

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Konsep Dasar Pengeringan

Pemahaman tentang prinsip pengeringan diperlukan agar produk pengeringan yang dihasilkan berkualitas baik dan dapat disimpan untuk waktu yang lebih lama. Pengeringan adalah sebuah proses ganda yakni perpindahan panas dari sumber pemanas ke produk dan perpindahan massa kelembapan (moisture) dari bagian dalam produk ke permukaannya dan berturut-turut sampai terlepas ke udara. (Hollick, 1999).

Prosesnya tidak hanya melibatkan penguapan air pada permukaan benda padat tetapi juga pergerakan air dari bagian dalam ke permukaannya. Selama proses pengeringan terjadi Reaksi fisik, kimia dan biologis secara bersamaan

1. Reaksi Fisik

Merupakan proses pengeluaran air di dalam suatu zat. Menurut (Rockland, 1969) membagi air tertambat pada makanan menjadi tiga jenis.

- a. Air yang tidak terikat yang terdapat di pori-pori makanan dan mudah menguap
- b. Molekul air yang terikat pada gugus ionik seperti kelompok karboksil dan amino
- c. Molekul air yang berikatan hidrogen dengan gugus hidroksil dan amida

2. Reaksi Kimia

Reaksi yang terjadi selama perubahan bahan mentah menjadi produk yang berkualitas

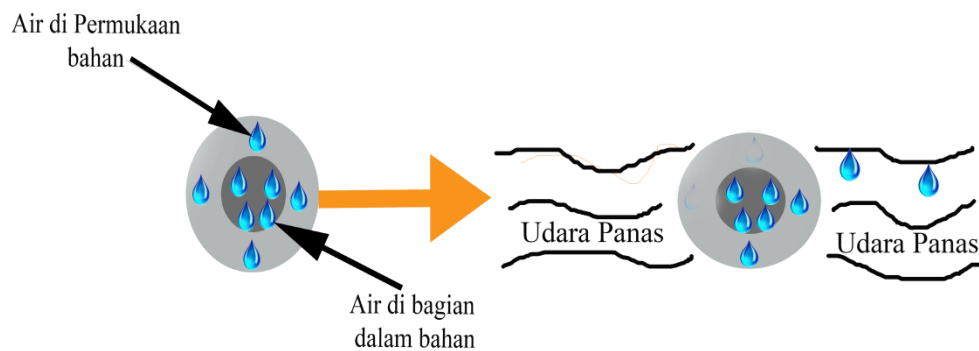
3. Reaksi Biologis

Proses ini melibatkan kegiatan mikroorganisme yang terjadi selama proses pengeringan

1.2 Mekanisme Pengeringan

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 1976). Berikut ini merupakan tahapan proses terjadinya pengeringan :

1. Kandungan air yang terdapat didalam bahan (padatan) terbagi menjadi 2 yaitu air di bagian dalam bahan dan air yang terdapat di permukaan. Ketika bahan dipanaskan (dengan menggunakan udara kering) maka air yang terdapat dibagian permukaan bahan akan menguap terlebih dahulu dan terbawa oleh udara seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Proses perpindahan air

Sumber : Geankoplis, 1993

2. Air di bagian permukaan bahan akan berkurang, sehingga jumlah air di permukaan padatan lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah air di bagian dalam bahan. Akibatnya air yang berada di bagian dalam bahan akan berpindah ke bagian permukaan bahan secara difusi (perpindahan suatu zat di dalam suatu bahan dari bagian konsentrasi tinggi ke bagian konsentrasi rendah). Air tersebut akan terakumulasi di bagian permukaan bahan



Gambar 2. Proses Difusi air di dalam bahan

Sumber : Geankoplis, 1993

3. Setelah itu air yang terakumulasi di bagian permukaan akan menguap dan dibawa oleh udara. (Geankoplis, 1993). Jumlah air yang dapat berpindah dari bahan ke udara tergantung dari massa udara dan kelembabannya. Semakin besar massa udara yang digunakan maka semakin banyak air yang dapat diangkut oleh udara tersebut. Dengan catatan bahwa kelembaban udara harus lebih rendah dari pada kelembaban bahan yang akan dikeringkan, karena apabila kelembaban udara lebih tinggi dari bahan yang akan dikeringkan maka air tidak dapat berpindah ke udara tersebut, yang terjadi sebaliknya air yang terdapat di udara akan berpindah ke bahan yang akan dikeringkan. Oleh karena itu udara harus dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dipanaskan sebelum dilakukan proses pengeringan (Sotocinal, 1992).

