

KELAYAKAN BIJI DURIAN SEBAGAI BAHAN PANGAN ALTERNATIF : ASPEK NUTRISI DAN TEKNO EKONOMI

Moh. Djaeni, A. Prasetyaningrum^{*)}

Abstrak

Selama ini, bagian buah durian yang lebih umum dikonsumsi adalah bagian salut buah atau dagingnya. Persentase berat bagian ini termasuk rendah yaitu hanya 20-35%. Hal ini berarti kulit (60-75%) dan biji (5-15%) belum dimanfaatkan secara maksimal. Umumnya kulit dan biji menjadi limbah yang hanya sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pakan ternak, malahan sebagian besar dibuang begitu saja. Biji durian memiliki karakteristik yang agak unik, yaitu berlendir, dan apabila dikonsumsi terasa kelat dan getir. Biji durian yang mentah juga mengandung asam lemak siklopropena yang bersifat racun dan berbahaya bagi tubuh. Sejauh ini biji durian dimanfaatkan sebagai makanan ringan dengan cara direbus/dikukus untuk dibuat makanan ringan sejenis keripik, dibuat tepung sebagai bahan substitusi pada jenang atau dodol, serta bahan baku pembuatan kecap dan gula cair. Hingga saat ini belum terdapat penelitian yang melakukan kajian kelayakan biji durian sebagai sumber pangan, baik ditinjau dari aspek nutrisi, teknologi proses pembuatan, dan peluang wirausaha (ekonomi). Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji karakteristik kandungan nutrisi dan toksisitas biji durian sebagai bahan pangan, mengetahui pengaruh suhu, kadar suspensi biji durian terhadap waktu reaksi hidrolisa, besar konstanta kecepatan reaksi, serta konversi tepung menjadi glukosa, mendapatkan kondisi optimal proses produksi sirup glukosa cair dari biji durian dengan indikator rendemen glukosa, waktu proses, dan kebutuhan panas/energi, dan mendapatkan data fisibilitas proses produksi berdasarkan evaluasi tekno-ekonomi. Ruang lingkup penelitian berupa kajian aspek kelayakan penggunaan biji durian sebagai bahan makanan. Selain itu juga dilakukan analisis teknis dan analisis ekonomis untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada penggunaan biji durian sebagai alternatif bahan pangan. Adanya transfer teknologi ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah biji durian, memberikan alternatif/solusi penyediaan bahan makanan bagi rakyat serta meningkatkan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat Kota Semarang.

Kata kunci : biji durian, kelayakan, produk pangan

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Durian (*Durio zibethinus murr*) adalah salah satu buah yang sangat populer di Indonesia. Buah dengan julukan *The King of fruits* ini termasuk dalam famili *Bombacaceae* dan banyak ditemukan di daerah tropis. Di Indonesia, tanaman durian terdapat di seluruh pelosok Jawa dan Sumatra. Sedangkan di Kalimantan dan Irian Jaya umumnya hanya terdapat di hutan. Tiap pohon durian dapat menghasilkan 80 sampai 100 buah, bahkan hingga 200 buah terutama pada pohon yang tua. Tiap rongga buah terdapat 2 sampai 6 biji atau lebih.

Produksi durian di Indonesia cukup melimpah. Data Biro Pusat Statistik (2004), menunjukkan bahwa produksi durian meningkat setiap tahun. Seiring dengan meningkatnya luas daerah panen durian yaitu dari 24.031 ha pada tahun 1999 menjadi 53.770 ha pada tahun 2003, maka terjadi peningkatan produksi durian di Indonesia dari 194.359 ton pada tahun 1999 menjadi 741.841 ton pada tahun 2002 (Wahyono, 2009). Sedangkan di wilayah Semarang vegetasi tanaman durian dapat dijumpai di daerah Kecamatan Tembalang, Banyumanik, Gunung Pati, Ngaliyan dan Mijen, dengan jumlah lebih dari 100.000 pohon dan tingkat produksi 1500-2000 ton/tahun.

Selama ini, bagian buah durian yang lebih umum dikonsumsi adalah bagian salut buah atau dagingnya. Persentase berat bagian ini termasuk rendah yaitu hanya 20-35%. Hal ini berarti kulit (60-75%) dan biji (5-15%) belum dimanfaatkan secara maksimal (Wahyono, 2009). Umumnya kulit dan biji menjadi limbah yang hanya sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pakan ternak, malahan sebagian besar dibuang begitu saja. Biji durian mentah tidak dapat dimakan karena mengandung asam lemak siklopropena yang beracun. Sebagian kecil masyarakat mengkonsumsi bijinya dengan cara dibakar, dikukus atau direbus. Padahal jika diolah lebih lanjut biji durian dapat bermanfaat lebih sebagai bahan baku berbagai olahan makanan yang tentunya akan memberikan nilai tambah.

Secara fisik, biji durian berwarna putih kekuning-kuningan berbentuk bulat telur, berkeping dua, berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat muda. Biji durian yang masak mengandung 51,1% air, 46,2% karbohidrat, 2,5% protein dan 0,2% lemak. Kadar karbohidratnya ini lebih tinggi dibanding singkong (karbohidrat 34,7%) ataupun ubi jalar (karbohidrat 27,9%). Kandungan karbohidrat yang tinggi ini memungkinkan dimanfaatkannya biji durian sebagai bahan baku pangan baik itu tepung untuk aneka makanan seperti dodol, bahan roti, mie, serta makanan basah atau kering (misalnya krupuk). Selain itu, dengan

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto SH, Kampus Baru Tembalang, Telp : 024 7460058

tingginya kandungan karbohidrat, biji durian ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber glukosa melalui proses hidrolisa. Glukosa cair ini selanjutnya dapat dipakai sebagai pemanis pada berbagai bahan pangan, obat atau pun campuran kecap.

