukar panas merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya, baik dalam keadaan cair maupun gas, tanpa mencampurkan kedua fluida tersebut secara langsung. Menurut (Incropera & DeWitt, 1996), *heat exchanger* berfungsi untuk meningkatkan efisiensi termal pada suatu sistem dengan cara mengalirkan energi panas dari fluida panas ke fluida yang lebih dingin melalui dinding pemisah atau pipa penghantar panas. Dalam industri minyak dan gas, sistem pendingin memainkan peran krusial dalam menjaga suhu optimal peralatan dan proses. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah *air fan cooler*, yang berfungsi untuk menurunkan suhu fluida proses melalui pertukaran panas dengan udara. Kinerja optimal dari *air fan cooler* sangat bergantung pada desain, pemeliharaan, dan kondisi operasionalnya. *Heat exchanger* tipe *shell and tube* pada unit kilang memiliki efisiensi tinggi ketika kondisi operasi dan kebersihan permukaan perpindahan panas terjaga. Penurunan efisiensi terjadi akibat *fouling* yang meningkatkan hambatan perpindahan panas. Secara keseluruhan, perawatan rutin diperlukan untuk mempertahankan kinerja *heat exchanger*. (Walhawanadana & Amrullah, 2022a)

2.1.2 Jenis-jenis Heat Exchanger

Heat Exchanger (HE) atau Penukar Kalor adalah peralatan yang berfungsi untuk menukarkan energi panas (Q) dari fluida yang bertemperatur tinggi (T_h) ke fluida yang bertemperatur rendah (T_c) melalui kontak yang tidak langsung / tertutup. Contohnya : Kondensor, *Evaporator*, *Radiator*, *Reheater*, *Boiler*, *Economizer*, *Air heater*, dsb. Secara skematik dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini. :



Heat Exchanger

Gambar 2.1 Ilustrasi *Heat Exchanger*

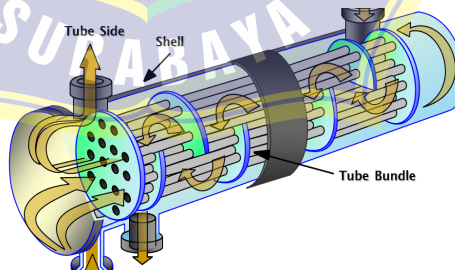
Sumber :

https://id.wikipedia.org/wiki/Penukar_panas

Dalam industri *oil and gas*, terdapat beberapa jenis *heat exchanger* yang umum digunakan, di antaranya:

1. *Shell and Tube Heat Exchanger*

Merupakan jenis yang paling umum digunakan di industri perminyakan dan petrokimia. Terdiri dari sejumlah pipa kecil (*tube*) yang diletakkan dalam sebuah tabung besar (*shell*). Salah satu fluida mengalir melalui *tube*, sedangkan fluida lainnya mengalir melalui ruang antar *shell* dan *tube*.



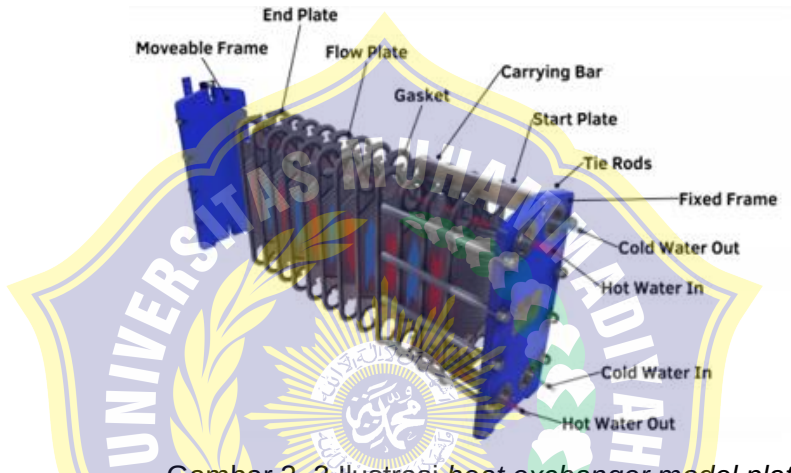
Gambar 2.2 Ilustrasi Shell and tube

Sumber: API Standard 660,

2015, <https://blog.unggulpp.com/7-komponen-penting-shell-and-tube-heat-exchanger-manufacturers>)

2. Plate Heat Exchanger

Menggunakan pelat tipis yang disusun sejajar sebagai media perpindahan panas. Meskipun lebih efisien dalam perpindahan panas, jenis ini lebih sering digunakan pada fluida dengan tekanan dan temperatur yang lebih rendah.



