

**KAJIAN SUHU KRISTALISASI DAN KONSENTRASI ETANOL
PADA KRISTALISASI MOLASE YANG DIJERNIHKAN**

ARTIKEL

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Prodi Teknologi Pangan

Oleh :

Dewi Mulyani

Nrp. 12.302.0331



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2016**

KAJIAN SUHU KRISTALISASI DAN KONSENTRASI ETANOL PADA KRISTALISASI MOLASE YANG DIJERNIHKAN

Hervelly
Yusep Ikrawan
Dewi Mulyani

hervelly@unpas.ac.id

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudi No. 9, Bandung, 40153.
Indonesia.

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui adanya korelasi suhu kristalisasi dan konsentrasi etanol terhadap karakteristik kristal gula dari molase yang dijernihakan. Manfaat dari penelitian ini untuk meningkatkan jumlah produksi gula di Indonesia. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahap, yaitu penelitian tahap satu yang terdiri dari analisis kandungan gula pada molase dan penjernihan molase, penelitian tahap dua terdiri dari hidrolisis dan penguapan dengan vakum evaporator, dan penelitian tahap tiga yaitu kristalisasi antisolven dari molase yang dijernihakan dan menentukan korelasi suhu kristalisasi dan konsentrasi etanol terhadap karakteristik kristal yang dihasilkan. Rancangan analisis yang dilakukan adalah regresi linier, adapun faktor yang digunakan adalah variasi konsentrasi etanol 75%, 85%, dan 95% dan suhu kristalisasi 10°C, 15°C dan 20°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi etanol yang digunakan sebagai antisolven dalam kristalisasi berkorelasi dengan massa kristal, titik leleh dan kadar air. Semakin tinggi konsentrasi etanol semakin banyak kristal yang dihasilkan, sedangkan titik leleh dan kadar airnya semakin rendah. Suhu kristalisasi yang digunakan berkorelasi dengan massa kristal yang dihasilkan dan titik leleh kristal. Semakin rendah suhu semakin banyak kristal yang dihasilkan dan semakin rendah titik leleh. Kristal yang dihasilkan dari kristalisasi antisolven pada suhu 10°C menggunakan etanol 95% memiliki kandungan fruktosa 7,79%, glukosa 44,40% dan sukrosa 45,00%, untuk etanol 85% memiliki kandungan fruktosa 21,72%, glukosa 2,30% dan sukrosa 79,89%, dan untuk etanol 75% memiliki kandungan glukosa 27,29% dan sukrosa 79,80%.

Abstract

The purpose of this research was for find correlation crystallization temperature and ethanol concentration of crystal characterization from clarified molasse. The benefit of the research for increase sugar production rate in Indonesia. The research method conducted in three stages, first stage was analysis sugar content in molasse and molasse clarifying. Second stage was hydrolysis and evaporating with vacuum evaporator, the last stage was antisolvent crystallization from clarified molasses and find correlation crystallization temperature and ethanol concentration in crystallization process. Data analysis conducted by linear regression, while the factor used is a variation of ethanol concentration are 75%, 85%, and 95% and crystallization temperature are 10°C, 15°C and 20°C. Response in this study are crystal mass produced, melting point, water content, fructose content, glucose content and sucrose content. The results showed that ethanol concentration correlated with crystals mass, melting point and water content. The higher ethanol concentration produced more crystals mass, while the melting and crystallization water content decrease. Crystallization temperature correlated with crystal mass and crystal melting point. The lower temperature the more crystals mass produced and decreases melting point. Crystals produced from antisolvent crystallization at 10°C using 75% ethanol contains 27.29% glucose and 79.80% sucrose, using 95% ethanol contains 7.79% fructose, 44.40% glucose and 45.00% sucrose and using 85% ethanol contain 21.72% fructose, 2.30% glucose and 79.89% sucrose.

Keywords: molasse, fructose, antisolvent, crystallization

1. Pendahuluan

Tebu sebagai bahan baku industri gula merupakan salah satu komoditi perkebunan yang mempunyai peran strategis dalam perekonomian Indonesia. Menurut data dari Badan Statistik Nasional (BSN) pada tahun 2014 luas areal perkebunan tebu di Indonesia mencapai 473 hektar yang tersebar di pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Data produksi gula di Indonesia menurut PTPN X hingga bulan Agustus 2015 mencapai 2,82 juta ton. Produksi gula dari tebu

menghasilkan hasil samping berupa molase atau tetes tebu. Menurut Hulbert Olbrich (1963), molase adalah limbah akhir yang diperoleh dari proses kristalisasi nira. Jumlah molase yang diperoleh dan kualitas molase memberikan informasi tentang sifat dari nira dan pengolahan gula di pabrik gula seperti metode dan klasifikasi nira, metode kristalisasi yang digunakan selama pemanasan dan pemisahan kristal gula dari kelas *low-grade*. Kandungan gula rata-rata dari tebu 16% sampai 18% dan hanya 13% sampai 14% gula

yang dapat diproduksi, sebagian gula akan masuk kedalam molase ketika gula mentah diproduksi (Pieter, 1959).

