

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengeringan

Pengeringan mempunyai pengertian yaitu aplikasi pemanasan melalui kondisi yang teratur, sehingga dapat menghilangkan sebagian besar air dalam suatu bahan dengan cara diuapkan. Penghilangan air dalam suatu bahan dengan cara pengeringan mempunyai satuan operasi yang berbeda dengan dehidrasi. Dehidrasi akan menurunkan aktivitas air yang terkandung dalam bahan dengan cara mengeluarkan atau menghilangkan air dalam jumlah lebih banyak, sehingga umur simpan bahan pangan menjadi lebih panjang atau lebih lama (Muarif, 2013).

2.1.1 Mekanisme Pengeringan

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Muarif, 2013).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah (Buckle et al, 1987):

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
2. Pengaturan susunan bahan pangan.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering.
4. Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan yaitu :
 - a. proses perpindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan,
 - b. proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas

melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

- a. Luaspermukaan
- b. Perbedaan suhu sekitar
- c. Kecepatan aliran udara
- d. Tekanan Udara

2.2 Jenis-Jenis Alat Pengering

Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan, *dryer* terdiri dari:

1. Pengering untuk Zat Padat dan Tapal

a. *Rotary Dryer* (Pengering Putar)

Pengering putar terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder yang berputar, horizontal atau gerak miring ke bawah ke arah keluar. Umpan masuk dari satu ujung silinder, bahan kering keluar dari ujung yang satu lagi.

b. *Screen Conveyor Dryer*

Lapisan bahan yang akan dikeringkan diangkut perlahan-lahan di atas logam melalui kamar atau terowongan pengering yang mempunyai kipas dan pemanas udara.

c. *Tower Dryer* (Pengering Menara)

Pengering menara terdiri dari sederetan talam bundar yang dipasang bersusun keatas pada suatu poros tengah yang berputar. Zat padat itu menempuh jalan seperti melalui pengering, sampai keluar sebagian hasil yang kering dari dasar menara.

d. *Screw Conveyor Dryer* (Pengering Konveyor Sekrup)

Pengering konveyor sekrup adalah suatu pengering kontinyu kalor tak langsung, yang pada pokoknya terdiri dari sebuah konveyor sekrup horizontal (konveyor dayung) yang terletak di dalam selongsong bermantel berbentuk silinder.

e) Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

Tray dryer atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas.

Ukuran yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200 cm² dan ada juga yang 400 cm². Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka lubangnya berukuran kecil. Pada alat pengering ini bahan selain ditempatkan langsung pada rak-rak dapat juga ditebarkan pada wadah lainnya misalnya pada baki dan nampan. Kemudian pada baki dan nampan ini disusun diatas rak yang ada di dalam pengering. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan juga kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu kemudian dialurkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas didalam alat pengering bisa dari atas ke bawah dan bisa juga dari bawah ke atas, sesuai dengan dengan ukuran bahan yang dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini maka letak kipas juga harus disesuaikan (Unari Taib, dkk, 2008).

2. Pengeringan Larutan dan Bubur

a. *Spray Dyer* (Pengering Semprot)

Pada *spray dryer*, bahan cair berpartikel kasar (*slurry*) dimasukkan lewat pipa saluran yang berputar dan disemprotkan ke dalam jalur yang berudara bersih, kering, dan panas dalam suatu tempat yang besar, kemudian produk yang telah kering dikumpulkan dalam filter kotak, dan siap untuk dikemas.

b. *Thin Film Dryer* (Pengering Film Tipis)

Saingan *Spray dryer* dalam beberapa penerapan tertentu adalah pengering film tipis yang dapat menangani zat padat maupun bubur dan

menghasilkan hasil padat yang kering dan bebas mengalir. Efisiensi termal pengering film tipis biasanya tinggi dan kehilangan zat padatnya pun kecil. Alat ini relatif lebih mahal dan luas permukaan perpindahan kalornya terbatas (UnairThaib, dkk).

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dibagi menjadi tiga cara yaitu konduksi (hantaran), konveksi, dan radiasi (sinaran).

Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Perpindahan panas secara konduksi tidak hanya terjadi pada padatan saja tetapi bisa juga terjadi pada cairan ataupun gas, hanya saja konduktivitas terbesar ada pada padatan. Jika media perpindahan panas konduksi berupa gas, molekul-molekul gas yang suhunya tinggi akan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi dari pada molekul gas yang suhunya lebih rendah (Luqman Buchori, 2004).

Perpindahan panas konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan kalor yang terjadi tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikel dalam zat itu, contoh : zat padat (logam) yang dipanaskan. Berdasarkan kemampuan kemudahannya menghantarkan kalor, zat dapat dibagi menjadi: konduktor yang mudah dalam menghantarkan kalor dan isolator yang lebih sulit dalam menghantarkan kalor. Contoh konduktor adalah aluminium, logam besi, dsb, sedangkan contoh isolator adalah plastik, kayu, kain, dll. Besar kalor yang mengalir per satuan waktu pada proses konduksi ini tergantung pada:

- a. Berbanding lurus dengan luas penampang batang
- b. Berbanding lurus dengan selisih suhu dengan kedua ujung batang, dan
- c. Berbanding terbalik dengan panjang batang.

Jika media perpindahan panas konduksi berupa cairan, mekanisme perpindahan panas yang terjadi sama dengan konduksi dengan media gas, hanya kecepatan gerak molekul cairan lebih lambat daripada molekul gas. Tetapi jarak

antara molekul-molekul pada cairan lebih pendek dari pada jarak antara molekul-molekul pada fase gas. Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah hukum fourier. Hukum fourier dinyatakan dengan :

$$q_k = -\frac{dT}{dx} \dots\dots\dots \text{(pers. 1)}$$

atau

$$\frac{qk}{A} = k \left(-\frac{dT}{dx} \right) \dots\dots\dots \text{(pers. 2)}$$

Dimana : T = Suhu °C (°F)

x = jarak/tebal dinding, m (ft)

A = luas dinding (luas perpindahan panas). m² (ft²)

k = konduktivitas termal, W/m.°C (Btu/h.ft.°F)

qk = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

$\frac{qk}{A}$ = laju perpindahan panas per satuan luas (*heat flux*) W/m²(Btu/h.ft²)

(J.P.Holman, 1995)

Perpindahan panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan panas dimana cairan atau gas yang suhunya tinggi mengalir ketempat yang suhunya lebih rendah, memberikan panas pada permukaan yang suhunya lebih rendah. Perpindahan panas terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya. Jadi perpindahan panas ini memerlukan media penghantar berupa fluida (cairan atau gas) (Luqman Buchori, 2004).

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara, yaitu :

1. Konveksibebas/konveksialamiah (*free convection/natural convection*)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh perbedaan suhu dan berat jenis fluida yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

2. Konveksi paksaan (*forced convection*)

Adalah perpindahan panas yang aliran panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh : plat panas di hembus udara dengan kipas/blower.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum

Newton. Hukum Newton dinyatakan dengan :

$$q_c = h_c A (T_w - T_s) \dots\dots\dots \text{(pers. 3)}$$

3) Atau

$$\frac{q_c}{A} = h_c (T_w - T_s) \dots\dots\dots \text{(pers. 4)}$$

Dimana : T = suhu, °C (°F)

A = luas permukaan, m² (ft²)

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi (*convection heat transfer coefficient*)

q_c = laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

$\frac{q_c}{A}$ = laju perpindahan panas per satuan luas (*heat flux*) W/m² (Btu/h/ft²)

(J.P. Holman, 1995)

Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi berlangsung elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara. Contoh : panas matahari yang sampai ke bumi (Luqman Buchori, 2004).

Benda yang dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut radiator yang sempurna dan dikenal sebagai benda hitam (*black body*). Sedangkan benda yang tidak dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut dengan benda abu-abu (*gray body*). Hukum Stefan-Boltzman dinyatakan dengan :

$$q_r = \varepsilon \sigma A T^4 \dots\dots\dots \text{(pers. 5)}$$

Dimana : ε = Emisivitas

T = suhu absolut benda, K (°R)

A = Luas permukaan, m^2 (ft^2)

q_r = laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)

σ = konstanta Stefan-Boltzman, $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ($0,1713 \times 10^{-8} \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot \text{°R}^4$) (konstanta proporsional)

Benda hitam, emisivitasnya berharga satu, sedangkan untuk benda abu-abu, nilai emisitasnya selalu lebih kecil dari satu (Luqman Buchori, 2004).

