

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi Jalar

Ubi jalar merupakan komoditas sumber karbohidrat utama, setelah padi, jagung, dan ubi kayu, dan mempunyai peranan penting dalam penyediaan bahan pangan, bahan baku industri maupun pakan ternak. Sebagai sumber karbohidrat, ubi jalar memiliki peluang sebagai substitusi bahan pangan utama, sehingga bila diterapkan mempunyai peran penting dalam upaya penganeekaragaman pangan dan dapat diproses menjadi aneka ragam produk yang mampu mendorong pengembangan agro-industri dalam diversifikasi pangan (Zuraida dan Supriati, 2011).

Produktivitas ubi jalar di Indonesia pada tahun 2014 sebanyak 152,00 ku/ha meningkat 5,61% pada tahun 2015 sebesar 160,53 ku/ha (Badan Pusat Statistik, 2015). Tercatat pada tahun 2015 produksi ubi jalar di Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 71.677 ton terjadi kenaikan sebesar 4.035 ton dari tahun 2014 dengan produksi sebesar 67.642 ton. Penghasil ubi jalar terbesar di Sulawesi Selatan ada di Kabupaten Bone dengan produksi sebesar 21.688 ton, disusul Kabupaten Gowa sebesar 6.033 ton, Kabupaten Takalar 5.731 ton dan Kabupaten Maros sebesar 4.612 ton (Dinas Pertanian Sulawesi Selatan, 2015).

Berdasarkan Dinas Ketahanan Pangan dan Hortikultural Provinsi Sulawesi Selatan, produksi ubi jalar di Sulawesi Selatan pada tahun 2016 produksi sebesar 71.397 ton dari luas panen 4.433 Ha. Penghasil ubi jalar terbesar di Sulawesi Selatan pada tahun 2016 ada di Kabupaten Bone dengan produksi sebesar 15.067 ton, disusul Kabupaten Maros 9.089 ton dan Kabupaten Jeneponto sebesar 7.289 ton (Dinas Ketahanan Pangan dan Hortikultural Provinsi Sulawesi Selatan, 2016).

Ubi jalar merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tengah. Bangsa Spanyol yang membawa tanaman ini ke Filipina dan Maluku. Namun, bangsa Portugis juga ikut andil mengenalkan ubi jalar ke Indonesia. Ubi jalar adalah tanaman herba yang tumbuh menjalar di dalam tanah dan menghasilkan umbi. Tanaman dapat ditanam di tanah yang kurang subur, asalkan tanahnya diolah hingga gembur. Umbi sudah dapat dipanen setelah 3-4 bulan, dengan rata-rata produksi 30 ton/ha (Putri, 2015).

Jenis ubi jalar yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas ubi yang warna kulit umbinya kuning. Ubi jalar kuning merupakan jenis ubi jalar yang warna daging umbinya kuning, kuning muda atau putih kekuning-kuningan. Keunggulan dari ubi jalar kuning ini adalah mengandung betakaroten yang tinggi. Betakaroten yang ada dalam ubi jalar dapat mengurangi sekitar 40% resiko terkena penyakit jantung, memberi perlindungan atau pencegahan terhadap kanker, penuaan dini, penurunan kekebalan, penyakit jantung, stroke, katarak, sengatan cahaya matahari, dan gangguan otot. Warna kuning dari ubi jalar ini dapat berfungsi sebagai pewarna alami yang berasal dari umbi-umbian (Putri, 2015).

Klasifikasi Ubi Jalar Kuning (*Ipomoea batatas* L.) adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Subdivisi : Agiospermae (berbiji tertutup)

Kelas : Dicotyledonae (berkeping dua)

Ordo : *Polemoniales*

Famili : *Convolvulaceae*

Subfamili : Hylocereane

Genus : *Ipomoea*

Spesies : *Ipomoea batatas* L.

2.2. Ubi Jalar Kuning (*Ipomoea batatas* L.)

Ubi jalar kuning (*Ipomoea Batatas* L.) merupakan salah satu jenis ubi jalar yang mulai banyak mendapat perhatian belakangan ini disebabkan ubi jalar ini memiliki kandungan vitamin yang baik bagi tubuh. Salah satu vitamin yang terdapat pada ubi jalar antara lain vitamin A (terdapat dalam bentuk betakaroten) terutama pada jenis ubi jalar kuning. Betakaroten (prekursor vitamin A) dapat berperan sebagai antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Penggunaan ubi jalar kuning dalam produk pangan akan mampu memberikan tambahan asupan beta karoten bagi tubuh Struktur Laktosa (Wijaya, 2010).

Terdapat 4 jenis varietas pada ubi jalar kuning di Sulawesi Selatan yaitu varietas Sari, Papua Solossa, Sawentar, dan Benindo (Dinas Ketahanan Pangan

dan Hortikultural Provinsi Sulawesi Selatan, 2016). Pada ubi jalar kuning varietas sari potensi hasil umbinya sebanyak 30 - 35 ton/ha dengan umur panen 4-4,5 bulan, dengan ciri-ciri daging umbi kuning, rasa umbi enak dan manis, sifat dari umbi varietas sari agak tahan hama boleng dan tahan penyakit.



Sumber: Dokumen pribadi

Gambar 2.1 Ubi Jalar Kuning

Pada ubi jalar kuning varietas papua solossa potensi hasil umbinya sebanyak 24-30 ton/ha dengan umur panen 4,5-6 bulan, dengan ciri-ciri daging umbi kuning tua dan memiliki kandungan betakaroten sebesar 533,80 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Sifat dari umbi varietas ini agak tahan hama boleng, tahan penyakit, kudis, agak peka hama boleng agak toleran kekeringan dan dianjurkan pada lahan sawah di daerah pegunungan dengan ketinggian tempat minimal 1000 mdpl.

