

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengeringan

Pengeringan mempunyai pengertian 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 dkk., 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.

Prinsip pengeringan biasanya akan 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:

1. Luas Permukaan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut :

- a. Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik,
- b. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.
- c. Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. Panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan. Demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

2. Perbedaan Suhu Sekitar

Pada umumnya, semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

3. Kecepatan Aliran Udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai

titik jenuh. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara.

4. Kelembaban Udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

5. Lama Pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah.

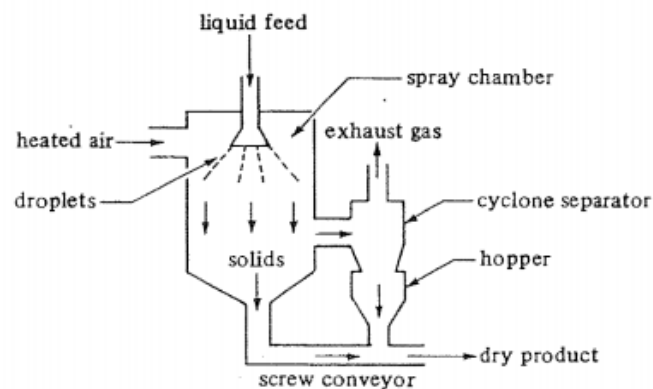
Misal, jika kita akan mengeringkan kacang pengeringan dengan pengering rak pada suhu 800°C selama 4 jam akan menghasilkan kacang kering yang mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan penjemuran selama 2 hari.

2.1.2 Jenis-Jenis Alat Pengering

Berdasarkan bahan yang akan dikeringkan adapun jenis-jenis alat pengering untuk zat padat dan tapal:

a. Pengerian Semprot (*Spray Dryer*)

Metode *spray dryer* adalah mengeringkan cairan dengan cara mengkontakkan butiran-butiran cairan dengan arah berlawanan atau searah dengan udara panas. Kecepatan umpan, suhu pengeringan dan kecepatan udara pengering dapat diatur sehingga dapat dioperasikan secara kontinu untuk mencapai kapasitas tertentu. Kelembaban udara diturunkan dengan melewati udara dalam kolom adsorben yang akan menyerap uap air didalamnya sebelum masuk keruang pemanas.

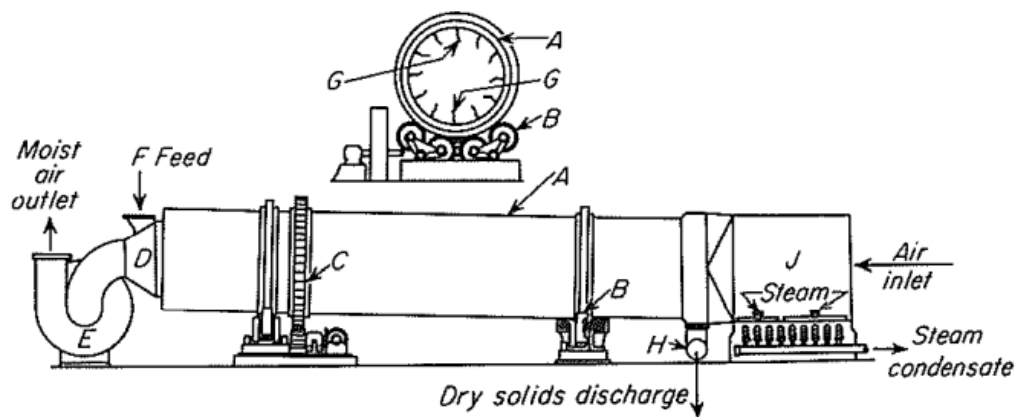


Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

Gambar 1. Spray dryer

b. Pengerian Putar (*Rotary Dryer*)

Secara umum, alat rotary dryer terdiri dari sebuah silinder yang berputar dan digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban isi materi dan penanganannya ialah kontak langsung dengan gas panas di dalam ruang pengering. Pada alat pengering rotary dryer terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran. (Mc.Cabe,1985).



Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

Gambar 2. Rotary dryer

Keuntungan penggunaan rotary/drum dryer sebagai alat pengering adalah :

1. Dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan
2. Penanganan bahan yang baik sehingga menghindari terjadinya atrisi
3. Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahanyang seragam/merata
4. Efisiensi panas tinggi
5. Operasi sinambung
6. Instalasi yang mudah
7. Menggunakan daya listrik yang sedikit

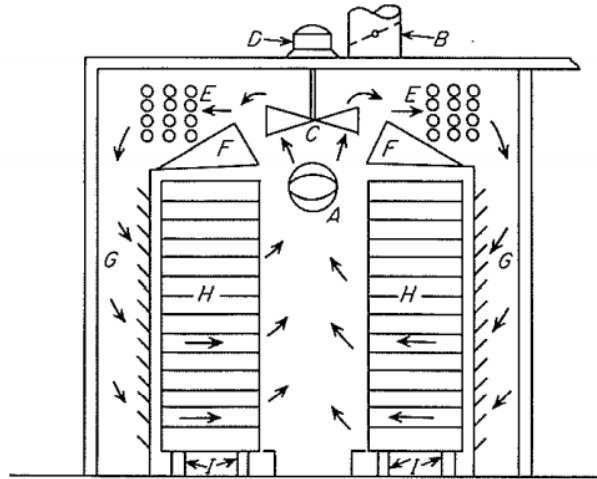
Kekurangan dari penggunaan pengering drum diantaranya adalah :

1. Dapat menyebabkan reduksi kuran karena erosi atau pemecahan
2. Karakteristik produk kering yang inkonsisten
3. Efisiensi energi rendah
4. Perawatan alat yang susah
5. Tidak ada pemisahan debu yang jelas

c. Tray Dryer (Cabinet Dryer)

Prinsip kerja pengering tray dryer yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan ejector atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu

sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak (Anonim, 2011).



Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

Gambar 3. Tray dryer

Keunggulan

1. Dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan.
2. Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam atau merata.
3. Operasi sinambung.
4. Instalasi yang mudah Karakteristik produk kering yang.
5. Menggunakan daya listrik yang sedikit.

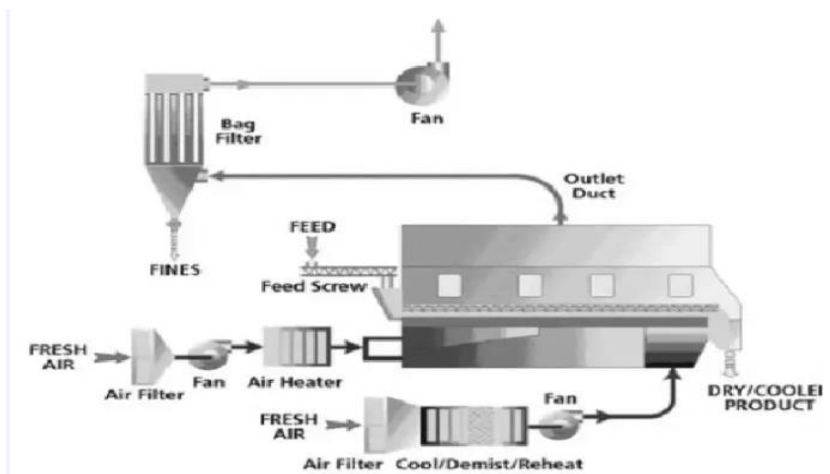
Kelemahan

1. Dapat menyebabkan reduksi ukuran karena erosi atau pemecahan.
2. Karakteristik produk kering yang inkonsisten.
3. Efisiensi energi rendah.
4. Perawatan alat yang susah.
5. Tidak ada pemisahan debu yang jelas.

d. Fluidized Bed Dryer

Pengeringan hamparan terfluidisasi (Fluidized Bed Drying) adalah proses pengeringandengan memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang dilewatkan menembus hamparan bahan sehingga hamparan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida.