B. Identifikasi & Perumusan Masalah Identifikasi Masalah

Biji durian yang mentah juga mengandung asam lemak siklopropena yang bersifat racun dan berbahaya bagi tubuh. Sejauh ini biji durian dimanfaatkan sebagai makanan ringan dengan cara direbus/dikukus, keripik, tepung untuk jenang atau dodol, serta bahan baku kecap dan gula cair. Saat ini belum terdapat kajian tentang kelayakan biji durian sebagai sumber pangan, baik ditinjau dari aspek nutrisi, *toxicity* maupun aspek tekno-ekonomi secara kuantitatif.

Perumusan Masalah

Permasalahan yang timbul pada penggunaan biji durian sebagai bahan pangan adalah:

1. Sejauh mana kelayakan biji durian sebagai bahan pangan baik segi kandungan nutrisi maupun toksisitasnya?
2. Jenis bahan pangan apa saja yang dapat menggunakan bahan baku biji durian?
3. Bagaimanakah analisis tentang kelayakan pemanfaatan biji durian sebagai bahan makanan ditinjau dari segi teknis dan ekonomis.

C. Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Melakukan uji karakteristik kandungan nutrisi biji durian sebagai bahan pangan terutama kandungan nutrisi dan toksisitasnya (*toxicity*)
2. Melakukan kajian secara teknis meliputi jenis makanan yang diproduksi dari biji durian
3. Melakukan evaluasi tekno-ekonomi untuk mengetahui fisibilitas salah satu jenis makanan yang diproduksi dari biji durian

D. Kegunaan Penelitian

1. Memberikan solusi penggunaan biji durian sebagai bahan pangan yang aman dan sehat
2. Memperoleh data teknis dan ekonomis produksi salah satu bahan pangan dari biji durian
3. Membantu program pemerintah dalam pengentasan kondisi rawan pangan dan peningkatan gizi masyarakat.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian berupa kajian aspek kelayakan penggunaan biji durian sebagai bahan makanan. Selain itu juga dilakukan analisis teknis dan ekonomis untuk mengetahui

fisibilitas salah satu bahan pangan yang dapat diproduksi dari biji durian.

Tinjauan Pustaka

1. Buah Durian

The King of The Fruit, itulah julukan bagi buah durian yang merupakan salah satu jenis buah yang telah lama berkembang dan ditanam di wilayah Nusantara. Sebutan durian diduga berasal dari istilah Melayu yaitu dari kata duri yang diberi akhiran -an sehingga menjadi durian. Kata ini terutama dipergunakan untuk menyebut buah yang kulitnya berduri tajam.

Durian merupakan buah musiman, sehingga harga durian biasanya melambung tinggi. Durian hanya berbuah selama kurang lebih 3-4 bulan yaitu November-Januari tiap tahunnya. Walaupun demikian, minat konsumen untuk membeli dan mengkonsumsi durian sampai saat ini terus bertambah, serta buah durian sangat digemari oleh banyak orang.

Durian dipercaya dapat menambah tekanan pada darah. Oleh karena itu orang yang mempunyai penyakit tekanan darah tinggi, dianjurkan agar menghindari durian. Menurut Rahmi (2005), kebanyakan para dokter melarang pasien yang menderita penyakit darah tinggi atau jantung untuk tidak mengkonsumsi buah ini, dengan alasan bisa mengganggu kesehatan. Tetapi pendapat ahli gizi berbeda dengan para dokter, buah durian adalah buah bergizi.

Kandungan gizi yang terdapat dalam durian memang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Namun dibalik kandungan gizi itu, buah durian mempunyai kadar kalori yang sangat tinggi. Untuk 100 gram isi buah durian bisa memberikan 153 kalori. Sumber: USDA Nutrient Database (2008) dalam Wikipedia (2009)

Hasil penelitian menunjukkan, kulit durian secara proporsional mengandung unsur *selulose* yang tinggi (50-60%) dan kandungan *lignin* (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%) sehingga dapat diindikasikan bahan tersebut bisa digunakan sebagai campuran bahan baku pangan olahan serta produk lainnya yang dimanfaatkan. Selain itu, limbah kulit durian mengandung sel serabut dengan dimensi yang panjang serta dinding serabut yang cukup tebal sehingga akan mampu berikatan dengan baik apabila diberi bahan perekat sintesis atau bahan perekat mineral (Afif, 2007).

2. Biji Durian

Selama ini, bagian buah durian yang lebih umum dikonsumsi adalah bagian salut buah atau dagingnya. Prosentase berat bagian ini termasuk rendah yaitu hanya 20-35%. Hal ini berarti kulit (60-75%) dan biji (5-15%) belum termanfaatkan

secara maksimal (Wahyono, 2009). Umumnya kulit dan biji menjadi limbah yang hanya sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pakan ternak, dan bahkan sebagian besar dibuang begitu saja.

Biji durian mentah tidak dapat dimakan karena mengandung asam lemak siklopropena yang beracun. Asam lemak siklopropena yang terdapat dalam biji durian akan hilang dengan sendirinya ketika biji durian direbus atau dipanaskan pada suhu 80°C. Sebagian kecil masyarakat mengkonsumsi bijinya dengan cara dibakar, dikukus atau direbus (<http://id.wikipedia.org/wiki/durian>). Padahal jika diolah lebih lanjut biji durian dapat bermanfaat lebih sebagai bahan baku berbagai olahan makanan yang akan memberikan nilai tambah.

