

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mengkudu

Mengkudu merupakan salah satu tanaman obat yang tumbuh di iklim tropis dan liar. Mengkudu dapat tumbuh di tepi pantai hingga ketinggian 1500 m dpl (di atas permukaan laut), baik dilahan subur maupun marginal. Penyebarannya cukup luas, meliputi seluruh kepulauan Pasifik Selatan, Malaysia, Indonesia, Filipina, Vietnam, India, Afrika, dan Hindia Barat (Solomon, 1999).

Mengkudu (*Morinda citrifolia L*) atau yang disebut pace maupun noni sudah dikenal lama oleh penduduk di Indonesia. Pemanfaatannya lebih banyak diperkenalkan oleh masyarakat jawa yang selalu memanfaatkan tanaman atau tumbuhan herbal untuk mengobati beberapa penyakit (Djauhariya, 2003).

Menurut Bangun (2002), mengkudu memiliki nama yang khas berdasarkan daerah masing – masing, diantaranya dikenal dengan nama *pace*, *bentis*, *kemudu* (Jawa), *cangkudu* (sunda), *kondhuk* (Madura), *keumudee* (Aceh), *bangkudu* (Batak), *makudu* (Nias), *tibah*, (Bali) dan *labanau* (Kalimantan). Luas panen, produktivitas dan produksi mengkudu di Indonesia seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Mengkudu di Indonesia

Tahun	Luas Panen (Ha)	Produktivitas (Ku/Ha)	Produksi (Ton)
2011	3,68	1200,13	441,05
2012	3,82	1519,71	580,99
2013	0,75	2159,73	162,41
2014	4.60	472,46	191,96
2015	0,39	2011,15	78,44

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2015

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Hortikultura (2015), tanaman mengkudu di Sumatera Selatan mencapai 12.604 pohon, dan produksi 142.507 kg dengan rata-rata hasil 11,31 kg/pohon.



Gambar 2.1. Tanaman Mengkudu

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Mengkudu

Adapun Klasifikasi tanaman mengkudu menurut Djauhariya (2003) adalah sebagai berikut :

- Kingdom : Plantae
- Subkingdom : Tracheobionta
- Super Divisi : Spermatophyta
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Rubiales
- Famili : Rubiaceae
- Genus : Morinda
- Spesies : *Morinda citrifolia* L.

2.1.2 Morfologi Tanaman Mengkudu

Pohon mengkudu memiliki ketinggian antara 5-8 meter, dan mempunyai cabang atau ranting-ranting pohon yang banyak. Batang pohonnya berkayu, bulat, berkulit kasar, dan kulit kayunya berwarna coklat kekuningan atau ada pula yang warnanya agak keputih-putihan, terutama yang batang kayunya kecil-kecil. Daun mengkudu disebut daun tunggal dan umumnya tumbuh lebat. Bentuknya bulat telur, panjang serta lebar. Ujung dan pangkal daunnya runcing, tepi daunnya rata. Panjang daunnya antara 12-48 cm, dan lebarnya 6-24 cm, dengan tulang daun yang menyirip. Warna daunnya hijau tua, mengkilap, serta tersusun secara berhadap-hadapan, dengan tangkai daun yang pendek. Perbungaan mengkudu bertipe bongkol dengan tangkai 1-4 cm, rapat, berbunga banyak, tumbuh di ketiak. Bunga berbau harum dan mahkotanya berbentuk tabung, putih, panjangnya tabung bisa mencapai 1,5 cm. Benang sari berjumlah 5, tumbuh jadi satu dengan tabung mahkota hingga berukuran cukup tinggi (Purbaya, 2002).

Buah mengkudu berbentuk piala atau tabung yang hanya mengembang pada bagian ujungnya. Warnanya putih, atau hijau kekuningan, tumbuhnya bergerombol, bertangkai, dan biasanya terdapat di ketiak-ketiak daun. Bentuk buah mengkudu bulat telur (oval) dengan permukaan berbenjol-benjol. Bentuk benjolannya menyerupai bentuk mata ikan atau seperti bintang yang berkaki enam atau delapan (Purbaya, 2002).