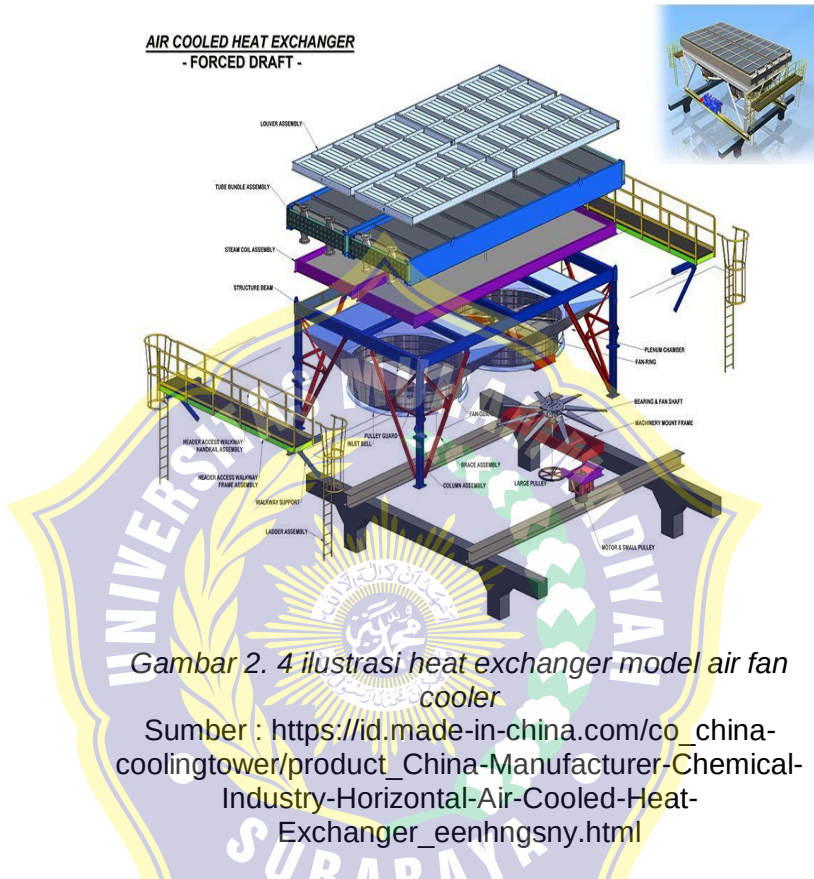
Gambar 2. 3 Ilustrasi *heat exchanger model plate*

Sumber : <https://id.ygcladmetal.com/info/what-is-the-difference-between-brazed-plate-he-99450615.html>

3. Air Fan cooler (AFC)

Air fan cooler Menggunakan udara sebagai media pendingin. Umum dipakai di kilang minyak (*refinery*) di mana penggunaan air terbatas. Biasanya menggunakan fan untuk memaksa udara melewati permukaan tube.

AIR COOLED HEAT EXCHANGER
-FORCED DRAFT -

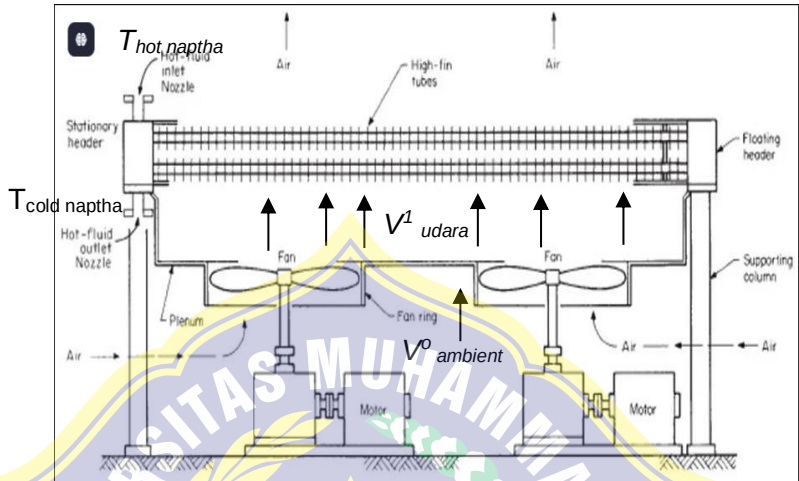


Gambar 2. 4 ilustrasi heat exchanger model air fan cooler

Sumber : https://id.made-in-china.com/co_china-coolingtower/product_China-Manufacturer-Chemical-Industry-Horizontal-Air-Cooled-Heat-Exchanger_eenhngsny.html