Secara fisik, biji durian berwarna putih kekuning-kuningan berbentuk bulat telur, berkeping dua, berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat muda. Setiap 100 gram biji durian mengandung 51 gram air, 46,2 gram karbohidrat, 2,5 gram protein dan 0,2 gram lemak. Kadar karbohidratnya ini lebih tinggi dibanding singkong 34,7% ataupun ubi jalar 27,9%. Kandungan karbohidrat yang tinggi ini memungkinkan dimanfaatkannya biji durian sebagai bahan pengganti sumber karbohidrat yang ada dalam bentuk tepung. Selanjutnya tepung ini bisa diproses lebih lanjut sebagai bahan baku produk-produk olahan pangan yang lainnya seperti kecap, sirup glukosa dan dodol. Dengan termanfaatkannya biji durian, maka akan menambah nilai ekonomisnya dan tentunya akan meningkatkan pendapatan masyarakat.

3. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang banyak dijumpai di alam yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Rumus empiris dari senyawa karbohidrat adalah CH_2O . Senyawa karbohidrat merupakan polihidroksi aldehid dan keton atau turunannya.

Fungsi utama karbohidrat adalah sebagai sumber biokalori dalam bahan makanan, di samping itu juga sebagai bahan pengental atau GMC pada teknologi makanan sebagai bahan penstabil, bahan pemanis (sukrosa, glukosa, fruktosa) dan bahan bakar, misalnya pada glukosa dan pati dan sebagai penyusun struktur sel, misalnya selulosa dan kitin. Karbohidrat mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan seperti rasa, warna dan tekstur. Sedangkan fungsi karbohidrat di dalam tubuh adalah:

- Sumber energi
- Satu gram karbohidrat menghasilkan 4 kalori bagi kebutuhan sel-sel jaringan tubuh. Sebagian dari karbohidrat diubah langsung menjadi energi untuk aktifitas tubuh, dan sebagian lagi disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot.

- Melindungi protein agar tidak terbakar sebagai penghasil energi.
- Membantu metabolisme lemak dan protein, dengan demikian dapat mencegah terjadinya ketosis dan pemecahan protein yang berlebihan.
- Di dalam hepar berfungsi untuk detoksifikasi zat-zat toksik tertentu.
- Beberapa golongan karbohidrat yang tidak dapat dicerna, mengandung *dietary fiber* yang berguna untuk pencernaan, seperti selulosa, pektin, dan lignin.

4. Protein

Protein merupakan salah satu kelompok bahan makronutrien. Tidak seperti bahan makronutrien lain (lemak dan karbohidrat), protein ini berperan lebih penting dalam pembentukan biomolekul daripada sebagai sumber energi. Namun demikian apabila organisme sedang kekurangan energi, maka protein ini dapat dipakai sebagai sumber energi.

Protein merupakan suatu senyawa organik dengan jumlah molekul yang sangat besar, susunannya sangat kompleks serta tersusun dari rangkaian asam-asam amino. Ikatan utama asam amino yang satu dengan yang lain terjadi karena adanya ikatan peptida, sehingga protein sering disebut polipeptida. Protein terdiri dari unsur – unsur C, H, O, dan N serta kadang – kadang dijumpai S dan P. Bila protein dihidrolisa dengan menggunakan larutan asam atau bantuan enzim, menghasilkan asam amino.

Asam amino merupakan asam organik yang mempunyai gugus $-COOH$ yang bersifat asam dan gugus NH_2 yang bersifat basa. Di dalam asam amino baik gugus yang bersifat asam maupun basa adalah lemah. Kegunaan protein antara lain sebagai berikut:

- Sebagai zat pembangun
- Sebagai pengganti sel – sel yang rusak
- Sebagai zat pengemulsi
- Sebagai penghasil energi
- Berguna untuk pembentukan enzim
- Sebagai *buffer* untuk mempertahankan pH tubuh

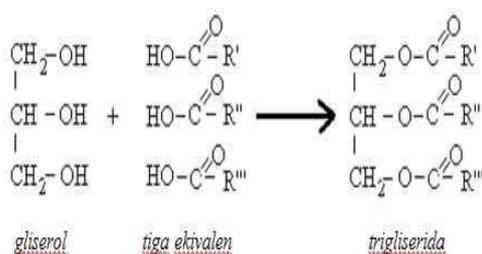
Penentuan jumlah protein dalam bahan makanan umumnya dilakukan berdasarkan penentuan empiris (tidak langsung) yaitu melalui penentuan kandungan nitrogen yang ada dalam bahan. Cara ini dikembangkan oleh Kjeldahl seorang ahli ilmu kimia Denmark pada tahun 1883. Dalam penentuan protein seharusnya hanya nitrogen yang berasal dari protein saja yang ditentukan. Akan tetapi secara teknis hal itu sangat sulit dilakukan mengingat jumlah nitrogen non-protein yang dalam bahan biasanya sangat sedikit maka penentuan jumlah N-total ini tetap dilakukan untuk mewakili jumlah protein yang ada. Penentuan dengan cara

ini sering disebut penentuan jumlah N-total kasar (Sudarmaji, 1996: 141).

5. Lemak

Lemak adalah senyawa organik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik non polar. Lemak termasuk ester yang tersusun atas asam lemak dan gliserol, dimana ketiga radikal hidroksil dari gliserol diganti dengan gugus ester.

Istilah *fat* (lemak) biasanya digunakan untuk trigliserida yang berbentuk padat atau lebih tepatnya semi padat pada suhu kamar, sedangkan istilah minyak (*oil*) digunakan untuk trigliserida yang pada suhu kamar berbentuk cair.



