

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bengkuang

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) berasal dari daerah Amerika Tengah dan Selatan terutama di daerah Mexico. Suku Aztec menggunakan biji tanaman bengkuang ini sebagai obat-obatan. Kemudian pada abad ke-17, Spanyol menyebarkan tanaman ini ke daerah Philipina sampai akhirnya menyebar ke seluruh Asia dan Pasifik. Tanaman ini masuk ke Indonesia dari Manila melalui Ambon, dan sejak saat itulah bengkuang dibudidayakan diseluruh negeri. Bengkuang sekarang ini lebih banyak dibudidayakan di daerah Jawa dan Madura atau didataran rendah.

Bengkuang atau bengkoang (*Pachyrhizus erosus*) dikenal dari umbi (*cormus*) putihnya yang bisa dimakan sebagai komponen rujak dan asinan atau dijadikan masker untuk menyegarkan wajah dan memutihkan kulit. Tumbuhan yang berasal dari Amerika tropis ini termasuk dalam suku polong-polongan atau Fabaceae. Di tempat asalnya, tumbuhan ini dikenal sebagai *xicama* atau *jicama*. Orang Jawa menyebutnya sebagai *besusu*.

2.1.1 Taksonomi dan Morfologi

Tumbuhan ini membentuk umbi akar (*cormus*) berbentuk bulat atau membulat seperti gasing dengan berat dapat mencapai 5 kg. Kulit umbinya tipis berwarna kuning pucat dan bagian dalamnya berwarna putih dengan cairan segar agak manis. Umbinya mengandung gula dan pati serta fosfor dan kalsium. Umbi ini juga memiliki efek pendingin karena mengandung kadar air 86-90%. Rasa manis berasal dari suatu oligosakarida yang disebut inulin, yang tidak bisa dicerna tubuh manusia. Sifat ini berguna bagi penderita diabetes atau orang yang berdiet rendah kalori.

Bengkuang merupakan tanaman tahunan yang dapat mencapai panjang 4-5 m, sedangkan akarnya dapat mencapai 2 m. Batangnya menjalar dan membelit, dengan rambut-rambut halus yang mengarah ke bawah. Bengkuang memiliki daun majemuk menyirip beranak daun 3, bertangkai 8,5-16 cm, anak daun bundar telur melebar, dengan ujung runcing dan bergigi besar, berambut di kedua belah

sisinya; anak daun ujung paling besar, dan bentuk belah ketupat, 7-21×6-20 cm. Bunga tanaman bengkuang berkumpul dalam tandan di ujung atau di ketiak daun, sendiri atau berkelompok 2-4 tandan, memiliki panjang hingga 60 cm, dan berambut coklat.

Menurut Hilman (2012) dalam penelitiannya yang berjudul Karakteristik Polisakarida Larut Air (PLA) Umbi Bengkuang (*Pachyrhizus erosus L*) dari Berbagai Metode Ekstraksi, klasifikasi tanaman bengkuang adalah:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Spermatop</i>
Sub Divisio	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Famili	: <i>Fabaceae</i>
Genus	: <i>Pachyrhizus</i>
Spesies	: <i>Pachyrhizus erosus L. Urban</i>

Umbi bengkuang tidak tahan terhadap suhu rendah, sehingga mudah mengalami kerusakan. Oleh karena itu, umbi sebaiknya disimpan pada tempat kering bersuhu maksimal 16 °C. Umbi bengkuang dapat bertahan sekitar dua bulan dengan penyimpanan pada kelembapan dan suhu yang sesuai (Astawan, 2009).

2.1.2 Jenis - Jenis Bengkuang

Bengkuang termasuk ke dalam Famili *Fabaceae*, Genus *Pachyrhizus*, Spesies *Pachyrhizus*. Menurut Sorensen (1988), genus *Pachyrhizus* terdiri atas lima spesies, yaitu *Pachyrhizus erosus (L.) Urban*, *P. ahipa (wedd.) parody*, *P. tuberosus (lam.) spreng*, *P. ferrugineus (piper)*, dan *P. Panamensis clausen*. Ketiga spesies yang pertama sudah dibudidayakan, sedang dua spesies lainnya masih merupakan spesies liar. Varietas yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah bengkuang gajah dan bengkuang badur. Perbedaan di antara kedua jenis bengkuang ini adalah waktu panennya. Varietas bengkuang gajah dapat dipanen ketika usia tanam memasuki empat sampai lima bulan. Varietas bengkuang badur memiliki waktu panen lebih lama. Jenis ini baru dapat dipanen ketika tanamannya berusia tujuh sampai sebelas bulan.

Bila diperhatikan bentuk umbinya, ternyata terdapat dua macam bentuk yaitu bulat pipih dan bulat panjang. Umpi yang berbentuk bulat pipih lebih baik dari pada yang berbentuk bulat panjang. Kelebihan umpi yang bentuknya bulat pipih antara lain adalah kulitnya tipis, mudah dikupas, berwarna putih, berair banyak, serat sedikit, mudah dipecah dan rasanya manis. Sedangkan umpi yang berbentuk bulat panjang kulitnya lebih tebal, sulit dikupas, berwarna sedikit kekuningan, berkadar air rendah, berserat, sulit dipecah dan rasanya tawar.

2.1.3 Kandungan dan Manfaat Bengkuang

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dikenal dari umpi (*cormus*) putihnya yang bisa dimakan sebagai komponen rujak dan asinan atau dijadikan masker untuk menyegarkan wajah dan memutihkan kulit. Bagian umpi merupakan bagian yang dikonsumsi dari tanaman bengkuang yang mengandung gula, pati dan oligosakarida yang dikenal dengan nama inulin.

Inulin berfungsi sebagai prebiotik karena sebagai komponen serat pangan larut yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan, tetapi difermentasi oleh mikroflora kolon (usus besar) sehingga inulin dapat memperlancar proses pencernaan (Rimbawan dan Resita 2013). Inulin bukan hanya serat pangan prebiotik, tapi juga karbohidrat rendah kalori, yaitu 1,5 kkal/gram. Inulin melewati mulut, lambung, dan usus halus tanpa dimetabolisme, sehingga cocok dikonsumsi penderita diabetes (Roberfroid MB, 2007)

Serat dan inulin dapat memperbaiki kadar glukosa darah karena sama-sama berperan sebagai prebiotik dimana tidak dapat dimetabolisme oleh tubuh akan tetapi dapat difermentasi oleh usus besar, sehingga waktu transit makanan lebih pendek dan membuat rasa kenyang yang dirasakan lebih lama dan juga serat dan inulin dapat mengikat karbohidrat, sehingga tubuh lambat menghasilkan glukosa darah. Atau bisa juga karena stimulasi hormon inkretin.

Hormon inkretin adalah suatu zat yang punya aktivitas humoral yang dihasilkan di usus atas pengaruh makanan salah satu jenis inkretin adalah glucagon-like peptida-1 (GLP- 1), yang disekresi oleh sel L endokrin di mukosa sekum dan kolon. Hormon GLP- 1 berperan penting dalam stimulasi sel

β pankreas untuk menghasilkan insulin dan secara langsung menghambat sekresi glukagon, sehingga terjadi penurunan kadar glukosa darah. Asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid/SCFA*) juga berperan dalam peningkatan kadar GLP-1.

