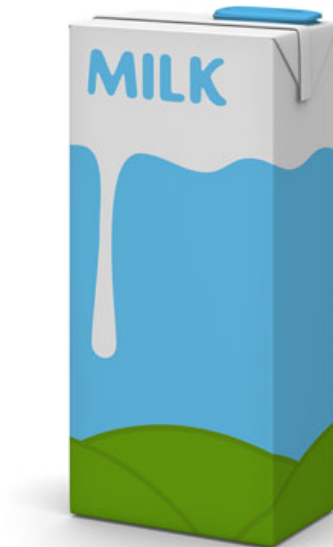


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

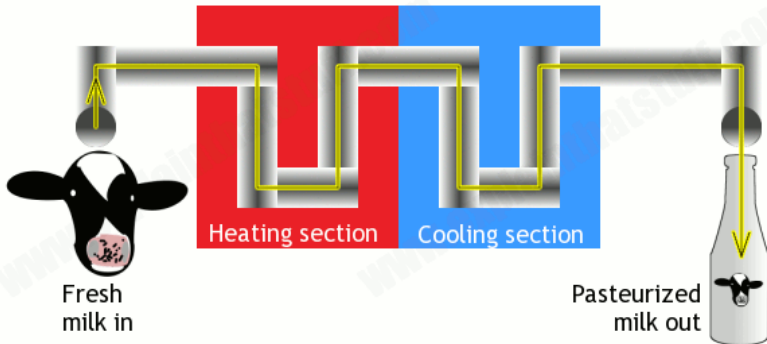
2.1 Pengolahan Air Susu

Banyak ragam air susu yang kita temui di sekitar kita. Mulai dari air susu bubuk, air susu kental manis, air susu pasteurize, air susu UHT, dan air susu fermentasi. Untuk membuat beragam air susu ini juga beragam pula caranya. Air susu pasteurize adalah air susu yang diproses dengan pasteurisasi untuk menjaga nilai gizi pada air susu tidak hilang terlalu banyak seperti jenis air susu yang lain. Akan tetapi air susu jenis ini memiliki kelemahan pada daya tahannya. Air susu jenis ini tidak akan tahan lebih dari 2 minggu meskipun dimasukkan ke lemari pendingin. Untuk itulah dikembangkan air susu UHT yang merupakan air susu pasteurize yang telah dikembangkan sedikit.



Gambar 2.1.: Air susu Dalam Kemasan

Pasteurisasi pada dasarnya proses pemanasan dan pendinginan. Proses pemanasan dilakukan untuk membunuh bakteri pada air susu dan proses pendinginan dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. Pemanasan dan pendinginan pada air susu biasanya dilakukan di alat penukar panas atau *heat exchanger* bertipe plat.



Gambar 2.2.: Pasteurisasi

Adapun jenis air susu yang lain pada dasarnya hamper sama dengan pasteurisasi yang juga mengalami pemanasan, akan tetapi sedikit terdapat perlakuan setelah pemanasan tersebut. Air susu bubuk setelah dipanaskan akan dicampurkan dengan bahan tambahan seperti pewarna ataupun penambah rasa untuk selanjutnya dikeringkan. Sedangkan air susu kental manis mengalami proses evaporasi setelah penambahan bahan tertentu, seperti gula dan bubuk skim yang bertujuan meningkatkan kepadatan, untuk mengurangi kadar air pada air susu.

Proses pengolahan air susu:

1. Air susu dari peternak dimasukkan ke tangki penyimpanan sementara untuk dijaga suhunya sekitar 4°C.
2. Air susu dipanaskan bertahap dan dimasukkan ke strainer untuk disaring.
3. Setelah disaring, air susu di masukkan ke homogenizer. Alat ini berfungsi untuk memecah lemak air susu yang

menggumpal dan mencampurnya pada air susu agar lebih gurih.

4. Air susu selanjutnya dipanaskan sampai suhu 75°C untuk air susu pasteurize dan $120\text{-}140^{\circ}\text{C}$ untuk air susu UHT. Hal ini bertujuan untuk membunuh bakteri yang dapat membuat air susu cepat rusak.
5. Air susu dialirkan ke coil untuk menjaga suhu pemanasan selama 15 detik untuk air susu pasteurize dan 2 detik untuk air susu UHT.
6. Air susu didinginkan ke suhu 2°C agar tahan lama.