Pada ubi jalar kuning varietas sawentar potensi hasil umbinya sebanyak 25-30 ton/ha dengan umur panen 4,5-6 bulan, dengan ciri-ciri daging umbi kuning tua dan memiliki kandungan betakaroten 347,84 $\mu\text{g}/100\text{g}$, sifat dari umbi varietas ini agak tahan hama boleng, kudis dan cocok untuk dataran tinggi.

Pada ubi jalar kuning varietas benindo potensi hasil umbinya sebanyak 30 ton/ha dengan umur panen 4,5-5 bulan, dengan ciri-ciri warna daging umbi kuning

tua, dan memiliki kandungan betakaroten 544 µg/100g, kadar bahan kering 35,2% sifat dari umbi varietas initahan kudis dan agak tahan boleng.

2.3. Kandungan dan Manfaat Ubi Jalar Kuning

Ubi jalar mengandung zat gizi yang berpengaruh positif pada kesehatan (prebiotik, serat makanan dan antioksidan), serta mempunyai potensi penggunaannya cukup luas dan cocok untuk program diversifikasi pangan. Ubi jalar kuning merupakan jenis ubi jalar yang warna daging umbinya kuning, kuning muda atau putih kekuning-kuningan. Keunggulan dari ubi jalar kuning ini adalah mengandung betakaroten yang tinggi.

Tabel 2.1. Kandungan Nilai Gizi per 100gr Ubi Jalar Kuning

Zat	Kandungan Gizi
Air	68,78 gr
Protein	1,1 gr
Lemakk	0,4 gr
Karbohidrat	32,3 gr
Serat	2,79 gr
Vitamin B	900 mg
Betakaroten	0,2503 mg
Kalori	136 kal
Vitamin C	29,2 mg
Kalsium	57 mg
Zat Besi	0,7 mg
Fosfor	52 mg

Sumber : Suprpta, 2003; Direktorat Gizi Depkes RI, 1991; Niwedy,2012.

Zat-zat di atas mempunyai fungsi sebagai berikut (Syukur dan Muda, 2015):

1. Protein mampu melancarkan metabolisme dalam tubuh dan menjaga kesehatan jantung;
2. Serat berfungsi mencegah kanker usus, penyakit kencing manis, dan bagus untuk diet;

3. Kalsium berfungsi menguatkan tulang;
4. Fosfor untuk pertumbuhan jaringan tubuh;
5. Zat besi untuk menambah darah;
6. Vitamin B1 berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu tubuh;
7. Vitamin B2 untuk meningkatkan nafsu makan;
8. Vitamin B3 untuk menurunkan kadar kolesterol;
9. Vitamin C untuk menjaga kesehatan dan kehalusan kulit.

2.4. Gula

Gula adalah salah satu bahan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia sebagai sumber energi, pemberi cita rasa manis, dan sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Gula merupakan bahan pangan sumber karbohidrat yang dibutuhkan oleh tubuh manusia (Suwarno dkk, 2015).

Gula merupakan karbohidrat sederhana sebagai sumber energi yang menjadi komoditi perdagangan utama. Gula yang paling banyak diperdagangkan yaitu gula dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula sederhana seperti glukosa yang diproduksi dari hidrolisis sukrosa menggunakan enzim atau larutan asam, menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel (Aqiila, 2017).

Sebagai karbohidrat, gula memainkan banyak peran penting dalam pasokan makanan. Gula adalah sumber kalori dan pemanis, Gula melakukan banyak fungsi teknis penting baik dalam makanan olahan dan dalam makanan yang disiapkan di rumah (IFIC Foundation's, 2012).

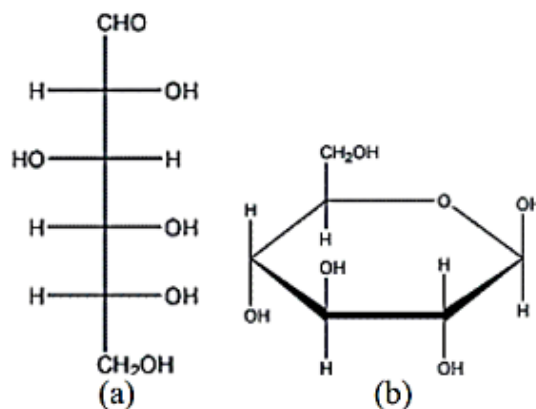
Secara umum gula dibedakan menjadi dua , yaitu (Darwin, 2013):

1. Monosakarida, mono berarti satu sehingga monosakarida terbentuk dari satu molekul gula. Jenis-jenis monosakarida adalah glukosa, fruktosa, galaktosa.
2. Disakarida, berbeda dengan monosakarida, disakarida terbentuk dari dua molekul gula. Jenis-jenis disakarida adalah sukrosa (gabungan glukosa dan fruktosa), laktosa (gabungan glukosa dan galaktosa), dan maltosa (gabungan dari dua glukosa).