Komponen SCFA dapat disintesis dari fermentasi komponen karbohidrat tanaman yang tidak dapat dicerna, salah satunya adalah serat dan inulin yang berperan sebagai prebiotik yang terdapat pada umbi bengkuang (*Pachyrhizus erosus*).

Menurut Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1992) komposisi bengkuang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Bengkuang dalam 100 g Bahan

Komposisi	Jumlah
Energi (kkal)	55,00
Protein (g)	1,40
Lemak (g)	0,20
Karbohidrat (g)	12,80
Kalsium (mg)	15,00
Fosfor (mg)	18,00
Besi (mg)	0,60
Vitamin C (mg)	20,00
Vitamin B1 (mg)	0,04
Vitamin A (mg)	0,00
Air (g)	85,10

Sumber : Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1992)

Komposisi kimia yang seperti itu memungkinkan umbi bengkuang digunakan sebagai obat, baik obat luar maupun obat dalam. Kandungan air dalam bengkuang sangat baik untuk mempercepat proses pencernaan makanan. Kandungan vitamin C yang cukup tinggi, memungkinkan bengkuang digunakan sebagai sumber antioksidan yang potensial untuk menangkal atau menetralkan serangan radikal bebas yang cenderung meningkat dalam tubuh akibat hiperglikemia (stres oksidatif) sehingga dapat menghambat terjadinya peroksidasi lipid, mencegah penurunan kadar asam askorbat dalam testis dan mencegah penurunan kualitas spermatozoa (Fithroh dan Sukarjati, 2013).

Bengkuang baik dikonsumsi oleh penderita hiperglikemia. Dengan kandungan air yang sangat besar, mengkonsumsi bengkuang akan memberi

perasaan kenyang, tapi tidak memberikan sumbangan kalori dimana kandungan kalori pada bengkuang 55 kkal dan tidak berpotensi untuk meningkatkan indekslikemik.

Umbi bengkuang mengandung isoflavon yang dapat berperan sebagai antioksidan sehingga berguna untuk mencegah kerusakan oksidatif dan membantu penyerapan kalsium lebih kuat ke dalam tulang, sehingga tidak terjadi pengkeroposan tulang atau osteoporosis. Bengkuang merupakan salah satu makanan yang mengandung fitoestrogen, sehingga baik untuk dikonsumsi bagi mereka yang sudah memasuki masa menopause, yang berarti dapat mempertahankan kualitas hidup di usia tua.

2.2 Kapur Sirih

Kapur adalah senyawa kimia dengan rumus kimia Ca(OH)_2 . Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan kalsium klorida (CaCl_2) dengan larutan natrium hidroksida (NaOH). Kapur tersebut memiliki sifat basa kuat (Widowati, 2006).

Kapur berasal dari kulit kerang laut atau cangkang dari kerang yang telah dibakar. Kapur sirih biasa ditemukan berwarna putih baik dalam bentuk kering atau basah. Saat kering kapur sirih berumus molekul CaO , sedangkan saat basah/larutan berumus molekul Ca(OH)_2 (Bayani, 2009). Kapur sirih (Ca(OH)_2) yang dilarutkan dalam air akan terionisasi membentuk ion OH^- yang bersifat basa dan dapat menetralkan suasana asam (Ismadi, 1993).

2.3 Gula

Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula paling banyak diperdagangkan dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis pada makanan atau minuman. Gula sederhana, seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel.

Menurut Darwin (2013), gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Secara umum, gula dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Monosakarida, sesuai dengan namanya yaitu monoyang berarti satu, ia terbentuk dari satu molekul gula. Yang termasuk monosakarida adalah glukosa, fruktosa, galaktosa.
- b. Disakarida, berbeda dengan monosakarida, disakarida berarti terbentuk dari dua molekul gula. Yang termasuk disakarida adalah sukrosa (gabungan glukosa dan fruktosa), laktosa (gabungan dari glukosa dan galaktosa) dan maltosa (gabungan dari dua glukosa)

Gula sebagai sukrosa diperoleh dari nira tebu, bit gula, atau aren. Meskipun demikian, terdapat sumber-sumber gula minor lainnya, seperti kelapa. Sumber-sumber pemanis lain, seperti umbi dahlia, anggur, atau jagung, juga menghasilkan semacam gula/pemanis namun bukan tersusun dari sukrosa. Proses untuk menghasilkan gula mencakup tahap ekstraksi (pemerasan) diikuti dengan pemurnian melalui distilasi (penyulingan).

Gula merah adalah gula yang berwarna kekuningan atau kecoklatan. Gula ini terbuat dari cairan nira yang dikumpulkan dari pohon kelapa, aren, tebu dan lontar. Nira merupakan cairan manis yang terdapat di dalam bunga tanaman aren, kelapa, tebu dan lontar yang pucuknya belum membuka dan diperoleh dengan cara penyadapan. Cairan nira yang dikumpulkan kemudian direbus secara perlahan sehingga mengental lalu dicetak dan didinginkan. Setelah dingin maka gula merah siap dikonsumsi atau dijual kepada orang lain (Rahmadiani, 2012).

Gula ini memiliki banyak sekali varian bergantung pada jenis bahan dasar yang digunakan. Meskipun sama – sama nira, namun bisa berasal dari pohon yang berbeda – beda. Kualitas gula yang dihasilkan serta rasanya berbeda antara satu pohon dengan pohon lainnya. Berikut ini adalah jenis – jenis gula merah yaitu (Rahmadiani, 2012):

1. Gula Kelapa (Gula Jawa)

Gula merah yang paling banyak ditemui adalah gula Jawa atau gula kelapa. Nira pohon kelapa disadap, diolah, dan dicetak dalam bambu (gula Jawa bentuk

silinder) atau tempurung kelapa (gula Jawa bentuk batok). Gula kelapa banyak digunakan masyarakat Jawa untuk bahan baku kecap manis, pemanis minuman, dodol, kinca, atau kue. Warna cokelatnya lebih tua dibanding gula aren dan biasanya agak kotor, sehingga harus disaring terlebih dahulu. Klasifikasi kelapa menurut taksonomi adalah sebagai berikut ; Kingdom: *Plantae* (Tumbuhan), Subkingdom: *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh), Super Divisi: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji), Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga), Kelas: *Liliopsida* (berkeping satu / monokotil), Sub Kelas: *Arecidae*, Ordo: *Arecales*, Famili: *Arecaceae* (suku pinang-pinangan), Genus: *Cocos*, Spesies: *Cocos nucifera* L.

2. Gula Aren

Gula aren hampir sama dengan gula Jawa. Bedanya, gula aren diambil dari nira pohon aren (enau atau kolang-kaling) dan berwarna cokelat cerah. Bentuknya ada yang silindris dan ada yang berbentuk batok runcing, namun biasanya dibungkus dengan daun kelapa kering. Sebagian orang lebih menyukai gula aren untuk membuat kue karena dianggap lebih harum, enak, dan bersih. Klasifikasi aren menurut taksonomi adalah sebagai berikut ; Kingdom: *Plantae* (Tumbuhan), Subkingdom: *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh), Super Divisi: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji), Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga), Kelas: *Liliopsida* (berkeping satu / monokotil), Sub Kelas: *Arecidae*, Ordo: *Arecales*, Famili: *Arecaceae* (suku pinang-pinangan), Genus: *Arenga*, Spesies: *Arenga pinnata* Merr.