Ada beberapa sumber radiasi yang kita kenal di sekitar kehidupan kita, contohnya adalah televisi, lampu penerangan, alat pemanas makanan (microwave oven), komputer, dan lain-lain. Radiasi dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau disebut juga dengan foton adalah jenis radiasi yang tidak mempunyai massa dan muatan listrik. Misalnya adalah gamma dan sinar-X, dan juga termasuk radiasi tampak seperti sinar lampu, sinar matahari, gelombang microwave, radar dan handphone, (BATAN, 2008).

2.4 Furnace (TungkuPembakaran)

Furnace adalah alat tempat terjadinya pembakaran suatu bahan bakar (*oil* atau *gas*) dimana gas hasil pembakaran tersebut dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. Furnace berfungsi untuk memindahkan panas (kalor) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung dalam suatu ruang pembakaran (*combustion chamber*) ke fluida yang dipanaskan dengan mengalirkannya melalui pipa-pipa pembuluh (*tube*). Tujuan dari pemindahan panas hasil pembakaran ke *fluida* adalah agar tercapai suhu operasi yang diinginkan pada proses berikutnya. Sumber panas *furnace* berasal dari pembakaran antara bahan bakar cair (*fuel oil*) atau bahan bakar (*fuel gas*) dengan udara yang panasnya digunakan untuk memanaskan *crude oil* yang mengalir di dalam tube.

Furnace memiliki struktur bangunan plat baja (*metal*) yang bagian dalamnya dilapisi oleh material tahan api, batu isolasi, dan *refractory* yang fungsinya untuk mencegah kehilangan panas serta dapat menyimpan sekaligus memantulkan panas radiasi kembali ke permukaan *tube* yang dikenal dengan “*Fire Box*” atau “*Combustion Chamber*”. *Furnace* pada dasarnya terdiri dari sebuah ruang pembakaran yang menghasilkan sumber kalor untuk diserap

kumparan pipa (*tube coil*) yang didalamnya mengalir *fluida*. Dalam konstruksi ini biasanya *tube coil* dipasang menelusuri dan merapat ke bagian lorong yang menyalurkan gas hasil bakar (*flue gas*) dari ruang bakar ke cerobong asap (*stack*). Perpindahan kalor di ruang pembakaran terutama terjadi karena radiasi disebut seksi radiasi (*radiant section*), sedangkan di saluran gas hasil pembakaran terutama oleh konveksi disebut seksi konveksi (*convection section*). Untuk mencegah supaya gas buangan tidak terlalu cepat meninggalkan ruang konveksi maka pada cerobong sering kali dipasang penyekat (*damper*). Perpindahan panas kalor melalui pembuluh dikenal sebagai konduksi (Putri,2012)

2.4.1 Tipe Furnace

Furnace memiliki beberapa jenis atau tipe. Jenis-jenis furnace tersebut terdiri dari (Putri,2012):

a. Tipe Box (Box Furnace)

Dapur tipe *box* mempunyai bagian *radiant* dan konveksi yang dipisahkan oleh dinding batu tahan api yang disebut *bridge wall*. Burner dipasang pada ujung dapur dan api diarahkan tegak lurus dengan pipa atau dinding samping dapur (api sejajar dengan pipa).

Aplikasi dapur tipe box :

- 1) Bebankalorberkisar 60-80 MM Btu/Jam ataulebih.
- 2) Dipakaiuntukmelayani unit proses dengankapasitasbesar.
- 3) Umumnyabahanbakar yang dipakaiadalah*fuel oil*.
- 4) Dipakaipadainstalasi-instalasiitu, adakalanya padainstalasibaru yang mempunyaipersediaanbahanbakardengankadarabu(*ash*)tinggi.

b. Tipe Silindris Tegak (Vertical)

Furnace ini mempunyai bentuk konstruksi silinder dan bentuk alas (lantai) bulat. *Tube* dipasang *vertical* ataupun *konikal*. Burner dipasang pada lantai sehingga nyala api tegak lurus ke atas sejajar dengan dinding *furnace*. *Furnace* ini dibuat dengan atau tanpa ruang konveksi. Jenis pipa pemanas yang dipasang di ruang konveksi biasanya menggunakan *finned tube* yang banyak digunakan pada *furnace* dengan bahan bakar gas.