2.2 Ice Bank

Ice bank atau bank es adalah sebuah kolam air pendingin dengan dinding berinsulasi. Di dalamnya terdapat air yang didinginkan terus menerus dengan koil pendingin yang dialirkan dengan kompresor. Disebut bank es karena es dapat terbentuk di permukaan air dan sekitar koil pendingin ketika beban pendinginan tidak tinggi.



Gambar 2.3.: Ice Bank

Terdapat 3 tahapan utama dalam sistem ice bank. Tahap pertama disebut dengan *charge cycle* (tahap

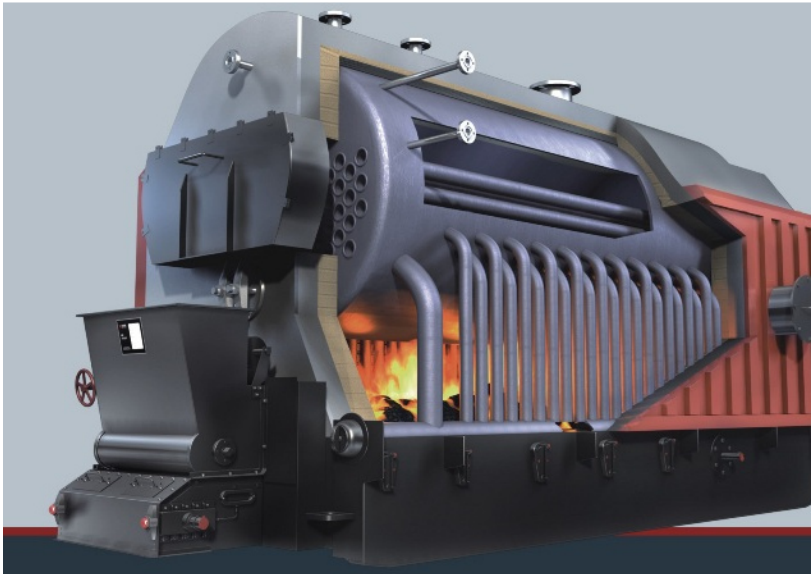
pembekuan), tahap kedua dinamakan *discharge cycle* (tahap pelelehan es) dan diakhiri dengan *bypass cycle*. Pada tahap charge, chiller akan mendinginkan cairan (biasanya mengandung 25 % ethylene atau propylen glycol) kemudian disirkulasikan ke heat exchanger yang berupa koil yang terletak didalam tanki Ice bank. Cairan yang masuk ke heat exchanger tersebut memiliki suhu di bawah 0°C sehingga mampu membekukan air yang berada disekitar heat exchanger. Saat beban puncak, Ice Bank akan memulai proses discharge. Es akan meleleh untuk membantu kerja ice bank. Setelah semua padatan es di ice bank telah habis, maka chiller akan memulai siklus baru yang disebut dengan *bypass cycle*. Chiller mendinginkan fluida dan langsung mengalirkannya ke koil Untuk mengantisipasi pendinginan yang cepat dan tidak merata pada seluruh isi tangki, setiap tangki dilengkapi dengan setidaknya satu agitator.

2.3 Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Uap yang dihasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang umum digunakan pada industry kecil dan menengah adalah tipe water tube boiler.

Pada water tube boiler, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus boiler untuk

pembangkit tenaga. Water tube boiler yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak water tube boilers yang dikonstruksi secara *compact* jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas.

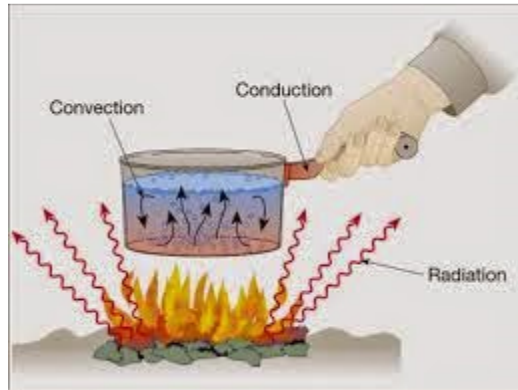


Gambar 2.4.: Water Tube Boiler

Untuk water tube yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.

2.4 Konsep Perpindahan Panas

Perpindahan panas jamak ditemui di kehidupan sehari-hari. Dalam fisika kalor atau panas di definisikan sebagai suatu bentuk energi yang dapat mengalir dari benda bertemperatur tinggi menuju benda bertemperatur lebih rendah. Perpindahan kalor ada tiga cara yaitu dengan pancaran atau radiasi, dengan hantaran atau konduksi, maupun dengan aliran atau konveksi.