3. Gula Tebu

Kualitas gula merah tebu sangat ditentukan oleh kegiatan penanganan pasca pemotongan batang tebu. Makin lama batang tebu disimpan, maka produk gula merahnya cenderung berwarna kecoklat –coklatan hingga hitam. Klasifikasi tebu menurut taksonomi adalah sebagai berikut ; Kingdom: *Plantae* (Tumbuhan), Subkingdom: *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh), Super Divisi: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji), Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga), Kelas: *Liliopsida* (berkeping satu / monokotil), Sub Kelas: *Commelinidae*, Ordo: *Poales*, Famili: *Poaceae* (suku rumput-rumputan), Genus: *Saccharum*, Spesies: *Saccharum officinarum* L.

4. Gula Semut

Gula semut adalah gula aren berbentuk bubuk yang dibuat dari nira palma, yaitu suatu larutan gula cetak palmae yang telah dilebur kembali dengan penambahan air pada konsentrasi tertentu.

2.3.1 Gula Semut

Gula semut atau gula merah yang berbentuk semut atau tepung yang dikenal dengan *Palm Sugar*. Bahan dasar untuk membuat gula semut adalah nira dari pohon kelapa, aren/enau, nipah, lontar maupun tebu. Gula semut memiliki beberapa kelebihan dari gula merah yang sudah lebih dulu dikenal masyarakat. Gula semut memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan gula kelapa pada umumnya, antaranya:

1. Bentuknya kristal dan mudah terlarut.
2. Gula semut dapat ditambahkan berbagai macam flavoring agent alami diantaranya jahe, kencur, temulawak sehingga dapat digunakan sebagai bahan minuman alami.
3. Nilai ekonomisnya lebih tinggi dan memiliki aroma yang khas.
4. Gula semut memiliki umur simpan yang lebih panjang (dengan kadar 2-3% dengan pengemasan yang rapat).

Pemanfaatan gula semut sama dengan gula pasir (tebu) yakni dapat digunakan sebagai bumbu masak, pemanis minuman (sirup, susu, soft drink) dan untuk keperluan pemanis untuk industri makanan seperti adonan roti, kue, kolak dan lain-lain (Mustaufik dan Karseno, 2004).

Gula semut memiliki prospek untuk dijual di supermarket atau pasar modern bahkan skala ekspor, tergantung pada performa baik kemasan, label dan volumenya. Gula semut memiliki peluang untuk mengisi kekurangan kebutuhan gula (bahan pemanis) yang selama ini sebagian masih impor dan memiliki peluang untuk menembus pasar luar negeri (ekspor) seperti Singapura, Jepang, Hongkong, USA dan Jerman (Mustaufik, 2010). Menurut mustaufik (2010), permintaan ekspor gula semut mencapai 20 ton perbulan, sedangkan kemampuan produksi gula semut sejitar 5-10 ton perbulan. Berikut adalah syarat mutu gula semut (SII-2043-87) yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Syarat Mutu Gula Semut (SII-2043-87)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan: Bentuk Warna Ganda rasa		Semut Kuning kecokelatan Normal dan khas
2.	Gula total (dihitung sebagai sukrosa)	% (b/b)	Min. 80
3.	Gula reduksi (dihitung sebagai glukosa)	% (b/b)	Maks. 6,0
4.	Air	% (b/b)	Maks. 3,0
5.	Abu	% (b/b)	Maks. 2,0
6.	Padatan tidak larut dalam air	% (b/b)	Maks. 0,2
7.	Pati		Tidak ternyata
8.	Belerang dioksida (SO ₂)		Tidak ternyata
9.	Cemaran logam berbahaya:		
	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,5
	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
	Arsen (Ar)	mg/kg	Maks. 1,0
	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 20

Sumber: Departemen Perindustrian RI (1992)

Permintaan akan gula semut terus meningkat dari waktu ke waktu, hal ini tidak lepas dari usaha para produsen gula semut yang terus melakukan pengembangan pasar. Terutama terhadap target pasar industri yang sangat mempertimbangkan efisiensi dan mengutamakan sisi kepraktisan dibandingkan dengan menggunakan gula merah biasa. Saat ini gula semut telah banyak dipasarkan pada beberapa supermaret, bahkan sudah diekspor ke Australia maupun Eropa, karena digunakan sebagai pemanis minuman kesehatan yang memiliki berbagai manfaat antara lain mencegah perut kembung, masuk angin, flu, batuk. Selain itu gula semut dapat tahan lama tanpa penambahan bahan pengawet (Ningtyas *dkk*, 2013).

Nira yang digunakan sebagai bahan baku utama kualitasnya sangat menentukan kualitas gula semut yang dihasilkan, yang dipengaruhi oleh pH nira aren dan nira yang masih segar yang mempunyai pH sekitar 6-7. Bahan penolong yang digunakan adalah kapur juga berfungsi sebagai larutan penyangga untuk mempertahankan pH sekitar 6-7, sebab nira dikatakan rusak jika pH kurang dari 6 ditandai rasa yang masam. Biasanya nira yang dipanen sore hari akan direbus hingga mendidih yang berguna untuk mematikan mikroorganisme sebelum diproses pada esok harinya.

2.4 Hidrolisis

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah/terurai atau reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H_2O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer sederhana. Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Rindit, 1998)

Proses hidrolisis ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemisellulosa, merusak struktur kristal dari sellulosa serta meningkatkan porositas bahan (Sun and Cheng, 2002). Rusaknya struktur kristal dari sellulosa akan mempermudah terurainya sellulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemisellulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Mosier et al, 2005). Proses hidrolisis dapat dijalankan dengan menggunakan katalisator bisa berupa enzim atau asam. Katalisator yang sering diaplikasikan dalam proses hidrolisis adalah katalisator asam. Jenis asam yang digunakan yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat, asam nitrat.

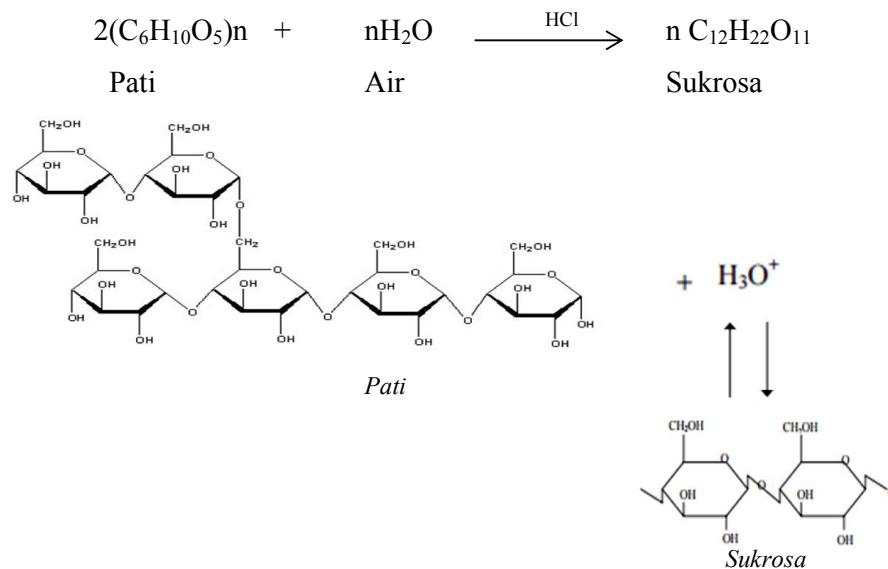
2.4.1 Hidrolisis Pati secara Asam

Di dalam metode hidrolisis asam, biomassa lignosellulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer sellulosa dan hemisellulosa. Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi hidrolisa asam pekat dan hidrolisa asam encer (Tahezadeh & Karimi, 2007).