Gambar 1
Reaksi Trans-Esterifikasi pada Lemak

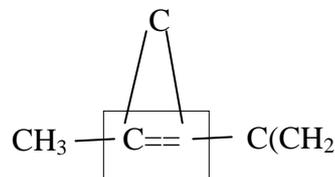
Secara kimiawi lemak adalah trigliserida yang merupakan bagian dari kelompok lipida. Trigliserida ini merupakan senyawa hasil kondensasi satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Wujud lemak berkaitan dengan asam lemak pembentuknya. Lemak yang berwujud cair (minyak) banyak mengandung asam lemak tak jenuh, seperti asam oleat (C₁₇H₃₃COOH), asam linoleat (C₁₇H₃₁COOH), dan asam linolenat (C₁₇H₂₉COOH). Sedangkan lemak yang berwujud padat lebih banyak mengandung asam lemak jenuh, seperti asam stearat (C₁₇H₃₅COOH) dan asam palmitat (C₁₅H₃₁COOH). Asam lemak jenuh memiliki titik cair yang lebih tinggi daripada asam lemak tak jenuh.

Dalam ilmu gizi fungsi utama lemak yaitu untuk menyediakan tenaga. Kandungan kalori gizi lemak sangat tinggi, 9 kalori/gram, dibandingkan dengan sekitar 4 kalori untuk karbohidrat atau protein. Fungsi lainnya adalah sebagai pembawa vitamin yang larut dalam lemak dan sebagai sumber asam-asam lemak esensial (Sakidja, 1989 : 183).

6. Kandungan Toksik

Biji durian muda mengandung asam lemak siklopropena yang beracun. Asam lemak siklopropenoat adalah asam lemak yang mempunyai gugus siklis yaitu gugus siklopropena. Dikenal dua senyawa dimana tergantung jumlah karbonnya yaitu asam

malvalat dan asam sterkulat. Asam sterkulat adalah asam 8-(2-oktil-1-siklopropenil) oktanoat dan asam malvalat adalah asam 7-(2-oktil-1-siklopropenil) heptanoat (Phelps, et al., 1964). Rumus bangun asam-asam tersebut dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini (Ayuningsih, 2007).



Gambar 2
Asam lemak siklopropena

Mekanisme yang terjadi adalah dalam tubuh asam tersebut bersifat sebagai penenang, selain itu asam ini juga mempengaruhi mekanisme tubuh. Akibatnya keberadaan senyawa ini akan sulit memecah lemak yang ada sehingga timbunan lemak dalam tubuh meningkat. Hal negatif lainnya adalah menyebabkan tubuh menjadi kurus, nafsu makan berkurang, dan jika rangsum pakan ternak mengandung senyawa ini produktifitasnya menurun. Cara mengatasi keberadaan senyawa ini adalah dengan sulfatasi (pengaliran senyawa sulfat dalam lemak), atau dengan pemanasan tinggi, sehingga gugus siklopropenanya akan lepas. Umumnya konsentrasi asam siklopropena >10 ppm dalam makanan akan berbahaya bagi konsumen.

Kerangka Pemikiran

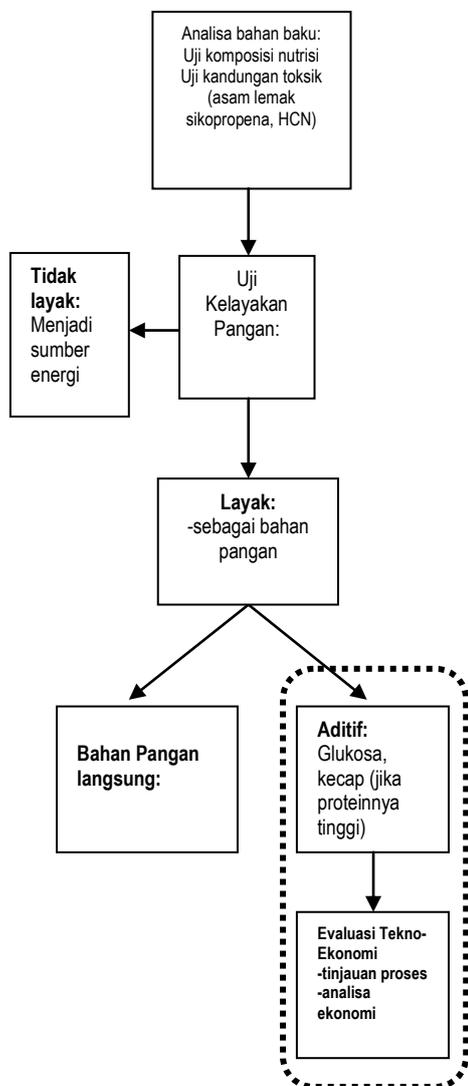
Dari hasil studi literatur mengenai biji durian ada beberapa alternatif untuk memanfaatkan biji durian yaitu dengan memanfaatkan tepungnya secara langsung untuk bahan makanan basah dan kering, maupun tepung ini dapat dijadikan bahan dasar pangan yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti glukosa. Glukosa dalam bentuk sirup dapat digunakan pada berbagai industri obat, makanan, dan minuman sebagai pemanis.

Adapun pemanfaatan biji durian sebagai makanan aditif seperti kecap kurang dapat diterima disebabkan kandungan proteinnya yang rendah. Walaupun demikian aspek toksisitas dari biji durian perlu dikaji terutama kandungan asam lemak siklopropena, dan mungkin HCN. Asam lemak siklopropena bisa bersifat anestetik dan mempengaruhi metabolisme tubuh sehingga dapat menimbulkan rasa pusing, badan menjadi kurus, dan mengurangi kesuburan. Asam ini terkandung dalam biji muda, dan perlu dianalisis secara kuantitatif keberadaan senyawa ini untuk menjamin keamanan dan keselamatan konsumen.