2.2 Prinsip Kerja Heat Exchanger Air Fan Cooler

Prinsip kerja *heat exchanger* secara umum berdasarkan hukum termodinamika, khususnya hukum pertama termodinamika tentang konservasi energi. Panas berpindah dari fluida bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah hingga tercapai keseimbangan suhu. Perpindahan panas dapat terjadi melalui konduksi (melalui dinding tube), konveksi (antar fluida), dan radiasi (dalam kondisi tertentu).



Gambar 2. 5 Prinsip kerja air fan cooler

Sumber: <https://i0.wp.com/www.altexinc.com/wp-content/uploads/2022/04/induced-draft-air-coolers.jpg?fit=889,447&ssl=1>

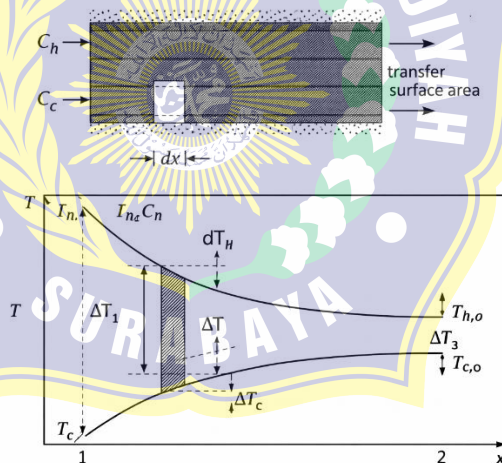
Prinsip kerja air fan cooler di PT TPPI :

- 1) Fluida panas ($T_{hot\ naptha}$) (biasanya hasil reaksi dari unit proses seperti *reformer*, *distillation*, atau *hydrocracker*) masuk ke dalam pipa AFC dan mengalir melalui *bundle tubes*.
- 2) Kipas mengisap udara (laju alir udara setelah fan m^1_{udara}) dari lingkungan dan meniupkannya melewati sirip (*fin*) pipa.
- 3) Udara *ambiant* (laju alir udara *ambiant* $m^o_{ambiant}$) yang lebih dingin menyerap panas dari dinding pipa dan sirip logam, sehingga panas berpindah dari fluida ke udara.
- 4) Udara yang telah panas akan keluar ke atmosfer, sementara fluida dalam pipa menjadi lebih dingin, lalu keluar ke *downstream system*.

2.3 Laju perpindahan panas

Laju perpindahan panas adalah jumlah energi panas yang berpindah dari suatu media ke media lain per satuan waktu. Laju perpindahan panas pada *heat exchanger* dapat dihitung menggunakan persamaan dasar perpindahan panas $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$ di mana koefisien perpindahan panas menyeluruh, luas permukaan, dan perbedaan temperatur logaritmik menjadi faktor utama. Secara keseluruhan, rumus ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja termal *heat exchanger* dalam kondisi operasi nyata. (Incropera & DeWitt, 1996).

Distribusi temperatur fluida panas dan dingin yang berhubungan dengan penukar kalor sangat tergantung pada konfigurasi aliran fluida. Untuk aliran paralel, distribusi temperatur penukar kalornya digambarkan seperti berikut.



Gambar 2. 6 Distribusi temperatur penukar kalor dengan aliran fluida paralel

Beda temperatur mula-mula adalah besar kemudian turun tajam dengan pertambahan x . Tetapi perlu diingat,

untuk kondisi aliran paralel, temperatur keluar dari fluida dingin tidak pernah melebihi temperatur fluida panas.

Asumsi yang digunakan dalam kasus di atas adalah:

1. Penukar kalor diinsulir atau diisolasi dari sekelilingnya sehingga tidak ada panas yang hilang karenanya.
2. Kondisi aksial memanjang pada pipa diabaikan.
3. Perubahan energi potensial dan kinetik diabaikan
4. Panas spesifik fluida adalah konstan.