Aplikasi dapur tipe silindris :

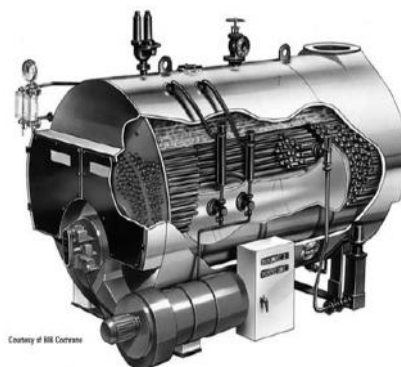
- 1) Digunakan untuk pemanasan fluida yang mempunyai perbedaan suhu antara inlet dan outlet tidak terlalu besar atau sekitar 200°F (90°C).
- 2) Beban kalor berkisar antara 10 s.d. 200 gj/jam.
- 3) Umumnya dipakai pemanas fluida umpan reaktor.

2.5 Ketel Uap

Ketel uap adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, dimana terdiri dari dua bagian yang penting yaitu: dapur pemanasan, dimana yang menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan boiler proper, sebuah alat yang mengubah air menjadi uap. Uap atau fluida panas kemudian disirkulasikan dari ketel untuk berbagai proses dalam aplikasi pemanasan (Ridho Fadillah, 2015) Klasifikasi ketel uap ada beberapa macam, untuk memilih ketel uap harus mengetahui klasifikasinya terlebih dahulu, sehingga dapat memilih dengan benar dan sesuai dengan kegunaannya di industri. Karena jika salah dalam pemilihan ketel uap akan menyebabkan penggunaan tidak akan maksimal dan dapat menyebabkan masalah dikemudian harinya. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa ketel uap dibagi beberapa jenis, yaitu :

a. Ketel Pipa api (*Fire tube boiler*)

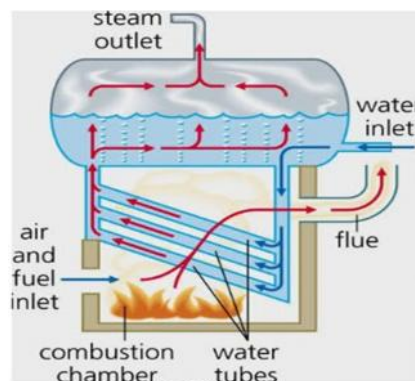
Pada ketel pipa api, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan ketel ada di dalam *shell* untuk dirubah menjadi *steam*. Ketel pipa api dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya.



Gambar 1. Ketel Pipa Api

b. Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel pipa air, air diumpankan Boiler melalui pipa-pipa masuk kedalam *drum*. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Ketel ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan steam sangat tinggi (ridho fadillah, 2015. Academia.com).



Gambar 2. Ketel Pipa Air

2.6 Blower

Blower yang digunakan terdiri dari dua yaitu *blower* untuk *heat exchanger* dan *blower* untuk mengeluarkan udara panas (*heat exhauster*). *Blower heat exchanger* berada disisi luar dari pipa-pipa pemanas yang berfungsi mendorong agar terjadi konveksi paksa sehingga mampu membawa udara panas menuju bahan yang dikeringkan. Hal ini juga bertujuan proses pengeringan dapat terjadi secara higienis karena tidak ada volatil matter yang tertiuap dan mengenai bahan yang dikeringkan.

Sedangkan *blower heat exhauster* bekerja secara otomatis mengikuti sistem kerja pengatur suhu otomatis yang dipasang pada alat pengering. *Blower heat Exhauster* berfungsi mengeluarkan panas berlebih sesuai dengan batasan yang diatur oleh pengontrol suhu.