1.3 Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan banyaknya jumlah kandungan uap air yang terdapat pada udara. Udara merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dua cara yaitu kelembaban absolut dan kelembaban spesifik. Kelembaban absolut merupakan cara yang digunakan untuk menyatakan massa uap air dalam campuran udara, biasanya

dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/m^3). Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama, atau perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama. Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air. Pengertian lain, Kelembaban udara relatif (atau RH, Relative Humidity), adalah rasio antara tekanan uap air aktual pada temperatur tertentu dengan tekanan uap air jenuh pada temperatur tersebut. Psychrometric Chart merupakan bidang yang mempelajari cara untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan termodinamika pada suatu gas yang didalamnya terdapat campuran gas dan uap. Salah satu contohnya adalah udara yang ada disekitar kita, udara tersebut merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Sifat-sifat yang dapat diketahui dari Psychrometric Chart adalah Dry Bulb Temperature, Wet Bulb Temperature, Dew Point, Relative Humidity, Humidity Ratio, Enthalpy, dan Volume Spesifik. Dry Bulb Temperature (DBT) adalah suhu yang terbaca pada termometer bulb biasa dengan bulb pada keadaan kering. Bulb merupakan bagian bawah termometer dimana digunakan sebagai penampungan cairan termometer. Cara kerja termometer ini yaitu memanfaatkan sifat pemuaian cairan termometer (misalkan: air raksa), air raksa akan memuai dan naik pada pipa kapiler dan dikonversikan ke satuan suhu celcius, kelvin atau fahrenheit.

Wet Bulb Temperature (WBT) dalam bahasa Indonesia berarti temperatur bola basah. Sesuai dengan namanya temperatur diukur dengan menggunakan termometer yang bulbnya dalam keadaan basah, hal ini dapat dilakukan dengan menutup bulb dengan kain basah kemudian dialiri dengan udara yang akan diukur temperaturnya. Perpindahan panas terjadi dari udara ke kain basah pada bulb termometer dan akan menguapkan air pada kain basah tersebut, kemudian uap air tersebut akan memuaikan cairan raksa pada bulb termometer.

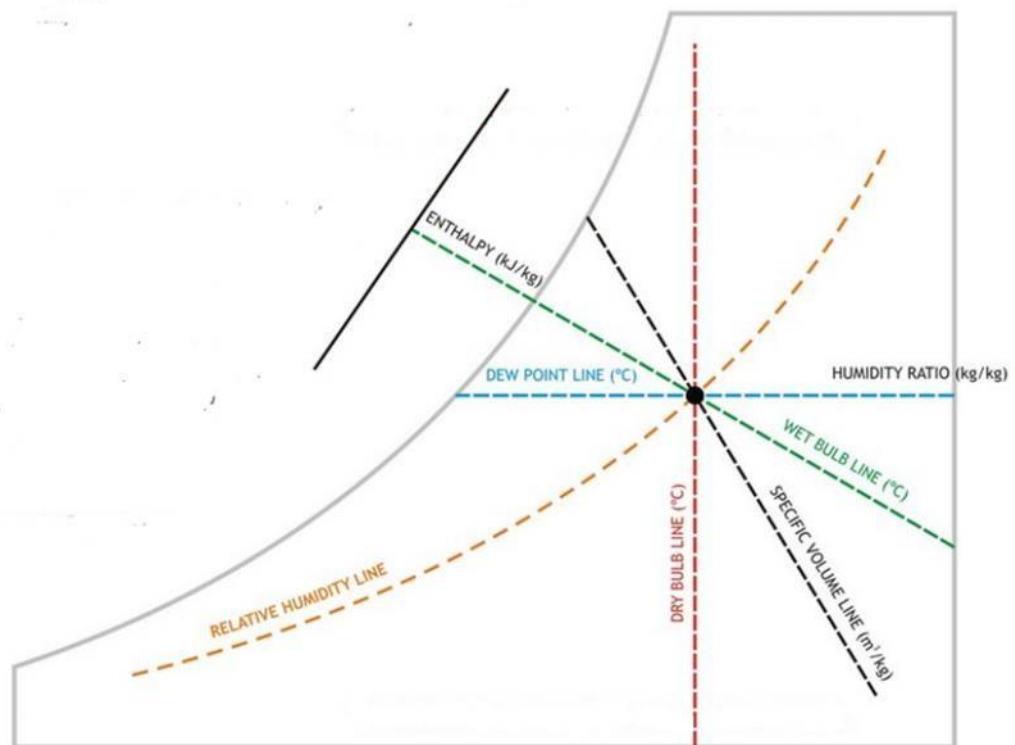
Dew Point merupakan suhu dimana kondisi udara telah mencapai titik jenuh, jika udara tersebut mengalami pelepasan kalor sedikit saja maka uap air akan mengembun.