Jenis-jenis gula yang biasa ditemukan dalam makanan, yaitu (IFIC Foundation's, 2012):

1. Glukosa

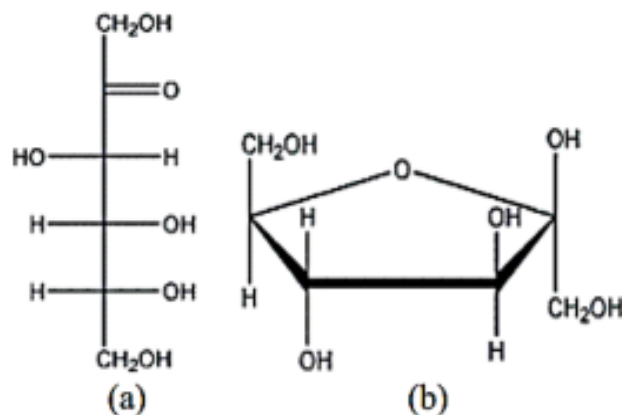
Glukosa merupakan gula sederhana yang ditemukan secara alami di dalam jagung. Glukosa adalah sumber utama energi bagi tubuh dan digunakan oleh sel-sel otak. Pati yang dicerna dalam tubuh menghasilkan glukosa, bahkan karbohidrat yang tidak tercerna seperti selulosa tersusun dari glukosa. Glukosa juga sering disebut sebagai dekstrosa.



Gambar 2.2. (a). Struktur Glukosa Rantai Lurus, (b). Struktur Glukosa Berbentuk Cincin.

2. Fruktosa

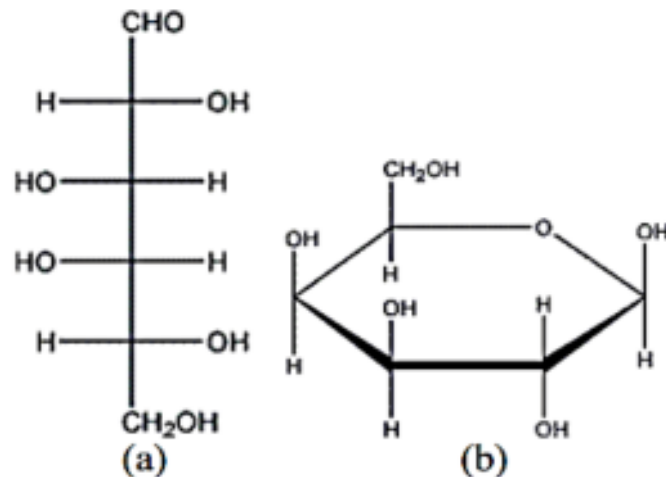
Fruktosa adalah gula sederhana yang ditemukan dalam buah-buahan, madu, dan sayuran akar. Fruktosa selalu ditemukan bersama dengan gula lain seperti glukosa. Fruktosa murni juga merupakan pemanis kalori yang ditambahkan ke makanan dan minuman dalam bentuk kristal atau cair.



Gambar 2.3. (a). Struktur Fruktosa Rantai Lurus, (b). Struktur Fruktosa Berbentuk Cincin

3. Galaktosa

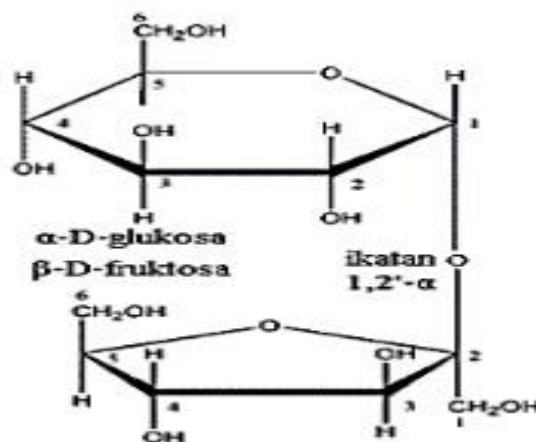
Galaktosa adalah gula sederhana yang unik untuk susu dan makanan yang terbuat dari susu. Galaktosa tidak ditemukan bebas di alam, galaktosa terikat dengan glukosa membentuk laktosa.



Gambar 2.4. (a). Struktur Galaktosa Rantai Lurus, (b). Struktur Galaktosa Berbentuk Cincin

4. Sukrosa

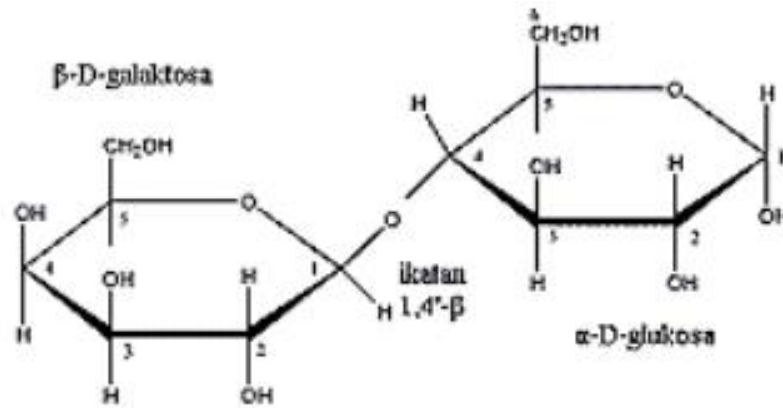
Sukrosa adalah disakarida yang terdiri dari satu unit glukosa dan satu unit fruktosa yang disatukan oleh ikatan kimia yang siap dipecah dalam usus kecil. Sukrosa ditemukan secara alami dalam buah-buahan dan sayuran. Sukrosa dalam jumlah tertinggi terdapat di dalam bit gula dan tebu. Ketika sukrosa dicerna atau ditempatkan di lingkungan asam akan menghasilkan 50% glukosa dan 50% fruktosa.