Hidrolisa asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer. Hidrolisa asam dapat dilakukan pada suhu rendah. Namun demikian, konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30-70%). Proses ini juga sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan metal yang mahal atau

dibuat secara khusus. Rekaveri asam juga membutuhkan energi yang besar (Tahezadeh & Karimi, 2007).

Berikut adalah mekanisme reaksi hidrolisis yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Sumber : Humprey, 1979

Gambar 2.1 Mekanisme Reaksi Hidrolisis Asam

Pada umumnya asam yang banyak digunakan pada industri bahan pangan adalah HCl dan H₂SO₄, misalnya pada Hidrolisis gluten menjadi monosodium glutamate dan hidrolisis pati menjadi glukosa. Pembuatan glukosa melalui hidrolisis pati dengan asam mempunyai kelebihan dan kekurangannya (Retno, 2009) yaitu :

1. Kelebihan :
 - a. Bahan baku mudah didapat.
 - b. Tidak menggunakan enzim sehingga menghemat biaya.
 - c. Peralatan tidak rumit sehingga operasi tidak butuh tenaga banyak.
 - d. Cocok untuk kondisi kritis saat ini karena seluruh bahan tersedia di dalam negeri.
2. Kekurangan :
 - a. Pemakaian asam menyebabkan korosi peralatan.

2.4.2 Hidrolisis Pati secara Enzimatis

Dalam proses hidrolisis pati secara enzimatis, terdapat beberapa enzim penghidrolisis pati yang bekerja spesifik yaitu ikatan glikosidik yang diputus,

pola pemutusan, aktivitasnya dan spesifitas substrat serta produk yang dihasilkan. Tingginya keragaman jenis pati dan spesifiknya kerja enzim penghidrolisis pati, maka produk yang dibentuk akan mempunyai komposisi karbohidrat yang beragam.

Pada hidrolisis pati dengan metode enzimatik dapat dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu likuifikasi, sakarifikasi dan isomerisasi. Langkah yang pertama adalah likuifikasi 30-40% suspensi padatan untuk menghasilkan maltodekstrin dengan menggunakan enzim α -amilase. Setelah likuifikasi dilakukan sakarifikasi menggunakan enzim glukoamilase untuk menghasilkan sirup glukosa atau sirup maltosa. Hasil sakarifikasi dilakukan isomerisasi dengan enzim glukoisomerase untuk menghasilkan sirup fruktosa.

Beberapa jenis enzim yang sering digunakan dalam menghidrolisis pati yaitu: α -amilase, β -amilase, pullunase, dan amiloglukosidase (AMG) yang memiliki komposisi yang berbeda-beda satu-sama lainnya.

Enzim atau biokatalisator adalah katalisator organik yang dihasilkan oleh sel. Enzim sangat penting dalam kehidupan, karena semua reaksi metabolisme dikatalis oleh enzim. Jika tidak ada enzim, atau aktivitas enzim terganggu maka reaksi metabolisme sel akan terhambat hingga pertumbuhan sel juga terganggu. Enzim merupakan senyawa protein kompleks yang dihasilkan oleh sel-sel organisme dan berfungsi sebagai katalisator suatu reaksi kimia.

Kerja enzim sangat spesifik, karena strukturnya hanya dapat mengkatalisis satu tipe reaksi kimia saja dari suatu substrat, seperti hidrolisis, oksidasi dan reduksi (Purba, 2009). Enzim merupakan molekul biopolimer dan tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai reaksi kimia yang terjadi di dalam sel yang mungkin sangat sulit dilakukan oleh reaksi kimia biasa (Wang, 1990).

Amilase (α , β dan glukoamilase) merupakan enzim yang penting dalam bidang pangan dan bioteknologi. Penggunaan mikroba dianggap lebih proseptif karena mudah tumbuh, cepat menghasilkan enzim dan kondisi lingkungan dapat dikendalikan. Enzim α -amilase merupakan enzim yang banyak digunakan pada berbagai macam makanan, minuman dan industri tekstil. Enzim

α -amilase ekstra seluler dihasilkan dari beberapa bakteri, diantaranya adalah *Bacillus coagulans* dan *B. stearothermophilus*.

Secara umum, amilase dibedakan menjadi dua berdasarkan hasil pemecahan dan letak ikatan yang dipecah, yaitu α -amilase dan glukamilase.

a. Enzim α -amilase

Salah satu enzim yang berperan dalam menghidrolisis pati menjadi glukosa adalah enzim amilase, terutama α -amilase dan glukamilase. Enzim α -amilase bekerja menghidrolisis ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin. Hasil hidrolisis α -amilase mula-mula akan menghasilkan dekstrin, kemudian dekstrin tersebut dipotong-potong lagi menjadi campuran antara glukosa, maltosa, maltotriosa, dan ikatan lain yang lebih panjang (Melliawati, 2006). Enzim α -amilase (E.C.3.2.2.1 α -1,4glucan-glucanohydrolase) ialah enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolisis ikatan α -1,4 glikosidik pada pati, glikogen dan turunan polisakarida lainnya. Pemakaian α -amilase secara luas di bidang industri makanan dan minuman, industri kertas, industri tekstil, industri detergen, bioetanol, pengolahan limbah cair. Kebutuhan α -amilase sendiri sangat besar, sekitar 30% dari produksi enzim dunia adalah α -amilase, oleh karena itu meskipun telah banyak diisolasi dan dikristalisasi, eksplorasi sumber α -amilase yang lebih efisien masih dibutuhkan.

Enzim α -amilase yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, ragi dan kapang telah banyak dilaporkan dan sifat-sifatnya telah dijelaskan. Salah satu kapang yang mampu menghasilkan α -amilase dalam jumlah besar ialah *Aspergillus niger*. Aktivitas tertinggi α -amilase dari *Aspergillus niger* hasil isolasi *citrus fruit* pada pH 6,5 dan suhu 35°C. Hal ini menunjukkan kondisi optimum masing-masing enzim berbeda walaupun didapatkan dari sumber mikroba yang sama. Untuk itu, perlu dilakukan penentuan kondisi optimum enzim untuk mengoptimalkan proses reaksi enzimatik.