Molase mengandung senyawa fenolik yang cukup sulit dihilangkan seperti melanoidin dan asam tannat, dimana senyawa – senyawa tersebut membentuk polimer berwarna coklat akibat reaksi Maillard. (S. Gaspard, et al. 2008). Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben, misalnya adsorpsi zat padat terhadap gas atau zat cair oleh suatu zat padat. Zat yang teradsorpsi disebut sebagai adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben (Kasmadi, 2002). Zeolit memiliki kapasitas penjerap (adsorben) yang tinggi. Mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi.

Kristalisasi adalah proses pembentukan kristal padat dari suatu larutan yang homogen dalam kondisi lewat jenuh. Proses ini adalah salah satu teknik padat – cair yang sangat penting karena menghasilkan produk dengan kemurnian hingga 100%. Salah satu metode kristalisasi adalah dengan penambahan *antisolvent* dan pendinginan. Keadaan lewat jenuh dapat dihasilkan dengan mengubah sistem kelarutan dengan penambahan *antisolvent*. Keuntungan dari kristalisasi dengan metode *antisolvent* adalah proses kristalisasi dapat dilakukan pada suhu mendekati suhu ruang sehingga sangat bermanfaat bagi zat – zat yang tidak tahan panas, selain itu membutuhkan energi yang lebih kecil dibandingkan proses penguapan pelarut (Giulietti, et al. 2010).

Gula merupakan senyawa yang sangat polar sebagaimana afinitasnya dengan air. Konstanta dielektrik air 78,54 pada 25°C. Larutan sukrosa 50% memiliki konstanta dielektrik 60,19; larutan dekstrosa memiliki konstanta dielektrik 63,39 (Malmberg dan Maryott, 1950). Konstanta dielektrik etanol dan aseton pada 25°C masing-masing adalah 24,55 dan 20,7. Konstanta dielektrik memberikan ukuran yang baik dari polaritas sistem, jelas bahwa larutan air gula jauh lebih polar dibandingkan dengan pelarut organik umum. Kelarutan dari zat terlarut dalam larutan air harus dikurangi dengan penambahan pelarut organik dengan konstanta dielektrik lebih rendah dari air. Faktor lain yang berkontribusi dalam pengendapan dengan pelarut organik adalah redistribusi air dan molekul pelarut organik di sekitar molekul zat terlarut (Arakawa dan Timasheff, 1985).

Silva (2010) mempelajari kristalisasi *antisolvent* dan pendinginan dalam fruktosa dengan memanfaatkan etanol sebagai *antisolvent*. Konsentrasi awal larutan fruktosa yang bervariasi ditambahkan etanol yang dengan perbandingan etanol/pelarut (E/S) dan laju pendinginan yang berbeda. Tingkat pengadukan yang digunakan 500 rpm dan suhu akhir adalah 30°C untuk semua percobaan. Seperti yang diharapkan,

metastabilitas menurun dengan menambahkan kuantitas etanol, lebih dari 93% dari jumlah fruktosa tersedia dari semua percobaan. Kristal yang diperoleh memiliki kebiasaan kubik, dan aglomerasi terjadi di semua percobaan. Ukuran kristal dan kinetika kristalisasi, dihitung dengan metode Nývlt.

Kristalisasi dari larutan fruktosa sulit untuk dilakukan karena kelarutan fruktosa yang besar dalam air, kristalisasi dilakukan dengan menambahkan alkohol dengan berat molekul rendah, seperti etanol kedalam konsentrat sirup fruktosa untuk menurunkan kelarutan fruktosa dan kekentalan larutan untuk menunjang proses kristalisasi.

2. Metode penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahap:

Penelitian Tahap Satu

Penelitian tahap satu yaitu pengukuran kadar monosakarida dan disakarida dalam molase, pengukuran TSS (*Total Soluble Solute*), pengenceran molase dan penjernihannya menggunakan isoterm adsorpsi hingga diperoleh molase jernih.

Molase diukur kadar gulanya sebagai jumlah padatan terlarut menggunakan refraktometer sebagai °Brix dan secara kuantitatif menggunakan metode analisa Luff Schoorl. Molase awal diencerkan. Molase yang telah diencerkan selanjutnya ditambahkan zeolit yang telah diaktifkan dengan perbandingan (1:3), kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 45°C. Penjernihan molase menggunakan zeolit dilakukan sebanyak 5 kali dengan selang waktu penggantian zeolit tiap 4 jam. Setelah itu molase dipisahkan kemudian dijernihkan kembali menggunakan bentonit yang telah diaktivasi dengan perbandingan bentonit dan molase (1:2), selama 2 jam pada suhu 45°C disertai pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sebanyak 2 kali. Molase yang telah dijernihkan disaring menggunakan kertas saring Whatman No.40.