Koefisien perpindahan panas keseluruhan adalah konstan

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \quad 2.1$$

$$Q = U \cdot A \cdot \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} \quad 2.1.1$$

$$\text{dimana : } \Delta T_2 = (T_{h,o} - T_{c,o}), \Delta T_1 = (T_{h,i} - T_{c,i})$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = -\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad 2.1.2$$

Keterangan :

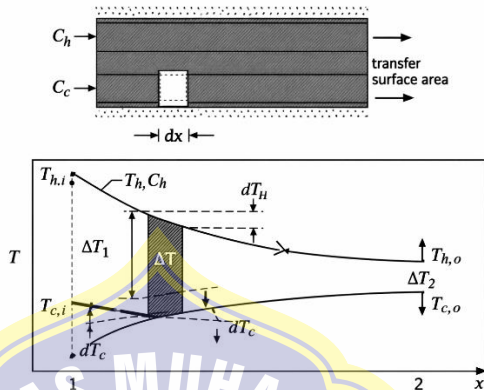
Q = laju perpindahan panas (W)

U = overall heat transfer coefficient ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)

A = luas permukaan perpindahan panas (m^2)

ΔT_{lm} = log mean temperature difference (LMTD) (K)

Sedangkan untuk penukar kalor aliran berlawanan ditunjukkan seperti pada gambar 2.5 berikut yang mana terlihat bahwa distribusinya sangat berbeda dengan jenis aliran paralel.



Gambar 2. 7 Distribusi temperatur penukar kalor dengan aliran fluida berlawanan

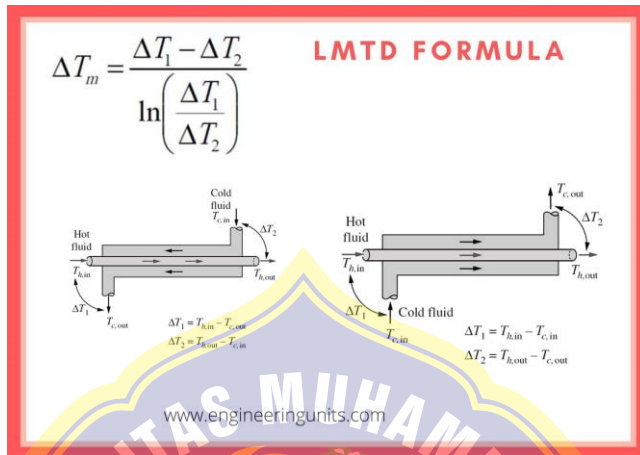
Dengan cara analisis yang sama dengan penukar kalor aliran paralel, maka besarnya laju perpindahan panas total pada penukar kalor aliran berlawanan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q = U.A \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} \quad 2.2$$

$$\Delta T_2 = (T_{h,2} - T_{c,2}) = (T_{h,o} - T_{c,i}), \quad 2.2.1$$

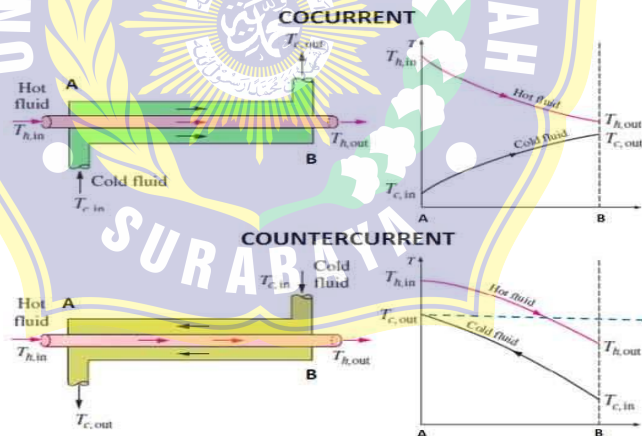
$$\Delta T_1 = (T_{h,1} - T_{c,1}) = (T_{h,i} - T_{c,o}) \quad 2.2.2$$

$$\text{dan } \Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad 2.2.3$$



Gambar 2. 8 LMTD formula

Sumber: <https://www.engineeringunits.com/wp-content/uploads/2019/07/LMTD-Formula.png>



Gambar 2. 9 Jenis jenis LMTD

Sumber: <https://www.engineeringunits.com/wp-content/uploads/2019/07/LMTD-Formula.png>

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_o} \quad 2.3$$

Keterangan :

U = overall heat transfer coefficient ($W/m^2 \cdot K$)

h_i = koefisien konveksi fluida di dalam pipa ($W/m^2 \cdot K$)

k = konduktivitas termal material pipa ($W/m \cdot K$)

h_o = koefisien konveksi udara di luar pipa ($W/m^2 \cdot K$, dipengaruhi fan)

δ = tebal pipa (m)

2.3.1 Nilai U

U adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan U menyatakan kemampuan total permukaan perpindahan panas (pipa + sirip fin) untuk memindahkan panas dari fluida proses ke udara.