Sumber: Nawawi, 2014

Gambar 2.2. Buah Mengkudu

Buah mengkudu rata-rata sebesar telur ayam atau telur bebek, yakni: ukuran panjang buahnya antara 7-21 cm, dengan lingkaran tengahnya antara 6-18 cm. Ketika masih muda, kulit buahnya berwarna hijau, tebal dan keras. Tetapi bila telah masak warna kulit buahnya akan semakin memutih atau berwarna putih kekuningan yang tampak keruh, dan nyata pula terlihat banyak mengandung air (seperti misalnya buah markisa atau belimbing). Kulit buahnya akan terlihat semakin menipis, hingga mudah pecah, apalagi bila rontok dari tangkainya, akan luluh lantak dan menebarkan bau yang menyengat dan tidak sedap (Purbaya, 2002).

2.1.3 Kandungan Zat Aktif Mengkudu

Hampir semua bagian tanaman mengkudu mengandung berbagai macam senyawa kimia yang berguna bagi kesehatan dan pengobatan manusia. Senyawa – senyawa yang lebih berperan dalam pengobatan tradisional adalah senyawa yang terdapat dalam buahnya, antara lain *xeronine*, *proxeronine*, *proxeronase*, *serotonin*, *dammacanhtal* (zat anti kanker), *scopoletin*, vitamin C, antioksidan, mineral, protein, karbohidrat, enzim, alkaloid, dan *fitonutrient* lainnya yang sangat aktif dan kuat dalam menguatkan sistem kekebalan tubuh, memperbaiki fungsi sel dan mempercepat regenerasi sel–sel yang rusak. Jenis senyawa fitokimia pada buah mengkudu dan manfaatnya seperti pada tabel 2.

Tabel 2.2. Jenis Senyawa Fitokimia pada Buah Mengkudu dan Manfaatnya

Jenis Senyawa	Manfaat
Alkaloid (xeronin)	Meningkatkan aktivitas enzim dan struktur protein, mengaktifkan fungsi kekebalan tubuh.
Polisakarida (asam glukoronat, glikosida)	Imunostimulan, antikanker, antibakteri.
Serotonin	Menghalau stress.
Skopoletin	Memperbesar pembuluh darah, analgesik, antibakteri, antifungsi, antiradang, antihistamin.
Damnacantal	Anti kanker dan antibiotik alami membantu penyerapan.
Vitamin C	Antioksidan.
Steroid	Antiseptik dan desinfektan.

Lanjutan Tabel 2.2 Jenis Senyawa Fitokimia pada Buah Mengkudu dan Manfaatnya

Jenis Senyawa	Manfaat
Serat makan	Menurunkan kolestrol, mengikat lemak, mengatur kadar gula darah.
Proxeronin dan proxeronase	Mempercepat penyerapan zat makanan ke dalam sistem pencernaan dan menyetaraskan kerja sel dalam tubuh .
Prolin	Mengatur sistem kekebalan tubuh, dan mencegah gejala penyakit autoimun.
Sitosterol	Menahan pertumbuhan sel-sel kanker dan melindungi seseorang dari penyakit jantung.
Terpenoid	Membantu tubuh dalam proses sintesa organik dan pemulihan sel-sel tubuh.
Antrakuinon	Membunuh mikroba pathogen.
Alizarin	Pemutus hubungan pembuluh darah ke tumor.
Arginin	Bahan pembentuk protein, meningkatkan imunitas.
Lisin	Membantu penyerapan kalsium dan pembentukan kolagen pada tubuh.
Penilalanin	Penting untuk dikonsumsi karena tidak dapat diproduksi sendiri oleh tubuh, sehingga harus didapatkan dari luar.