Metodologi Penelitian

A. Rancangan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merekomendasikan kelayakan biji durian sebagai sumber pangan alternatif ditinjau dari aspek nutrisi, toksisitas, dan tekno-ekonomi (fisibilitas). Penelitian dirancang seperti dalam gambar 3 berikut:



Gambar 3:
Rancangan Penelitian
(difokuskan pada penggunaan biji durian sebagai bahan aditif)

Gambaran Umum Penelitian

Produksi Glukosa dari Biji Durian dengan Hidrolisa Enzim

Sirup glukosa atau sering disebut gula cair mengandung komponen utama glukosa yang diperoleh dari proses hidrolisa pati. Proses hidrolisa biji durian yang mengandung pati menjadi sirup glukosa dapat dilakukan

menggunakan katalisis enzim, asam ataupun gabungan keduanya. Dari kedua cara tersebut, pembuatan sirup glukosa secara enzimatik dapat dikembangkan di pedesaan karena tidak banyak menggunakan bahan kimia sehingga aman dan tidak mencemari lingkungan.

Hidrolisis menggunakan asam akan memutus rantai pati secara acak, sedangkan secara enzimatik memutus rantai pati secara spesifik pada percabangan tertentu. Enzim utama yang terlibat dalam hidrolisa pati adalah α -amilase. α -amilase berfungsi untuk menghidrolisa pati, glikogen dan alfa-1,4-glukan. Hidrolisis dengan enzim memiliki keuntungan, antara lain :

1. Prosesnya lebih spesifik
2. Biaya pemurnian lebih murah
3. Produk samping lebih sedikit
4. Kerusakan warna dapat diminimalkan
5. Hidrolisis enzim tidak memerlukan banyak bahan kimia sehingga relatif aman dan tidak mencemari lingkungan.

Proses produksi glukosa cair meliputi proses likuifikasi, sakarifikasi, penjernihan dan penetralan, kemudian diakhiri dengan evaporasi (pemekatan). Proses likuifikasi merupakan proses hidrolisis pati menjadi dekstrin oleh enzim α -amilase pada suhu di atas suhu gelatinasi dengan pH optimum untuk aktivitas α -amilase, selama waktu yang telah ditentukan untuk setiap jenis enzim. Sesudah itu suhu dipertahankan pada 105°C dan pH 5,2-5,6 untuk pemasakan sirup sampai seluruh amilosa terdegradasi menjadi dekstrin. Pada proses likuifikasi pati, viskositas larutan pati secara cepat akan menurun. Setiap 2 jam sirup dalam tangki dianalisis kadar amilosanya dengan uji iod serta nilai DE (*Dextrose Equivalen*). Bila iod berwarna coklat berarti semua amilosa sudah terdegradasi menjadi dekstrin (nilai DE 8-14) dan proses likuifikasi selesai.

Pada proses sakarifikasi, pati yang telah menjadi dekstrin didinginkan sampai 50°C dengan pH 4- 4,6. Proses ini berlangsung sekitar 72 jam dengan pengadukan terus menerus. Proses sakarifikasi selesai bila sirup yang ada telah mencapai nilai DE minimal 94,5%, nilai warna 60% transmittan dan Brix 30-36. Tahap selanjutnya adalah pemucatan, penyaringan, dan penguapan.

Pemucatan bertujuan untuk menghilangkan bau, warna dan kotoran, serta menghentikan aktivitas enzim. Absorben yang digunakan adalah karbon aktif sebanyak 0,5-1% dari bobot pati. Penyaringan bertujuan untuk memisahkan karbon aktif yang tertinggal dan kotoran yang belum terserap oleh karbon aktif. Tahap terakhir adalah penguapan untuk mendapatkan sirup glukosa dengan kekentalan seperti yang dikehendaki. Proses pascapanen telah menghasilkan teknologi produksi glukosa secara sederhana sehingga tiga tahapan yaitu

likuifikasi, sakarifikasi, dan penguapan dilakukan pada reaktor yang sama (pada satu *fermentor*). Bila proses produksi ingin dilakukan tiap hari maka diperlukan tiga fermentor yang sama, karena proses fermentasi berlangsung selama 2 hari.

Tingkat mutu sirup glukosa yang dihasilkan ditentukan oleh warna sirup, kadar air, dan tingkat konversi pati menjadi komponen-komponen glukosa, maltosa, dan dekstrin, yang dihitung sebagai ekuivalen dekstrosa (DE). Nilai DE sirup glukosa yang tinggi dapat diperoleh dengan optimalisasi proses likuifikasi dan sakarifikasi, sedangkan kadar padatan kering dan warna sirup glukosa diperoleh pada proses evaporasi.

Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Aktivitas Enzimatik

Keadaan-keadaan yang mempengaruhi aktivitas enzim diantaranya ialah: konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, pH, dan suhu. Pada umumnya terdapat hubungan optimum antara konsentrasi enzim dan substrat bagi aktivitas maksimum. Demikian juga, setiap enzim berfungsi secara optimal pada pH dan suhu tertentu. Aktivitas enzimatik dapat dinyatakan sebagai jumlah mol substrat yang diubah menjadi produk per satuan waktu tiap satuan mol enzim (Djumali, 1994).

a. Pengaruh konsentrasi enzim

Untuk mempelajari pengaruh peningkatan konsentrasi terhadap kecepatan reaksi, substrat harus ada dalam keadaan berlebih. Perubahan produk yang terbentuk selama periode tertentu tergantung pada jumlah enzim yang ada.

b. Pengaruh suhu

Seperti kebanyakan reaksi kimia, kecepatan reaksi yang dikatalisis oleh enzim akan meningkat dengan peningkatan suhu. Peningkatan suhu 10° akan meningkatkan aktivitas enzim 50-100%. Variasi suhu yang sekecil mungkin (1-2°) akan mempengaruhi perubahan hasil 10-20%.