Air-Cooled Heat Exchangers (ACHE) berdasarkan konsep umum yang dijelaskan dalam John H. Lienhard & J.H. Lienhard dalam bukunya *A Heat Transfer Textbook 2019* yaitu angka tipikal U untuk *Air-Cooled Heat Exchangers*

John H. Lienhard & J.H. Lienhard dalam bukunya *A Heat Transfer Textbook 2019* memberikan range nilai U yang umum dipakai dalam desain awal fin tube standard dengan udara alami nilai koefisien U Adalah rentang $10-20 W/m^2 \cdot K$.

Tabel 2. 1 Nilai U

Kondisi ϕ	V udara	U ($W/m^2 \cdot K$)
10°	10,96 m/s	12
14°	13,07 m/s	16

1. Kapasitas panas fluida

Kapasitas panas fluida adalah kemampuan fluida menyerap / melepaskan panas per satuan kenaikan suhu.

$$C = m \cdot C_p \quad 2.4$$

Keterangan :

m = laju alir fluida (kg/s)

C_p = Kalor jenis naphta (J/kg.K)

2.3.2 Produk UA (Kapasitas Perpindahan Panas Alat)

UA adalah kemampuan geometrik dan material *heat exchanger* untuk memindahkan panas

$$UA = U \times A_{total} \quad 2.5$$

Keterangan:

U = koefisien panas (W/m².K)

A = luas perpindahan panas (m²)

1. *Number of Transfer Unit* (NTU)

Metode NTU dan metode LMTD menghasilkan nilai laju perpindahan panas yang sama, namun menggunakan pendekatan yang berbeda.

Metode LMTD lebih sesuai digunakan pada kondisi desain ketika temperatur inlet dan outlet diketahui, sedangkan metode NTU lebih efektif digunakan pada analisis performa aktual ketika temperatur outlet belum diketahui.

Pada penelitian ini, metode NTU digunakan untuk menentukan temperatur outlet terlebih dahulu, kemudian nilai tersebut digunakan untuk memverifikasi laju perpindahan panas dengan metode LMTD. Hasil yang diperoleh menunjukkan konsistensi antara kedua metode, sehingga validitas perhitungan dapat dipertanggungjawabkan.

• Metode LMTD

$$Q = U.A \cdot \Delta T_{lm} \quad 2.6$$

• Metode NTU

$$Q = \varepsilon \cdot C_{min} (T_{hin} - T_{cin}) \quad 2.6.1$$

$$\bullet Q_{LMTD} = Q_{NTU}$$

$$UA \cdot \Delta T_{lm} = \varepsilon \cdot C_{min} (T_{hin} - T_{cin}) \quad 2.6.2$$

NTU adalah ukuran kemampuan *heat exchanger* dibandingkan dengan kemampuan fluida membawa panas

$$NTU = \frac{UA}{m.C} \quad 2.7$$

Keterangan :

UA = Kapasitas Perpindahan Panas Alat

C_p = Kapasitas panas fluida

2. Efektifitas *Heat Exchanger*

Efektifitas *Heat Exchanger* adalah persentase potensi maksimum perpindahan panas yang berhasil dicapai.

$$\varepsilon = 1 - e^{(-NTU)} \quad 2.8$$

Keterangan :

Air fan cooler industri umumnya memiliki:

$$0.4 \leq \varepsilon \leq 0.750$$

2.3.3 *Fin efficiency* (η_f)

Fin efficiency (η_f) adalah ukuran seberapa efektif sirip (fin) pada *heat exchanger* dalam meningkatkan laju perpindahan panas dibandingkan dengan jika seluruh sirip berada pada temperatur dasar (*base temperature*). Literatur ACHE (API-661 & Kays & London) menyebut efisiensi fin rata-rata 0,70–0,85. Untuk fin tabung baja nilainya $\eta_f = 0,75$

Dengan kata lain, η_f menunjukkan perbandingan antara panas yang benar-benar dilepas sirip dengan panas maksimum yang bisa dilepas jika seluruh sirip memiliki temperatur dasar yang sama dengan permukaan kontakannya. Efisiensi sirip merupakan parameter penting dalam mengevaluasi performa *heat*

exchanger berpendingin udara karena sirip memperbesar area efektif perpindahan panas.(Jurnal et al., 2025)