Sumber: Djauhariya, 2003

Menurut Hirazumi dkk (1996), buah mengkudu dapat menekan pertumbuhan kanker *lewis lung carcinoma* (LLC), yaitu nama sejenis kanker yang diinokulasikan ke dalam tikus percobaan melalui aktivitas sistem kekebalan tubuh inang. Hirazumi dkk (1996) juga melaporkan bahwa jus buah mengkudu berfungsi sebagai imunomodulator yang mempunyai efek antikanker. Hal itu disebabkan jus mengkudu mengandung substansi kaya polisakarida yang menghambat pertumbuhan tumor. Kemungkinan jus mengkudu dapat menekan pertumbuhan tumor melalui aktivasi sistem kekebalan pada inang (Hirazumi dan Furuzawa, 1999).

Asam askorbat yang terdapat di dalam buah mengkudu merupakan sumber vitamin C dan antioksidan (Bangun, 2002). Antioksidan bermanfaat menetralkan radikal bebas, yaitu partikel-partikel berbahaya yang terbentuk sebagai hasil samping metabolisme yang dapat merusak materi genetik dan sistem kekebalan

tubuh. Ini artinya, antioksidan dalam mengkudu sangat membantu dalam memelihara keutuhan membran sel dengan cara menjaga dari kerusakan sel makhluk hidup (Bangun, 2002). Asam kaproat, asam kaprilat dan asam kaprik termasuk golongan asam lemak. Asam kaproat dan asam kaprik inilah yang menyebabkan bau busuk yang tajam pada buah mengkudu (Winarti, 2005).

Beberapa peneliti telah melakukan pengujian aktivitas antioksidan buah mengkudu untuk mengetahui mekanisme efek pencegahan kanker. Hasil penelitian Wang dkk (2001) membuktikan bahwa jus mengkudu sangat potensial untuk menghambat radikal bebas. Aktivitas antioksidan jus mengkudu dibandingkan dengan tiga jenis antioksidan yang sudah dikenal yaitu vitamin C, bubuk biji anggur dan piknogenol, yang diukur dengan menggunakan aktivitas penghambatan *superoxide anion radicals* (SAR), adalah 2,80x lebih kuat dari vitamin C, 1,40x lebih besar dari piknogenol, dan 1,10x lebih besar dari biji anggur.

Pada buah mengkudu juga ditemukan sejenis *fitonutrient* yaitu scopotelin yang mampu mengikat serotonin yaitu senyawa yang menjadi penyebab terjadinya penyempitan pembuluh darah. Adanya senyawa scopotelin menjadikan buah mengkudu dapat dijadikan obat alternatif untuk penyakit tekanan darah tinggi. Scopotelin dapat meningkatkan kegiatan kelenjar pineal di dalam otak (Solomon, 1999).

Untuk mengetahui efek alergi dan toksisitas dari mengkudu menunjukkan bahwa pada tikus tidak terdapat tanda toksisitas, sedangkan pada babi tidak terdapat reaksi alergi (Wang dkk, 2002). Hasil pengujian toksisitas jus mengkudu pada tikus dengan dosis 80 ml/kg bobot badan hewan uji tidak menunjukkan efek negatif. Dari data yang ada dapat disimpulkan bahwa jus mengkudu aman dikonsumsi sebanyak konsumsi produk minuman sari buah sejenis (Wang dkk, 2002). Komposisi kimia dan kandungan nutrisi dalam buah mengkudu seperti pada Tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Buah Mengkudu dalam 100 g Bagian yang Dapat Dimakan

No	Komponen	Kadar (%)
1	Air	89,10
2	Protein	2,90
3	Lemak	0,60
4	Karbohidrat	2,20
5	Serat	3
6	Abu	1,20
7	Lain-lain	1

Sumber: Jones, 2000

Tabel 2.4. Kandungan Nutrisi dalam 100 g Buah Mengkudu

No	Jenis nutrisi	Jumlah
1	Kalori (kal)	167
2	Vitamin A (mg)	0,12
3	Vitamin C (mg)	175
4	Niasin (mg)	2,50
5	Tiamin (mg)	0,70
6	Riboflavin (mg)	0,33
7	Besi (mg)	9,17
8	Kalsium (mg)	325
9	Natrium (mg)	335
10	Kalium (mg)	1,12
11	Protein (g)	0,75
12	Lemak (g)	1,50
13	Karbohidrat (g)	51,67

