

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaporasi

Evaporasi merupakan proses penambahan konsentrasi suatu zat tertentu melalui proses perubahan molekul dari zat campurannya (zat cair menjadi molekul uap/gas). Evaporasi juga didefinisikan sebagai proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Tujuan dari evaporasi adalah memekatkan larutan yang mengandung zat yang sulit menguap (*non-volatile solute*) dan pelarut yang mudah menguap (*volatile solvent*) dengan cara menguapkan sebagian pelarutnya. Pelarut yang ditemui dalam sebagian besar sistem larutan adalah air. Umumnya, dalam evaporasi, larutan pekat merupakan produk yang diinginkan, sedangkan uapnya diembunkan dan dibuang. Di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk, meningkatkan larutan sebelum proses lebih lanjut, memperkecil volume larutan, menurunkan aktivitas air (Praptiningsih, 1999). Di dalam pengolahan hasil pertanian proses evaporasi bertujuan untuk:

- Meningkatkan konsentrasi atau viskositas larutan sebelum diproses lebih lanjut. Sebagai contoh pada pengolahan gula diperlukan proses pengentalan nira tebu sebelum proses kristalisasi, *spray drying*, *drum drying* dan lainnya
- Memperkecil volume larutan sehingga dapat menghemat biaya pengepakan, penyimpanan dan transportasi
- Menurunkan aktivitas air dengan cara meningkatkan konsentrasi *solid* terlarut sehingga bahan menjadi awet misalnya pada pembuatan susu kental manis (Wirakartakusumah, 1992)

Perbedaannya dengan distilasi adalah bila distilasi uapnya (*liquid*) yang diinginkan/dibutuhkan apabila proses evaporasi adalah *vapour* (cairan) yang dibutuhkan, pada proses ini zat yang tertinggal itulah yang diinginkan, sedangkan uapnya biasanya dibuang, biasanya molekul yang menguap ini memiliki energi yang lemah untuk terikat dengan cairan, sehingga dengan spontan menjadi uap karena suhu yang sudah mencapai pada titik didih zat tersebut. Proses evaporasi dengan skala komersial di dalam industri kimia

dilakukan dengan peralatan yang namanya evaporator.

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan sehingga prinsip kerjanya merupakan prinsip kerja atau cara kerja dari evaporasi itu sendiri. Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan evaporator antara lain:

- Makin cepat gerakan fluida dalam evaporator, makin besar nilai koefisien perpindahan panas, sehingga kecepatan perpindahan panasnya juga semakin tinggi.
- Kadar zat terlarut makin tinggi, biasanya viskositas larutan semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan koefisien perpindahan massa menurun sehingga memperlambat perpindahan panas. Disamping itu, jika kekentalan makin tinggi, kadar lokal padatan disuatu titik dalam evaporator bisa terlalu tinggi sehingga dapat mengakibatkan kerusakan padatan (jika padatan sensitif terhadap panas), atau pepadatan lokal.
- Pada evaporator dengan konveksi alami (*natural convection*) dimana gerak fluida diakibatkan oleh beda suhu, maka koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh beda suhu (ΔT). Semakin besar (ΔT), semakin tinggi nilai koefisien perpindahan panas.
- Gerakan yang baik dan fluida perlu dijaga. Gerakan fluida selain akan meningkatkan perpindahan panas, juga dapat mencegah terjadinya konsentrasi atau suhu lokal yang terlalu tinggi, yang bisa mengakibatkan kerusakan padatan atau pepadatan.
- Faktor-faktor yang mendorong terjadinya endapan perlu dicegah.
- Untuk bahan yang sensitif terhadap panas (mudah rusak pada suhu tinggi), maka suhu evaporator diusahakan rendah dengan cara menurunkan tekanan operasi. Disamping itu, waktu tinggal bahan dalam evaporator dijaga jangan terlalu lama.
- Energi terbesar pada evaporator adalah untuk penguapan (panas penguapan nilainya sangat besar dibandingkan dengan panas sensibelnya, misal: panas

penguapan air ~ 540 cal/g), sehingga usaha-usaha penghematan panas perlu dilakukan. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan uap yang timbul sebagai pemanas evaporator.

Sebagai bagian dari suatu proses di dalam pabrik, alat evaporasi mempunyai dua fungsi, yaitu merubah panas dan memindahkan uap yang terbentuk dari bahan cair. Ketentuan-ketentuan penting pada praktik evaporasi adalah :

1. Suhu maksimum yang diperkenankan yaitu sebagian besar dibawah 212 F.
2. Promosi perputaran bahan cair melalui permukaan pindah panas, untuk mempertahankan koefisien pindah panas yang tinggi dan untuk menghindari setiap pemanasan global yang terlalu tinggi.
3. Kekentalan bahan cair yang selalu meningkat dengan cepat karena meningkatnya jumlah bahan yang tidak terlarut.
4. Setiap kecenderungan untuk berbusa yang mempersulit pemisahan bahan cair dengan uap (Earle, 1982).

Pemekatan dapat dilakukan melalui penguapan, proses melalui membran, dan pemekatan beku. Peralatan yang digunakan untuk memindahkan panas ke bahan bermacam-macam bentuk dan jenisnya. Penggunaan bermacam-macam peralatan ini akan berpengaruh pada kemudahan penguapan dan retensi zat gizi. Pada waktu air menguap dan larutan menjadi pekat, terjadi beberapa perubahan penting. Pertama zat terlarut reaktif menjadi lebih pekat dan laju kerusakan kimiawi dapat meningkat. Kedua terjadi kenaikan titik didih. Ketiga viskositas larutan meningkat dengan tajam, jika viskositas meningkat, maka cairan menjadi sulit dipanaskan. Kesulitan ini menyebabkan penyebaran suhu yang tidak seragam sehingga dapat terjadi bercak panas dan hangus. Hal ini sangat mempengaruhi retensi zat gizi

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda

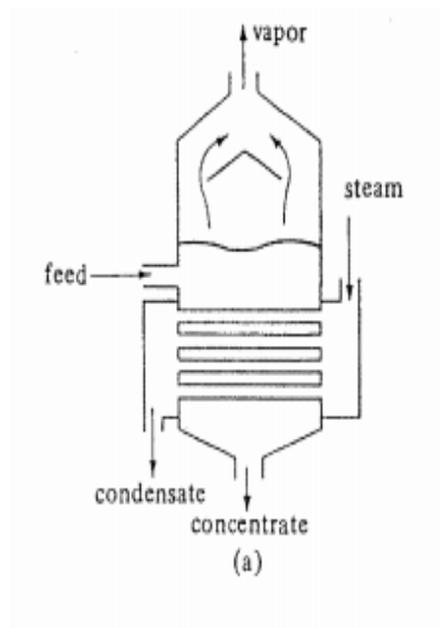
dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau kristal (MC. Cabe ,dkk.,1993).