Pengontrol suhu otomatis merupakan serangkaian alat elektronis yang bekerja berdasarkan sensor suhu yang dipasang pada ruang pengeringan bahan. Alat ini dapat diatur sesuai keinginan pengguna dalam rangka membatasi suhu yang ingin dipertahankan. Ketika sensor suhu mendeteksi nilai panas yang berlebih maka akan secara otomatis mengaktifkan *blower heat exhauster* bekerja mengeluarkan udara panas yang ada dalam ruang pengering bahan,

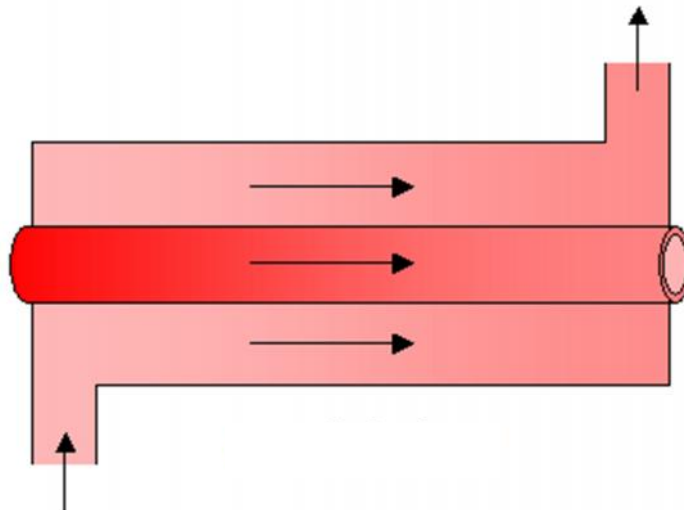
Dengan mekanisme ini suhu dalam ruangan pengering dapat stabil sesuai dengan yang diharapkan.

2.7 Heat Exchanger

Heat Exchanger merupakan alat pertukaran panas antara dua fluida dengan temperatur yang berbeda, bertujuan memanaskan atau mendinginkan fluida banyak diaplikasikan secara teknik dalam berbagai proses *thermal* dalam dunia industri. Berdasarkan arah aliran fluida, *Heat Exchanger* dapat dibedakan menjadi (Fauzy,2011):

1. *Heat Exchanger* dengan aliran searah (*co-current/parallel flow*)

Pertukaran panas jenis ini, kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi *Heat Exchanger* yang sama, mengalir dengan arah yang sama, dan keluar pada sisi yang sama. Karakter *Heat Exchanger* jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari *Heat Exchanger* (T_{co}) tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang keluar (T_{ho}), sehingga diperlukan media pendingin atau media pemanas yang banyak. Berikut merupakan gambar aliran searah :

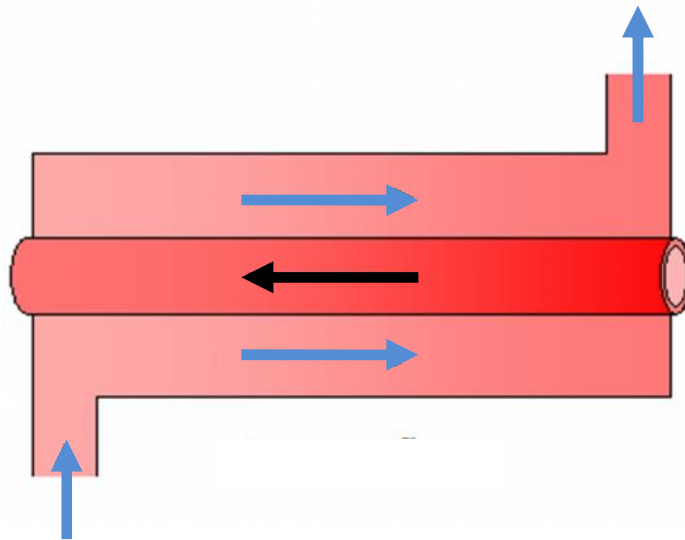


Gambar 3. Aliran searah

2. *Heat Exchanger* dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*)

Heat Exchanger jenis ini memiliki karakteristik; kedua fluida (panas dan dingin) masuk ke *heat exchanger* dengan arah berlawanan, mengalir dengan

arah berlawanan dan keluar *heat exchanger* pada sisi yang berlawanan. Berikut merupakan gambar aliran berlawanan arah :