Gambar 2.5.: Perpindahan Panas Pada Panci

Perpindahan panas yang terjadi pada HE hanya ada 2 jenis, yaitu konduksi dan radiasi:

2.4.1 Konduksi

Merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antar yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik. Molekul-molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan molekul-molekul benda yang berada dalam keadaan dingin. Getaran-getaran yang cepat ini, tenaganya dilimpahkan kepada molekul di sekelilingnya sehingga menyebabkan getaran yang lebih cepat maka akan memberikan panas.

Daya hantar panas konduksi (k) tiap zat berbeda-beda. Daya hantar tinggi disebut penghantar panas (konduktor panas) dan yang rendah adalah penyekat panas (isolator panas).

$$\frac{Q}{t} = \frac{k}{x} \times A \times \Delta T$$

Keterangan:

Q/t : Laju perpindahan panas (J/s)

k	: Koefisien konduktifitas material	(J/m.°C)
x	: Tebal material	(m)
A	: Luas permukaan material	(m ²)
ΔT	: Perubahan suhu	(°C)

2.4.2 Konveksi

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Panas dipindahkan oleh molekul-molekul yang bergerak (mengalir). Oleh karena adanya dorongan bergerak, kecepatan gerakan (aliran) memegang peranan penting. Konveksi hanya terjadi pada fluida.

$$Q = h \times A \times \Delta T$$

Keterangan:

Q/t	: Laju perpindahan panas	(J/s)
h	: Koefisien konveksi fluida	(J/m ² .°C)
A	: Luas permukaan material	(m ²)
ΔT	: Perubahan suhu	(°C)

2.5 Alat Penukar Panas

Alat penukar panas atau yang sering disebut *Heat Exchanger* adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*superheated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat

penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

Kemampuan untuk menerima panas dipengaruhi beberapa hal di bawah ini:

- Koefisien menyeluruh perpindahan panas (U)
Menyatakan mudah atau tidaknya panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin dan juga menyatakan aliran panas menyeluruh sebagai gabungan proses konduksi dan konveksi.
- Luas bidang yang tegak lurus terhadap arah perpindahan panas.
Karena luas perpindahan panas tidak konstan, sehingga dalam praktek dipilih luas perpindahan panas berdasarkan luas dinding bagian luar.
- Log Mean Temperature Differential (ΔT_m).
LMTD adalah perbedaan temperatur yang dipukul rata-rata setiap bagian HE. Karena perbedaan temperatur di setiap bagian HE tidak sama.
- Fouling Factor (R_d)
Fouling adalah peristiwa terakumulasinya padatan yang tidak dikehendaki di permukaan Heat Exchanger yang berkontak dengan fluida kerja, termasuk permukaan heat transfer. Peristiwa tersebut adalah pengendapan, pergerakan, korosi, polimerisasi dan proses biologi. Fouling dapat mengurangi efektifitas perpindahan panas dari HE.
- Pressure Drop
Pressure drop terjadi karena pembelokan aliran pada HE. Pembelokan aliran ini sendiri dilakukan agar perpindahan panas lebih efektif karena aliran fluida pada HE mengalami turbulensi. Dalam pemilihan spesifikasi HE, hendaknya dipertimbangkan pressure drop ini agar tidak terlalu membutuhkan pompa yang terlalu besar.

$$Q = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

Keterangan:

Q	: Perpindahan panas	(J)
m	: Massa fluida	(kg)
C _p	: Kalor jenis fluida	(J/kg. °C)
T ₂ - T ₁	: Perubahan temperature	(°C)

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

Keterangan:

ΔT _m	: Log Mean Differential Temperature	(°C)
T ₁	: Inlet fluida panas	(°C)
T ₂	: Outlet fluida panas	(°C)
t ₁	: Inlet fluida dingin	(°C)
t ₂	: Outlet fluida dingin	(°C)