Gambar 2.5. Struktur Sukrosa

5. Laktosa

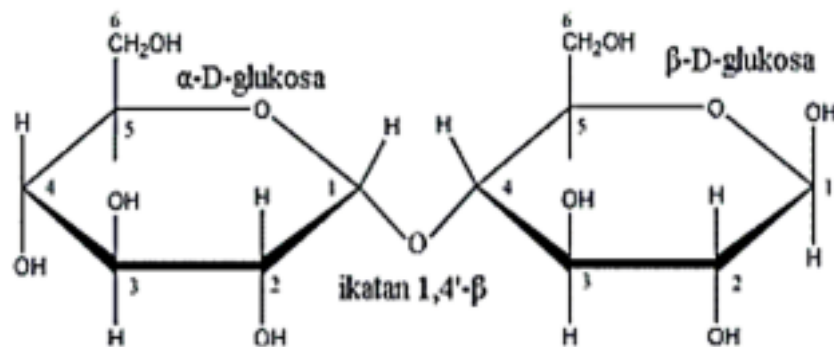
Laktosa adalah jenis disakarida yang ditemukan secara alami dalam susu. Laktosa terdiri dari satu unit galaktosa dan satu unit glukosa. Laktosa juga sering disebut sebagai gula susu.



Gambar 2.6. Struktur Laktosa

6. Maltosa

Maltosa adalah disakarida yang terdiri dari dua unit glukosa. Maltosa ditemukan dalam molase dan juga digunakan untuk fermentasi.



Gambar 2.7. Struktur Maltosa

2.5. Sirup Gula (Glukosa)

Sirup glukosa menurut SNI 01-2978-1992 didefinisikan sebagai cairan kental dengan komponen utama glukosa, yang diperoleh dari hidrolisis dengan cara kimia atau enzimatis.

Standar mutu sirup glukosa diatur dalam standar SNI 01-2978-1992 yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Standar Mutu Sirup Glukosa

Keadaan	Standar Mutu Glukosa
Bau	Tidak berbau
Rasa	Manis
Warna	Tidak berwarna
Air (%b/b)	Maks 20
Abu (%)	Maks 1
Gula pereduksi (Dihitung sebagai D-Glukosa) (%b/b)	Min 30
Pati	Tidak nyata
Cemaran Logam :	
- Timbal (Pb) mg/kg	Maks 1,0
- Tembaga (Cu) mg/kg	Maks 10,0
- Seng (Zn) mg/kg	Maks 25,0
- (As), mg/kg	Maks 0,5
Cemaran Mikroba	
- Total Plate Count	Maks 5×10^2 koloni/g
- Kapang	Maks 50 koloni/g

Sumber: SNI 01-2978-1992, 1992

Glukosa merupakan salah satu produk utama fotosintesis. Glukosa adalah D-glukosa yang disebut juga dengan dextrosa. Glukosa dapat diperoleh dari pati. Pati diperoleh dari bahan yang mengandung karbohidrat (Dewi dkk, 2018).

Sirup glukosa merupakan larutan kental yang termasuk golongan monosakarida yang diperoleh dengan cara hidrolisis menggunakan katalis asam atau enzim lalu dimurnikan dan dikentalkan. Sirup glukosa memiliki derajat kemanisan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sukrosa. Sirup glukosa termasuk golongan monosakarida yang terdiri atas satu monomer yaitu glukosa (Fratiwi, 2017).

Sirup glukosa mempunyai tingkat kemanisan yang lebih rendah dibandingkan dengan gula pasir, tetapi stabil pada suhu tinggi, resisten terhadap kristalisasi dan tidak mudah mengalami kecoklatan saat pemanasan (Alifia dan Sutrisno, 2015).

Sirup glukosa adalah cairan kental yang mengandung D-glukosa, maltose, dan polimer D-glukosa. Sirup glukosa mempunyai kelebihan dibandingkan gula sukrosa karena tidak mengkristal dan mempunyai rasa yang alami. Sirup glukosa dapat menjadi bahan pemanis dalam olahan makanan. Kelebihan penggunaan glukosa pada beberapa produk makanan antara lain (Suripto dkk, 2013):

1. Pada produk es krim, penambahan glukosa dapat meningkatkan kehalusan tekstur.
2. Pada kue, glukosa dapat menjaga kue agar tidak mudah retak dan menjaga kue tetap segar dalam waktu lama.
3. Pada permen dapat mencegah kerusakan mikrobiologis dan memperbaiki tekstur.

2.6. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan suatu reaktan atau senyawa kimia dengan penambahan molekul air (H_2O) yang bertujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer sederhana. Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya (Aqiilah, 2017). Reaksi hidrolisis berjalan sangat lambat sehingga untuk mempercepat reaksi diperlukan penambahan katalisator. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam (Lubis, 2012).

Proses hidrolisis karbohidrat merupakan proses pemecahan karbohidrat menjadi glukosa dengan menggunakan air dan bantuan katalisator. Hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan katalisator asam, kombinasi asam dan enzim, serta kombinasi enzim dengan enzim (Nasrulloh dkk, 2013).

Menurut Fachry dkk (2013), beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis, antara lain:

1. Jumlah kandungan karbohidrat pada bahan baku

Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Karena apabila kandungan karbohidrat pada bahan baku sedikit, maka jumlah gula yang terjadi juga sedikit. Lalu bila kandungan karbohidrat terlalu tinggi akan mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat, sehingga tumbukkan antara molekul karbohidrat dan molekul air

semakin berkurang. Hal ini dapat menyebabkan kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang.

2. pH Hidrolisis

pH hidrolisis dapat berpengaruh terhadap jumlah produk yang dihidrolisis. pH berhubungan dengan konsentrasi asam, jika pH semakin rendah maka konsentrasi asam yang digunakan semakin besar.