2.2 Jenis – Jenis Evaporator

2.2.1 Jenis Jenis Evaporator Secara Umum

a) *Open Kettle or Pan*

Evaporator ini adalah jenis paling sederhana yang terdiri dari bejana terbuka terbuat dari besi tuang dimana larutan akan didihkan. Sebagai pemanas bisa digunakan api langsung atau mantel kukus. Untuk mencegah terbentuknya kerak, panci dilengkapi dengan pengaduk jangkar yang memiliki bentuk sesuai dengan kontur dasar panis. Evaporator ini murah dan operasinya sederhana, tetapi efisiensi panasnya rendah sehingga alat ini cocok digunakan untuk industri kecil/rumah tangga. Untuk efisiensi yang lebih baik, seringkali posisi media pemanas berada terendam dalam larutan yang akan dievaporasi, contohnya kukus berada dalam pipa spiral yang terendam dalam larutan yang akan dievaporasi.



Sumber : Geankoplis, 1993

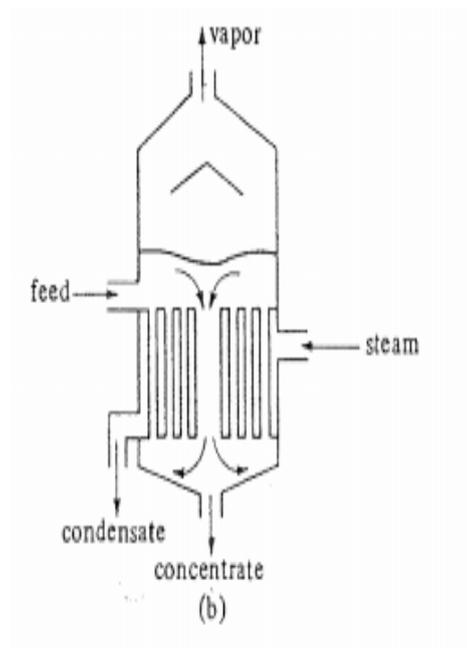
Gambar 2.1 *Open Kettle or Pan*

b) Horizontal tube evaporator

Alat ini merupakan evaporator yang paling klasik dan sederhana. Evaporator ini banyak digunakan untuk keperluan-keperluan kecil dengan teknologi sederhana.

Features:

- Tidak memberikan kondisi untuk terjadinya sirkulasi/aliran cairan, sehingga koefisien perpindahan panas rendah yang menjadikan perpindahan panas tidak efisien.
- Pengendapan kerak terjadi diluar pipa, sehingga sulit untuk dibersihkan. Konstruksi alat harus diusahakan sedemikian rupa sehingga bundel pipa bisa dikeluarkan untuk dibersihkan.



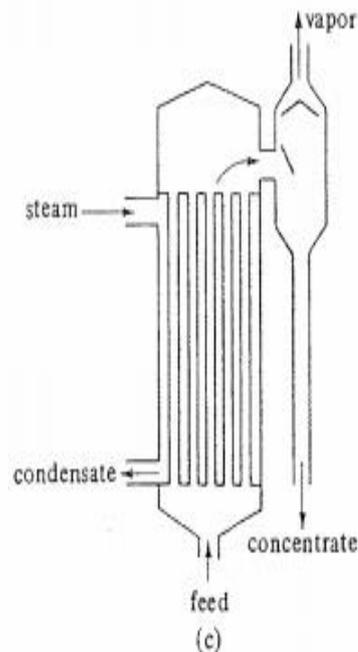
Sumber : Geankoplis, 1993

Gambar 2.2 *Horizontal Tube Evaporator*

c) Standard Vertical-Tube Evaporator

Pada alat ini, cairan mengalir dalam pipa sedangkan *steam* pemanas mengalir dalam *shell*. Cairan dalam tabung mendidih, uap yang timbul bergerak ke atas dengan membawa cairan. Sirkulasi aliran dalam pipa terjadi karena beda rapat massa yang terjadi karena perbedaan fasa antara

fluida dalam pipa (yaitu: campuran uap-cair) dengan yang diluar pipa (cair). Diatas pipa terdapat ruang uap yang berfungsi untuk memisahkan cairan dengan uap. Uap akan menuju lubang pengeluaran diatas, sedangkan cairan jatuh kebawah melewati saluran besar yang ada ditengah bejana, dan kembali bersirkulasi masuk pipa-pipa. Konveksi alami (*natural convection*) berjalan baik sehingga perpindahan panas lebih efisien. Kerak dan endapan terbentuk di dalam pipa, sehingga lebih mudah untuk dibersihkan. Adanya sirkulasi menyebabkan cairan berkali-kali kontak dengan permukaan pemanas. Hal ini kurang baik untuk bahan-bahan yang tidak tahan terhadap panas, misalnya: susu, *juice* dan berbagai *dairy product*.



Sumber : Geankoplis, 1993

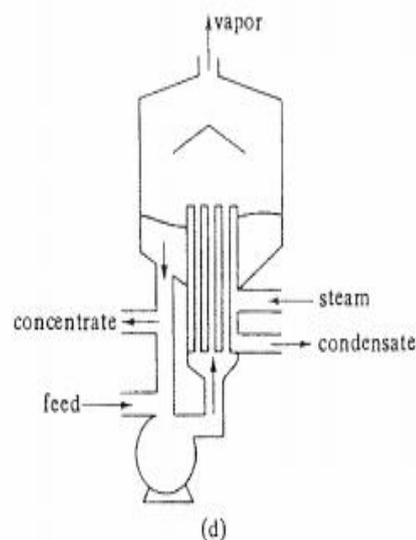
Gambar 2.3 *Standard Vertical Tube Evaporator*

d) Long Tube Vertical Evaporator

Untuk memperbesar kecepatan sirkulasi cairan dengan harapan koefisien perpindahan panas makin tinggi, pipa-pipa perpindahan panas dibuat lebih panjang. Aliran cairan, setelah masuk ruang uap untuk dipisahkan dengan uap yang terbentuk, kembali kebawah melalui pipa diluar evaporator.