Penelitian Tahap Dua

Molase jernih yang diperoleh dihidrolisis dengan penambahan 5 ml HCl 6 N, kemudian didiamkan selama 24 jam pada temperatur 20-25°C selama 24 jam. Selanjutnya pH molase diukur dan dinetralkan dengan penambahan NaOH 20% dan HCl 0,5 N (AOAC, 1984). Molase yang diperoleh kemudian diuapkan dalam vakum evaporator pada suhu 40°C selama 30 menit hingga volume larutan menjadi seperempat volume larutan awal. Kemudian dilakukan sampling untuk analisa kualitatif dan kuantitatif fruktosa, glukosa dan sukrosa.

Penelitian Tahap Tiga

Kristalisasi fruktosa dilakukan secara *batch*. Larutan lewat jenuh diperoleh dari molase jernih yang telah diuapkan dan larutan sukrosa jenuh yang dihidrolisis. Penambahan larutan sukrosa jenuh yang telah dihidrolisis sebanyak 2% (v/v) dari volume

molase, selanjutnya dilakukan kembali penguapan menggunakan vakum evaporator hingga volume larutan menjadi setengah dari volume semula (± 30 menit) pada suhu 40°C dan tekanan 72 mbar. Kemudian ditambahkan etanol pada variasi konsentrasi 75%, 85% dan 95%, dengan perbandingan (1:2). Lalu, ditempatkan dalam *jacket crystallizer* pada variasi suhu 10°C , 15°C dan 20°C . Setelah itu ditambahkan kristal fruktosa sebagai *external seed* (b/v). Waktu dan suhu kristalisasi dicatat sampai jumlah kristal yang terbentuk konstan. Kemudian larutan disaring dan kristal dipisahkan. Kristal yang diperoleh dikeringkan, diuji titik lelehnya, dan diukur kadar airnya menggunakan Karl Fischer Auto Titrator. Kristal yang diperoleh ditimbang, kemudian sampel terpilih diuji kemurniannya menggunakan instrumen HPLC. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui korelasi faktor dan respon yang telah ditentukan.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan metode statistik yang digunakan adalah analisis regresi linear sederhana. Analisis regresi linier sederhana adalah suatu analisis yang mengukur pengaruh antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) (Sunyoto, 2011).

Sudjana (2005), rancangan analisis dilakukan untuk mencari atau menentukan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel tidak bebas akan dilakukan dengan menghitung korelasi antar kedua variabel tersebut terhadap respon yang diukur.

Rancangan Respon

Respon yang diukur dalam penelitian ini terdiri dari respon kimia dan fisika. Respon fisika terdiri dari adalah massa kristal yang dihasilkan dan titik leleh kristal. Respon kimia terdiri dari kadar air untuk seluruh sampel dan kadar fruktosa, glukosa, dan glukosa pada sampel terpilih. Sampel terpilih adalah perlakuan yang menghasilkan massa kristal paling banyak.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian Tahap Satu

Hasil analisa diperoleh total padatan terlarut sebanyak 11,9°Brix dan kolorimetri pada penjernihan molase dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Kolorimetri Molase yang Dijernihkan

Sebelum Dijernihkan	Setelah Dijernihkan
L* = 24,47	L* = 26,91
a* = -0,10	a* = 0,15
b* = 0,60	b* = 0,58
L* = 24,47	L* = 26,91
C* = 0,61	C* = 0,60
h = 99,44	h = 74,97

Ruang warna CIELAB tersebut mempunyai fungsi konversi 1:1. CIELAB memberikan pandangan serta makna dari setiap dimensi yang dibentuk yaitu ;

Besaran L* untuk mendeskripsikan kecerahan warna, 0 untuk hitam dan L* = 100 untuk putih, a* mendeskripsikan jenis warna hijau – merah, dimana angka negatif a* mengindikasikan warna hijau dan sebaliknya a* positif mengindikasikan warna merah, b* untuk jenis warna biru – kuning, dimana angka negatif b* mengindikasikan warna biru dan sebaliknya b* positif mengindikasikan warna kuning (Schanda, 2008).