c. Pengaruh konsentrasi substrat

Jika konsentrasi enzim yang digunakan tetap, sedangkan konsentrasi substrat dinaikkan secara berkala, kecepatan reaksi akan meningkat hingga mencapai maksimum. Di sini dapat dilihat bahwa pada penambahan pertama, kecepatan reaksi naik dengan cepat. Tetapi jika penambahan substrat dilanjutkan maka kecepatan mulai menurun sampai pada suatu ketika tidak ada tambahan kecepatan reaksi lagi.

d. Pengaruh pH

Enzim dipengaruhi oleh perubahan pH. Nilai pH yang paling disukai yaitu titik dimana enzim bersifat sangat aktif dikenal

sebagai pH optimum. Kurva pengaruh pH berupa lonceng dengan sebuah *plateau* kecil. *Plateau* ini sering disebut pH optimum enzim. Dalam mempelajari suatu enzim, pH optimum ini harus dicari terlebih dahulu dengan memakai *buffer* yang cocok.

Tahapan Penelitian

1. Uji bahan baku

Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan nutrisi, air, inert, dan toksik dalam biji durian. Kandungan nutrisi terutama karbohidrat, protein, dan lemak digunakan untuk mengetahui potensi apa yang paling prospektif untuk dimanfaatkan dalam biji durian. Sedangkan kandungan toksik adalah untuk mengetahui ada atau tidaknya senyawa berbahaya/beracun apabila biji durian ini dikonsumsi atau dijadikan bahan dasar untuk produk makanan. Dari literatur kandungan racun yang mungkin adalah asam lemak siklopropena yang harus dihilangkan total jika ada. Sedangkan kemungkinan racun lain yang umum dalam tumbuhan seperti sianida, juga dianalisis. Sedangkan kadar air dan abu, digunakan sebagai dasar perhitungan berapa komponen real yang dapat dimanfaatkan. Misalnya kandungan air 80% berarti jumlah materi padat yang ada total 20%. Dari 20% itu misalnya abunya 1% (basis basah), berarti 19% adalah materi lain (selulosa/karbohidrat, protein, lemak, vitamin atau bahkan senyawa toksik).

2. Produksi glukosa dari biji durian

Dari literatur menyebutkan bahwa biji durian dari berbagai jenis/varietas mengandung karbohidrat 45-47%, protein 2-3%, lemak <0.5% dan air 48-50%, dan abu 1%. Artinya potensi yang paling mungkin dikembangkan dari biji durian adalah makanan yang mengandung karbohidrat, ataupun produk turunan karbohidrat seperti glukosa. Jika airnya diuapkan semua, maka kandungan karbohidrat dalam durian kering 90-94%, hal ini jelas sangat berpotensi sebagai makanan pokok. Pada proses ini biji durian akan diolah menjadi glukosa, yang merupakan bahan pemanis yang banyak digunakan dalam industri, baik obat-obatan, makanan maupun minuman. Karena untuk keperluan konsumsi maka digunakan enzim amylase untuk memproduksi glukosa disebabkan enzim ini juga dihasilkan tubuh manusia, sehingga jika termakan tidak menimbulkan efek negatif bagi kesehatan. Adapun produk lain seperti kecap tidak potensial karena kandungan proteinnya hanya 3%.

3. Pengumpulan data

Data akan dikumpulkan melalui percobaan di laboratorium dengan respon yang diukur adalah konversi pati menjadi glukosa yang akan diukur setiap 15 menit selama 2 jam pada berbagai kondisi operasi (suhu dan kadar biji durian). Dari data tersebut dapat diperoleh perkiraan waktu yang diperlukan untuk mengubah pati menjadi glukosa, dan rendemen maksimal yang dapat diperoleh. Selain itu kebutuhan enzim dan bahan-bahan penunjang lain juga dapat diperhitungkan. Hasil perhitungan ini diverifikasi ulang dengan diujicobakan lagi pada sekala laboratorium untuk kapasitas yang lebih besar.

4. Evaluasi Tekno-ekonomi

Evaluasi tekno-ekonomi diperlukan untuk mengetahui fisibilitas proses, berdasarkan harga jual produk, biaya kebutuhan bahan utama dan penunjang, biaya investasi peralatan, biaya operasi (energi, buruh) dan perawatan. Dari evaluasi ini akan dihitung *pay out time*, BC rasio, dan IRR.

Data dan Analisis

I. Uji Bahan Baku

Kandungan nutrisi biji durian dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini. Dari tabel tersebut jelas bahwa komponen yang dominan adalah karbohidrat 45%, sedangkan proteinnya 2%. Jika dibuat basis kering kandungan karbohidratnya 90%. Oleh karena itu pemanfaatan yang paling tepat adalah dibuat produk makanan berbasis tepung dan turunannya seperti glukosa.

Adapun kandungan asam lemak siklopropenanya negatif demikian juga HCN-nya, sehingga dapat disimpulkan aman untuk konsumsi. Apalagi kadar lemaknya <1%, sehingga resiko terkena kolesterol atau kelebihan trigliserida dapat dihindari.

Tabel 1
Kandungan dalam Biji Durian

No	Komponen	% berat basah
1	Protein	2-3%
2	Lemak*	<1%
3	Karbohidrat	45-47%
4	Abu	1-2%
5	Air	48-51%
Toksitas		
1	Asam Sianida	<0.0001
2	Asam Siklopropena	tt

2. Proses hidrolisa

Proses hidrolisa telah dilakukan menggunakan enzim amylase dengan pertimbangan tidak beracun dan aman dikonsumsi. Proses dijalankan sekala laboratorium berkapasitas total 100 gram, pada suhu 80-90°C, selama 2 jam dengan konsentrasi enzim 0.02% berat total, dan suspensi tepung biji dalam air 10%. Hasil menunjukkan bahwa selama proses terjadi konversi pati menjadi glukosa 16-17%, dimana grafik masih mengalami kenaikan. Diestimasi konversi maksimal 90% akan diperoleh dalam waktu 10-16 jam.