Keuntungan: koefisien perpindahan panas karena sirkulasi alami (*natural circulation*) lebih besar, sehingga perpindahan panas bisa lebih efisien.

Kerugian: jumlah cairan yang menguap setiap pass sangat besar (karena pipa panjang) sehingga konsentrasi lokal dimulut pipa bagian atas akan sangat tinggi (ingat : cairan dalam evaporator tidak homogen, karena adanya perbedaan suhu dan konsentrasi padatan lokal). Hal ini dapat menyebabkan kristalisasi/pembentukan gel pada pipa, sehingga bisa mengganggu sirkulasi aliran.

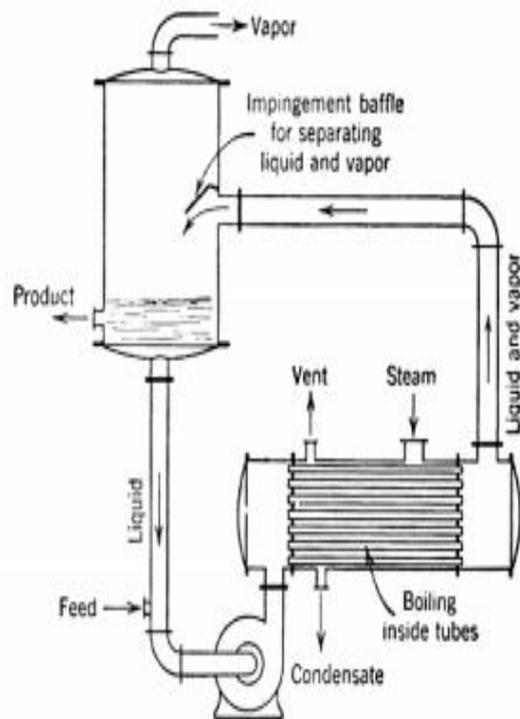


Sumber : Geankoplis, 1993

Gambar 2.4 *Long Tube Vertical Evaporator*

e) Forced Circulation Evaporator with External Heater

Pompa, *heat exchanger* dan pemisah uap-cairan masing-masing merupakan unit yang terpisah. Untuk mendapatkan alat ini, biasanya digunakan alat-alat biasa yang dirangkai sendiri. Keadaan alat ini seperti pada *vertical tube evaporator with forced circulation*, akan tetapi lebih murah dan fleksibel karena bisa dirangkai sendiri. Akan tetapi alat ini membutuhkan ruang yang lebih luas (kurang kompak).

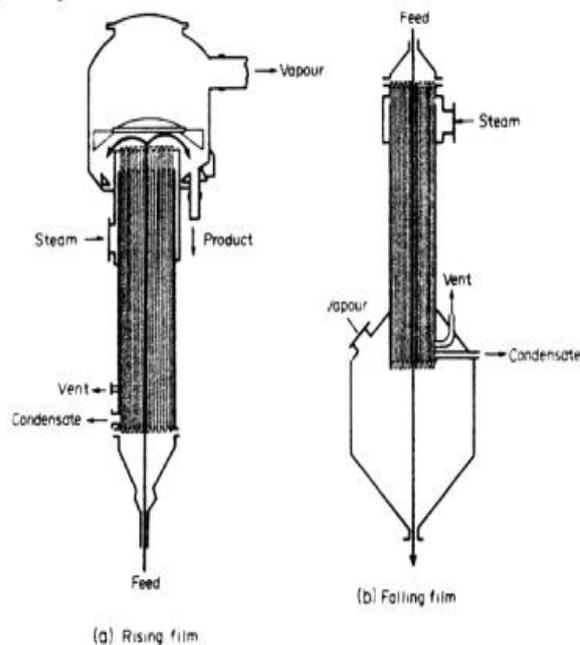


Sumber : Geankoplis, 1993

Gambar 2.5 *Forced circulation evaporator with external heater*

f) Falling Film Evaporator

Dalam *falling film evaporator*, cairan mengalir kebawah membentuk *film* disekeliling dinding dalam pipa. Aliran disebabkan oleh gaya berat dan gesekan uap. Uap yang terbentuk bergerak kebawah. Meskipun ΔT kecil, tetapi aliran tetap baik karena adanya gaya gravitasi (bandingkan dengan *natural convection evaporator*). Luas permukaan pemanasan jauh lebih besar dibandingkan dengan volume cairan dalam evaporator. Hal ini memungkinkan perpindahan panas yang cukup dan kerusakan bahan belum banyak terjadi karena waktu tinggal yang kecil (volume cairan dalam evaporator kecil). Kapasitas alat ini tidak bisa divariasikan terlalu besar. Contoh beberapa jenis *falling film evaporator* dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.

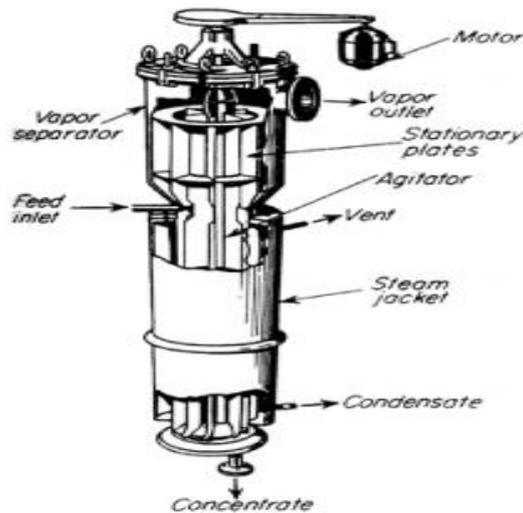


Sumber : Geankoplis, 1993

Gambar 2.6 Long tube evaporator (rising film dan falling film)

g) *Agitated Film Evaporator*

Nama lain : *turbulent film evaporator* atau *wiped-film evaporator* (untuk yang horizontal). Evaporator berbentuk tabung (*shell*) vertikal atau horizontal, dengan pemanas diluar tabung. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada *vertical agitated film evaporator*, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Pada bagian atas tabung disediakan ruang untuk pemisahan uap cairan. Perpindahan panas berjalan dengan sangat efisien. Masalah penyumbatan dan konsentrasi lokal yang tinggi dapat teratasi. *Agitated film evaporator* dirancang untuk larutan yang sangat kental (viskositas tinggi) atau untuk memproduksi padatan. Meskipun demikian, alat ini mahal konstruksinya sulit dan biaya operasinya tinggi (karena perlu tenaga pengadukan).