3. Waktu Hidrolisis

Waktu yang dibutuhkan untuk proses hidrolisis asam yaitu 1 sampai 3 jam. Semakin lama pemanasan, maka konversi yang dihasilkan akan semakin besar juga.

4. Suhu

Pada proses hidrolisis, jika suhu terlalu tinggi maka konversi yang dihasilkan akan menurun. Karena glukosa yang terbentuk pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan warna yang semakin tua. Pemanasan pada suhu yang dibawah titik didih air, akan menyebabkan kontak antara molekul-molekul dengan sebagian besar air sehingga reaksi dapat berjalan dengan baik.

Menurut Girsang (2016), variabel-variabel yang berpengaruh dalam reaksi hidrolisis, meliputi:

1. Katalisator

Hampir semua reaksi hidrolisis membutuhkan katalisator untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam. Umumnya dipergunakan larutan asam yang mempunyai konsentrasi asam yang lebih tinggi daripada pembuatan sirup.

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka semakin cepat laju reaksinya.

3. Pencampuran (pengadukan)

Dalam proses hidrolisis, supaya zat pereaksi dapat saling bertumbukan dengan sebaik-baiknya perlu adanya pencampuran. Pencampuran ini dapat menggunakan bantuan alat pengaduk.

2.6.1. Hidrolisis Asam

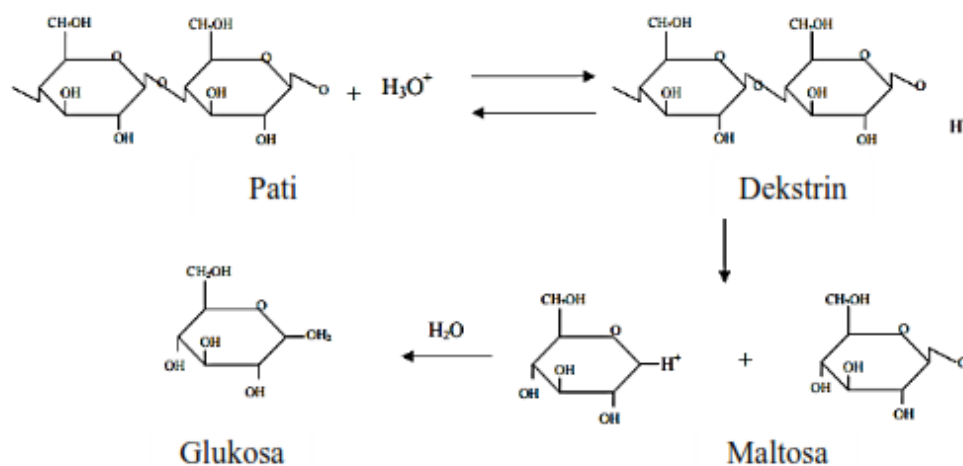
Hidrolisis asam adalah modifikasi kimia penting yang secara signifikan mengubah sifat struktural dan fungsional pati tanpa mengganggu morfologi granularnya (Chavan dkk, 2015).

Hidrolisis menggunakan katalis asam akan menghasilkan dekstrin, sirup atau glukosa, tergantung pada derajat pemecahan rantai polisakarida dalam pati. Jika perbandingan suspensi dan waktu yang tepat, dekstrin yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi glukosa (Suarsa, 2017).

Berikut ini adalah mekanisme reaksi hidrolisis:



Menurut Mayasari (2007), ada beberapa tingkatan proses dalam reaksi hidrolisis tersebut. Molekul-molekul pati terpecah menjadi dextrin (rantai glukosa yang lebih pendek). Lalu dextrin dipecah menjadi maltosa (dua unit glukosa) dan maltosa dipecah menjadi glukosa. Mekanisme reaksi hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Mekanisme Reaksi Hidrolisis

Bila hidrolisis dilakukan dengan katalis asam, hasil reaksi hidrolisis tersebut harus dinetralkan dulu menggunakan basa untuk menghilangkan sifat asamnya. Hasil penetralan antara asam dan basa akan membentuk garam yang tidak berbahaya (Mastuti dkk, 2010).

Proses pembuatan sirup glukosa dengan hidrolisis asam lebih mudah dilakukan daripada menggunakan hidrolisis enzim karena peralatan yang digunakan lebih sederhana, tetapi peralatan yang digunakan harus anti korosif (Suripto dkk, 2013).

Hidrolisis menggunakan asam dapat bersifat korosif dan membutuhkan energi yang tinggi, namun dapat menghasilkan derajat konversi glukosa yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan hidrolisis enzimatis (Fратиwi, 2017).

Kelebihan dan kekurangan proses hidrolisis menggunakan asam yaitu (Endah, 2009):

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.
- b. Menghasilkan produk dengan rasa dan warna yang buruk karena asam memiliki sifat sangat reaktif.
- c. Proses pemurnian produk sulit.

2.6.2. Hidrolisis Enzim

Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan menggunakan katalisator enzim. Hidrolisis dengan katalisator enzim dapat dilakukan dengan memanfaatkan enzim dari mikroorganisme. Enzim dari mikroorganisme lebih banyak digunakan dibandingkan enzim yang berasal dari tanaman atau hewan. Karena mikroorganisme dapat berkembang biak dengan cepat, pertumbuhannya relatif mudah diatur, dan enzim dihasilkan dalam jumlah besar sehingga ekonomis apabila digunakan untuk tujuan industri (Nasrulloh dkk, 2013).