Hasil analisa kadar gula pada molase 10% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Gula pada Molase 10%

Sampel	Kadar Monosakarida	Kadar Disakarida
Molase 10%	10,43 %	23,3 %

Molase yang digunakan sebagai bahan baku diencerkan menjadi konsentrasi 10% (w/v). Molase diencerkan karena viskositasnya yang tinggi, bahkan keadaan fisiknya seperti pasta. Molekul adsorben tidak dapat bergerak bebas pada fase yang sangat kental sehingga waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat sangat sedikit, pori – pori adsorben akan tertutup oleh sifat fisik molase yang kental sehingga proses adsorpsi akan sangat minim, maka dilakukan pengenceran molase agar adsorbat (melanoidin) mudah diadsorbsi oleh adsorben. Melanoidin terbentuk akibat reaksi non enzimatik antara gula dan asam amino yang disebut reaksi Maillard (Plavsic et al., 2006).

Melanoidin pada molase dihasilkan dari proses pemanasan nira dari proses kristalisasi sukrosa, Struktur kimia dan karakteristik melanoidin secara lengkap dan pasti belum diketahui. Melanoidin memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air, non volatil dan memiliki adsorpsi maksimum pada panjang gelombang 297 nm (Widargo, 1996).

Melanoidin harus dikurangi sebelum proses kristalisasi karena melanoidin bereaksi dengan etanol membentuk endapan, sehingga melanoidin dikurangi dengan proses adsorpsi untuk mengurangi jumlah endapan yang terbentuk. Endapan yang dihasilkan merupakan hasil samping yang tidak diinginkan dalam penelitian. Shen and Wu (2007), melaporkan bahwa etanol dapat mempercepat pembentukan pigmen coklat pada reaksi Maillard dan *Melanoidin Reaction Products* (MRP) dalam sistem etanolik menghasilkan produk yang berbeda dari reaksi Maillard pada larutan.

Melanoidin dikurangi melalui proses isoterm adsorpsi, adsorben yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu zeolit dan bentonit. Zeolit yang digunakan merupakan jenis *Treated Natural Zeolite* (TNZ) dengan nama dagang TNZ RC-42. Zeolit RC-42 merupakan *treated natural zeolite* yang telah diaktivasi, dengan ukuran granul ± 1 mm dan tingkat kekerasan sebesar 3,5-4 skala Mohs. TNZ RC-42 dapat menghilangkan atau mengurangi Fe, Mn, bau, warna dan zat organik. Aktivasi zeolit dilakukan dengan cara merendam zeolit dalam larutan pengaktif yaitu KMnO_4 0,01% selama 30 menit, kemudian dibilas

menggunakan aquademin hingga bebas ion MnO_4^- , selanjutnya zeolit dipanaskan pada suhu 100 – 200°C hingga zeolit terhidrasi (kehilangan air). Struktur zeolit yang berpori dengan molekul air didalamnya, melalui pemanasan akan menyebabkan molekul air mudah lepas sehingga menjadikan zeolit spesifik sebagai adsorben. Pada proses pemanasan umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Molekul air dapat dikeluarkan secara *reversible*. Pada pori – pori zeolit terdapat kation – kation atau molekul air, Bila kation – kation dan molekul air tersebut dikeluarkan dengan perlakuan tertentu maka akan meninggalkan pori yang kosong, dimana pori – pori kosong tersebut dapat diisi oleh molekul adsorbat. (Amini, et al. 2003).

Selain zeolit, adsorben lain yang digunakan adalah bentonit. Bentonit adalah nama perdagangan untuk sejenis lempung yang mengandung lebih dari 85 persen mineral monmorilonit (Grim, 1968). Aktivasi dilakukan terhadap bentonit untuk mengurangi kadar air, sehingga diharapkan daya serap bentonit optimal. Bentonit diaktivasi dengan pemanasan pada suhu 100-200°C. Proses aktivasi meningkatkan kandungan silika bentonit dari 58.55 persen menjadi 60.50 persen (Widiastuti, 1995). Bila rasio itu cukup besar maka daya serapnya semakin besar. Selain itu tanah pemucat yang baik adalah tanah yang tidak mengandung garam-garaman yang larut dalam air serta mempunyai derajat keasaman sekitar pH 6.5 - 7.5 (Widargo, 1996).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pencapaian kesetimbangan dalam sistem adsorpsi melanoidin tergantung dari lamanya kontak antara adsorbat dengan adsorben, dan banyaknya adsorben yang digunakan. Ukuran zeolit dan bentonit yang digunakan sama, bentonit dengan ukuran 80 mesh dan zeolit dengan ukuran granul ± 1 mm. Menurut Widargo (1996), waktu kontak untuk pencapaian kesetimbangan bentonit selama 2 jam pada suhu 50°C. Hasil Penelitian Tahap Dua

Hasil analisa kualitatif pada fruktosa menggunakan uji Seliwannof menghasilkan bahwa sampel mengandung fruktosa. Selanjutnya, hasil analisa kuantitatif gula pada molase yang dijernihkan dapat dilihat pada Kadar monosakarida yang diperoleh sebesar 19,40% dan disakarida sebesar 30,82%.