Metode pengeringan fluidisasi digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan mempertahankan mutu bahan kering. Pengeringan ini banyak digunakan untuk pengeringan bahan berbentuk partikel atau butiran, baik untuk industri kimia, pangan, keramik, farmasi, pertanian, polimer dan limbah. Proses pengeringan dipercepat dengan cara meningkatkan kecepatan aliran udara panas sampai bahan terfluidisasi. Dalam kondisi ini terjadi penghembusan bahan sehingga memperbesar luas kontak pengeringan, peningkatan koefisien perpindahan kalor konveksi, dan peningkatan laju difusi uap air.



Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

Gambar 4. Fluidized Bed Dryer

Kelebihan pengering sistem fluidisasi:

1. Aliran bahan yang menyerupai fluida mengakibatkan bahan mengalir secara kontinyu sehingga otomatis memudahkan operasinya.
2. Pencampuran atau pengadukan bahan menyebabkan kondisi bahan hampir mendekati isothermal.

3. Sirkulasi bahan diantara dua fluidized bed membuatnya memungkinkan untuk mengalirkan sejumlah besar kalor yang diperlukan ke dalam ruang pengering yang besar.
4. Pengering tipe fluidisasi cocok untuk skala besar.
5. Laju perpindahan kalor dan laju perpindahan massa uap air antara udara pengering dan bahan sangat tinggi dibandingkan dengan pengering metode kontak yang lain.
6. Pindah kalor dengan menggunakan pengering tipe fluidisasi membutuhkan area permukaan yang relatif kecil.
7. Sangat ideal untuk produk panas sensitif dan non-panas sensitive

Kekurangan pengering sistem fluidisasi:

1. Sulit untuk menggambarkan aliran dari udara panas yang dihembuskan ke ruang pengering, dikarenakan simpangan yang besar dari aliran udara yang masuk dan bahan terlewati oleh gelembung udara, menjadikan sistem kontak/singgungan tidak efisien.
2. Pencampuran atau pengadukan bahan padatan yang terus menerus pada hamparan akan menyebabkan ketidakseragaman waktu diam bahan di dalam ruang pengering, karena bahan terus menerus terkena hembusan udara panas.
3. Tidak dapat mengolah bahan yang lengket atau berkadar air tinggi dan abrasive.

2.1.3 Alat Pengering Tipe *Spray Dryer*

Spray Dryer adalah suatu metode menghasilkan bubuk kering dari cairan atau bubur dengan cara mengeringkannya dengan cepat menggunakan gas panas. Spray dryer adalah unit peralatan yang dipakai dalam proses pengeringan dengan komponen utama adalah atomizer. Atomizer berfungsi untuk mengkabutkan susu sehingga luas permukaan susu meningkat dan memudahkan penguapan air.

Prinsip kerja alat ini adalah dengan cara menyemprotkan susu dalam bentuk droplet yang berukuran kecil ke dalam udara panas sehingga air terdapat pada pori-pori bahan akan terdifusi keluar dan menguap (Widodo, 2003). Sebagai produk akhir adalah susu bubuk.

Menurut Suwedo-Hadiwiyoto (1983), penggunaan *spray dryer* akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan *drum dryer* karena partikel susu yang dihasilkan lebih halus. Namun demikian, rekonstitusinya tidak mudah larut karena perubahan kimia dan fisika yang terjadi selama proses pengeringan. Susu Jagung yang dibuat dari jagung utuh (tanpa penghilangan lemak) akan lebih sulit direkonstitusi dan memiliki umursimpan lebih pendek. Hal ini terjadi karena kerusakan senyawa penyusun jagung selama pengeringan seperti protein yang akan terdenaturasi membentuk ikatan silang yang dapat berkurang kelarutannya dan oksidasi lemak menghasilkan senyawa bersifat volatil yang akan menimbulkan citarasa yang tidak diinginkan (Hackler dan Stillings, 1967 dalam Maria, 2004).