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL)}{mL} \quad 2.9$$

$$m = \sqrt{\frac{2ho}{kft}} \quad 2.10$$

Keterangan :

- η_f = efisiensi sirip
- L = Panjang sirip(m)
- ho = koefisien konveksi udara (W/m²·K)
- t = Tebal sirip (m)
- kf = konduktivitas termal (W/m·K)
- m = konstanta sirip

2.3.4 Keseimbangan energi fluida

Fluida panas (naphta) masuk ke pipa dengan energi termal. Selama melewati pipa ber-fin, energi panas dilepaskan ke udara melalui dinding pipa. Besarnya panas yang dilepaskan fluida sama dengan panas yang diserap udara. Itulah yang disebut keseimbangan energi fluida.

$$Q_h = Q_c \quad 2.11$$

$$Q_h = \dot{m}_h \cdot C_{ph} \cdot (T_{h1} - T_{h2})$$

$$Q_c = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \cdot (T_{c1} - T_{c2})$$

Keterangan :

- $\dot{m}_h$ = laju massa fluida panas (kg/s)
- $\dot{m}_c$ = laju massa fluida dingin (kg/s)
- C_{ph}/C_{pc} = kapasitas panas spesifik fluida (J/kg·K)
- T_{h1} = Temperature inlet fluida panas (°K)
- T_{h2} = Temperature outlet fluida panas (°K)
- T_{c1} = Temperature inlet fluida pendingin (°K)

- T_{c2} = Temperature outlet fluida pendinginn ($^{\circ}\text{K}$)

2.4 Bagian bagian AFC

1) Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak putar (rotasi) atau gerak lurus (translasi). Motor listrik bekerja berdasarkan prinsip gaya elektromagnetik, yaitu ketika arus listrik mengalir melalui kumparan dalam medan magnet, maka timbul gaya yang menyebabkan rotor berputar. Motor listrik merupakan mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui interaksi medan magnet dan arus listrik. Kinerja motor listrik dipengaruhi oleh tegangan, arus, faktor daya, dan rugi-rugi daya. Secara keseluruhan, motor listrik dirancang untuk menghasilkan torsi dan daya mekanik secara efisien. (Rongcai et al., n.d.)

Air fan cooler di TPPI menggunakan motor listrik AC 3 fasa. Motor listrik AC 3 fasa adalah motor yang menggunakan sumber listrik arus bolak-balik tiga fasa (*3-phase AC power*).

Motor Listrik yang digunakan dalam system AFC di PT TPPI adalah motor Listrik dengan tipe 3 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a) Khususnya di unit 201 motor Listrik mempunyai daya 22 kw
- b) Dengan jumlah putaran/menit 1500 rpm
- c) Nominal *current* maksimal 45 A



Gambar 2. 10 ilustrasi motor air fan cooler 3 phasa
 Sumber : <https://www.teknikmart.com/hitachi-tfo-k-5-hp-3-phase-4-pole-elektro-motor-dinamo.html>

2) Pulley

Pulley adalah komponen mekanik berbentuk roda yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga mekanik dari motor penggerak ke kipas (fan) melalui sabuk (*belt*). Pada sistem *Air Fan Cooler*, *pulley* memainkan peran penting dalam mengatur kecepatan putaran kipas dan mentransfer daya secara efisien. Untuk *pulley* di *afc* ada jenis yaitu *pulley* sebagai motor atau penggerak dan *pulley* sebagai *stator* atau yang digerakkan. Perhitungan ukuran *pulley* dan *V-belt* sangat penting dalam sistem transmisi mesin pencacah karena mempengaruhi torsi yang ditransmisikan dan kecepatan keluaran. Analisis yang akurat menghasilkan ukuran *pulley* optimum untuk efisiensi transmisi daya. Secara keseluruhan, perancangan pulsa (*pulley*) menentukan efektivitas dan kinerja sistem transmisi mekanik. (Mahmudi, 2021)

a) Pulley Driven

Pulley Driven atau *pulley* yang digerakkan adalah *pulley* yang menerima putaran dari *pulley* motor / *pulley* penggerak (*driving pulley*) melalui sabuk (*v-belt*), dan digunakan untuk

menggerakkan beban fan berbahan *carbon steel* dengan dimensi 1250 mm x 75 mm kemudian disambungkan ke *pulley* motor dengan *v belt* 5v1900.