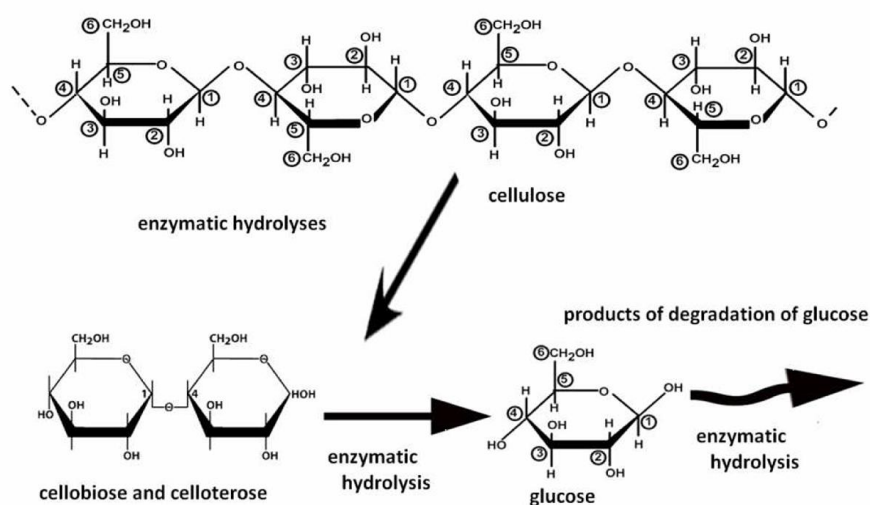
Pemakaian enzim dalam keadaan bebas yaitu terlarut dalam air, kurang menguntungkan karena enzim hanya dapat digunakan satu kali reaksi. Untuk keperluan industri perlu digunakan teknologi amobilisasi enzim, yaitu penempatan atau lokalisasi enzim supaya dapat dipakai kembali secara terus menerus. Metode penjebakan enzim lebih banyak digunakan karena tidak terjadi

ikatan secara kimia antara enzim dengan matriks sehingga enzim tidak mengalami gangguan.

b. Enzim Glukoamilase

Enzim glukoamilase atau sering disebut amiloglukosidase atau α -1,4-glukano glukohidrolase merupakan enzim ekstraseluler yang mampu menghidrolisis ikatan α -1,4 pada rantai amilosa, amilopektin, glikogen, dan pullulan. Enzim glukoamilase juga dapat menyerang ikatan α -1,6 pada titik percabangan, walaupun dengan laju yang lebih rendah. Hal ini berarti bahwa pati dapat diuraikan secara sempurna menjadi glukosa (Melliawati, 2006).

Berikut adalah mekanisme reaksi hidrolisis dengan enzim:



Sumber : Tomas et al., 2010

Gambar 2.2 Mekanisme Hidrolisis Selulosa dengan Enzim

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Hidrolisis

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis antara lain:

1. Kandungan Karbohidrat Bahan Baku

Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Apabila kandungan karbohidratnya sedikit, maka jumlah gula yang terjadi juga sedikit, dan sebaliknya, apabila kandungan karbohidrat terlalu tinggi mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat, sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, dengan demikian kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang pula.

2. pH Hidrolisis

pH berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisa. pH berkaitan erat dengan konsentrasi asam yang digunakan. Pada umumnya, pH yang terbaik (optimum) adalah 2,3.

3. Waktu Hidrolisis

Semakin lama pemanasan, warna akan semakin keruh dan semakin besar konversi yang dihasilkan. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa asam sekitar 1 hingga 3 jam.

4. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi suhunya akan diperoleh konversi yang cuku berarti, tetapi jika suhu terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil.

Kelebihan proses hidrolisis asam adalah sebagai berikut:

- a. Bahan baku mudah didapat.
- b. Tidak menggunakan enzim sehingga menghemat biaya.
- c. Peralatan tidak rumit sehingga operasi tidak butuh tenaga banyak.
- d. Cocok untuk kondisi kritis saat ini karena seluruh bahan tersedia di dalam negeri.

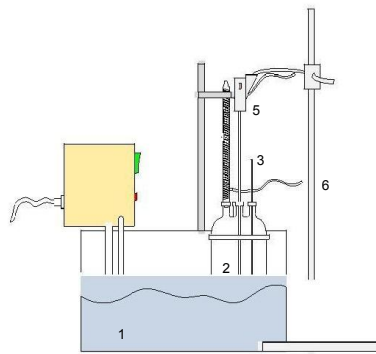
2.5 Aplikasi Alat Hidrolisis dalam Beberapa Penelitian

2.5.1 Pada Penelitian Konversi Tepung Sagu Menjadi Sirup Glukosa

Dengan Menggunakan Katalis Asam Klorida

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu yang ada di pasaran. Bahan lainnya yaitu, HCl (asam klorida) 0,5 N, reagen Nelson - Somogyi, larutan arsenomolibdat, larutan standar glukosa, kertas saring dan akuades.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah jaket pemanas, ketel, spektrofotometer thermal, oven, desikator, timbangan analitik, pH-meter, thermometer, pengaduk listrik, karet penghisap dan seperangkat alat-alat gelas. Rangkaian alat hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Keterangan:

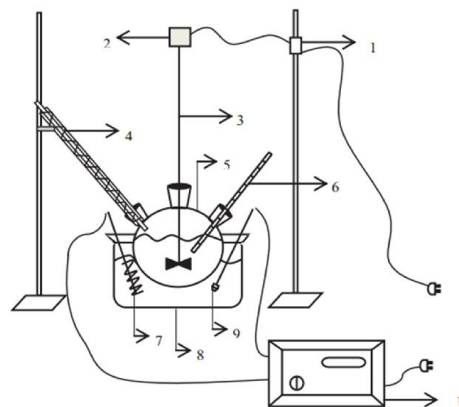
1. Oil Batch
2. Reaktor Termometer
3. Kondenser
4. Pengaduk
5. Statif

Sumber: Sutanto, dkk, 2014

Gambar 2.3 Rangkaian Alat Hidrolisis Tepung Sagu Menjadi Sirup Glukosa

2.5.2 Pada Penelitian Proses Hidrolisa Pati Talase Sente (*Alocasia macrorrhiza*) menjadi Glukosa'

Pada penelitian ini juga dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan Rangkaian alat hidrolisis yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Keterangan:

1. Klem dan Statif
2. Motor Pengaduk
3. Pengaduk
4. Pendingin Balik
5. Labu Leher Tiga
6. Termometer
7. Heater
8. Water Batch
9. Sensor Temperatur
10. Termostate

Sumber: Dinarsari, dkk. 2013

Gambar 2.4 Rangkaian Alat Hidrolisis Pati Talase Sente (*Alocasia macrorrhiza*) menjadi Glukosa

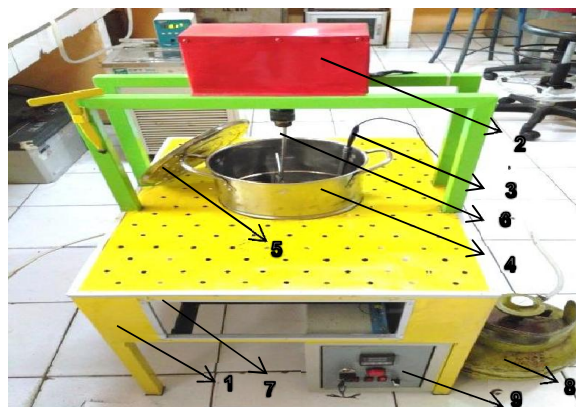
Bahan yang digunakan adalah talas sente, HCl, aquades digunakan pada proses hidrolisa dan paraffin sebagai media pemanas.

2.5.3 Pada Penelitian Pembuatan Gula Semut dari Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) secara Hidrolisis Asam dalam Tangki Berpengaduk

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dan Kapur sirih yang berasal dari Kebun bengkuang di

daerah Curup, Bengkulu, Sumatera Selatan. Bahan kimia yang digunakan untuk keperluan analisis antara lain adalah sukrosa.