Sumber: Jones, 2000

2.2 Sirup Buah

Sirup adalah minuman ringan yang berupa larutan kental dengan cita rasa beranekaragam. Berbeda dengan sari buah, sirup dikonsumsi tidak langsung diminum tetapi harus diencerkan terlebih dahulu. Pengenceran diperlukan sebab kandungan gulanya tinggi, sekitar 65 persen. Pada dasarnya, sirup terbuat dari bahan dasar gula yang kental dan untuk menambah rasa sering disertai penambah rasa, pewarna, asam sitrat, asam tartarat, atau asam laktat (Ariesta, 2012).

Menurut Satuhu (1994), berdasarkan bahan bakunya sirup dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sirup *essence* sintetis dan sirup buah-buahan. Sirup *essence* adalah sirup yang cita rasanya ditentukan oleh *essence* sintetis yang ditambahkan dan tanpa penambahan sari buah sama sekali. Sirup buah adalah

sirup yang aroma dan rasanya ditentukan oleh bahan dasarnya, yakni sari buah segar yang digunakan.

Pada prinsipnya dikenal dua macam sari bahan, yaitu sari bahan encer (dapat langsung diminum), yaitu cairan dari bahan yang diperoleh dari pengepresannya, dilanjutkan dengan penambahan air dan gula pasir dan sari buah pekat atau sirup adalah cairan yang dihasilkan dan dilanjutkan dengan proses pemekatan, baik dengan cara pendidihan biasa maupun dengan cara lain seperti penguapan dengan kondisi vakum, dan lain-lain. Sirup ini tidak dapat diminum langsung tetapi harus diencerkan terlebih dahulu dengan air biasanya satu bagian sirup dengan lima bagian air (Ariesta, 2012).

Umumnya proses pembuatan sirup buah dapat dilakukan secara umum yaitu bahan yang cukup matang disortasi, kemudian dicuci dan dibersihkan. Setelah dibersihkan maka dilakukan penghancuran terhadap daging buah yang kemudian diambil sarinya dengan cara dilakukan penyaringan terhadap bubur bahan setelah penghancuran. Ekstrak sari bahan ditambah gula dan dipanaskan hingga mengental. Setelah itu produk sirup dimasukkan ke dalam botol yang sudah disterilkan (Rahmawati, 2017).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sirup secara sederhana adalah air dan gula. Menurut Purnawijayanti (2001), air dalam pengolahan makanan perlu mendapatkan perhatian khusus karena berperan besar dalam semua tahapan proses. Pada tahapan persiapan, air digunakan untuk merendam, mencuci, dan semua kegiatan membersihkan bahan mentah. Pada tahap selanjutnya, air digunakan, antara lain untuk media penghantaran panas selama proses pemasakan, khususnya pada makanan yang diolah dengan teknik pengolahan panas basah, seperti merebus, mengukus dan menyetim. Air juga digunakan dan berperan sebagai komponen dari masakan, baik sebagai kuah, saus, sirup, serta pada proses gelatinisasi bahan makanan berpati. Pada bagian lain air juga berperan sebagai media pembersih bagi peralatan, ruangan, maupun orang yang terlibat dalam proses pengolahan makanan. Air yang dapat digunakan dalam pengolahan makanan minimal harus memenuhi syarat air yang dapat diminum. Adapun syarat air yang dapat diminum adalah sebagai berikut:

1. Bebas dari bakteri berbahaya serta bebas dari ketidakmurnian kimiawi.

2. Bersih dan jernih.
3. Tidak berwarna dan tidak berbau.
4. Tidak mengandung bahan tersuspensi (penyebab keruh).
5. Menarik dan menyenangkan untuk diminum.