Gambar 4. Aliran Berlawanan

Pada Dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung.

a. Secara kontak langsung

Panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung berarti tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas yang terjadi yaitu melalui interfase / penghubung antara kedua fluida. Contoh : aliran steam pada kontak langsung yaitu 2 zat cair yang immiscible (tidak dapat bercampur), gas-liquid, dan partikel padat-kombinasi fluida.

b. Secara kontak tak langsung

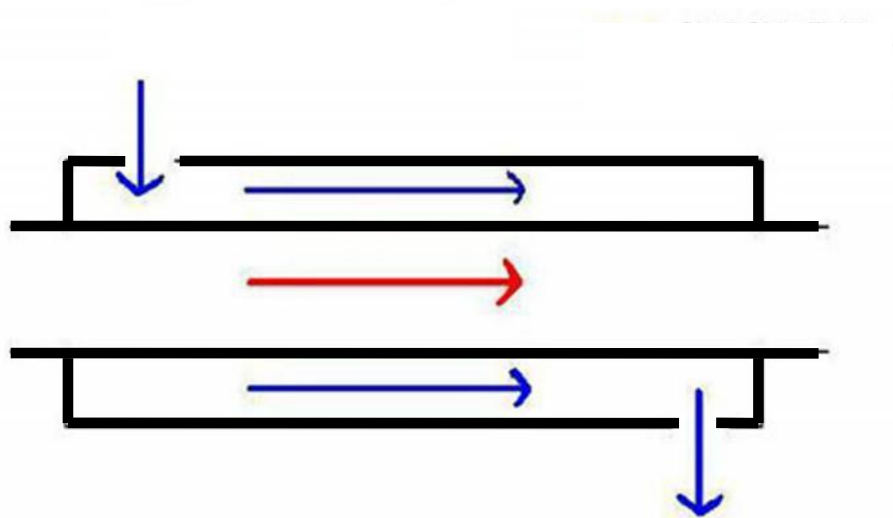
Perpindahan panas terjadi antara fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir.

2.8.1 Jenis – jenis Heat Exchanger

Ada beberapa jenis heat exchanger yang banyak digunakan dalam industri, yaitu (Fauzi, 2011):

a. Penukar panas pipa rangkap (*double pipe heat exchanger*)

Salah satu jenis penukar panas adalah susunan pipa ganda. Dalam jenis penukar panas dapat digunakan berlawanan arah aliran atau arah aliran, baik dengan cairan panas atau dingin cairan yang terkandung dalam ruang annular dan cairan lainnya dalam pipa. Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam standart yang dikedua ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat. Fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan fluida kedua mengalir di dalam ruang anulus antara pipa luar dengan pipa dalam. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi. Sedangkan untuk kapasitas yang lebih besar digunakan penukar panas jenis selongsong dan buluh (*shell and tube heat exchanger*). Berikut merupakan gambar dari penukar panas tipe rangkap :

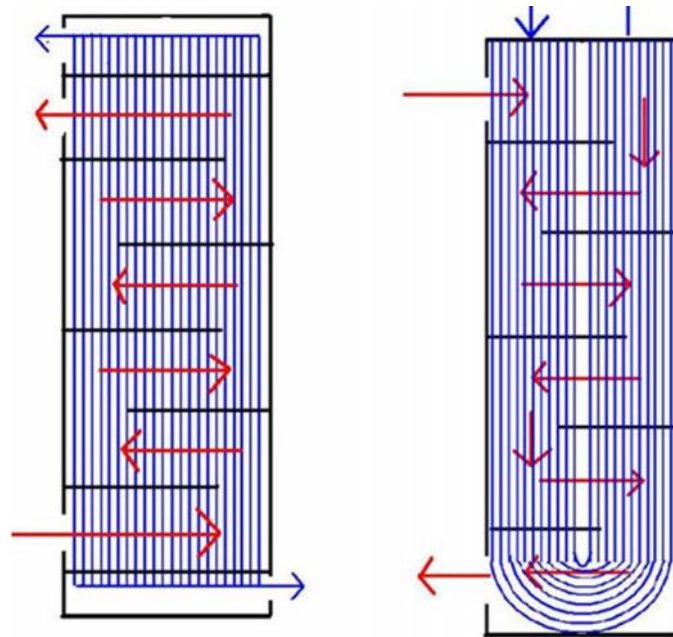


Gambar 5 Double Pipe Heat Exchanger

- a. Penukar panas *shell and tube* (*shell and tube heat exchanger*)