Pengeringan *spray* adalah teknik di industri yang telah banyak dilakukan pada pengeringan dan penyerbukan skala besar material yang sangat sensitif terhadap temperatur/termal. Pada emulsi susu, teknik pengeringan ini merubah emulsi menjadi sejumlah besar butiran dengan menggunakan ‘atomiser’ yang terjatuh ke dalam ruang *spray* (*spray chamber*) yang didalamnya mengalir udara panas dari blower yang dipanaskan oleh *heater* (pemanas). Menyebabkan air menguap, dan butiran ini menjadi partikel-partikel padatan. Di ruang ini terjadi pemisahan antara padatan dengan uap/gas/udara. Padatan dalam bentuk butiran susu ini memiliki masa jenis yang lebih besar dari udara panas akan jatuh kebawah, sedangkan udara dengan masa jenis yang lebih ringan akan bergerak ke atas (Anonim, 2009).

Bagian-bagian dari unit *spray dryer*:

- *feed pump*
- *atomizer*
- Pemanas uap (*air heater*)
- *drying chamber*
- *recovery powder system*

Sedangkan proses dari *spray drying* ini sendiri terdiri dari 3 tahapan :

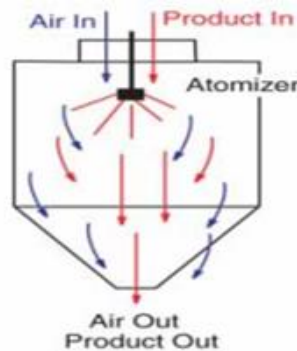
- Atomisasi
- Penyemprotan udaran yang berputar dan penguapan moisture

- Pemisahan pada produk kering dengan udara keluar.

2.1.4 Tipe – tipe *spray dryer*

- Co-Current Flow Dryer

Dalam pengering ini proses spray (atomisasi) dan udara panas memasuki Chamber dengan arah yang sama. Alat pengering ini didesain untuk produk yang sensitif panas karena udara terpanas kontak dengan droplet pada kelembaban maksimum. Pengeringan terjadi dengan cepat. Produk tidak mengalami degradasi panas karena suhu droplet rendah selama proses pengeringan. Setelah kadar air mencapai target yang diinginkan, suhu partikel tidak meningkat karena udara sekitarnya jauh lebih dingin.



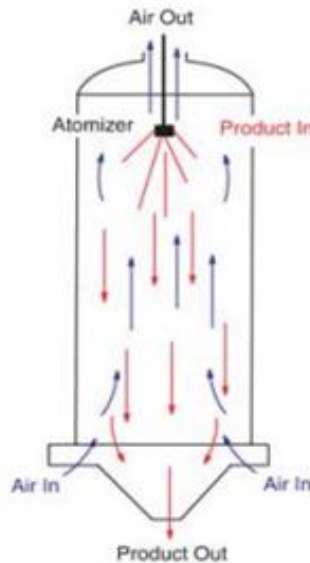
Sumber : Alima'ruf, 2016

Gambar 5. Co-Current Flow Dryer

- Counter-Current Flow Dryer

Dalam pengering ini udara panas dikontakkan di ujung-ujung droplet, dengan atomizer diposisikan di bagian atas dan udara panas masuk pada bagian bawah. Alat ini memiliki kelebihan yaitu proses pengeringan lebih cepat dan efisiensi energi yang lebih tinggi daripada alat sebelumnya. Karena partikel paling kering kontak dengan udara terpanas, desain ini tidak cocok untuk produk sensitif panas. Pengering tipe ini biasanya menggunakan nozel untuk atomisasi karena energi semprotan

dapat ditujukan terhadap gerakan udara. Sabun dan deterjen umumnya dikeringkan dalam pengering ini.

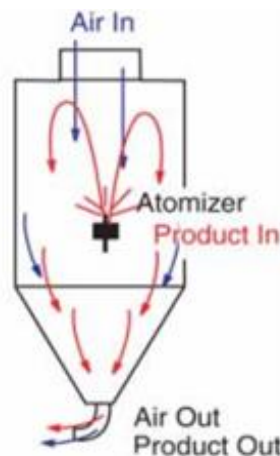


Sumber : Alima'ruf, 2016

Gambar 6. Counter-Current Flow Dryer

- Mixed Flow Dryer

Pengering jenis ini menggabungkan kedua tipe pengering sebelumnya. Dalam ruangan pengering, udara masuk di bagian atas dan alat penyemprot terletak di bagian bawah. Seperti *Counter-Current Flow Dryer* karena partikel paling kering kontak dengan udara terpanas, desain ini tidak cocok untuk produk sensitif panas.