Gula adalah suatu istilah umum yang sering diartikan bagi setiap karbohidrat yang digunakan sebagai pemanis, tetapi dalam industri pangan biasanya digunakan untuk menyatakan sukrosa. Gula bersifat menyempurnakan pada rasa asam dan cita-rasa lainnya dan juga memberikan rasa berisi pada minuman karena memberikan kekentalan (Buckle dkk, 1985).

Pada pembuatan sirup, gula pasir (sukrosa) dilarutkan dalam air dan kemudian dipanaskan. Gula bukan hanya terlibat sebagai pemanis saja namun juga digunakan sebagai pengawet. Penambahan rasa masam pada makanan juga dapat digunakan pada minuman ringan ialah asam sitrat. Asam sitrat merupakan suatu senyawa organik, yang banyak ditemukan pada daun dan buah tumbuhan yang memiliki rasa yang asam. Senyawa ini merupakan bahan pengawet alami yang baik (Rahmawati, 2017).

2.3 Organoleptik

Organoleptik yaitu penilaian dan mengamati tekstur, warna, bentuk, aroma, rasa dari suatu makanan, minuman, maupun obat-obatan (Nasiru, 2014). Penilaian organoleptik digunakan untuk menilai mutu suatu produk pangan. Dalam penilaian organoleptik memerlukan panel, baik perorangan maupun kelompok, untuk menilai mutu maupun sifat benda dari kesan subjektif. Orang yang menjadi anggota panel dinamakan panelis (Soekarto, 2012). Terdapat beberapa macam panel, seperti :

1. Panel pencicip perorangan
2. Panel pencicip terbatas
3. Panel terlatih
4. Panel tidak terlatih
5. Panel agak terlatih
6. Panel konsumen

Dalam penilaian produk, faktor yang menentukan diterima atau tidak suatu produk adalah sifat indrawinya. Penilaian indrawi ini ada enam tahap yaitu menerima bahan, mengenali bahan, mengadakan klarifikasi sifat bahan, mengingat kembali bahan yang telah diamati dan menguraikan kembali sifat indrawi produk tersebut. Indra yang digunakan dalam menilai sifat indrawi suatu produk adalah :

- a. Penglihatan, yang berhubungan dengan warna, viskositas, ukuran dan bentuk, volume kerapatan dan berat jenis, panjang, lebar dan diameter serta bentuk bahan.
- b. Peraba, yang berkaitan dengan struktur, tekstur dan konsistensi. Struktur merupakan sifat dari komponen penyusun, tekstur merupakan sensasi tekanan yang dapat diamati dengan mulut atau perabaan dengan jari, dan konsistensi merupakan tebal, tipis dan halus.
- c. Pembau, yang dapat digunakan sebagai suatu indikator terjadinya kerusakan pada produk, misalnya ada bau busuk yang menandakan produk tersebut telah mengalami kerusakan.
- d. Pengecap, yakni kepekaan terhadap rasa produk yang dihasilkan.

2.4 Evaporator Vakum

Pemekatan bahan pangan cair merupakan satuan operasi yang penting dalam industri pengolahan pangan. Evaporasi merupakan teknik dasar yang digunakan dalam operasi ini. Evaporator adalah peralatan yang digunakan untuk menurunkan kadar air bahan pangan dengan menggunakan prinsip penguapan (evaporasi) zat pelarutnya sampai pada nilai yang diinginkan. Evaporator berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar, untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Hasil dari evaporator biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan (Chrisnanda, 2013).

Penguapan atau evaporasi adalah suatu bentuk proses yang menggunakan panas untuk menurunkan kandungan air dari bahan pangan yang berbentuk cairan.

Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Larutan yang sudah dievaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen yang mudah menguap. Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan (Botani, 2008).