Alat penukar panas shell and tube terdiri dari atas satu bundle pipa yang dihubungkan secara paralel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel. Fluida yang satu mengalir di dalam bundle pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa di arah yang sama, berlawanan, atau bersilang. Kedua ujung pipa tersebut di las pada penunjang pipa yang menempel pada mantel. Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, biasanya pada alt

penukar panas alat penukar panas shell and tube dipasang sekat (*baffle*). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur.



Gambar 6. *Shell and Tube*

2.8 Tempurung Kelapa

2.8.1 Tanaman Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L.*) merupakan salah satu tanaman yang termasuk dalam *famili Palmae* dan banyak tumbuh di daerah tropis, seperti di Indonesia. Tanaman kelapa membutuhkan lingkungan hidup yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksinya. Faktor lingkungan itu adalah sinar matahari, temperatur, curah hujan, kelembaban, dan tanah (Palungkun, 2001).

Kelapa dikenal sebagai tanaman yang serbaguna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia serta mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Salah satu bagian yang terpenting dari tanaman kelapa adalah buah kelapa. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung kelapa (*endocarp*), daging buah (*endosperm*), dan air kelapa.

2.8.2 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3–6 mm. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Tilman, 1981). Apabila tempurung kelapa dibakar pada temperatur tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara maka akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun tempurung kelapa tersebut dan akan menghasilkan arang, destilat, tar dan gas. Destilat ini merupakan komponen yang sering disebut sebagai asap cair (Pranata, 2008).

Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen (dihitung berdasar berat kering), dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Data komposisi kimia tempurung kelapa dapat kita lihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Presentase (%)
Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Abu	0,6
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Air	8,0

(Sumber : Suhardiyono, 2008)

2.9 Energi yang Dibutuhkan untuk Proses Pengeringan

Untuk mengetahui energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan kerupuk ada dua faktor yang harus diketahui yaitu kalor sensibel dan kalor laten kerupuk. Kalor sensibel adalah kalor yang digunakan untuk menaikkan temperatur kerupuk basah menjadi temperature kerupuk pada proses pengeringan terjadi perubahan fasa.

Kalor sensibel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_s = \frac{m_b \times C_p \times \Delta T}{t} \dots\dots\dots \text{(pers. 6)}$$

Dimana :

Q_s = Energi untuk menaikkan temperatur bahan (W)

C_p = Kalor jenis bahan (kJ/kg °C)

ΔT = Selisih temperatur bahan sebelum dan sesudah pengeringan (°C)

t = Waktu proses pengeringan (s)

m_b = massa basah bahan (kg)

Kalor laten adalah energi yang digunakan untuk mengubah air pada kerupuk menjadi uap.

Kalor laten dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_L = \frac{m_w \times L_H}{t} \dots\dots\dots \text{(pers.7)}$$

Dimana :

Q_L = Energi untuk mengeringkan bahan (W)

t = Waktu proses pengeringan (s)

m_w = Massa air yang diuapkan (kg)

L_H = Panas laten bahan (kJ/kg)

Jadi besarnya energi yang dibutuhkan untuk memanaskan dan menguapkan air dalam kerupuk (Q_b) adalah :

$$Q_b = Q_s + Q_L \dots\dots\dots \text{(pers.8)}$$

2.10 Perhitungan Kadar Air

Untuk mencari pengurangan kadar air dari suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu menggunakan basis basah atau menggunakan basis kering. Pengurangan air dengan menggunakan basis basah dapat dituliskan pada persamaan :

$$M_{wb} = \frac{w_0 - w_d}{w_d} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{pers.9})$$

Dengan M_{wb} adalah kadar air basis basah (%), w_0 adalah massa awal bahan (kg), w_b adalah massa akhir bahan (kg), dan M_d adalah kadar air basis kering (%).