Sumber : Alima'ruf, 2016

Gambar 7. Mixed Flow Dryer

2.2 Blower

Blower berfungsi untuk menghisap udara luar dan mengalirkan kedalam pemanas. Blower digunakan untuk mengalirkan udara panas ke dalam ruang pengering (chamber). Blower harus tahan terhadap kerusakan yang timbul karena kelembaban dan suhu tinggi. Jika blower terbuat dari besi, kerusakan yang terjadi berupa terbentuknya karat. Selain keropos, kontaminasi dengan partikel karat dapat memunculkan masalah baru terutama untuk pengeringan dengan tujuan tertentu. Dalam beberapa kasus, faktor utama keberhasilan pengeringan adalah kecepatan udara panas yang digerakkan oleh blower. Pada kasus pengeringan yang lain, suhu menjadi faktor dominan.

2.2.1 Pemanas Udara (Heater)

Heater berfungsi sebagai pemanas udara yang akan digunakan sebagai pengering. Panas yang diberikan harus diatur sesuai dengan karakteristik bahan, ukuran droplets yang dihasilkan dan jumlah droplets. Suhu udara pengering yang digunakan diatur agar tidak terjadi over heating. Pemanas berfungsi untuk memanaskan udara yang akan digunakan untuk proses penguapan air dari bahan. Udara pengering selanjutnya dialirkan menuju ruang pengering melalui ruang distribusi udara panas. Spray dryer ini juga dilengkapi dengan termokontrol untuk mengatur suhu udara yang akan digunakan sebagai pengering droplets. Adanya kontak droplets dengan udara panas menyebabkan evaporasi kadungan air pada droplets hingga 95% sehingga dihasilkan bubuk. Bubuk yang telah kering jatuh ke bawah drying chamber (ruang pengering) dari atas chamber hingga mencapai dasar hanya memerlukan waktu selama beberapa detik.

2.3 Perpindahan Panas

Dalam proses pengeringan terjadi proses perpindahan panas yang terbagi menjadi dua cara yaitu konduksi (hantaran) dan konveksi.

2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energy terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, temperatur elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan positif relatif molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul disuatu daerah yang berdekatan, sebagaimana diwujudkan oleh adanya beda suhu, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bersuhu lebih rendah. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida-fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi.

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. Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konduksi.

$$q_k = U_k(T - T_s)A \dots (\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

Dimana:

q_k = Laju perpindahan panas konduksi

A = Luas penampang

T = Temperatur udara

T_s = Temperatur pelat

$$U_k = \frac{1}{1/h_c + z_m/k_m + z_s/k_s} \dots \text{(Geankoplis, J.C, 1983)}$$

Dimana:

z_m = (ketebalan pelat)

z_s = (ketebalan bahan)

k_m = (konduktivitas termal pelat)

k_s = (konduktivitas termal bahan)

h_c = (koefisien perpindahan panas)

2.3.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi, perpindahan panas ini bergantung pada nilai koefisien konveksi fluidanya. Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa medianya, dan media konveksi adalah fluida. Konveksi terjadi karena adanya perbedaan kecepatan fluida bila suhunya berbeda, yang tentunya akan berakibat pada perbedaan berat jenis (berat tiap satuan volume). Fluida yang bersuhu tinggi akan mempunyai berat jenis yang lebih kecil bila dibandingkan dengan fluida sejenisnya yang bersuhu lebih rendah. Karena itu, maka fluida yang bersuhu tinggi akan naik sambil membawa energi. Hal inilah yang berakibat pada terjadinya perpindahan kalor konveksi. Konveksi adalah proses transfer energi dengan kerja 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 energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel – partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel fluida ini. Kemudian partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana partikel tersebut akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya pada partikel fluida lainnya. Dalam hal ini alirannya adalah aliran fluida maupun

energi. Energi disimpan didalam partikel – partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel tersebut.