Enzim adalah katalisator organik yang dihasilkan oleh sel enzim yang penting dalam kehidupan, karena semua reaksi metabolisme dikatalis oleh enzim. Enzim merupakan senyawa protein kompleks yang dihasilkan oleh sel-sel organism dan berfungsi sebagai katalisator reaksi kimia (aqiilah, 2017).

Menurut Alifia dan Sutrisno (2015), enzim-enzim penghidrolisa pati yaitu:

1. Enzim α -amilase

Enzim α -amilase merupakan endoenzim yang menghidrolisis ikatan α -(1,4)-glikosida dari bagian dalam secara acak baik pada amilosa maupun amilopektin. Enzim α -amilase disebut juga dengan *α -retaining double displacement*. Enzim α -amilase dibedakan menjadi dua golongan yaitu termotabil (tahan panas) dan termolabil (tidak tahan panas). Enzim α -amilase yang termotabil dapat diperoleh dari *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* dan *Bacillus amyloliquefaciens*, sedangkan yang termasuk termolabil dihasilkan dari jamur seperti *Aspergillus oryzae* dan *Aspergillus niger*.

2. Enzim Glukoamilase

Glukoamilase dikenal juga dengan amiloglukosidase. Glukoamilase dapat dihasilkan dari jamur : *Aspergillus spp*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus niveus*, dari yeast : *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomyces diasticus*, dan dari bakteri : *Clostridium acetobutylicum*. Glukoamilase murni banyak digunakan untuk pembuatan sirup glukosa dari maltodekstrin yang diproduksi oleh α -amilase dari pemurnian pati.

3. Enzim Pullulanase

Enzim pullulanase adalah jenis eksoenzim yang mengkatalisis hidrolisis α -1,6-penghubung pullulan dan polisakarida lain untuk menghasilkan maltotriosa sebagai produk akhir. Pullulanase dengan enzim α -amilase dapat bersinergis menghasilkan pemotongan molekul karbohidrat yang sempurna.

2.7. Evaporasi

Evaporasi adalah pemindahan air dari bahan pangan yang berbentuk cair dengan cara mendidihkan uap air. Hal ini dapat mengawetkan bahan pangan karena berkurangnya *water activity*. Dalam proses evaporasi, panas sensibel dipindahkan dari uap panas ke bahan pangan untuk mencapai suhu titik didih. Lalu panas laten penguapan di suplai dengan uap panas sehingga membentuk gelembung-gelembung uap (Huda, 2008).

Evaporasi merupakan proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut, kebanyakan proses evaporasi pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat dengan konsentrasi yang lebih tinggi (Ramadani, 2018).

Evaporasi mengacu pada penguapan larutan melalui titik didihnya sehingga proses evaporasi hanya sampai pada titik didih pelarut dan zat yang terlarut. Pada penguapan suhu yang tinggi dapat menyebabkan perubahan sifat yang merugikan, seperti hilangnya *flavor*, warna, rasa, maupun nilai nutrisinya (Huda, 2008).

Untuk menghindari hal-hal merugikan pada bahan pangan, proses evaporasi dilakukan menggunakan evaporator vakum. Karena adanya tekanan vakum pada evaporator, maka diharapkan dapat menurunkan titik didih larutan. Dalam prosesnya, untuk menghemat penggunaan energi dalam evaporator tekanan diusahakan dalam kondisi vakum dimana titik didih larutan akan menjadi rendah (Siswanto dan Widji, 2017).

Proses penguapan dengan evaporator vakum digunakan pada tekanan rendah (vakum) agar titik didihnya menurun. Kondisi vakum diperlukan untuk mendidihkan cairan pada suhu lebih rendah, untuk membuat kondisi vakum pada alat evaporator dapat menggunakan bantuan pompa vakum (Huda, 2008).

2.7.1. Prinsip Kerja Evaporator

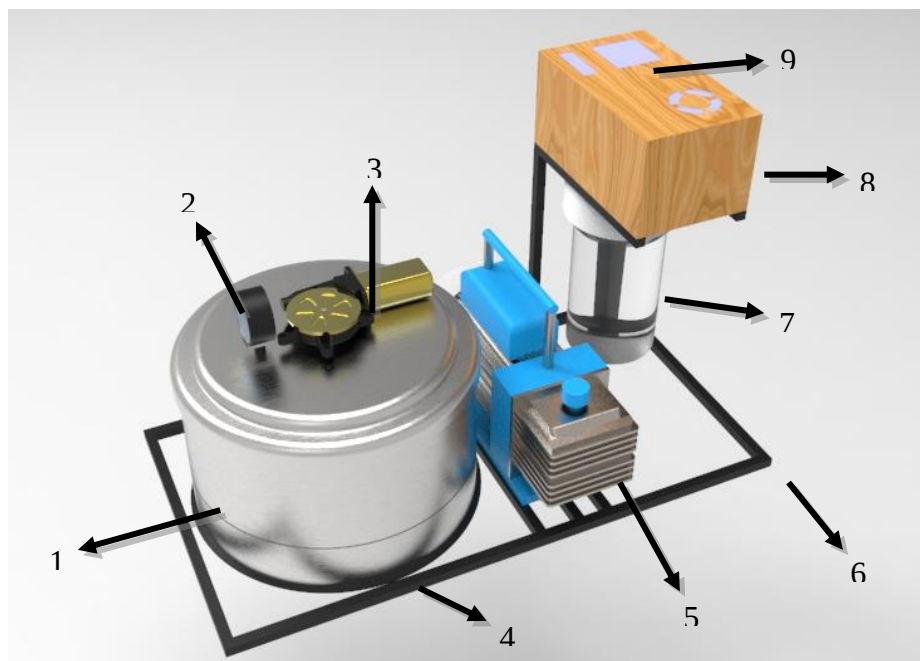
Evaporator adalah alat untuk menguapkan larutan (proses evaporasi). Prinsip kerjanya yaitu penambahan kalor untuk memekatkan konsentrasi larutan sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat dan konsentrasinya lebih tinggi (Ramadani, 2018).