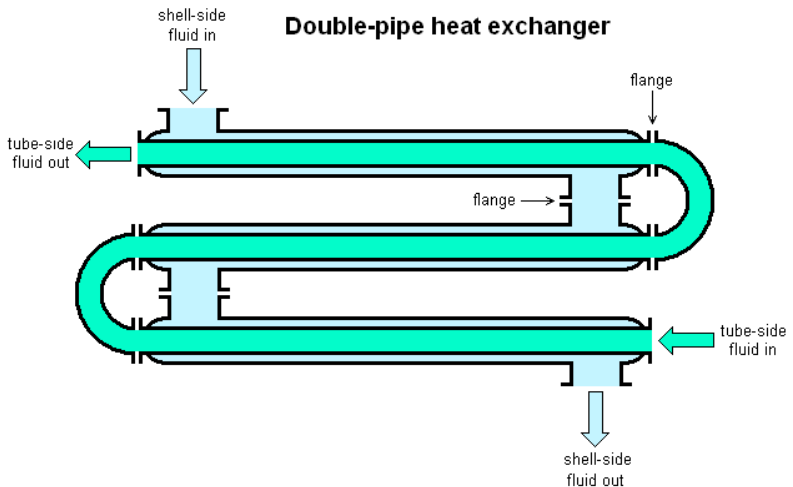
$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_m}$$

Keterangan:

A	: Luas permukaan HE yang dibutuhkan	(m ²)
Q	: Perpindahan panas	(J)
U	: Koefisien perpindahan panas	(J/m ² /°C)
ΔT _m	: Log Mean Diferrential Temperatur	(°C)

2.5.1 Double Pipe Heat Exchanger

DPHE adalah penukar panas tabung yang dirancang khusus untuk penanganan suhu dengan tingkat viskositas rendah sampai tinggi. Fluida atau produk yang mengandung partikel, bulir dan serat.



Gambar 2.6.: Double Pipe Exchanger

Langkah mendesain DPHE:

1. Tentukan *Heat Load*
2. Hitung ΔT_M
3. Hitung koefisien film/tebal tube
Pipa bagian dalam

$$D_e = D_i$$

$$A_f = \pi D_i^2/4$$

Annular Space

$$D_e = D_1 - D_o$$

$$A_f = \pi (D_1^2 - D_o^2)/4$$

Keterangan:

D_e : Equivalent diameter (m)

D_i : Diameter dalam pipa bagian dalam (m)

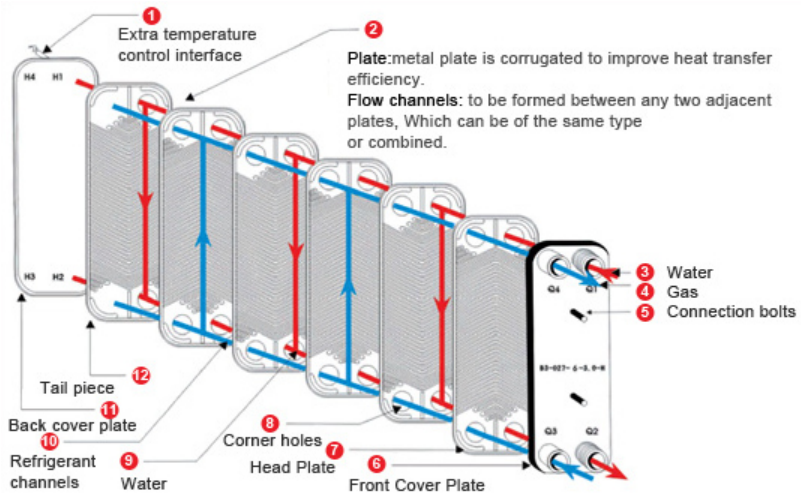
D_o : Diameter luar pipa bagian dalam (m)

D_1 : Diameter dalam pipa bagian luar (m)

4. Perkirakan temperatur dinding pipa
5. Hitung Koefisien perpindahan panas keseluruhan
6. Hitung pressure drop

2.5.2 Plate Heat Exchanger

Heat exchanger tipe ini menggunakan plat tipis sebagai komponen utamanya. Plat yang digunakan dapat berbentuk polos ataupun bergelombang sesuai dengan desain yang dikembangkan. Heat exchanger jenis ini tidak cocok untuk digunakan pada tekanan fluida kerja yang tinggi, dan juga pada diferensial temperatur fluida yang tinggi pula. Fluida mengalir diantara 2 plat yang diair susun berdempetan dan hanya dipisahkan oleh gasket atau disekat.