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection) menurut cara menggerakkan alirannya. Bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradient suhu, maka proses ini yang disebut dengan konveksi bebas atau alamiah (natural). Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa. Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konveksi. Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara, yaitu :

1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada di udara 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 dihembus udara dengan kipas/blower.

Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konveksi.

$$q_c = h_c A(T - T_s).....(\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

Dimana:

q_c = Laju perpindahan panas konveksi

A = Luas penampang

h_c = Koefisien perpindahan panas

T = Temperatur udara

T_s = Temperatur pelat

2.4 Jagung Manis

Jagung manis (*Zea mays L. saccharata*) termasuk didalam famili Gramineae (Martin dan Leonard, 1949). Jagung merupakan salah satu bahan

makanan dasar yang dapat diolah menjadi produk lain yang memiliki nilai gizi dan ekonomi yang lebih tinggi dan juga merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Jagung merupakan sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, dan menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk di beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat yang dihasilkan dari buah jagung, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), bahan baku minyak goreng (dari biji), bahan baku pembuatan tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya). Tongkol jagung yang kaya akan pentosa dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi.

Jagung manis dikenal juga dengan nama sweetcorn mempunyai nilai gizi yang berbeda dengan jagung biasa. Menurut Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (2001), kandungan zat gizi sweet corn dan jagung biasa tiap 100 gram berat yang dapat dimakan adalah sebagai berikut: karbohidrat dalam biji jagung mengandung gula pereduksi (glukosa dan fruktosa), sukrosa, polisakarida dan pati. Gula yang disimpan dalam biji sweet corn adalah sukrosa yang dapat mencapai jumlah 11%. Koswara (1992) kadar gula pada endosperm sweet corn sebesar 5-6%, kadar pati 10-11% sedangkan pada jagung biasa hanya 2-3% atau setengah dari kadar gula sweet corn.

Tabel 1. Komposisi Kimia Jagung per 100 gram

Komponen	Kadar
Air %	72,20
Protein (g)	1,92
Lemak (g)	1,00
Karbohidrat	22,80
Besi (mg)	0,70
Kalsium (mg)	3,00
Vitamin C (mg)	12,00

Vitamin A (IU)	400,00
Fosfor	111,00
Niacin (mg)	1,70
Riboflavin (mg)	0,12
Thiamin (mg)	0,25

Sumber : Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2011)

2.6 Susu

Susu merupakan sumber makanan yang kaya akan nutrisi dan telah dijadikan sumber makanan sejak dahulu. Komposisi susu sangat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jenis varietas sapi dan jenis makanan yang diberikan. Oleh karena itu komposisi susu yang bisa diberikan adalah komposisi rata-rata dari susu. Komposisi rata-rata dari susu adalah :

- 87,3 % air (rentang antara 85,5 % - 88,7 %)
- 3,9 % lemak susu (rentang antara 2,4 % - 5,5 %)
- 8,8 % padatan non lemak (rentang antara 7,9 % - 10 %)
- Protein 3,25 % (3/4 kasein)
- Laktosa 4,6 %
- Mineral 0,65 % (Ca, P, sitrat, Mg, K, Na, Zn, Cl, Fe, Cu, sulfat, bikarbonat, dan lain-lain)
- Asam 0,18 % (sitrat, format, asetat, laktat, oksalat)
- Enzim (peroksidase, katalase, fosfatase, lipase)
- Gas-gas (oksigen, nitrogen)
- Vitamin (A, C, D, tiamin, riboflavin, dan lainnya)

Susu adalah suatu emulsi lemak dalam air, serta larutan berbagai senyawa mineral. Nilai gizi yang terdapat dalam susu sangat tinggi, karena mengandung zat-zat yang sangat dibutuhkan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan garam-garam mineral. Selain itu, susu juga mudah dicerna dan diserap oleh tubuh, hal ini menjadikan susu sebagai bahan pangan andalan dalam meningkatkan kesehatan dan gizi masyarakat (Winarno, 1992).