Untuk produk makanan yang sensitif terhadap suhu tinggi, titik didih cairan atau pelarut harus diturunkan lebih rendah dari titik didih pada kondisi normal (tekanan atmosfer). Menurunkan titik didih pelarut atau cairan dilakukan dengan cara menurunkan tekanan di atas permukaan cairan menjadi lebih rendah dari tekanan atmosfer atau disebut vakum (Wirakartakusumah dkk, 1988). Menurut Heldman dkk (1992), memperlama bahan pangan (yang sensitif terhadap panas) pada temperatur tinggi selama proses evaporasi terbuka menyebabkan hilangnya rasa dan menurunnya kualitas produk. Maka, dikembangkanlah evaporator yang dioperasikan pada temperatur rendah yang dilakukan pada ruang vakum.

Evaporator yang biasa digunakan dalam industri diklasifikasikan berdasarkan pada beberapa hal, yaitu berdasarkan tekanan operasinya (vakum atau atmosfer), jumlah efek yang dipakai (tunggal atau jamak), jenis aliran konveksi (alami atau buatan) (Supriatna, 2008).

- Tipe evaporator berdasarkan tekanan operasinya :

Evaporator vakum menggunakan pemanasan langsung pada bahan, dengan pengaturan suhu yang bisa diinginkan. Penggunaan vakum menyebabkan kondisi suhu dalam ruangan vakum menjadi rendah (dibawah 1 atm), sehingga bahan dalam ruang vakum secara gizi ataupun fisik tidak rusak. Evaporator atmosferik adalah evaporator yang menggunakan pemanasan dengan pengaturan suhu pada tekanan atmosfer. Namun kandungan gizi ataupun fisik berpotensi mengalami kerusakan karena waktu pemanasan pada tekanan atmosferik lebih lama (Krisnawan, 2013).

- Tipe evaporator berdasarkan efek yang digunakan :

1. Evaporator efek tunggal (*single effect*)

Yang dimaksud dengan *single effect* adalah bahwa produk hanya melalui satu buah ruang penguapan dan panas diberikan oleh satu luas permukaan pindah panas.

2. Evaporator efek ganda

Di dalam proses penguapan bahan dapat digunakan dua, tiga, empat atau lebih dalam sekali proses, inilah yang disebut dengan evaporator efek majemuk. Penggunaan evaporator efek majemuk berprinsip pada penggunaan uap yang dihasilkan dari evaporator sebelumnya. Tujuan penggunaan evaporator efek majemuk adalah untuk menghemat panas secara keseluruhan, hingga akhirnya dapat mengurangi ongkos produksi.

- Tipe evaporator berdasarkan jenis aliran konveksi:

Evaporator sirkulasi alami bekerja dengan memanfaatkan sirkulasi yang terjadi akibat perbedaan densitas yang terjadi akibat pemanasan. Pada evaporator tabung, saat air mulai mendidih, maka buih air akan naik ke permukaan dan memulai sirkulasi yang mengakibatkan pemisahan liquid dan uap air di bagian atas dari tabung pemanas. Jumlah evaporasi bergantung dari perbedaan temperatur uap dengan larutan. Sering kali pendidihan mengakibatkan sistem kering. Untuk menghindari hal ini dapat digunakan sirkulasi paksa, yaitu dengan menambahkan pompa untuk meningkatkan tekanan dan sirkulasi sehingga pendidihan tidak terjadi.

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Evaporator Vakum

a. Proses Evaporasi

Proses evaporasi dilakukan dengan cara menguapkan bahan pelarut dari bahan (biasanya air) dari pangan cair melalui pemanasan sampai memperoleh konsentrasi yang diharapkan. Tujuan utama dari proses evaporasi adalah meningkatkan konsentrasi suatu zat dalam larutan tertentu. Penguapan terjadi ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari titik didih zat pelarut. Pada proses evaporasi ini, zat pelarut akan menguap pada titik didihnya dan keluar meninggalkan bahan (pangan cair). Berikut terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses evaporasi :

1. Konsentrasi zat terlarut dalam larutan

Pada umumnya, larutan yang masuk ke dalam evaporator berkonsentrasi rendah, memiliki viskositas yang rendah (hampir sama dengan air) dan memiliki nilai koefisien pindah panas yang cukup tinggi. Setelah mengalami proses

evaporasi, konsentrasi dan viskositas larutan akan meningkat. Hal ini menyebabkan nilai koefisien pindah panas turun drastis.