Humidity Ratio (w) merupakan ukuran massa uap air yang ada dalam satu satuan udara kering (kg/kg).

Relative Humidity (RH) merupakan perbandingan antara fraksi mol udara basah pada suhu dan tekanan yang sama dinyatakan dalam satuan perse (%).

Volume spesifik (v) merupakan besarnya volume udara dalam satuan massa (m^3/kg). Enthalpy (h) merupakan banyaknya kalor dalam satu satuan massa udara. Enthalpy ini merupakan total energi dari uap air dan udara kering

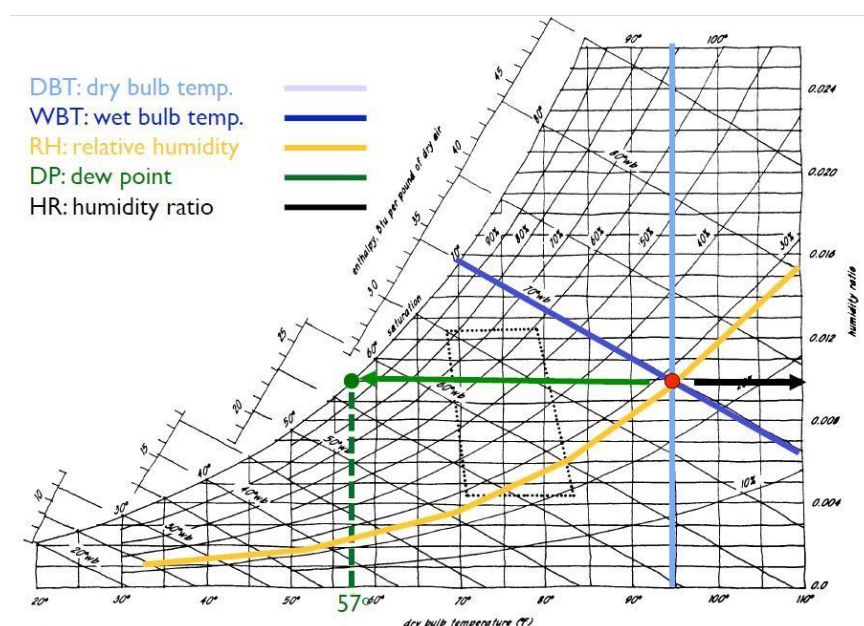
Untuk mengetahui sifat-sifat dari udara kita dapat menggunakan Psychrometric Chart seperti terlihat pada Gambar 3. Kita harus mengetahui sedikitnya dua sifat udara dengan demikian sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui dari Psychrometric Chart. Sifat-sifat udara yang belum diketahui dapat dicari dengan menemukan titik perpotongan antara dua sifat yang diketahui, di titik tersebut sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui.



Gambar 3. Garis sifat udara pada *Psychrometric Chart*
Sumber : Ismoyo, 2017

Dari Gambar 3 dapat dilihat bagaimana cara untuk menentukan sifat – sifat udara. Untuk menentukan humiditas udara dengan temperatur bola kering dan bola basah dapat dilakukan dengan menarik garis tegak lurus dari bola kering hingga

memotong temperature bola basah lalu menarik titik potong tersebut lurus kesebelah kanan dan didapatkanlah harga humiditasnya, untuk mendapatkan harga dewpoint dapat dilakukan dengan menarik titik potong tersebut lurus kesebelah kiri. Begitu juga dengan variabel yang lainnya dapat dicari dengan menggunakan cara yang sama sehingga nilainya akan didapatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Psikometrik Proses Pengeringan
(Sumber : Perry's Chemical Handbook, 1989)

1.4 Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan yaitu :

1. Kandungan *moisture* dalam bahan

Kadar air dapat dinyatakan sebagai berat air sebagai proporsi total berat baik dari bahan basah (wb) atau bahan kering (db). Proses pengeringan berlangsung sampai tidak ada transfer panas antara makanan dan udara. hal ini disebut sebagai ketimbangan kadar air. Ini bervariasi tergantung pada jenis bahan atau produk. Menurut (Mujumdar dan Menon, 1992), kelembaban di dalam produk dibagi menjadi tiga jenis yang terikat, tidak terikat dan bebas kelembaban dijelaskan di bawah ini:

- a. *Moisture* terikat adalah uap air yang terdapat sebagai larutan cair, yang terperangkap di dalam bagian mikro dari padatan yang memiliki tekanan uap lebih rendah dari cairan murni

- b. *Moisture* tidak tertikat yang keberadaannya berlebih didalam padatan perlu dihilangkan melalui proses pengeringan
 - c. *Moisture* bebas bisa terikat ataupun tidak terikat dan dapat dihilangkan pada temperatur ruang. *Moisture* bebas ini tidak terikat secara kimia dengan bagian didalam padatan
2. Luas Permukaan Bahan
Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau diirisiris terlebih dulu. Hal ini terjadi karena pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar, dan potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan. Potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut. (Supriyono, 2003)
 3. Temperatur pengeringan
Pengeringan di bawah kondisi suhu dan kelembaban yang terkontrol akan mempercepat proses pengeringan serta menjaga kondisi produk sehingga produk yang dihasilkan berkualitas (Sharma, 1995). Jika di awal pengeringan suhu terlalu rendah dengan kelembaban yang tinggi maka mikroorganisme akan tumbuh sebelum makanan dapat dikeringkan. Jika suhunya terlalu tinggi dan kelembabannya terlalu rendah maka bagian permukaan makanan dapat mengeras.
 4. Laju alir udara
Selain itu, Laju alir udara kering yang di suplai ke ruang pengeringan harus disesuaikan. Udara dipertahankan untuk mencegah proses saturasi (kondisi dimana udara menjadi jenuh mengandung uap air dan terjadi pengembunan) (Samson,1992). Untuk pengeringan yang efektif, udara yang disuplai harus udara panas, kering, dan bergerak. Kelembapan udara relatif 95% artinya udara mendekati jenuh kandungan airnya. Kelembaban relative 100% artinya

udara sudah jenuh dan mengembun menjadi air (saturasi). Ketika kelembaban relative 100% maka dew point temperature akan sama dengan dry-bulb temperature. (Sotocinal, 1992)

Berbagai jenis produk yang akan dikeringkan dapat membutuhkan kisaran suhu pengeringan yang berbeda tergantung dari kadar air awal dan akhir. Umumnya, kadar air dari makanan kering juga beragam mulai dari 5 hingga 25 persen. The El Paso Solar Energy Association memberikan pedoman dasar untuk pengeringan makanan di mana suhu berkisar antara 37 °C - 71 °C akan efektif membunuh bakteri dan menonaktifkan enzimnya sedangkan untuk pengering surya direkomendasikan suhu sekitar 43 °C yang dapat menghilangkan 80 - 90% kelembaban dari makanan. Pengeringan dengan menggunakan sistem hybrid (Tenaga Surya dan Biomassa) untuk sebagian besar jenis buah-buahan, sayuran, dan juga ikan di daerah tropis dikeringkan pada ruang pengeringan sekitar 60-70 °C. Untuk proses penyimpanan, makanan biasanya dikeringkan hingga kadar air akhir <14% dan RH 80-90%

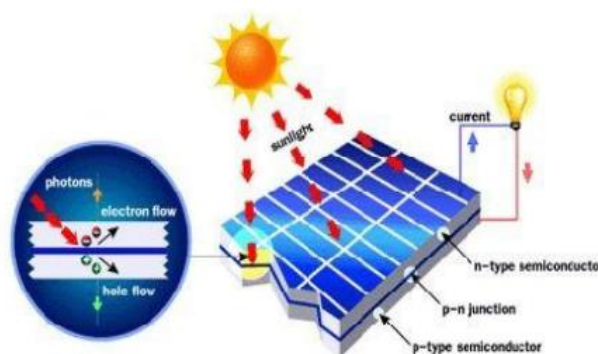
1.5 Pengertian sel surya (fotovoltaik)

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai yang di harapkan. Panel surya biasanya memiliki umur 20+ tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan overheating yang baik dalam bentuk semen

konduktif termal. Perlindungan overheating penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian overheating dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut. (Dickson, 2017).

1.6 Prinsip kerja sel surya (fotovoltaik)

Pengkonversian sinar matahari menjadi listrik dengan panel photovoltaik, kebanyakan menggunakan Poly Crystalline Silicon sebagai material semikonduktor *photocell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip diode p-n Gambar dibawah ini mengilustrasikan prinsip kerja photovoltaik panel.



Gambar 5. Prinsip Kerja Sel surya Fotovoltaik

(Sumber : <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>)

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1. Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.