Hasil optimasi proses pembuatan glukosa cair

a. Pengukuran Dextrose Equivalent (DE)

Tabel 2
Hasil Pengukuran DE Berbagai Konsentrasi Pati

Waktu liquifikasi (menit)	Konsentrasi suspensi pati								
	5%			10%			15%		
	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	4	5	5	2.5	2.5	3.5	2	2.66	4.66
15	4	6	7	3	4.5	5	2.33	2.66	5.33
30	5	7	7	4	4	4.5	3.33	4	6.33
45	6	8	9	4.5	5	6	4.33	5	7.33
60	8	8	11	5.5	6	6.5	5.33	6	8.66
75	8	9	12	6.5	6.5	6.5	6.33	7.33	10
90	9	11	14	8	7	8	7.33	7.33	10
105	12	12	14	9	8.5	9	8.33	8.66	10.33
120	11	14	15	9	10	9	9.33	10	11.33

b. Pengukuran Densitas (gr/ml)

Tabel 3
Hasil Pengukuran Densitas Berbagai Konsentrasi Pati

Waktu liquifikasi (menit)	Konsentrasi suspensi pati								
	5%			10%			15%		
	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	0.996	1	1.004	1	1.004	1.012	0.998	1.02	1.036
15	0.992	0.996	0.998	0.996	1.002	1.008	0.998	1.018	1.034
30	0.984	0.992	0.994	0.9954	1	1.0056	0.9972	1.016	1.028
45	0.98	0.988	0.992	0.9936	0.9964	1.004	0.996	1.012	1.024
60	0.978	0.986	0.9908	0.99	0.994	1.0032	0.995	1.008	1.022
75	0.976	0.984	0.988	0.992	0.992	1	0.992	1.006	1.02
90	0.952	0.976	0.986	0.989	0.988	0.9984	0.988	1.004	1.018
105	0.964	0.968	0.984	0.9864	0.986	0.992	0.9868	1	1.016
120	0.962	0.964	0.98	0.983	0.984	0.988	0.986	0.9978	1.008

c. Pengukuran Viskositas (Cp)

Tabel 4.
Hasil Pengukuran Viskositas Berbagai
Konsentrasi Pati

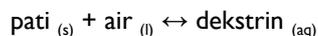
Waktu liquifikasi (menit)	Konsentrasi suspensi pati								
	5%			10%			15%		
	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	1.312	1.388	1.648	2.848	2.951	3.026	7.648	9.078	10.15
15	1.277	1.292	1.557	2.816	2.691	2.871	7.496	8.905	9.810
30	1.196	1.226	1.501	2.642	2.72	2.814	6.872	8.764	9.326
45	1.162	1.191	1.458	2.589	2.625	2.747	7.117	8.535	8.968
60	1.130	1.164	1.396	2.418	2.498	2.755	6.818	8.113	8.526
75	1.098	1.147	1.362	2.453	2.463	2.686	6.445	7.903	8.302
90	1.013	1.177	1.299	2.285	2.373	2.589	5.989	7.439	8.069
105	0.986	1.138	1.266	2.248	2.328	2.413	5.692	7.075	7.662
120	0.945	1.113	1.241	2.182	2.284	2.323	5.417	6.494	7.346

Pembahasan

Pengaruh Waktu Liquifikasi dan Konsentrasi Pati terhadap DE

Dextrose Equivalent (DE) menunjukkan presentase gula pereduksi, dinyatakan sebagai dextrosa, yang terdapat di dalam produk hidrolisa karbohidrat (biasanya polisakarida pati). $DE = 100/DP$, dengan DP adalah derajat polimerisasi hidrolisat. DE berbanding terbalik dengan berat molekul rerata (anonim, 2009). Untuk mengetahui harga DE, produk dekstri yang dihasilkan di analisis dengan metode volumetrik (Woodman, 1941)

Umumnya reaksi kimia bersifat *reversible*. Jika salah satu reaktan dibuat berlebih, maka reaksi cenderung *irreversible* dan reaksi bergeser ke kanan. Sehingga produk yang dihasilkan banyak. Dalam reaksi kimia:



Dalam proses hidrolisa, konsentrasi dapat dinyatakan dalam mol reaktan. Konsentrasi pati rendah mengandung air dalam jumlah yang lebih banyak daripada konsentrasi pati tinggi. Sehingga mol air lebih besar daripada mol pati, dan menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan produk. Dengan kata lain, produk dekstrin yang dihasilkan akan lebih banyak. Pada waktu yang sama, dekstrin yang dihasilkan meningkat. Semakin banyak dekstrin, DE produk dekstrin yang dihasilkan naik tiap satuan berat pati yang dihidrolisa.

Pada pembuatan dekstrin, digunakan enzim α -amilase *B. Licheniformis* (Thermamil 120 L) yang tahan terhadap suhu tinggi. Tiap

kenaikan suhu 10°, enzim mengalami peningkatan aktivitas 50-100% (Worthington pub., 1972). Semakin tinggi suhu, aktivitas enzim mengalami peningkatan sehingga kecepatan pembentukan dekstrin lebih besar. Aktivitas enzim dapat dinyatakan sebagai jumlah mol substrat yang diubah menjadi produk per satuan waktu tiap satuan mol enzim (Djumali, 1994). Untuk suhu dan dosis enzim yang sama, pada konsentrasi berapapun keaktifan enzim sama dan produk yang dihasilkan juga sama.