Prinsip-prinsip alat evaporator yaitu (Ramadani, 2018):

1. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat-zatnya. Titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan.
2. Dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
3. Titik didih cairan yang mengandung zat tidak mudah menguap (misalnya:gula) akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut.
4. Beda titik didih larutan dan titik didih cairan murni disebut kenaikan titik didih (*boiling*).

2.8. Evaporator Vakum

Evaporator vakum adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk air menjadi uap. Hasil dari evaporator biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Prinsip kerja alat ini adalah penguapan dengan pemanasan secara langsung, dimana suhu dapat diatur sesuai dengan keinginan. Penggunaan suhu rendah disertai dengan vakum, akan menjaga nutrisi atau gizi produk tidak hilang atau rusak (Chrisnanda, 2013).

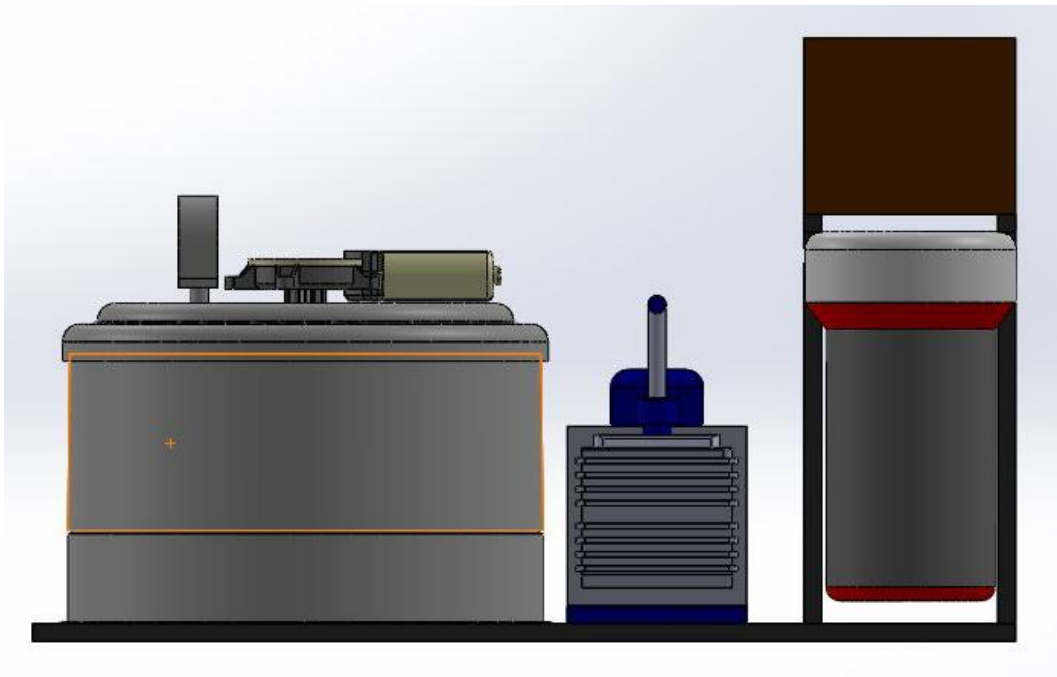


Sumber: Dokumen Pribadi, 2019

Gambar 2.9.Desain 3DEvaporator Vakum

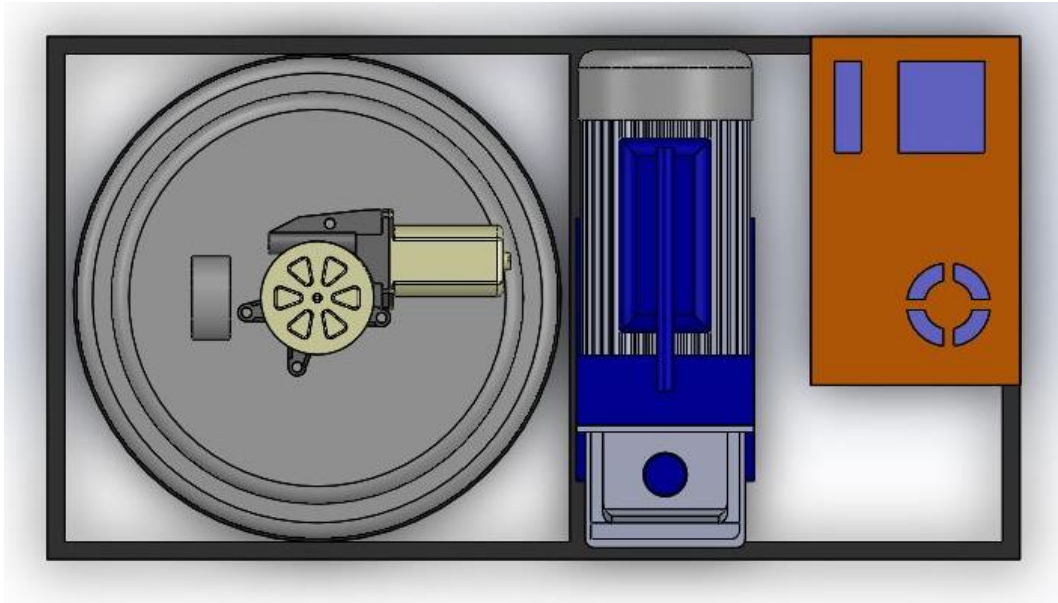
Keterangan :