3. Gabungan / susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik dc, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

Daya listrik dc tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya menjadi daya listrik ac. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik dc dapat berubah menjadi daya listrik ac sehingga dapat digunakan. (Dickson, 2017).

1.7 Analisa

1.7.1 Kadar Air

Kadar air suatu bahan perlu diketahui, karena air dapat mempengaruhi cita rasa. Di samping itu, kadar air juga mempengaruhi kesegaran dan daya tahan tersebut terhadap serangan mikroorganisme selama penanganannya (Winarto, 1984). Kadar air yang diharapkan dari produk yang akan dihasilkan adalah kadar air yang terendah. Semakin rendah kadar air maka penyerapan uap air dari udara akan semakin lama. Hal ini akan menjaga ketahanan bahan dari kerusakan dari mikroorganisme selama penyimpanan. Kadar air yang terus bertambah juga dapat menyebabkan kerusakan pada produk yang ditandai dengan penggumpalan produk. (Irma, 2010)

Untuk mengetahui kadar air bahan baku digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar air} = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_1 - W_0)} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Keterangan :

W_0 = berat cawan kosong + tutup (gr)

W_1 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dikeringkan (gr)

W_2 = berat cawan + tutup + sampel setelah dikeringkan (gr)

1.7.2 Neraca Massa dan Neraca Energi pada *Try Dryer*

Neraca Massa merupakan ilmu yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem adalah bagian yang diamati atau dikaji.

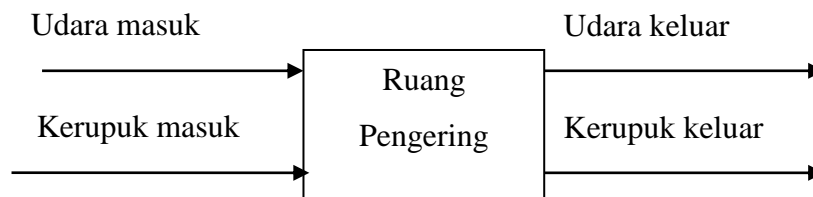
Berdasarkan hukum kekekalan massa yang mengatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dimusnakan. Sehingga dapat didefinisikan bahwa total massa atau berat dari semua bahan yang memasuki sistem apa pun harus sama dengan total massa dari semua bahan yang meninggalkan sistem ditambah massa bahan yang terakumulasi atau tertinggal dalam sistem tersebut

$$\text{Input} = \text{Output} + \text{Akumulasi} \quad \dots(2)$$

Namun ketika proses berlangsung secara *steady – state* maka tidak akan ada akumulasi massa dalam suatu proses, yang berarti bahwa input akan sama dengan output. (Geankoplis, 1993).

$$\text{Input} = \text{Output (steady state)} \quad \dots(3)$$

Neraca Massa pada *Try Dyer* :



1. Menghitung luas penampang masuk dan keluar

$$\text{Luas penampang (A)} = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad \dots(3)$$

Dimana :

A = Luas penampang (m²)

d = Diameter Pipa (m)

2. Menghitung debit aliran udara masuk dan keluar

$$D = v \times A \quad \dots(4)$$

Dimana :

D = debit (m³/s)

v = laju alir udara (m/s)

A = luas penampang (m^2)

3. Menghitung massa udara masuk dan keluar

$$m \text{ udara} = \frac{P.V.Bm \text{ udara}}{R.T} \quad \dots(5)$$

Dimana :

m = massa udara (kg)

P = tekanan (atm)

V = Volume (m^3)

Bm = berat molekul udara (kg/kgmol)