Jenis asam yang digunakan dalam proses hidrolisis ini yaitu asam klorida (HCl), dimana HCl akan ditambahkan dalam variasi jumlah tertentu kedalam nira yang telah didapat sebanyak 1 %w nira. Kemudian akan dilakukan hidrolisis dengan cara pemasakan dan pengadukan dengan suhu 60⁰ C dan pengadukan selama 20 menit. Berikut adalah Rangkaian alat hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Keterangan:

1. Kerangka Besi
2. Motor Pengaduk
3. Pengaduk
4. Panci
5. Tutup Panci
6. Termostate
7. Kompor
8. Gas
9. Panel Pengendali Suhu

Gambar 2.5 Rangkaian Alat Hidrolisis Pembuatan Gula Semut dari Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*)

2.6 Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses dimana molekul yang berada dalam fasa cair berubah menjadi fasa gas secara spontan. Dalam proses gula aren, proses evaporasi digunakan untuk mengurangi kadar air sehingga volume nira menjadi sekitar 8% dari volume awal. Proses evaporasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

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 dicapai 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 sensitif terhadap temperatur dan mudah terdegradasi pada suhu tinggi.

4. Foaming

Beberapa zat yang membentuk larutan kaustik, larutan pangan seperti susu skim, 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

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

Proses evaporasi dapat dipercepat dengan cara :

- a. Mempercepat pemasokan panas di atas titik didih
- b. Memperluas permukaan cairannya
- c. Meningkatkan koefisien perpindahan panasnya
- d. Menurunkan tekanan/menurunkan titik didihnya
- e. Mempercepat aliran pemindahan uapnya

2.7 Pengadukan dan Pencampuran

Pengadukan (*agitation*) merupakan suatu aktivitas operasi pencampuran dua atau lebih zat agar diperoleh hasil campuran yang homogen dan menciptakan gerakan dari bahan yang diaduk seperti molekul-molekul, zat-zat yang bergerak atau komponennya menyebar (terdispersi).

Tujuan dari pengadukan adalah:

1. Mencampur dua cairan yang saling melarut

2. Melarutkan padatan dalam cairan
3. Mendispersikan gas dalam cairan dalam bentuk gelembung
4. Untuk mempercepat perpindahan panas antara fluida dan dinding bejana

Pencampuran adalah operasi yang menyebabkan tersebarnya secara acak suatu bahan yang lain dimana bahan-bahan tersebut terpisah dalam dua fasa atau lebih. Proses pencampuran bisa dilakukan dalam sebuah tangki berpengaduk. Hal ini dikarenakan faktor-faktor penting yang berkaitan dengan proses ini, dalam aplikasi nyata bisa dipelajari dengan seksama dalam alat ini. Pada dasarnya pencampuran mencakup dua faktor kunci yaitu peralatan yang digunakan dan bahan yang akan dicampur. Kedua faktor tersebut harus memiliki hubungan yang erat untuk memperoleh hasil pencampuran yang baik. Geometri peralatan dapat mempengaruhi produksi secara umum, kondisi operasi proses khususnya aerasi dan pengadukan serta konsumsi energi (Sailah 1994)

Bentuk pengaduk berpengaruh terhadap pola aliran yang dihasilkannya. Berdasarkan pola aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu menghasilkan pola aliran radial, axial, laminar dan turbulen. Aliran radial yaitu aliran mendatar dari *blade* pengaduk ke dinding *vessel* (tangki) dan membentuk dua daerah, yaitu daerah atas dan daerah bawah. Sedangkan aliran axial adalah aliran vertikal ke atas dan bawah pengaduk. Pola aliran yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh sifat reologi dari bahan yang diaduk (Sailah 1994). Pola aliran laminar adalah pola aliran yang mengalir dalam lapisan dan alirannya tenang Aliran turbulen adalah aliran yang bersifat bergejolak.

Pada proses pencampuran, salah satu sifat bahan yang sangat penting untuk dipertimbangkan adalah sifat reologi bahan. Reologi menurut Mackay (1988) adalah ilmu tentang sifat aliran suatu bahan. Menurut sifat reologinya, fluida dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu Newtonian dan fluida non-Newtonian. Pada fluida Newtonian, nilai kekentalan adalah konstan dan tidak dipengaruhi oleh nilai laju geser, tetapi dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Sedangkan fluida non-Newtonian, nilai kekentalan merupakan fungsi dari laju geser.

Pola aliran pada suatu tangki berpengaduk sangat dipengaruhi oleh

kecepatan pengaduk, jenis pengaduk dan sifat reologi bahan yang diaduk. Meskipun dengan fluida dan kecepatan pengadukan yang sama, penggunaan pengaduk yang berbeda akan menghasilkan pola aliran yang berbeda pula. Menurut aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

1. Pengaduk aliran aksial yang akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran.
2. Pengaduk aliran radial yang akan menimbulkan aliran yang berarah tangensial dan radial terhadap bidang rotasi pengaduk. Komponen aliran tangensial menyebabkan timbulnya vortex dan terjadinya pusaran, dan dapat dihilangkan dengan pemasangan *baffle* atau *cruciform baffle*
3. Pengaduk aliran campuran yang merupakan gabungan dari kedua jenis pengaduk di atas.

Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*) dan alat pengaduk (*impeller*). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Pemilihan pengaduk yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan proses dan pencampuran yang efektif. Menurut Mc Cabe 1993, berdasarkan bentuk pengaduk dapat dibagi menjadi 3 golongan:

1. *Propeller*

Kelompok ini biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Kapasitas sirkulasi yang dihasilkan besar dan sensitif terhadap beban *head*. Pengaduk *propeller* menimbulkan arah aksial, arus aliran meninggalkan pengaduk secara kontinu melewati fluida ke satu arah tertentu sampai dibelokkan oleh dinding atau dasar tangki

2. *Turbine*

Istilah *turbine* ini diberikan bagi berbagai macam jenis pengaduk tanpa memandang rancangan, arah *discharge* ataupun karakteristik aliran. *Turbine* merupakan pengaduk dengan sudu tegak datar dan bersudut konstan. Pengaduk jenis ini digunakan pada viskositas fluida rendah halnya pengaduk jenis

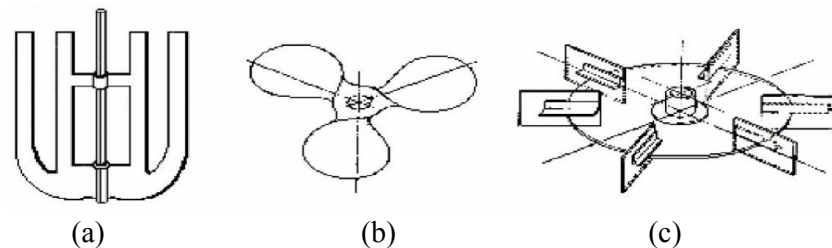
propeller (Uhl dan Gray 1966). Pengaduk turbin menimbulkan aliran arah radial dan tangensial. Di sekitar turbin terjadi daerah turbulensi yang kuat, arus dan geseran yang kuat antar fluida.

Salah satu jenis pengaduk *turbine* adalah *pitched blade*. Pengaduk jenis ini memiliki sudut sudu konstan. Aliran terjadi pada arah aksial, meski demikian terdapat pola aliran pada arah radial. Aliran ini akan mendominasi jika sudu berada dekat dengan dasar tangki.

3. *Paddles*

Pengaduk jenis ini sering memegang peranan penting pada proses pencampuran dalam industri. Bentuk pengaduk ini memiliki minimum 2 sudu, horizontal atau vertical, dengan nilai D/T yang tinggi. *Paddle* digunakan pada aliran fluida laminar, transisi atau turbulen tanpa *baffle*.