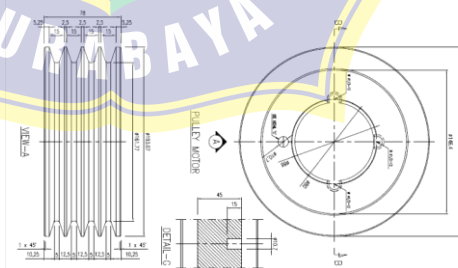


Gambar 2. 11 Pulley driven

Sumber : <https://gatehousesupplies.com/07-k17-2001-pulley-8/>

b) *Pulley driving*

Pulley driving atau *pulley motor* adalah *pulley* yang terhubung langsung ke sumber tenaga - biasanya poros motor listrik - dan berfungsi menggerakkan sabuk untuk memutar *pulley* lainnya (*driven pulley*). *Pulley driving* berbahan *Carbon steel* S45C dengan dimensi 195 mm x 78mm.



Gambar 2. 12 Pulley motor

3) Van Belt

V-belt (*sabuk-V*) adalah sabuk transmisi daya berbentuk penampang huruf “V” yang digunakan untuk menyalurkan putaran dan tenaga dari *pulley* penggerak (*driving pulley*) ke *pulley* yang digerakkan (*driven pulley*). Van belt atau biasa disebut Vbelt digunakan untuk menyambungkan *pulley motor* ke *pulley stator* untuk spesifikasi yang digunakan di AFC PT TPPI adalah merk bando 5V 1900

- a) Lebar atas (*top width*): 5/8 inch = ~16 mm
- b) Tinggi (*depth*): sekitar 14 mm
- c) Panjang sabuk: 1900 mm



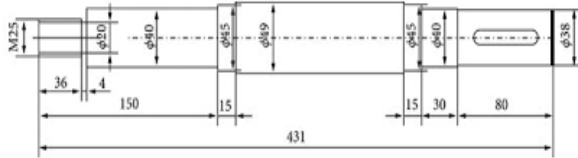
Gambar 2. 13 V belt

Sumber:

https://www.bandousa.com/media/uploads/0/114_BUI-1009_Industrial-Power-Transmission-Products-catalog-Vol-2_9-17.pdf

4) Shaft

Shaft = poros pemutar yang mentransmisikan daya & torsi antara bagian-bagian mesin. *Shaft* merupakan komponen tempat *bearing* dan *pulley stator* duduk dengan material s45c . *Shaft* Berfungsi sebagai penerus gaya putar yang dihasilkan oleh motor listrik



Gambar 2. 14 Shaft

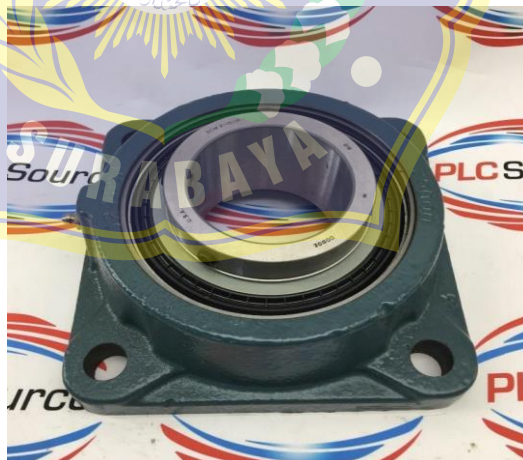
Sumber :

<https://www.tradeindia.com/products/coolar-shaft-c5630527.html>

5) *Bearing*

Bearing adalah komponen mekanik yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua bagian yang bergerak relatif satu sama lain, biasanya antara poros (*shaft*) dan komponen lain seperti rumah (*housing*), roda gigi, atau *casing*. *Bearing* di AFC PT TPPI mempunyai 2 bagan *bearing upper* dan *bearing lower* dengan spesifikasi:

- Merk *dodge flange block bearing 2 15/16* “



Gambar 2. 15 Dodge Flange block bearing

Sumber : <https://www.rs-online.id/p/4-bolt-flange-bearing-unit-50mm/>

6) *Fan*

Fan adalah sirip yang meneruskan gaya sentrifugal yang didapatkan dari motor sehingga menimbulkan hembusan angin untuk mendinginkan fluida yang ada di dalam *tube* dengan dimensi :

Diameter *fan* = 4300 mm

Material = Aluminium



Gambar 2. 16 Aktual *fan*

Persamaan perhitungan dasar dan geometri :

1) Putaran *fan* sama dengan putaran *pulley stator*

- $n_{fan} = rpm \text{ motor} \times \frac{D_{pulley \text{ motor}}}{D_{pulley \text{ stator}}} \quad 2.12$
- $n_{fan} = 1500 \times \frac{195}{1250} = 234 \text{ rpm}$