Pada molase yang telah dijernihkan dilakukan hidrolisis dengan tujuan meningkatkan kadar monosakarida khususnya fruktosa dalam molase. Hidrolisis dilakukan sesuai dengan prosedur AOAC 31.092 (1984) dengan penambahan HCl 6 N pada suhu 25°C selama 24 jam, Maillard (1912), melaporkan bahwa laju reaksi meningkat seiring dengan meningkatnya dengan suhu. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan reaktivitas antara gula dan gugus amino. Sukrosa yang dihidrolisis menghasilkan gula invert yaitu glukosa dan fruktosa dengan jumlah

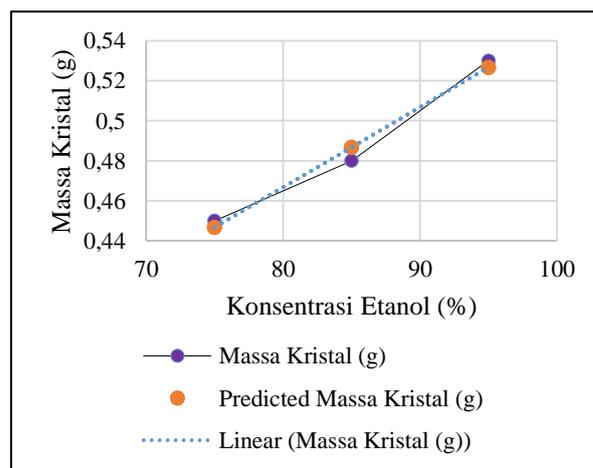
yang sama (equimolar) maka dari itu hidrolisis tidak dilakukan dengan pemanasan.

Tingkat inversi dapat diatur dengan proses netralisasi menggunakan KOH atau NaOH. Hidrolisis dengan penambahan asam sedikit tidak menguntungkan karena *yield* yang dihasilkan tidak sesuai dengan jumlah yang diperkirakan karena penambahan asam untuk inversi dan basa untuk netralisasi dapat membentuk garam dengan komponen lain dalam sukrosa, termasuk kemungkinan pengotor yang ada. (Christian, 2008).

Setelah proses hidrolisis, molase diuapkan dalam vakum evaporator pada suhu 40°C dengan tekanan 72 mbar selama 30 menit. Penguapan dilakukan dalam vakum evaporator bertujuan agar penguapan pelarut berlangsung pada suhu rendah, karena suhu tinggi dapat mengkatalisis reaksi Maillard sehingga menghasilkan kembali melanoidin. Penguapan bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi gula dalam molase, melalui penguapan air maka fraksi air dalam molase akan berkurang dimana menyebabkan fraksi bahan lain meningkat jumlahnya.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kandungan gula setelah di uapkan menggunakan vakum evaporator masih rendah untuk proses kristalisasi, dan setelah dilakukan kristalisasi tidak ada kristal yang terbentuk. Maka ditambahkan sumber gula lain, yaitu gula invert hasil hidrolisis sukrosa, sebesar 2%. Kadar monosakarida yang diperoleh dalam gula invert sebesar 68,05% dan disakarida sebesar 20,96%.

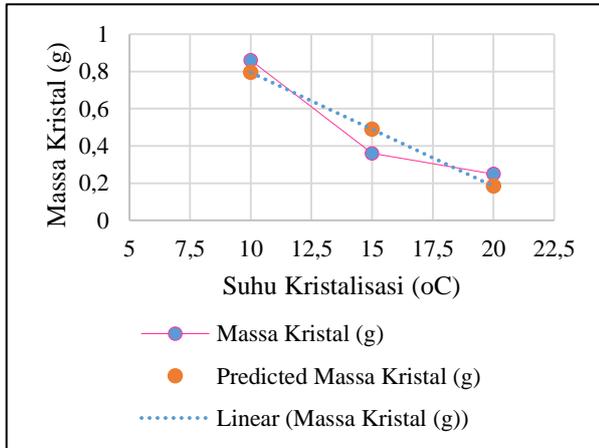
Hasil analisis kajian konsentrasi etanol memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata – rata massa kristal yang dihasilkan. Korelasi konsentrasi etanol terhadap massa kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Regresi Linier Konsentrasi Etanol Terhadap Massa Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Hasil analisis kajian suhu kristalisasi memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata

– rata massa kristal yang dihasilkan. Korelasi suhu kristalisasi terhadap massa kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Regresi Linier Suhu Kristalisasi Terhadap Massa Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Massa kristal yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor – faktor yang mempengaruhi kristalisasi. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses kristalisasi antara keadaan supersaturasi larutan induk. Supersaturasi merupakan suatu kondisi dimana konsentrasi padatan (*solute*) dalam suatu larutan melebihi konsentrasi jenuh larutan tersebut, maka pada kondisi ini kristal pertama kali terbentuk, dalam kristalisasi antisolven keadaan supersaturasi diperoleh dari pengubahan komposisi solven. Gula merupakan zat yang mudah larut dalam air karena memiliki gugus hidroksi yang banyak sehingga mudah membentuk ikatan hidrogen dengan air, maka semakin banyak jumlah air dalam suatu larutan gula kondisi supersaturasi lebih sulit dicapai karena sebagian gula akan berikatan dengan komponen air dalam etanol, oleh sebab itu pada penggunaan etanol 95% sebagai antisolven massa kristal yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan etanol 85% dan 75%. Hal ini sesuai dengan penelitian Giulietti (2010), yang menyatakan *yield* tertinggi pada kristalisasi fruktosa dengan penambahan antisolven diperoleh dari konsentrasi etanol yang paling tinggi dalam larutan.

Selain keadaan supersaturasi, mekanisme kristalisasi juga mempengaruhi massa kristal yang dihasilkan. Pembentukan kristal diawali dari tahap nukleasi. Nukleasi adalah pembentukan inti-inti kristal baru. Ketika suatu cairan atau larutan telah jenuh, terdapat termodinamika yang mendorong kristalisasi. Molekul-molekul cenderung membentuk kristal karena pada bentuk kristal, energi sistem mencapai minimum. Selama nukleasi atau pembentukan inti kristal, molekul dalam wujud cair mengatur diri kembali dan membentuk kluster yang stabil dan mengorganisasikan diri membentuk matriks kristal. Susunan molekul

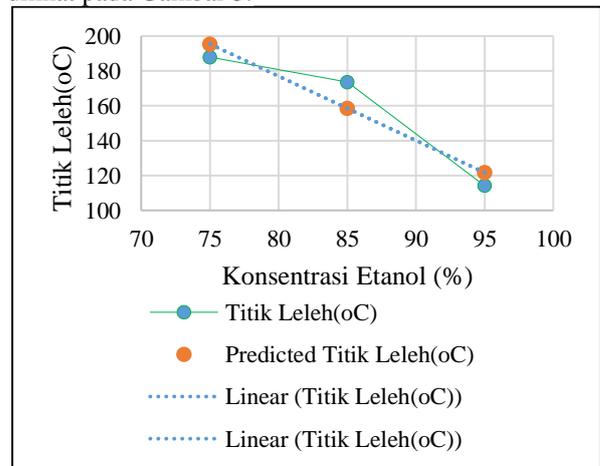
dalam kisi melibatkan pelepasan panas laten selama perubahan fasa terjadi. Nukleasi juga tergantung pada komponen dari larutan induk (jenis dan konsentrasi nukleasi promotor atau inhibitor) dan pada kondisi proses (panas dan kecepatan transfer massa). Inti kristal yang dapat tumbuh ke ukuran yang lebih besar berdasarkan tingkat kelewat jenuh dalam larutan. Pertumbuhan kristal terus terjadi sampai keadaan lewat jenuh habis dan mendekati sistem keseimbangan dalam fase volume yang tergantung pada suhu dan komposisi dalam sistem kristalisasi. Setelah kesetimbangan dalam fase volume telah dicapai, perubahan masih mungkin terjadi dalam struktur kristal selama masa penyimpanan. (Hartel, 2001).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kandungan karbohidrat dari kristal hasil kristalisasi antisolven dari molase yang dijernihkan menggunakan etanol. Sampel yang dianalisa adalah sampel terpilih dari faktor suhu kristalisasi yang menghasilkan massa kristal paling banyak. Perbedaan kadar glukosa, fruktosa dan sukrosa dari setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Karbohidrat dari Kristal hasil Kristalisasi Molase yang Dijernihkan

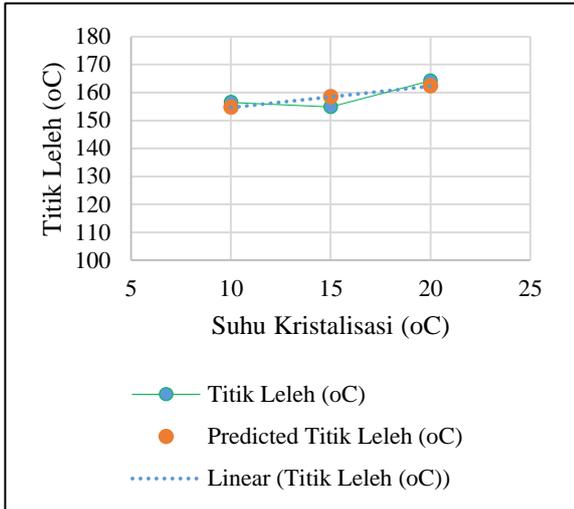
Perlakuan	Kandungan Gula (% ADBB)		
	Fruktosa	Glukosa	Sukrosa
Etanol 75%, 10°C	-	27,29	79,80
Etanol 85%, 10°C	21,72	2,30	79,89
Etanol 95%, 10°C	7,79	44,40	45,00

Hasil analisis kajian konsentrasi etanol memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata – rata titik leleh kristal yang dihasilkan. Korelasi konsentrasi etanol terhadap titik leleh kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3.