Pengaduk *paddle* menimbulkan aliran arah radial dan tangensial dan hampir tanpa gerak vertikal sama sekali. Arus yang bergerak ke arah horisontal setelah mencapai dinding akan dibelokkan ke atas atau ke bawah. Bila digunakan pada kecepatan tinggi akan terjadi pusaran saja tanpa terjadi agitasi.



Sumber: Uhl dan Gray, 1966.

Gambar 2.6 Bentuk-bentuk pengaduk

(a) pengaduk *paddle* (b) pengaduk *propeller* (c) pengaduk *turbine*

Salah satu variasi dasar dalam proses pengadukan dan pencampuran adalah kecepatan putaran pengaduk yang digunakan. Variasi kecepatan putaran pengaduk bisa memberikan gambaran mengenai pola aliran yang dihasilkan dan daya listrik yang dibutuhkan dalam proses pengadukan dan pencampuran. Secara umum klasifikasi kecepatan putaran pengaduk dibagi tiga, yaitu : kecepatan putaran rendah, sedang dan tinggi. penggunaan diameter tangki larutan sebesar 20 cm dan tinggi tangki sebesar 28 cm maka kecepatan pengadukan rendah yang

digunakan sebesar 100 rpm, kecepatan pengadukan sedang sebesar 500 rpm dan kecepatan pengadukan tinggi sebesar 1000 rpm, akan mempengaruhi perbedaan kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi nilai *water loss* dan *solid gain*.

Fluida adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan berubah secara kontinu apabila mengalami geseran, atau mempunyai reaksi terhadap tegangan geser sekecil apapun. Dalam keadaan diam atau dalam keadaan keseimbangan, fluida tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja padanya, oleh sebab itu fluida mudah berubah bentuk tanpa pemisahan massa.

Faktor-faktor yang memengaruhi proses pengadukan dan pencampuran diantaranya adalah perbandingan antara geometri tangki dengan geometri pengaduk, bentuk dan jumlah pengaduk, posisi sumbu pengaduk, kecepatan putaran pengaduk, penggunaan sekat dalam tangki dan juga properti fisik fluida yang diaduk yaitu densitas dan viskositas.

2.8 Analisis Produk

Analisis yang dilakukan pada produk gula semut antara lain adalah:

1. Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997)

2. Kadar abu

Abu adalah residu yang diperoleh sesudah bahan dibakar hingga bebas dari karbon. Prinsip pada analisis ini didasarkan pada prinsip sifat kandungan bahan

organik yang masih tertinggal setelah proses pemanasan dan pengabuan bahan dengan suhu tinggi. Penentuan % kadar abu dapat menggunakan metode pengabuan kering (SNI 01-2891-1992).

3. Indeks Bias (Hidayanto, dkk. 2010)

Indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya dalam udara dengan kecepatan cahaya dalam zat tersebut. Indeks bias berfungsi untuk identifikasi zat keurnia, suhu pengukuran dilakukan pada suhu ruangan dan suhu tersebut harus benar-benar diatur dan dipertahankan karena sangat mempengaruhi indeks bias.

Penentuan indeks bias ini menggunakan refraktometer. Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/konsentrasi bahan terlarut. Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Ketika cahaya datang dari udara ke dalam larutan maka kecepatannya akan berkurang. Sumber cahaya ditransmisikan oleh serat optic ke dalam salah satu sisi prisma dan secara internal akan dipantulkan ke interface prisma dan sampel larutan. Bagian cahaya ini akan dipantulkan kembali ke sisi yang berlawanan pada sudut tertentu tergantung dari indeks bias larutannya.

4. Kadar Gula

Gula adalah bentuk karbohidrat, jenis gula yang sering di gunakan adalah kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk merubah rasa dan keadaan makanan atau minuman. Gula sederhana seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim dan hidrolisis asam) menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Penentuan kadar gula pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode refraktometer. Prinsip kerja dari refraktometer yaitu memanfaatkan refraksi cahaya (pembiasan cahaya). Tujuan pengukuran refraktometer adalah untuk menentukan konsentrasi larutan, bukan indeks biasnya, oleh karena itu perlu dibuat kurva standar terlebih dahulu.

Refraktometer ditemukan oleh Dr. Ernest Abbe seorang ilmuwan dari German pada permulaan abad 20. Refraktometer Abbe adalah refraktometer untuk mengukur indeks bias cairan, padatan dalam cairan atau serbuk dengan indeks bias dari 1,300 sampai 1,700 dan persentase padatan 0 sampai 95 %. Ciri khas refraktometer yaitu dapat dipakai untuk mengukur secara tepat dan sederhana

karena hanya memerlukan zat yang sedikit yaitu 0,1 ml dan ketelitiannya sangat tinggi. Faktor- faktor yang mempengaruhi harga indeks bias cairan, yaitu :

- a. Berbanding terbalik dengan suhu
 - b. Berbanding terbalik dengan panjang gelombang sinar yang digunakan
 - c. Berbanding lurus dengan tekanan udara dipermukaan udara
 - d. Berbanding lurus dengan kadar atau konsentrasi larutan
5. pH atau derajat keasaman

pH (*potential of hydrogen*) atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan.

6. % Yield

Persen yield atau persen hasil adalah perbandingan massa produk yang didapat dengan massa bahan awal. Persen yield dapat berada antara 1% hingga 100%.

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{massa produk}}{\text{massa bahan awal}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

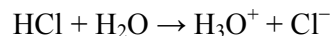
2.9 Senyawa yang digunakan dalam Penelitian

2.9.1 Asam Klorida (HCl)

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Ia adalah asam kuat, dan merupakan komponen utama dalam asam lambung. Senyawa ini juga digunakan secara luas dalam industri.

1. Sifat Kimia

Hidrogen klorida (HCl) adalah asam monoprotik, yang berarti bahwa ia dapat terdisosiasi (terionisasi) melepaskan satu H^+ (sebuah proton tunggal) hanya sekali. Dalam larutan asam klorida, H^+ ini bergabung dengan molekul air membentuk ion hidronium, H_3O^+ .



Ion lain yang terbentuk adalah ion klorida, Cl^- . Asam klorida oleh karenanya dapat digunakan untuk membuat garam klorida, seperti natrium klorida. Asam klorida adalah asam kuat karena ia terdisosiasi penuh dalam air. Asam monoprotik memiliki satu tetapan disosiasi asam, K_a , yang mengindikasikan tingkat disosiasi zat tersebut dalam air. Untuk asam kuat seperti HCl, nilai K_a cukup besar. Beberapa usaha perhitungan teoretis telah dilakukan untuk menghitung nilai K_a HCl.

Ketika garam klorida seperti NaCl ditambahkan ke dalam larutan HCl, ia tidak akan mengubah pH larutan secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa Cl^- adalah basa konjugat yang sangat lemah dan HCl secara penuh berdisosiasi dalam larutan tersebut. Untuk larutan asam klorida sedang hingga pekat, asumsi bahwa molaritas H^+ sama dengan molaritas (satuan konsentrasi) HCl cukuplah baik, dengan ketepatan mencapai empat digit angka bermakna.