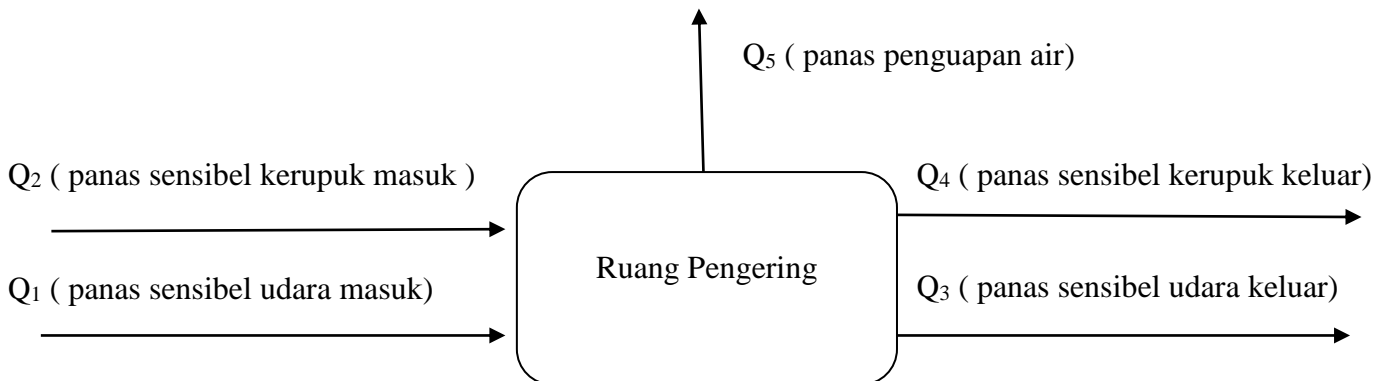
R = Konstanta gas ideal (atm.liter/kgmol.K)

4. Menimbang berat kemplang sebelum dan sesudah pengeringan

Sedangkan Neraca Energi merupakan ilmu yang membahas tentang kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnakan tetapi dapat berpindah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Energi yang masuk dalam sebuah sistem akan sama dengan Energi yang keluar ditambah dengan akumulasi (energi yang hilang /losses)(Geankoplis, 1993).

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output} + Q \text{ loss} \quad \dots(6)$$

Neraca Panas pada *Tray Dyer* :



Panas Input

1. Panas sensibel udara masuk (Q_1)

$$c_p = a + \frac{b}{2}(T_2+T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2) \quad \dots(7)$$

$$Q_1 = n \times c_p \times T \quad \dots(8)$$

Dimana :

c_p = kapasitas panas udara (kal/grmol.K)

n = mol udara (mol)

T = Temperatur (K)

2. Panas sensibel kerupuk keluar (Q_2)

$$Q_2 = m \times c_p \times T \quad \dots(9)$$

Dimana :

m = kerupuk (kg)

c_p = kapasitas panas kerupuk (kj/kg. K)

T = Temperatur (K)

Panas Output

1. Panas udara keluar (Q_3)

$$c_p = a + \frac{b}{2}(T_2 - T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2) \quad \dots(10)$$

$$Q_3 = n \times c_p \times T \quad \dots(11)$$

Dimana :

c_p = kapasitas panas udara (kal/grmol.K)

n = mol udara (mol)

T = Temperatur (K)

2. Panas sensibel kerupuk setelah pengeringan (Q_4)

$$Q_4 = m \times c_p \times T \quad \dots(12)$$

Dimana :

m = massa air (kg)

c_p = kapasitas panas kerupuk (kj/kg. K)

T = Temperatur (K)

3. Panas penguapan air (Q_5)

$$Q_5 = n \times \lambda \quad \dots(13)$$

Dimana :

n = mol air (mol)

λ = Entalpi penguapan air (btu/lbmol)

1.7.3 Efisiensi Termal pada Tray Dyer

$$\eta = \frac{out}{in} \times 100 \% \dots(\text{pers 21-6 hal. 648 Himmelblau}) \quad \dots(14)$$

Dimana :

η = Efisiensi panas

out = Panas Keluar

in = Panas Masuk

1.8 Kerupuk

Kerupuk merupakan makanan ringan khas di Sumatra bagian selatan, Indonesia. Kerupuk biasanya terbuat dari ikan tenggiri (wahoo), dicampur dengan tepung tapioka dan perasa lainnya, dijemur dan kemudian dipanggang atau digoreng. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Kemplang>)



Gambar 6. Kerupuk Kemplang

sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Kemplang>

Ada 4 jenis kemplang yang populer di Palembang yaitu : kerupuk kemplang, kemplang kancing, kemplang keriting, dan kemplang pilus.

Tabel 1. Standard Mutu Kerupuk Ikan (SNI 01-2713-1999)

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Rasa dan Aroma		Khas kerupuk ikan
2.	Serangga dalam bentuk stadia dan potongan – potongan serta benda – benda asing		Tidak ternyata
3.	Kapang		Tidak ternyata
4.	Air	%	Maks. 11
5.	Abu tanpa garam	%	Maks. 1
6.	Protein	%	Min. 6
7.	Lemak	%	Maks. 0,5
8.	Serat Kasar	%	Maks. 1
9.	Bahan tambahan makanan		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
10.	Cemaran logam (Pb, Cu, Hg)		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
11.	Cemaran arsen (As)		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku

sumber : Badan Standarisasi Nasional, 1999