2. Kelarutan

Ketika larutan dipanaskan dan konsentrasi zat terlarut meningkat, batas nilai kelarutan suatu zat akan tercapai sebelum terbentuk kristal/padatan. Kondisi ini adalah batas maksimum konsentrasi zat terlarut dalam larutan yang bisa di capai melalui proses evaporasi. Pada batas kelarutan ini, jika larutan panas didinginkan kembali ke suhu ruang maka akan terbentuk kristal.

3. Temperatur sensitif dari suatu zat

Banyak produk, terutama produk pangan dan produk biologi lainnya sangat *sensitive* terhadap temperatur dan mudah terdegradasi pada suhu tinggi.

4. *Foaming*

Beberapa zat yang membentuk larutan kaustik, larutan pangan seperti susu skin, dan beberapa larutan asam lemak akan membentuk busa (foam) selama proses pemanasan. Busa akan mengikuti uap keluar dari evaporator sehingga menyebabkan ada massa yang hilang.

5. Tekanan dan temperatur

Titik didih suatu larutan bergantung pada tekanan dari sistem. Semakin tinggi tekanan dalam sistem, maka titik didih suatu larutan akan semakin tinggi. Dalam proses evaporasi, semakin tinggi konsentrasi larutan maka temperature akan semakin tinggi pula. Oleh karena itu, jika ingin menjaga agar suhu tidak terlalu tinggi digunakan tekanan di bawah 1 atm (keadaan vakum).

Perubahan yang terjadi pada proses evaporasi dapat memberikan efek yang menguntungkan maupun yang merugikan. Beberapa perubahan tersebut antara lain:

1. Peningkatan viskositas

Selama proses evaporasi, terjadi penguapan pelarut sehingga konsentrasi larutan meningkat akibatnya viskositas larutan juga meningkat. Peningkatan konsentrasi larutan menyebabkan terjadi kenaikan titik didih. Larutan yang semakin pekat, maka semakin tinggi titik didihnya.

2. Kehilangan aroma atau warna

Komponen aroma dan flavor pada beberapa bahan cairan seperti pada jus buah lebih mudah menguap daripada air. Jika bahan tersebut dievaporasi akan menyebabkan penurunan kualitas pada konsentrat yang dihasilkan.

3. Pencoklatan

Beberapa bahan yang banyak mengandung gula pada proses evaporasi akan mengalami pencoklatan. Pencoklatan akan lebih intensif bila proses evaporasi dilakukan pada suhu tinggi atau pada kondisi basa (pH tinggi). Pencoklatan terjadi karena reaksi karamelisasi. Pada beberapa pengolahan terjadinya pencoklatan selama proses evaporasi memang dikehendaki seperti misalnya pada pengolahan gula kelapa, kecap dan sebagainya. Namun demikian, pencoklatan yang berlebihan dapat menurunkan kualitas produk yang dihasilkan. Pada beberapa pengolahan seperti pengolahan susu, gula pasir dan lainnya proses pencoklatan evaporasi tidak diinginkan. Untuk mencegah terjadinya pencoklatan tersebut proses evaporasi dilakukan pada suhu rendah. Hal ini dapat dicapai dengan menurunkan tekanan evaporator dan api di bawah tekanan atmosfer (vakum). Proses evaporasi pada pH rendah juga dapat mengurangi terjadinya pencoklatan namun akan menyebabkan terjadinya inverse sukrosa (Praptiningsih, 1999).

4. Kerusakan bahan

Pada proses evaporasi yang terjadi pada bahan-bahan yang peka terhadap panas akan mengakibatkan kerusakan bahan. Beberapa komponen gizi yang sensitif terhadap panas akan mengalami kerusakan pada proses evaporasi yang dilakukan pada suhu tinggi. Beberapa komponen gizi tersebut antara lain adalah vitamin C, vitamin A, protein dan sebagainya.