Sumber : Geankoplis, 1993

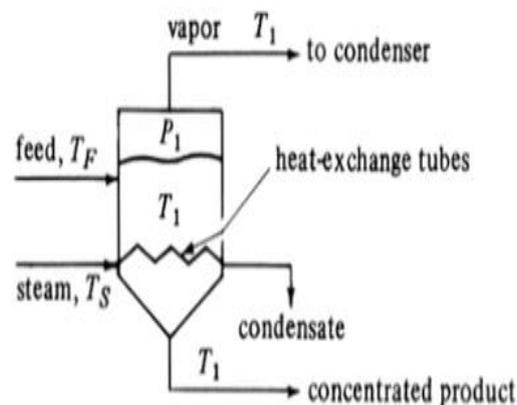
Gambar 2.7 *Agitated film evaporator*

2.2.2 Jenis Jenis Evaporator Berdasarkan Metode Operasinya

Berdasarkan metode operasinya, evaporator dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu *single effect evaporator* dan *multiple effect evaporator*.

a. Evaporator efek tunggal/satu tahap (*single effect evaporator*)

Terdiri dari 1 efek. Evaporator jenis ini biasa digunakan untuk operasi dengan kapasitas kecil dan atau jika harga *steam* relatif murah dibandingkan dengan harga evaporator karena *steam* hanya digunakan satu kali saja. Biaya alat lebih murah namun biaya operasi lebih tinggi.



Sumber : Geankoplis, 1993

Gambar 2.8 *Single Effect Evaporator*

Keterangan :

TF = suhu *feed* masuk

TS = suhu *steam* masuk

T1 = suhu pada evaporator

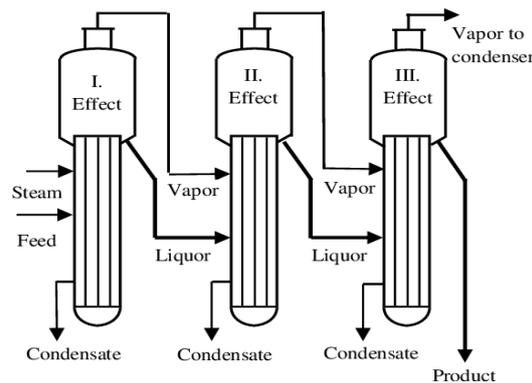
P1 = tekanan pada evaporator

Kelebihan *single effect evaporator*: lebih ekonomis karena hanya membutuhkan satu evaporator saja, lebih hemat tempat, pengoperasian dan pembersihan alat lebih mudah. Kekurangan *single effect evaporator*: proses produksi lebih sedikit dan lebih lambat, tidak memiliki perpindahan panas yang baik sehingga suhu larutan dapat berubah dan perubahan suhu tidak konstan

b. Evaporator tahap banyak (*multiple effect evaporator*)

Di dalam proses penguapan bahan dapat digunakan dua, tiga, empat atau lebih dalam sekali proses, inilah yang disebut dengan evaporator tahap banyak/evaporator efek majemuk/*multiple effect evaporator*. Penggunaan evaporator jenis ini berprinsip pada penggunaan uap yang dihasilkan dari evaporator sebelumnya.

Tujuan penggunaan evaporator tahap banyak ini adalah untuk menghemat panas secara keseluruhan, hingga akhirnya dapat mengurangi ongkos produksi. Keuntungan evaporator jenis ini yaitu penghematan dengan menggunakan uap yang dihasilkan dari alat penguapan untuk memberikan panas pada alat penguapan lain dan dengan memadatkan kembali uap tersebut. Apabila dibandingkan dengan alat penguapan n-efek lainnya, kebutuhan uap diperkirakan $1/n$ kali, dan permukaan pindah panas berukuran n-kali daripada yang dibutuhkan untuk alat penguapan berefek tunggal, untuk pekerjaan yang sama. Kekurangan *multiple effect evaporator* yaitu membutuhkan biaya investasi yang lebih besar karena perlu pembelian lebih banyak evaporator dan sistem pemvakumannya dan operasi dan pengendaliannya lebih sulit.

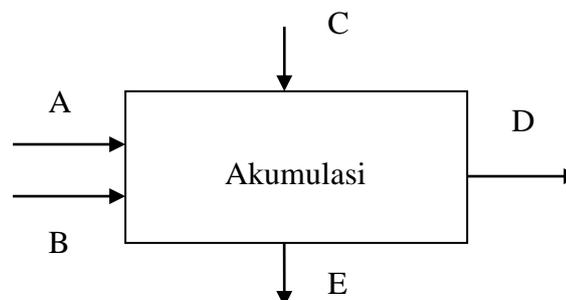


Sumber : Geankoplis,1993

Gambar 2.9 *Multiple Effect Evaporator*

2.3 Neraca Massa

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui (Wuryanti, 2016). Menurut Wirakartakusumah (dikutip dalam Maflahah, 2010), Wirakartakusumah menyatakan bahwa jumlah materi dalam suatu sistem apapun akan tetap walaupun terjadi perubahan bentuk ataupun keadaan fisik. Oleh sebab itu, dalam suatu proses pengolahan akan terjadi jumlah bahan yang masuk akan sama dengan jumlah bahan yang keluar sebagai produk yang dikehendaki ditambah dengan jumlah yang hilang atau produk samping. Persamaan neraca massa secara umum adalah:



Gambar 2.10 Diagram Alir Neraca Massa

Persamaan neraca massa:

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$MA + MB + MC = MD + ME + M_{\text{akumulasi}} \dots\dots\dots(1)$$

Bila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

Massa masuk = massa yang keluar

$$MA + MB + MC = MD + ME \dots\dots\dots(2)$$

Secara umum, neraca massa dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Neraca massa *overall* : Neraca massa *overall* merupakan neraca massa dimana semua komponen bahan masuk dan keluar dihitung dari proses awal sampai akhir dan merupakan suatu kesatuan.
2. Neraca massa komponen : Neraca massa komponen merupakan neraca massa yang perhitungannya berdasarkan atas satu komponen bahan yang masuk saja.
Komponen bahan masuk = komponen bahan keluar