2. Sifat Fisika

Ciri-ciri fisika asam klorida, seperti titik didih, titik leleh, massa jenis, dan pH tergantung pada konsentrasi atau molaritas HCl dalam larutan asam tersebut. Sifat-sifat tersebut terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat fisik Asam Klorida

	Sifat
Rumus molekul	HCl
Massa molar	36,4606 g/mol
Penampilan	Gas tak berwarna, higroskopik.
Densitas	1,477 g/l, gas (25 °C)
Titik lebur	-114,2 °C (158.8 K)
Titik didih	-85,01 °C
Kelarutan dalam air	72 g/100 ml (20 °C)
Keasaman ($\text{p}K_a$)	-4

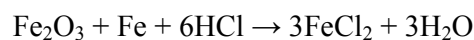
Sumber: Perry, R.H. and Green, D.W. 1999

3. Aplikasi Asam Klorida

a. Pengawetan baja

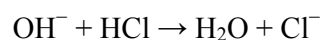
Salah satu aplikasi yang paling penting dari asam klorida yaitu dalam pengawetan baja, untuk menghilangkan karat atau kerak oksida dari besi atau baja sebelum pengolahan selanjutnya, seperti ekstrusi, rolling, galvanisasi,

dan teknik lainnya. HCl berderajat kemurnian teknis dengan konsentrasi 18% adalah yang paling umum digunakan sebagai pengawet untuk pengawetan baja karbon.



b. Pengendali pH dan netralisasi

Dalam industri yang menuntut kemurnian tinggi (makanan, farmasi, air minum), asam klorida berkualitas tinggi digunakan untuk mengontrol pH aliran air proses. Dalam industri yang tidak menuntut kualitas terlalu tinggi, asam klorida teknis cukup untuk menetralkan aliran limbah dan pengendalian pH kolam renang. Asam klorida dapat digunakan untuk mengatur keasaman (pH) larutan.

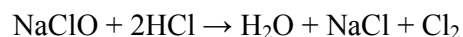


c. Regenerasi penukar ion

Asam klorida berkualitas tinggi digunakan dalam regenerasi resin penukar ion. Pertukaran kation banyak digunakan untuk mengusir ion seperti Na^+ dan Ca^{2+} dari larutan akuatiknya, menghasilkan akua demineralisata. Asam ini digunakan untuk mencuci kation dari resin.^[7] Na^+ digantikan dengan H^+ dan Ca^{2+} dengan 2 H^+ . Penukar ion dan akua demineralisata digunakan dalam seluruh industri kimia, produksi air minum, dan sebagian besar industri pangan.

4. Keselamatan

Asam klorida pekat (asam klorida berasap) akan membentuk kabut asam. Baik kabut dan larutan tersebut bersifat korosif terhadap jaringan tubuh, dengan potensi kerusakan pada organ pernapasan, mata, kulit, dan usus. Seketika asam klorida bercampur dengan bahan kimia oksidator lainnya, seperti natrium hipoklorit (pemutih NaClO) atau kalium permanganat (KMnO_4), gas beracun klorin akan terbentuk.



Alat-alat pelindung seperti sarung tangan PVC atau karet, pelindung mata, dan pakaian pelindung haruslah digunakan ketika menangani asam klorida. Bahaya larutan asam klorida bergantung pada konsentrasi larutannya. Badan

Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat memasukkan asam klorida sebagai zat beracun.

2.9.2 Sukrosa

Sukrosa merupakan suatu disakarida yang dibentuk dari monomer-monomernya yang berupa unit glukosa dan fruktosa, dengan rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$. Senyawa ini dikenal sebagai sumber nutrisi serta dibentuk oleh tumbuhan, tidak oleh organisme lain seperti hewan. Penambahan sukrosa dalam media berfungsi sebagai sumber karbon. Sukrosa atau gula dapur diperoleh dari gula tebu atau gula beet. Sifat fisik sukrosa dapat dilihat pada tabel 2.5.

Ciri-ciri fisik dan kimia:

a. Struktur α -D-glukopiranosil-(1 \rightarrow 2)- β -D-fruktofuranosida

Pada sukrosa, glukosa dan fruktosa terhubung melalui ikatan antara karbon pertama (C1) pada subunit glukosa dengan karbon kedua (C2) milik fruktosa. Ikatan ini disebut dengan ikatan glikosida.

b. Degradasi panas dan oksidatif

Kelarutan sukrosa dalam air berdasarkan temperatur dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini

Tabel 2.4 Kelarutan sukrosa dalam air berdasarkan temperatur tertentu

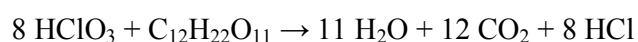
T (°C)	S (g/ml)
50	2.59
55	2.73
60	2.89
65	3.06
70	3.25
75	3.46
80	3.69
85	3.94
90	4.20

Sumber: Perry, R.H. and Green, D.W. 1999

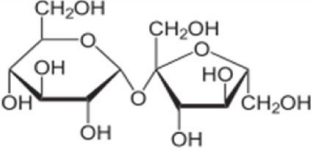
Sukrosa akan meleleh pada suhu 186 °C (367 °F) dan membentuk karamel. Seperti karbohidrat lainnya, sukrosa jika terbakar akan menghasilkan karbon dioksida dan air.



Sukrosa dicampur dengan asam klorat, akan menghasilkan karbon dioksida, air, dan asam klorida:



Tabel 2.5 Sifat fisik Sukrosa

Sukrosa	
	
Sifat	
Rumus molekul	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Massa molar	342.30 g/mol
Penampilan	padatan putih
Densitas	1.587 g/cm ³ , padat
Titik lebur	186 °C decomp.
Kelaratandalam air	2000 g/L (25 °C)
log P	-3.76
Struktur	
Struktur kristal	Monoklinik
Grup ruang	$P2_1$

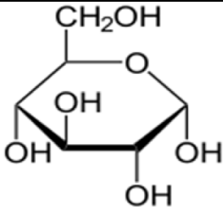
Sumber: Perry, R.H. and Green, D.W. 1999

2.9.3 Glukosa

Glukosa, suatu gula monosakarida, merupakan salah satu hasil utama fotosintesis dan awal bagi respirasi. Bentuk alami (D-glukosa) disebut juga dekstroza, terutama pada industri pangan.

Berikut adalah sifat fisik dari Glukosa yang ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat fisik Glukosa

D-Glukosa	
	
Sifat	
Rumus kimia	$C_6H_{12}O_6$
Massa molar	180.16 g mol ⁻¹
Penampilan	Bubuk putih
Densitas	1.54 g/cm ³
Titik lebur	α -D-glukosa: 146 °C β -D-glukosa: 150 °C (302 °F; 423 K)
Kelarutan dalam air	909 g/1 L (25 °C (77 °F))

Sumber: Perry, R.H. and Green, D.W. 1999

Glukosa ($C_6H_{12}O_6$, berat molekul 180.18) adalah heksosa—monosakarida yang mengandung enam atom karbon. Glukosa merupakan aldehida (mengandung gugus $-CHO$). Lima karbon dan satu oksigennya membentuk cincin yang disebut "cincin piranosa", bentuk paling stabil untuk aldosa berkarbon enam. Dalam cincin ini, tiap karbon terikat pada gugus samping hidroksil dan hidrogen kecuali atom kelimanya, yang terikat pada atom karbon keenam di luar cincin, membentuk suatu gugus CH_2OH . Struktur cincin ini berada dalam kesetimbangan dengan bentuk yang lebih reaktif, yang proporsinya 0.0026% pada pH 7.