Pada konsentrasi pati rendah, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu liquifikasi lebih cepat daripada konsentrasi pati tinggi. Sehingga pada waktu yang sama, dekstrin yang terbentuk pada konsentrasi pati rendah lebih banyak dari pada konsentrasi pati tinggi. Banyaknya dekstrin yang dihasilkan meningkatkan DE produk, semakin kecil konsentrasi pati, DE yang dihasilkan semakin tinggi.

Untuk menghasilkan DE yang lebih tinggi, maka diperlukan waktu liquifikasi yang lebih lama. Semakin lama waktu liquifikasi, semakin banyak pati yang dihidrolisa oleh enzim α -amilase untuk menghasilkan dekstrin. Dekstrin yang banyak, meningkatkan DE dari produk dekstrin yang dihasilkan.

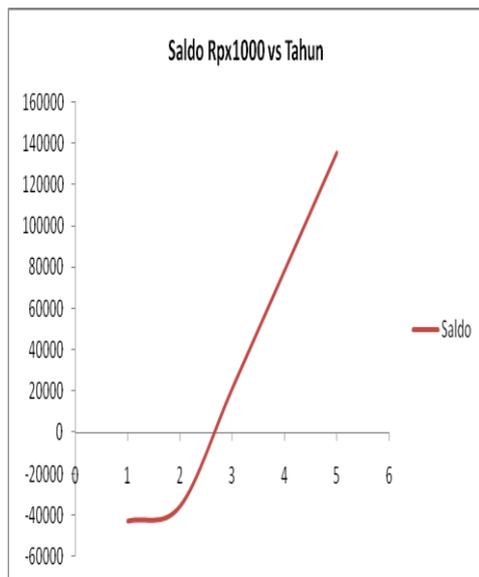
Pengaruh DE terhadap Viskositas

Viskositas dari produk dekstrin yang dihasilkan dianalisis dengan metode Leach (1951) dan metode *Thermo Haake*. Metode Leach (1951) digunakan untuk mengukur viskositas produk dekstrin dari konsentrasi pati 10, 15 dan 20%. Sedangkan produk dekstri dari konsentrasi pati 25, 30, dan 35% dianalisis dengan metode *Thermo Haake*.

Proses hidrolisa terjadi pada tahap liquifikasi. Meskipun liquifikasi dilakukan pada suhu tetap (94°C), namun viskositas akan turun. Saat hidrolisa terjadi pemutusan ikatan senyawa karbon kompleks (polisakarida) menjadi monosakarida atau disakarida. Akibat pemutusan ikatan (degradasi atau depolimerisasi), viskositas akan menurun (Baks, T., 2007). Semakin banyak ikatan yang diputus, monosakarida atau disakarida dengan berat molekul rendah lebih banyak, sehingga viskositasnya turun. Seperti terlihat pada gambar 4.3, semakin besar DE, viskositas larutan akan semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak polisakarida yang terdegradasi, monosakarida dan disakarida yang dihasilkan semakin banyak. Mono atau disakarida banyak mengindikasikan dekstrin yang terbentuk semakin banyak, sehingga DE produk dekstrin yang dihasilkan tinggi namun terjadi perubahan sifat dari viskositas tinggi menjadi viskositas rendah.

Evaluasi Tekno-ekonomi

Hasil perkiraan waktu modal kembali, dengan basis usaha 3 ton glukosa cair/bulan, dengan harga Rp 3.5 juta/ton. Bahan baku 3.5 ton/bulan, dengan harga Rp 500 ribu/ton. Investasi yang diperlukan kurang lebih 150 juta. Terlihat mulai tahun ke-3 modal sudah kembali. B/C ratio pada industri ini adalah 2:1, dengan BEP (*Break Event Point*) : 50%.



Gambar 4
Grafik Analisis Cash Flow

Kesimpulan dan Saran

1. Komponen yang dominan pada biji durian adalah karbohidrat 45%, sedangkan proteinnya 2% (basis basah). Oleh karena itu pemanfaatan yang paling tepat adalah dibuat produk makanan berbasis tepung dan turunannya seperti glukosa.
2. Proses hidrolisa menggunakan enzim amylase menghasilkan konversi pati menjadi glukosa 16-17%.
3. Sebaiknya proses produksi glukosa cair dilaksanakan dengan perancangan peralatan yang tahan waktu lama (lebih dari 3 tahun) karena mulai tahun ke-3 modal baru kembali. Harga B/C ratio pada industri ini adalah 2:1, dengan BEP: 50%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Walikota Semarang dan Kepala Bappeda Kota Semarang yang telah memberikan dana kegiatan penelitian melalui Bidang Penelitian dan Pengembangan Bappeda Kota Semarang tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, Muhammad. 2007. "Pembuatan Jenang dengan Tepung Biji Durian". Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Febriani, I. E. 2005. "Pembuatan Kue Telur Blanak dari Campuran Tepung Beras Ketan dan Tepung Biji Durian dengan Rasa yang Berbeda". Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Oldshue, J.Y. 1983. *Fluid Mixing Technology*. Chemical Engineering. New York: Mc Graw-Hill Pub. Co.
- Paul, E, et.al. 2003. *Handbook of Industrial Mixing*. New York: Wiley-Interscience.
- "Durian". (online) [Http://id.wikipedia.org/wiki/durian.html](http://id.wikipedia.org/wiki/durian.html). Medan. (Diunduh pada tanggal 28 November 2009).
- "Pemanfaatan Buah Durian". 2004. *Bulletin Teknopro Hortikultura*. Edisi 75, November.
- "Tentang Budidaya Pertanian Durian (*Bombaceae*)". <http://www.ristek.go.id.html>. (Diunduh pada tanggal 28 November 2009).