Parameter-parameter yang digunakan pada neraca massa tidak semuanya diketahui nilainya, terutama parameter yang menjadi output. Oleh sebab itu harus dilakukan perhitungan untuk menentukan parameter-parameter neraca massa

Proses evaporasi terjadi perpindahan massa, di mana massa zat yang masuk ke dalam evaporator sama dengan massa zat yang keluar dari evaporator. Neraca bahannya dapat digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:

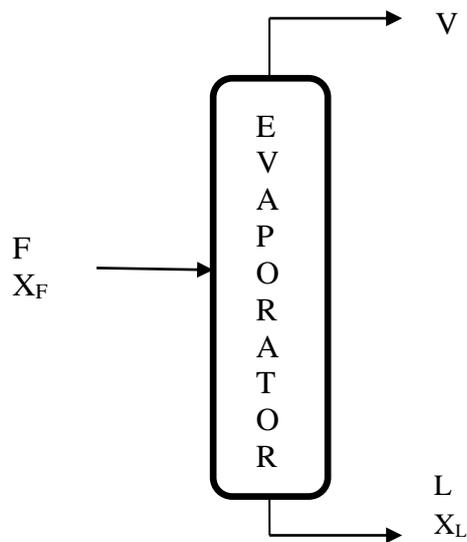
$$V = U_{\text{ap}}/\text{Vapour}$$

$$F = U_{\text{man}}, \text{Feed}$$

$$L = \text{Larutan pekat, Saturated Solution}$$

$$X_F = \text{Kadar komponen dalam feed}$$

$$X_L = \text{Kadar komponen dalam larutan pekat}$$



Gambar 2.11 Neraca Massa pada Evaporator

Neraca Bahan Total :

$$F = V + L \quad \dots\dots(3)$$

Neraca Bahan Komponen (penyusun) :

$$X_F \cdot F = X_L \cdot L \quad \dots\dots(4)$$

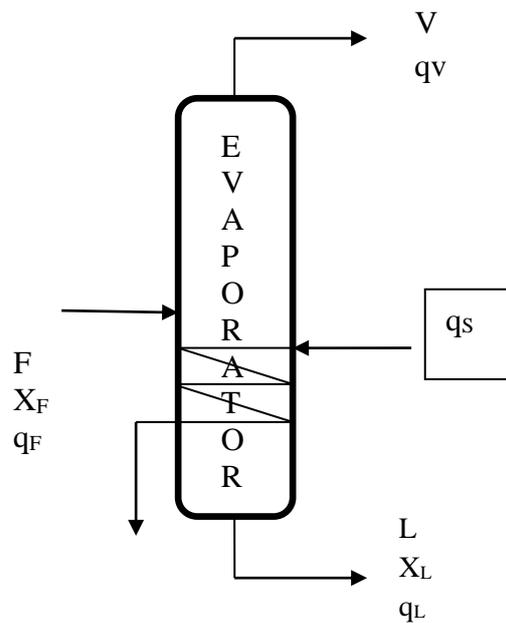
Neraca Pelarut :

$$(1-X_F) \cdot F = V + (1-X_L) \cdot L \quad \dots\dots(5)$$

2.4 Neraca Panas

Neraca energi adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energi masuk dan energi keluar suatu sistem yang berdasarkan pada waktu operasi (Wuryanti, 2016).

Pada evaporator yang beroperasi, berlaku pula prinsip kekekalan energi, dimana jumlah energi (kalor) yang masuk ke dalam evaporator sama dengan jumlah energi (kalor) yang keluar dari evaporator.



Gambar 2.12 Diagram Alir Evaporator (Massa dan Panas)

q_v = Kalor Uap

q_F = Kalor Umpan

q_L = Kalor Larutan Pekat

q_s = Kalor *steam* pemanas, Kalor embun *steam*, *Steam*

q_c = Kondensat

Berdasarkan diagram Gambar 2.12, maka dapat dibuat persamaan neraca energinya, yaitu :

$$(\text{panas dalam umpan}) + (\text{panas dalam steam}) = (\text{panas dalam cairan pekat}) + (\text{panas dalam uap}) + (\text{panas dalam kondensat}) + (\text{panas hilang karena radiasi})$$

Dengan mengabaikan panas hilang karena radiasi, persamaan neraca panas, dapat ditulis:

$$q_F + q_s = q_v + q_L + q_c \quad \dots\dots\dots(6)$$

karena kalor yang dibutuhkan untuk penguapan adalah berasal dari selisih antara steam dengan kalor kondensat, maka persamaan tersebut dapat diubah menjadi :

$$q_s - q_c = q_v + q_L - q_F \quad \dots\dots\dots(7)$$

jadi rumus perpindahan panasnya adalah :

$$q = q_s - q_c = q_v + q_L - q_F \quad \dots\dots\dots(8)$$

Untuk penguapan diperlukan panas, yang diberikan *steam* sebanyak S kilogram per jam pada bidang pemanas dengan entalpi H_s kilokalori per kilogram, dan yang keluar dari bidang pemanas berupa kondensat sebanyak S kilogram per jam dengan entalpi sama dengan h_c kilokalori per kilogram. Biasanya dianggap bahwa kondensat keluar pada suhu pengembunan *steam*, karena hanya mengalami penurunan suhu yang sangat kecil.

$$F \cdot h_F + S \cdot H_s = V \cdot H + L \cdot h_L + S \cdot h_c \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$q = S(H_s - h_c) = V \cdot H + L \cdot h_L - F \cdot h_F \quad \dots\dots\dots(10)$$

2.5 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi berfungsi untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak layak jika didirikan (Sungkar, F.M, 2011)

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya

- Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed capital adalah pengeluaran pokok untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembantunya.

- Modal kerja (*Working Capital Investment*)

Working capital adalah bagian yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan jumlah dari *direct* dan *fixed manufacturing cost* yang bersangkutan dengan produk.

- Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
Direct cost adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.
- Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
Indirect cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik. Dalam perhitungan didapatkan kecenderungan kesulitan menentukan batas antara *direct cost* dan *indirect cost*
- Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
Fixed cost merupakan harga yang berkenaan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan di mana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

c. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

General expenses atau pengeluaran umum, meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

d. Analisa Kelayakan Ekonomi

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan. Metode yang dilakukan yaitu dengan analisis data yang dilakukan dengan mengevaluasi hasil perhitungan penentuan harga jual dan volume penjualan (Kasmir, 2009).