Susu jagung merupakan salah satu minuman suplemen (tambahan) yang bisa menjaga kondisi tubuh agar tetap fit sehingga tidak mudah terserang

penyakit. Sebagai minuman tambahan, susu jagung dapat memberikan tambahan energi yang dibutuhkan oleh tubuh karena mengandung karbohidrat. Susu jagung adalah produk seperti susu sapi, tetapi dibuat dari ekstrak jagung. Susu jagung yang dihasilkan mempunyai komposisi yang hampir sama dengan susu sapi, ASI maupun susu kedelai. Oleh karena itu minuman dari jagung manis ini dapat disebut sebagai susu jagung. Sebagaimana halnya susu sapi, susu jagung juga mengandung kadar air yang tinggi, sehingga mudah mendapatkan gangguan mikroorganisme yang mengakibatkan susu ini tidak dapat disimpan lama. Untuk mengatasi hal ini maka perlu diupayakan suatu teknologi yang dapat mengolah susu jagung dalam bentuk cair menjadi susu bubuk agar dapat disimpan lama.

1. Lemak Susu

Komponen utama dari lemak susu adalah dari golongan trigliserida di mana tiga molekul asam lemak diesterifikasikan terhadap gliserol. Asam lemak tersebut dibentuk dari rantai hidrokarbon dan gugus karboksil. Asam lemak utama yang ditemukan pada susu dan termasuk rantai panjang adalah C14 (miristat 11%), C16 (palmitat 26 %), C18 (stearat 10%), C18:1 (oleat 20 %) dan yang termasuk rantai pendek (11 %) adalah C4 (butirat), C6 (koproat), C8 (caprylic), dan C10 (capric).

Kerusakan yang bisa terjadi pada lemak susu merupakan perkembangan aroma yang menyimpang dalam produk susu, seperti :

1. Ketengikan, akibat hidrolisa dari gliserida dan pelepasan asam lemak seperti butirat dan koproat.
2. Tallowiness, disebabkan karena oksidasi asam lemak tak jenuh.
3. Aroma teroksidasi yang disebabkan oksidasi fosfolipid.
4. Amis karena oksidasi dan reaksi hidrolisa. Ketengikan terutama ditimbulkan oleh enzim lipase yang secara alami terdapat pada susu. Asam lemak jenuh membentuk 2/3 bagian dari asam lemak susu.

2. Protein Susu

Ada dua kelompok utama protein susu yaitu kasein yang dapat diendapkan oleh asam dan enzim renin serta kedua adalah protein *whey* yang dapat mengalami

denaturasi oleh panas pada suhu kira-kira 65°C. Kasein adalah protein utama susu yang jumlahnya sekitar 80 % dari total protein susu. Kasein terdapat dalam bentuk kasein kalsium yaitu senyawa kompleks dari kalsium fosfat dan terdapat dalam bentuk partikel-partikel koloid yang disebut micelles. Kasein bisa mengalami penggumpalan jika permukaan dari micelle reaktif. Walaupun kasein micelle cukup stabil, ada empat sebab utama yang bisa mengakibatkan kasein menggumpal, yaitu : chymosin – rennet (dadi) atau enzim proteolitik lain, asam, panas dan gelatinisasi karena waktu. Setelah lemak dan kasein dipisahkan dari susu, air sisanya disebut whey. Sekitar 0,5 – 0,7 % dari bahan protein yang dapat larut tertinggal dalam whey, yaitu protein-protein laktalbumin dan laktoglobulin. Laktalbumin memiliki jumlah terbesar kedua setelah kasein (mencapai 10 %). Laktalbumin ini mudah dikoagulasikan oleh panas.

3. Enzim

Enzim adalah kelompok protein yang memiliki kemampuan untuk mengkatalis suatu reaksi kimia dan meningkatkan kecepatan reaksinya.

Beberapa enzim yang diisolasi dari susu adalah:

1. Lipoprotein lipase, yaitu enzim lipase yang memecah lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol.
2. Plasmin yang berperan memecah protein.
3. Alkali fosfat, enzim fosfatase yang mampu memecah ester asam fosfat menjadi asam fosfat dan alkohol.