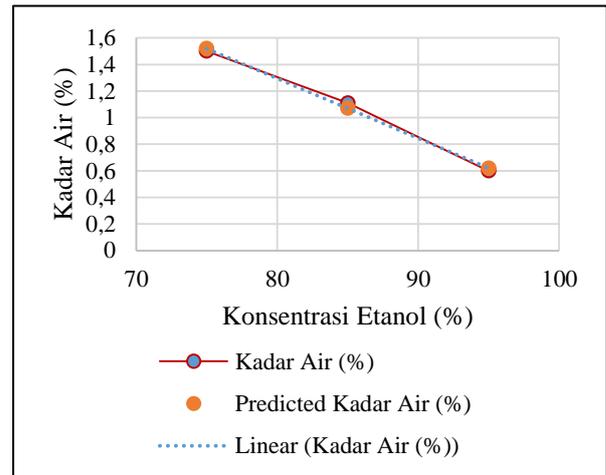
Gambar 3. Grafik Regresi Linier Konsentrasi Etanol Terhadap Titik Leleh Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Hasil analisis kajian suhu kristalisasi memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata – rata titik leleh kristal yang dihasilkan. Korelasi suhu kristalisasi terhadap titik leleh kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.



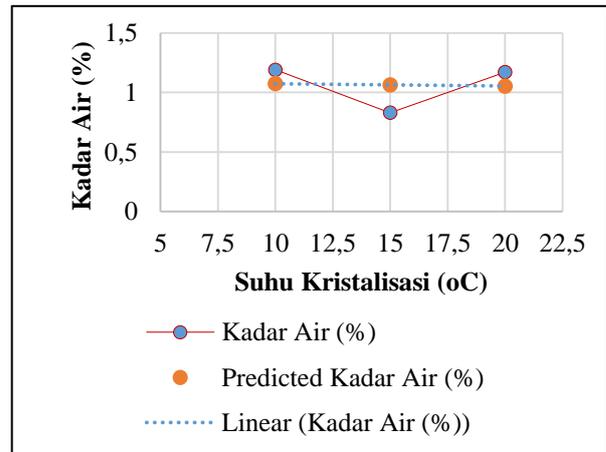
Gambar 4. Grafik Regresi Linier Suhu Kristalisasi Terhadap Titik Leleh Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Pada saat meleleh ikatan antara partikel dalam kristal rusak untuk membentuk sebuah fasa cair dengan mobilitas molekuler yang lebih tinggi. Faktor yang mempengaruhi sifat pelelehan suatu kristal mencerminkan kekuatan relatif dari ikatan molekuler dan struktur kristal, adanya kontaminan, dan adanya pelarut yang terinklusi didalam kristal. Gula bersifat hidrofilik sehingga sangat sulit diperoleh dalam kristal yang sangat murni. Sesuai dengan yang diungkapkan Mullin (2001), suatu kristal memiliki ikatan intramolekul yang spesifik antara atom atau molekul didalam fase padatnya. Ikatan utama dalam kristal termasuk ikatan ion, kovalen, molekuler dan ikatan logam dengan karakteristik energi spesifik yang digunakan untuk menahan partikel (unit struktural) dan suatu sistem kisi kristal. Hasil analisis kajian konsentrasi etanol memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata – rata kadar air kristal yang dihasilkan. Korelasi konsentrasi etanol terhadap kadar air kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Regresi Linier Konsentrasi Etanol Terhadap Kadar Air Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Hasil analisis kajian suhu kristalisasi memperlihatkan adanya hubungan linier terhadap rata – rata kadar air kristal yang dihasilkan. Korelasi suhu kristalisasi terhadap kadar air kristal yang dihasilkan dengan perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Regresi Linier Suhu Kristalisasi Terhadap Kadar Kristal yang Dihasilkan dari Molase yang Dijernihkan.