- Menghitung Laba
 1. Menentukan data biaya berupa biaya tetap (*Fixed Cost*) dan biaya variabel (*Variable Cost*).
 2. Menghitung masing-masing tingkat biaya
- Menghitung *Rate of Return (ROR)*

Rate of Return adalah laju pengembalian modal yang dapat dihitung dari laba bersih per tahun dibagi dengan modal. Persamaan untuk menghitung ROR dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Rate of Return (ROR)} = \frac{\text{Laba bersih/tahun}}{\text{modal}} \times 100 \%$$

Untuk mengetahui apakah suatu pabrik sudah berjalan dengan baik bisa dilihat dari besar *Rate of Return* (ROR), yang dihasilkan dan membandingkan dengan bunga bank, yang besarnya bisa melebihi atau dibawah bunga bank.

2.6 Ubi Jalar



Sumber : Kasmirudin, 2019

Gambar 2.13 Ubi jalar (*Ipomoea batatas* (L.))

Ubi jalar atau ketela rambat (*Ipomoea batatas* L.) adalah tanaman tropis yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Ubi jalar dapat tumbuh dengan baik pada daerah dengan ketinggian 0 – 3000 m dpl. Daerah yang paling ideal untuk mengembangkan ubi jalar adalah daerah bersuhu antara 21°C dan 27°C, yang mendapat sinar matahari 11-12 jam/hari, kelembaban udara (RH) 50-60%, dengan curah hujan 750 – 1500 mm / tahun (Rukmana, 1997).

Klasifikasi lengkap taksonomi tumbuhan adalah kingdom *Plantae* (tumbuh tumbuhan), divisi *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji) subdivisi *Angiospermae* (berbiji tertutup), kelas *Dicotyledone* (biji berkeping dua), ordo

Convolvulalesm, famili *Convolvulaceae*, genus *Ipomoea* dan spesies *Ipomoea batatas L.* Ubi jalar digolongkan dalam dua golongan yaitu ubi jalar berumbi lunak karena banyak mengandung air dan ubi jalar yang berumi keras karena banyak mengandung pati (Lingga, dkk, 1986).

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber energi serta mengandung vitamin dan mineral seperti Zat besi (Fe), Fosfor (P), Kalsium (Ca), dan Natrium (Na) (Erawati, 2006). Karbohidrat yang terdapat pada ubi jalar ungu termasuk karbohidrat kompleks dengan klasifikasi indeks glikemik (IG) yang rendah, yaitu 54 (Ratnayati, 2011).

Ubi jalar memiliki jenis yang berbeda-beda dengan kandungan komposisi kimia yang berbeda juga. Menurut Dewi (2007), kadar pati pada ubi jalar oranye sebesar 15,18 %, pada ubi jalar putih 28,79 %, dan pada ubi jalar ungu 12,64 %. Menurut Antarlina dan Utomo (1999), perbedaan warna daging umbi pada ubi jalar menyebabkan perbedaan sifat sensoris, fisik dan kimia umbi maupun produk olahannya. Dengan melihat data tersebut, maka diperkirakan varietas ubi jalar dapat mempengaruhi sifat fisik akhir tepung ubi jalar yang terfermentasi.

- **Kandungan Gizi**

Kelebihan ubi jalar yang signifikan adalah kandungan beta karotennya tinggi. Dalam 100 gram ubi jalar putih terkandung 260 µg (869 SI) beta karoten. Sedangkan kadar betakaroten dalam ubi jalar merah keunguan sebesar 9000 µg (32.967 SI), pada ubi jalar kuning keorangean mengandung 2.900 µg (9.657 SI) beta karoten. Makin kuat intensitas warna ubi jalar, makin besar pula kandungan beta karotennya. Diketahui, beta karoten merupakan bahan pembentuk vitamin A di dalam tubuh (Reifa, 2005).

Ada beberapa kelebihan ubi jalar berdaging jingga dalam kandungan zat gizi dibandingkan ubi jalar lainnya. Ubi jalar jingga merupakan sumber vitamin C dan beta karoten (provitamin A) yang sangat baik. Kandungan beta karotennya lebih tinggi dibandingkan ubi jalar berdaging kuning. Bahkan, ubi jalar berdaging putih tidak mengandung vitamin tersebut atau sangat sedikit. Sementara kandungan vitamin B ubi jalar berdaging jingga sedang (Sarwono, 2005). Berdasarkan Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1981) dalam komposisi kimia ubi jalar terlihat seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Komponen Gizi beberapa Jenis Ubi Jalar per 100 gram bahan

No	Kandungan Gizi	Banyaknya dalam			Daun
		Ubi putih	Ubi ungu/ Merah	Ubi Kuning	
1	Kalori (kal)	123	123	136	47
2	Protein (gr)	1,8	1,8	1,1	2,8
3	Lemak (gr)	0,7	0,7	0,4	0,4
4	Karbohidrat (gr)	27,9	27,9	32,3	10,4
5	Air (gr)	68,5	68,9	-	84,7
6	Serat kasar (gr)	0,90	1,2	1,4	-
7	Kadar gula (gr)	0,40	0,4	0,3	-
8	Beta karoten (mg)	31,2	174,2	-	-

Sumber : Direktorat Gizi Depkes RI, 1981

Tabel 2.2 Komposisi Kulit dan Daging Ubi Jalar Ungu

Komposisi	Kulit (%)	Daging (%)
Pati	6,73	27,90
Protein	0,19	1,43
Air	6,00	68,54
Lemak	0,10	0,17
Abu	86,63	1,86
Antosianin	0,35	0,10