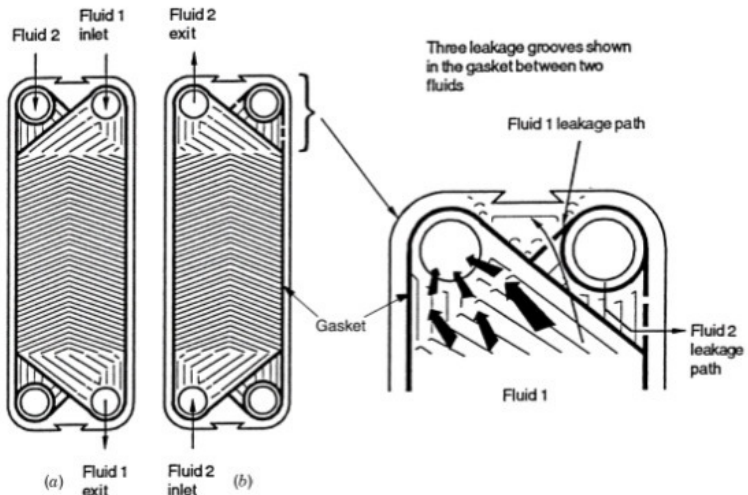
Gambar 2.7.: Air susunan PHE

Berikut adalah beberapa jenis heat exchanger tipe plat:

a. Gasketed PHE

Heat exchanger tipe plat dengan gasket. Heat exchanger tipe ini termasuk tipe yang banyak dipergunakan pada dunia industri, bisa digunakan sebagai pendingin air, pendingin oli, dan sebagainya. Prinsip kerjanya adalah aliran dua atau lebih fluida kerja diatur oleh adanya gasket-gasket

yang didesain sedemikian rupa sehingga masing-masing fluida dapat mengalir di plat-plat yang berbeda.



Gambar 2.8.: Gasketed Plate Heat Exchanger

b. Welded PHE

HE ini jauh lebih kuat dari jenis gasket karena menggunakan pengelasan sebagai pengganti gasket. Sehingga heat exchanger tipe ini lebih aman jika digunakan pada fluida kerja dengan temperatur maupun tekanan kerja tinggi. Hanya saja tentu heat exchanger tipe ini menjadi kehilangan kemampuan fleksibilitasnya dalam hal bongkar-pasang dan perawatan.

$$Re_d = \frac{U_m \times d}{\nu}$$

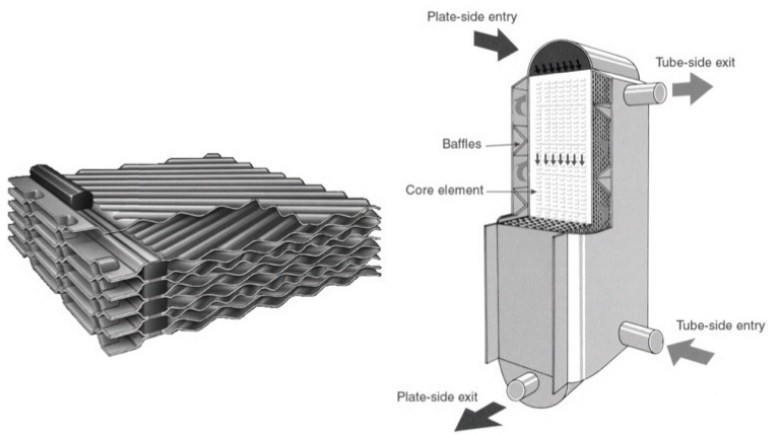
Keterangan:

Re_d : Angka Reynold

U_m : Kecepatan rata-rata fluida (m/s)

d : Diameter pipa atau jarak antar plate (m)

ν : Viskositas Fluida (Ns/m²)



Gambar 2.9.: Welded Plate Heat Exchanger

$$Nu = \frac{h \times L}{k}$$

Keterangan:

Nu : Angka Nusselt

h : Koefisien konveksi perpindahan panas (W/m²/°C)

L : Panjang efektif pipa (m)

$$Pr = \frac{cp \times v \times \rho}{k}$$

Keterangan:

Pr : Angka Prandlt

cp : Panas jenis fluida (J/kg/°C)

μ : Kekentalan dinamik fluida (Ns/m²)

k : Konduktifitas panas (W/m/°C)

$$h = \frac{cp \times Re \times k \times Pr^{0.33} \times \phi}{d}$$

Keterangan:

φ : Faktor koreksi viskositas

Halaman ini sengaja dikosongkan