2) Kecepatan linear ujung *blade*

$$v_{tip} = \pi \cdot D \cdot \frac{n}{60} \quad 2.13$$

Keterangan

 D = diameter kipas(m) n = Putaran kipas (rpm)3) Kecepatan aksial kira-kira proporsional dengan komponen $\sin(\text{sudut})$ dari *tip speed*:

$$V = K v_{tip} \sin \phi \quad 2.14$$

Keterangan

 V = Kecepatan angin ketika *running* K = Konstanta v_{tip} = kecepatan ujung *blade* ϕ = sudut *fan* terhadap garis linear4) Area sapuan *blade*

$$A = \pi r^2 \quad 2.15$$

5) Massa jenis udara $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 7) *TUBE*

Sisi tube adalah bagian dari *heat exchanger* di mana fluida proses (cairan atau gas) mengalir di dalam pipa (tube). Distudi ini P & ID menunjukkan penurunan suhu dari 108°C Ke 61°C

Dimensi *tube* adalah :

$$L_{tube} \text{ u shape} = 20 \text{ m}$$

$$D_{in \text{ tube}} = 30 \text{ mm}$$

$$D_{out \text{ tube}} = 32 \text{ mm}$$

$$D_{fin \text{ in}} = 32 \text{ mm}$$

$$D_{fin \text{ out}} = 44 \text{ mm}$$



Gambar 2. 17 Tampak Atas HE AFC



Gambar 2. 18 Ilustrasi tube dan fin

Sumber :

<https://www.ptmetalindoengineering.com/product/fin-tube-material-heat-exchanger-p1405887.aspx>

Rumus perhitungan dasar dan geometri :

1) Luas pipa

$$A_{tube} = \pi \cdot D \cdot L \quad 2.16$$

Keterangan :

D = Diameter pipa *tube*

L = Panjang pipa *tube*

2) Luas fin anulus

$$A_{fin/pcs} = \frac{\pi(D_{out}^2 - D_{in}^2)}{4} \quad 2.15$$

Keterangan :

D_{out} = Diameter luar fin

D_{in} = Diameter dalam fin

3) Total luas fin

$$A_{total} = A_{fin/pcs} \times n_{fin} \quad 2.16$$

Keterangan :

$A_{fin/pcs}$ = Luas fin anulus

n_{fin} = Jumlah fin

4) Efisiensi fin

$$\eta = 0,75$$

$$A_{fin,eff} = A_{total} \times \eta \quad 2.17$$

5) Total luas perpindahan panas

$$A_{Total} = A_{tube} + A_{finn} \quad 2.18$$

2.4.1 Aplikasi *Heat Exchanger* di Industri Oil dan Gas

Dalam industri *oil* dan gas, *heat exchanger* memiliki peran penting dalam berbagai proses, seperti:

- *Pre-heating* bahan baku sebelum masuk reaktor.
- *Cooling* produk hasil reaksi kimia sebelum proses lanjutan.
- *Condensing* uap menjadi cairan dalam unit distilasi.

- *Recuperating* panas dari fluida buangan untuk efisiensi energi.

(Walhawanadana & Amrullah, 2022b), efisiensi kerja sistem pemanas dan pendingin sangat bergantung pada desain dan pemeliharaan *heat exchanger*. Oleh karena itu, pemilihan tipe, material, dan konfigurasi sangat penting untuk menjamin performa sistem.

2.5 Permasalahan Umum pada *Heat Exchanger*

Beberapa permasalahan yang sering terjadi pada *heat exchanger* di industri oil and gas antara lain:

- 1) *Fouling* (pengendapan kotoran atau kerak) yang menurunkan efisiensi perpindahan panas.
- 2) *Corrosion* (korosi) pada pipa akibat fluida kimia.
- 3) *Leakage* (kebocoran) antar fluida karena kerusakan pada material pemisah.
- 4) *Thermal fatigue* akibat perbedaan suhu ekstrem secara terus menerus.
- 5) *Vibration* khusus untuk model air fan cooler jenis ini sangat bergantung terhadap komponen komponen yang bergerak secara sentrifugal. Ada pun seperti contoh bearing shaft pulley dan motor Listrik sebagai penggeraknya

Untuk menghindari kerusakan tersebut, dilakukan program *preventive maintenance* seperti pembersihan berkala, inspeksi *NDT* (*non-destructive testing*).