Sumber : Rukmana, 1997

2.7 Pengolahan Pangan Menggunakan Metode Evaporasi

a) Gula merah

Gula merah sebagai sukrosa diperoleh dari nira tebu yang diuapkan. Penguapan merupakan proses pengolahan bahan pangan yang umumnya digunakan pada pembuatan gula merah tebu, dimana proses ini menguapkan sebagian besar nira untuk menghasilkan produk yang kental (konsentrat). Hal ini dapat dikaji melalui pengaruh penambahan natrium metabisulfit terhadap sifat fisik dan kimia gula merah tebu yang dihasilkan dari penggunaan vacuum evaporator, dan mengkaji pengaruh suhu pemasakan pada vacuum evaporator

terhadap sifat fisik dan kimia gula merah tebu. Pemasakan gula dilakukan pada tekanan -700 mmHg di bawah tekanan atmosfer, dengan variasi suhu pemasakan 60, 70 dan 80°C dan dengan penambahan natrium metabisulfit 0,1; 0,3 dan 0,5 g/l nira. Semakin besar penambahan natrium metabisulfit dalam pengolahan gula merah tebu, semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan sedangkan intensitas warna hijau dan biru gula merah tebu semakin kecil. Semakin tinggi suhu pemasakan, semakin rendah kadar air, kadar abu, intensitas warna hijau dan biru gula merah tebu. Semakin tinggi suhu pemasakan, semakin tinggi tingkat kekerasan atau tekstur, tingkat kesukaan warna, rasa dan tekstur gula merah tebu. Berdasarkan analisis statistik, perlakuan suhu pemasakan berpengaruh terhadap kadar air, kadar abu dan gula reduksi gula merah tebu. Sedangkan perlakuan penambahan natrium metabisulfit berpengaruh terhadap kadar abu, gula reduksi dan total padatan tak terlarut pada gula merah tebu. Berdasarkan parameter sifat kimia, fisik, uji organoleptik dan persyaratan SNI gula merah tebu, penambahan natrium metabisulfit 0,3 g/l dan suhu pemasakan 80°C dalam pengolahan nira tebu menjadi gula merah menunjukkan kualitas yang paling baik. Nilai masing-masing parameternya dari perlakuan terbaik sebagai berikut: parameter kimia dan fisik dengan kadar air 8,97%, gula reduksi 7,96 %, kadar abu 2,65%, total padatan tak larut 0,60 %, nilai kekerasan 15,68 kg/cm² , parameter organoleptik dengan warna 5,50, rasa 5,04 dan tekstur 5,36. Secara organoleptik, produk gula merah tebu dengan perlakuan penambahan natrium metabisulfit 0,3 g/l dan suhu pemasakan 80°C paling diterima oleh panelis terutama warnanya, yang memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan sifat kimia, fisik dan organoleptik lainnya. Perlakuan terbaik ini juga sesuai dengan persyaratan SNI gula merah tebu (Maharani dkk., 2014)

b) Susu bubuk

Tujuan dari evaporasi adalah memekatkan larutan yang mengandung zat yang sulit menguap (*non-volatile solute*) dan pelarut yang mudah menguap (*volatile solvent*) dengan cara menguapkan sebagian pelarutnya. Pelarut yang ditemui dalam sebagian besar sistem larutan adalah air. Umumnya, dalam

evaporasi, larutan pekat merupakan produk yang diinginkan, sedangkan uapnya diembunkan dan dibuang. Sebagai contoh adalah pemekatan larutan susu, sebelum dibuat menjadi susu bubuk. Beberapa sistem evaporasi bertujuan untuk mengambil air pelarutnya, misalnya dalam unit desalinasi air laut untuk mengambil air tawarnya. Evaporasi berbeda dengan distilasi, dalam hal uap yang dihasilkan biasanya merupakan komponen tunggal; bahkan jika uapnya adalah multikomponen, tidak ada usaha untuk memurnikan uapnya menjadi fraksi-fraksi komponen penyusunnya. Tinjau kasus pembuatan susu bubuk dan susu cair encer. Proses ini pada dasarnya adalah operasi pengurangan kandungan air. Selama proses, sifat larutan mengalami perubahan drastis, dan larutan susu encer menjadi larutan pekat dan akhirnya menjadi padat/serbuk. Keseluruhan proses tersebut sulit dilakukan ekonomis dengan hanya menggunakan satu alat saja, sehingga diperlukan beberapa tahapan proses dengan menggunakan peralatan yang berbeda. Pada industri susu bubuk, dua tahapan proses yang umum digunakan adalah evaporasi dan pengeringan (*drying*).

Evaporator:

- Memproses cairan encer sampai menjadi cairan pekat (untuk industri susu sampai kadar padatan sekitar 50%)
- Proses ini dibatasi oleh kekentalan cairan ataupun kemungkinan terjadinya pengendapan karena larutan terlalu pekat.
- Kebutuhan panas untuk penguapan air relatif lebih sedikit.

Dryer :

- Bisa memproses sampai kadar air padatan sangat rendah dan produk bisa berupa padatan, jadi bisa memproses baik cairan maupun padatan
- Kebutuhan panas relative besar, biaya penguapan air dengan perkiraan sampai 9x biaya penguapan air menggunakan evaporator.

Oleh karena itu, pada industri susu bubuk, pada tahap pertama digunakan evaporator (yang lebih murah biaya penguapannya) samapi dihasilkan larutan pekat. Tahap berikutnya digunakan *dryer* yang lebih mahal biaya penguapannya) untuk memperoleh susu bubuk. Untuk menghemat biaya operasi, perlu diusahakan pada tahap pertama (yaitu evaporasi) sebanyak

mungkin air diuapkan.

c) Pasta buah naga

Buah naga merah merupakan salah satu buah yang memiliki kadar air cukup tinggi sekitar 82%b/b. Kadar air buah yang cukup tinggi menyebabkan umur simpan buah menjadi lebih pendek karena buah mudah busuk. Oleh sebab itu, salah satu pengolahan buah naga yang dapat dilakukan adalah mengolah buah naga menjadi pasta buah naga merah. Pada pembuatan pasta buah naga merah, salah satu proses penting ialah proses evaporasi. Proses pembuatan pasta buah naga merah yaitu proses pencucian, proses pengupasan, proses penghancuran, proses evaporasi, proses pengemasan dan pasteurisasi dan proses penyimpanan/ distribusi (Viriani., 2015)

- Proses pencucian, buah naga merah yang telah dipanen akan melalui proses pencucian untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan kulit buah naga.
- Proses pengupasan, setelah buah naga merah dicuci, maka selanjutnya buah naga merah akan mengalami proses pengupasan. Hal ini bertujuan untuk memisahkan daging buah naga merah dari kulit buah naga merah. Pada pembuatan pasta buah naga merah bagian buah naga merah yang akan digunakan adalah bagian daging buah naga merah.
- Proses penghancuran, proses selanjutnya adalah proses penghancuran daging buah naga merah. Hasil yang diperoleh dari proses penghancuran daging buah naga merah adalah jus buah naga merah. Pada proses penghancuran ini tidak diperlukan penambahan air karena pada daging buah naga merah sendiri sudah terdapat kandungan air yang cukup tinggi.
- Proses evaporasi, setelah diperoleh jus buah naga merah, jus buah naga merah akan melalui proses evoporasi menggunakan single *effect* evaporator. Setelah jus buah naga merah mengalami proses evaporasi maka akan diperoleh hasil pasta buah naga merah.
- Proses pengemasan dan pasteurisasi, pasta buah naga merah yang telah diperoleh selanjutnya akan dikemas pada wadah botol plastik maupun botol kaca. Setelah proses pengemasan dapat dilanjutkan dengan proses pasteurisasi.