Gula merupakan molekul dalam fasa padat dimana setiap molekulnya dihubungkan dengan gaya antar molekul yang relatif lemah dan ikatan hidrogen. Gula mengandung air sebagai air terikat. Air Kristal adalah air terikat dalam semua bahan, baik pangan maupun non pangan yang berbentuk kristal, seperti gula, garam, CuSO₄, dan lain-lain (Winarno,1992). Perbedaan kadar air dipengaruhi proses pengeringan kristal, proses pengeringan kristal dilakukan pada suhu kamar di dalam eksikator, waktu pengeringan yang berbeda menyebabkan jumlah air dan etanol dalam kristal yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi etanol yang digunakan sebagai antisolven dalam kristalisasi berkorelasi dengan massa kristal, titik leleh dan kadar air. Semakin tinggi konsentrasi etanol semakin banyak kristal yang dihasilkan, sedangkan titik leleh dan kadar airnya semakin rendah. Suhu kristalisasi yang digunakan berkorelasi dengan massa kristal yang dihasilkan dan titik leleh kristal. Semakin rendah suhu semakin banyak kristal yang dihasilkan dan semakin rendah titik leleh. Kristal yang dihasilkan dari kristalisasi antisolven pada suhu 10°C menggunakan etanol 95% memiliki kandungan fruktosa 7,79%, glukosa 44,40% dan sukrosa 45,00%, untuk etanol 85% memiliki kandungan fruktosa 21,72%, glukosa 2,30% dan sukrosa 79,89%, dan untuk etanol 75% memiliki kandungan glukosa 27,29% dan sukrosa 79,80%.

Daftar Pustaka

1. AOAC, 1984. Official Methods of Analysis. 11th edition. Association of Official Analytical Chemists Inc., Washington, D.C.
2. Arakawa, T., Timasheff, S. N. 1985. *Theory of Protein Solubility*, in: *Methods of Enzymology 114*, edited by: Wyckoff, H. W., Hirs, C. H. W., Timasheff, S. N., Academic Press.
3. Christian, Elizabeth W and Vaclavik, Vickie A. 2008. *Essentials of Food Science 4th Edition*. Springer : New York.
4. Gaspard, S., Ouensanga, A., Brouers, F., Avril, J.P, and Figaro, S. 2008. *Adsorption Studies Of Molasse's Wastewaters On Activated Carbon: Modelling With A New Fractal Kinetic Equation And Evaluation Of Kinetic Models*. London : Elsevier.
5. Giulietti, M. Costa., Bernardo, A., Silva, A.T.C.R, and Crestani, C . 2010. *Integration Of The Process Of Fructose Crystallization By Addition Of Anti-Solvent*. Brazil : Department of Chemical Engineering, Federal University of São Carlos.
6. Grim, R. E. 1968. *Clay Mineralogy*. Mc Graw Hill Book Co : New York.
7. Hartel, R.W. 2001. *Crystallization in Foods*. Aspen Publishers : USA.
8. János D. Schanda, 2008. *Colorimetry - Handbook of Applied Photometry*. New York.
9. Kasmadi, I. S. 2002. *Kajian Sifat Adsorpsi Zeolit terhadap Zat Warna Sintesis Optimasinya*. UNNES Semarang.
10. Malmberg, C. G, and Maryott, A. A. *Dielectric Constants of Aqueous Solutions of Dextrose and Sucrose*, Journal of Research of the National Bureau of Standards Vol. 45, No. 4, October 1950, 299-303.
11. Mullin, J. W. 2001. *Crystallization, 4th ed*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford, UK.
12. Olbrich, Hulbert. 1963. *The Mollases. Germany : Fermentation Technologist*, Institut für Zuckerindustrie.
13. Pieter, Honig. 1959. *Principle of Sugar Technology*. Amsterdam : Elsevier Publishing Company.
14. Plavsic, M., Cosovic, B., Lee, C., 2006. *Copper Complexing Properties Of Melanoidins And Marine Humic Material*. Sci. Total Environ.
15. Silva, A.T.C., Martinez, K.C.L, dan Giulietti, M. 2010. *Separation Of Glucose And Fructose By Freezing Crystallization*. New York : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
16. Siti Amini, Aryanto., Yateman., Suwardi, Siminta., Supandi, dan Husaini. 2003. *Keektifan Zeolit Lampung Terhadap Kation- Kation Matrik Hasil Fisi Uranium*. Jurnal Zeolit Indonesia, Vol.2. No.1 November 2003.
17. Sudjana. 2005. *Metode Statistika Edisi ke-6*. Bandung : Tarsito.
18. Sunyoto, Dadang. 2011. *Analisis Regresi dan Uji Hipotesis*. Yogyakarta : CAPS.
19. Widargo, Ripto. 1996. *Kajian Kemampuan Bentonit untuk Dekolorisasi Limbah Cair yang Mengandung Melanoidin*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
20. Widiastuti, C. E. 1995. *Kajian Teknologi Aktivasi Bentonit dan Aplikasinya untuk Pemurnian Minyak Kelapa Sawit*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Bogor : Institut Pertanian Bogor.
21. Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.