4. Laktosa

Laktosa adalah karbohidrat utama yang terdapat dalam susu. Laktosa adalah disakarida yang terdiri atas glukosa dan galaktosa (monosakarida). Salah satu fungsi penting laktosa adalah sebagai media fermentasi. Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dari laktosa yang merupakan awal dari banyak produk hasil fermentasi. Laktosa akan mengendap dari larutan sebagai kristal yang keras seperti pasir, oleh karena itu pembentukan kristal ini dihindari pada pembuatan es krim dan susu kental manis. Susu segar juga mengandung karbohidrat lain dalam jumlah kecil, termasuk glukosa, galaktosa, dan oligosakarida.

5. Vitamin dan Mineral

Susu mengandung vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, dan K). Selain itu susu juga mengandung vitamin yang larut dalam air seperti B1- tiamin, B2-riboflavin, B6-piridoksin, B12-sianokobalamin, niasin dan asam pantotenat. Dalam susu mentah terdapat sejumlah kecil vitamin C (asam askorbat) tetapi tidak tahan panas dan mudah rusak oleh pasteurisasi. Susu mengandung banyak sekali mineral, diantaranya adalah sodium, potassium, klorida, kalsium, magnesium, fosfor, besi, seng, tembaga, mangan, yod, florida, selenium, kobalt, krom, molibdenum, nikel, silikon, vanadium, timah, dan arsenik.

Susu Kedelai (Salah Satu Susu Nabati)

Susu kedelai merupakan susu yang memiliki kadar protein yang tinggi, bebas laktosa dan kasein, memiliki kadar natrium yang rendah, tidak mengandung kolesterol, dan mengandung beberapa gram asetat (Galeaz dan Navis, 1999). Susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi karena komposisi dan mutu proteinnya hampir sama. Kelemahan utama dari susu kedelai ialah, susu kedelai tidak cukup banyak mengandung kalsium, kandungan kalsium dalam susu kedelai hanya sekitar seperempat dari kalsium yang dikandung oleh susu sapi (Koswara, 2005).

Pada dokumen SNI 01-2970-2006 terdapat persyaratan mutu produk susu bubuk yang harus dipenuhi oleh setiap produsen susu bubuk. Adapun persyaratan mutu susu bubuk terdapat pada Tabel 2 sebagai berikut.

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan		
			Susu Bubuk Berlemak	Susu Bubuk Kurang Lemak	Susu Bubuk Bebas Lemak
1	Keadaan				
	Bau	-	Normal	Normal	Normal
	Rasa	-	Normal	Normal	Normal
2	Kadar Air	% b/b	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5
3	Lemak	% b/b	Min. 26	>1,5 < 26,0	Maks. 1,5

4	Protein	% b/b	Min. 23	Min. 23	Min. 30
5	Cemaran Logam**				
	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks. 20,0	Maks. 20,0	Maks. 20,0
	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks. 0,3	Maks. 0,3	Maks. 0,3
	Timah (Sn)	Mg/kg	Maks. 40,0/250,0	Maks. 40,0/250,0	Maks. 40,0/250,0
	Raksa (hg)	Mg/kg	Maks. 0,03	Maks. 0,03	Maks. 0,03
			Persyaratan		
No	Kriteria Uji	Satuan	Susu Bubuk Berlemak	Susu Bubuk Kurang Lemak	Susu Bubuk Bebas Lemak
6	Cemaran arsen (AS)**	Mg/kg	Maks. 0,1	Maks. 0,1	Maks. 0,1
	Cemaran mikroba				
7	Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maks. 5×10^4	Maks. 5×10^4	Maks. 5×10^4
	Bakteri coliform	APM/g	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 10
	Escherichia coli	APM/g	<3	<3	<3
	Staphylococcus aureus	Koloni/g	Maks. 1×10^2	Maks. 1×10^2	Maks. 1×10^2
	Salmonella	Koloni/100g	negatif	negatif	Negative

Sumber : SNI 01-2970,2006