- Proses penyimpanan/ distribusi, pasta buah naga merah yang telah dikemas selanjutnya dapat disimpan pada suhu ruang maupun suhu rendah. Setelah itu, pasta buah naga merah dapat didistribusikan ke konsumen.

Pada proses evaporasi, jus buah naga merah dimasukkan ke dalam evaporator yang telah dialiri uap panas dari heating steam. Pada evaporator akan terjadi proses pemanasan sehingga air di dalam jus buah naga merah akan keluar dari evaporator. Hal tersebut menyebabkan kadar air dalam jus buah naga merah berkurang sehingga viskositas jus buah naga yang sebelumnya rendah (cair) menjadi lebih tinggi (mengental) membentuk tekstur pasta.

d) Santan kental

Santan kelapa merupakan cairan kental putih yang diperoleh dengan cara mengekstrak daging kelapa baik dengan penambahan air maupun tidak. Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap produk santan diimbangi juga dengan cepatnya proses pembusukan santan tersebut. Hal ini dikarenakan santan mempunyai kandungan air, lemak dan protein yang cukup tinggi (Srihari, dkk.,2010).

Seperti yang kita ketahui proses untuk mendapatkan santan dengan cara daging kelapa yang dibuang kulit arinya, direndam dalam air kemudian diparut. Kelemahan dari proses konvensional ini adalah waktu simpan santan yang relatif singkat, karena kurang higienis dan pamarutan juga kurang optimal dimana ukuran bulir dengan press yang dilakukan masih banyak sisa santan yang masih terkandung di dalamnya.

Penelitian tentang pembuatan santan kental (*high viscosity*) pernah dilakukan oleh Apriadi dan Herawati (2018) dengan menggunakan alat *rotary evaporator* untuk mengurangi kandungan air pada saat sehingga santan memiliki daya simpan yang lebih lama. Setelah melakukan pengujian didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2.3 Hasil Uji Kinerja Alat *Rotary Evaporator*

Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Densitas (gr/mL)	% Air	Viskositas (cp)
--------------------	---------------	---------------------	-------	--------------------

50	0	0,9750	24,3333	8,1655
	15	0,9750	21,3333	28,2698
	30	0,9750	20,0000	58,5380
	45	0,9687	19,9700	73,1467
	60	0,9667	19,6667	79,3245
60	0	0,9750	24,3333	8,1655
	15	0,9750	20,9800	30,1488
	30	0,9750	19,6400	56,0991
	45	0,9700	17,1245	76,3289
	60	0,9650	16,5400	94,9968
70	0	0,9750	24,3333	8,1655
	15	0,9750	19,2785	33,1256
	30	0,9750	19,0632	56,1212
	45	0,9676	17,3124	76,4247
	60	0,9640	15,6056	178,7747
80	0	0,9750	24,3333	8,1655
	15	0,9750	18,7563	39,2456
	30	0,9750	15,6767	68,9384
	45	0,9700	14,6324	89,4247
	60	0,9680	12,5935	179,7747

Sumber : Apriadi dan Herawati, 2018

Dari data tersebut dapat terlihat bahwa semakin lama waktu evaporasi semakin kental pula santan yang didapatkan dengan nilai viskositas tertinggi yaitu 179,7747 cp. Suhu pemsakan juga berpengaruh terhadap kekentalan santan yang diperoleh, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin kental pula santan yang dihasilkan, suhu optimum yang digunakan yaitu 80°C.

2.8 Biskuit

Makanan Pendamping Asi (MP-ASI) Biskuit adalah MP-ASI yang di produksi melalui proses pemanggangan yang dapat dikonsumsi setelah dilumatkan dengan penambahan air, susu, atau cairan lain yang sesuai untuk bayi diatas 6 (enam) bulan atau berdasarkan indikasi medic, atau dapat di konsumsi langsung sesuai umur dan organ pencernaan bayi/anak.

Salah satu makanan pendamping ASI (MP-ASI) yang sudah dipasarkan yaitu *healthy cookies blackmond* yang diproduksi oleh CV Agung Bumi Agro Surabaya – Indonesia. *Healthy cookies blackmond* ini akan digunakan sebagai acuan untuk *final product* yang akan dihasilkan pada penelitian ini. Adapun informasi nilai gizi dari *healthy cookies blackmond* ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Informasi Nilai Gizi *healthy cookies blackmond* per 30 gr takaran saji

No.	Kandungan gizi	Jumlah	Satuan
1.	Energi total	160	Kal
2.	Lemak total	9	Gr
3.	Protein	1	Gr
4.	Karbohidrat total	18	Gr
5.	Sodium	85	Mg

Sumber : Ladang Lima, 2020

Tabel 2.5 Standar Nasional Indonesia (SNI) Biskuit No 01-7111.2-2005

No	Kandungan Gizi	Jumlah	Satuan
1.	Kadar Air	5,0	Gram
2.	Kadar Abu	3,5	Gram
3.	Kepadatan Energi	4	kkal
4.	Protein	6	Gram
5.	Serat Pangan	5	Gram
6.	Lemak	18	Gram
	Vitamin A	700	Retinol
7.	Vitamin D	10	Mikrogram
	Vitamin E	4	Miligram
	Vitamin K	10	Mikrogram
	Mineral Natrium (Na)	100	Miligram
8.	Mineral Calsium (Ca)	200	Miligram
	Mineral Besi (Fe)	5	Miligram
	Mineral Seng (Zn)	2,5	Miligram

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI) Biskuit No 01-7111.2-2005