5. Pembentukan kerak

Sebagian besar kandungan dari larutan gula 40% yang digunakan dalam percobaan merupakan komponen monosakarida yang pada umumnya dapat mengalami karamelisasi jika dipanaskan pada suhu yang melebihi titik didihnya. Warna coklat yang terjadi pada larutan gula yang dipanaskan akan semakin gelap dan larutan menjadi semakin pekat (karena pemanasan menyebabkan tingginya viskositas larutan) bila pemanasan dilakukan semakin lama.

b. Laju Evaporasi

Laju evaporasi (*evaporation rate*) adalah kuantitas air yang berhasil dievaporasi (diuapkan) menjadi uap persatuan waktu tertentu. Satuan yang biasa digunakan adalah kg uap/jam. Besarnya laju evaporasi dipengaruhi oleh temperatur larutan dan luas permukaan sentuh evaporasi. Laju evaporasi juga sangat ditentukan oleh jenis larutan, karena setiap larutan terdiri dari molekul yang berbeda-beda dalam jumlah gaya interaksi yang ada antar molekul tersebut (Deese, 2002).

Laju evaporasi/penguapan menunjukkan laju keluarnya air dari bahan yang diuapkan per satuan waktu, berdasarkan persamaan:

$$\frac{\delta M}{\delta T} = \frac{m_1 - m_2}{\theta} \quad \dots \text{(Ban, 1971)}$$

dimana, $\frac{\delta M}{\delta T}$ adalah laju evaporasi, m_1 adalah kadar air awal bahan, m_2 adalah kadar air akhir bahan dan θ adalah lamanya/waktu proses evaporasi.

c. Tekanan Vakum Alat

Tekanan vakum pada alat evaporator tergantung pada kemampuan pompa dan kondisi ruang evaporator. Apabila tekanan stabil namun di bawah tekanan optimal maka kemungkinan besar pompa memiliki masalah operasional. Kemungkinan kecilnya tabung evaporasi mengalami kebocoran halus. Sebaliknya, apabila tekanan berubah-ubah maka kemungkinan besar tabung mengalami kebocoran besar (Supriatna, 2008).

Khusus pada alat evaporator vakum, penghasil vakum ini sangat penting untuk menciptakan kondisi vakum pada ruang penguapan. Walaupun pada kenyataannya tidak akan tercapai kondisi vakum sebenarnya, akan tetapi alat ini berfungsi untuk menurunkan tekanan yang ada di ruang penguapan sampai pada kondisi yang diinginkan. Turunnya tekanan tersebut di bawah tekanan atmosfer akan mengakibatkan turunnya titik didih air (pelarut) bahan yang sedang dievaporasi. Dengan demikian air akan menguap di bawah titik didih pada kondisi tekanan atmosfer. Penghasil vakum bisa berasal dari pompa vakum (Supriatna, 2008).

2.6 Sistem Pengendalian Temperatur

Instrumen yang diperlukan dalam pengendalian temperatur adalah unit pengukuran temperatur (berisi sensor dan *transmitter* temperatur), pengendali temperatur (*temperature controller*) dan elemen pemanas (*heating element*) (Meidinariasty, 2016).

Terdapat dua mode pengendali tidak kontinyu yakni :

1. Mode On-Off Manual

Pada pengendali on/off secara manual, manusia sebagai operator akan menggerakkan elemen kontrol akhir (saklar pemilih) ke posisi on dan ke posisi off. Dalam hal ini manusia bertindak sebagai *controller* yang menerima hasil pengukuran dan mengevaluasi hasil pengukuran untuk menjadi input bagi variable manipulasi.

2. Mode On-Off Otomatis

Pengendalian on/off secara otomatis berarti pengendalian dilakukan oleh sebuah *controller* yang akan menggantikan tindakan operator menghidupkan ataupun mematikan suatu proses. Pengendalian secara otomatis ini diatur berdasarkan histerisis; kecenderungan instrument untuk memberikan output berbeda terhadap input yang sama. *Controller* pada mode ini hanya mengeluarkan dua harga output berdasarkan error yang terjadi.