1. Tangki Evaporator Vakum
2. *Pressure Gauge*
3. Motor Pengaduk
4. Tempat *Heater*
5. Pompa Vakum
6. Kerangka Evaporator Vakum
7. *Catridge Filter Air*
8. Control Panel
9. *Membrane Keypad*



Sumber: Dokumen Pribadi, 2019

Gambar 2.10. Desain Evaporator Vakum Tampak Depan



Sumber: Dokumen Pribadi, 2019

Gambar 2.11. Desain Evaporator Vakum Tampak Atas

Adapun dalam proses evaporasi terdapat faktor-faktor yang Mempengaruhi Evaporator Vakum:

1. Proses Evaporasi

Proses evaporasi dilakukan dengan cara menguapkan bahan pelarut dari bahan (biasanya air) dari pangan cair melalui pemanasan sampai memperoleh konsentrasi yang diharapkan. Penguapan terjadi ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari titik didih zat pelarut. Untuk produk makanan yang sensitif terhadap suhu tinggi tinggi, titik didih pelarut harus diturunkan lebih rendah dari titik didih pada kondisi normal (tekanan atmosfer). Menurunkan titik didih zat pelarut ini dilakukan dengan cara menurunkan tekanan di atas permukaan cairan menjadi lebih rendah dari tekanan atmosfer atau disebut vakum (Wirakartakusumah dkk, 1988).

2. Laju Evaporasi

Laju evaporasi (*evaporation rate*) adalah kuantitas air yang berhasil dievaporasi (diuapkan) menjadi uap persatuan waktu tertentu. Satuan yang biasa digunakan adalah kg uap/jam. Besarnya laju evaporasi dipengaruhi oleh temperatur larutan dan luas permukaan sentuh evaporasi. Laju evaporasi juga sangat ditentukan oleh jenis larutan, karena setiap larutan

terdiri dari molekul yang berbeda-beda dalam jumlah gaya interaksi yang ada antar molekul tersebut (Deese, 2002).

3. Tekanan Vakum Alat

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

2.9. Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)



Gambar 2.12. Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)

Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang memiliki rumus kimia $C_6H_8O_7$. Pada keadaan temperatur kamar asam sitrat berbentuk serbuk kristal berwarna putih. Permintaan asam sitrat di pasar global cukup banyak. Karena asam sitrat memainkan peran penting dalam industri makanan, minuman, farmasi, kosmetik kimia, dan industri lainnya untuk aplikasi seperti asidulasi, antioksidan, rasa, peningkatan, pengawetan, dan plastisisasi dan sebagai agen sinergis (Auta dkk, 2014).

Konsumsi asam sitrat di Indonesia yaitu sebesar 65% berada di industri makanan dan minuman, lalu 20% berada di industri deterjen rumah tangga dan

sisanya berada di industri tekstil, farmasi, kosmetik dan lainnya (Sasmitaloka, 2017).

Karena sifat asam sitrat yang ramah lingkungan, penggunaan asam sitrat di beberapa sektor industri meningkat dengan cepat sepanjang abad ke-19. Ketika asam diekstraksi langsung dari jus lemon pekat dan dengan menambahkan kapur untuk mengendapkan kalsium sitrat (Ciriminna dkk, 2017).

Penggunaan asam sitrat yang aman dapat dipakai sebagai katalis dalam proses hidrolisis karbohidrat. Lalu dinetralkan dengan menambahkan kapur sirih sehingga terbentuk garam berupa kalsium sitrat.

2.10. Kapur Sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)



Gambar 2.13. Kapur Sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Kapur sirih atau kalsium hidroksida merupakan senyawa yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kalsium hidroksida berupa serbuk kristal berwarna putih. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mempunyai aksi melalui pelepasan ion Ca^{2+} yang berperan dalam proses mineralisasi jaringan dan ion OH^- yang dapat memberikan efek antimikroba melalui peningkatan pH (Ariani dkk, 2014).

Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi antara 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) (Aqiilah, 2017).

Kapur sirih digunakan dalam proses hidrolisis berfungsi sebagai larutan basa untuk menetralkan keadaan asam dan mengikat katalis asam sehingga bereaksi menjadi garam.

2.11. Analisa Produk

Analisa yang dilakukan pada produk sirup glukosa antara lain:

1. Kadar Air

Air merupakan komponen yang penting dalam bahan pangan, karena dapat mempengaruhi tekstur serta cita rasa pangan. Kenaikan sedikit kandungan air pada bahan pangan dapat mengakibatkan kerusakan akibat reaksi kimiawi maupun pertumbuhan mikroba pembusuk (Legowo dkk, 2007).

Menurut SNI 01-2891-1992 tentang “Cara Uji Makanan dan Minuman”, pengujian kadar air dapat dilakukan dengan dua cara yaitu metode oven dan metode distilasi. Pada analisa kadar air produk sirup glukosa ini metode yang digunakan yaitu metode oven. Analisa kadar air metode oven didasarkan pada penimbangan berat bahan. Selisih berat bahan segar dan berat keringnya merupakan kadar air yang dicari yang terkandung dalam bahan yang diperiksa. Pada metode ini pengeringan bahan dilakukan dengan menggunakan pemanasan bahan. Kehilangan berat akibat proses pemanasan dianggap sebagai berat kandungan air yang terdapat dalam bahan yang menguap selama pemanasan (Nadia, 2015).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam suatu bahan. Analisa kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air dalam bahan setelah dilakukan pengeringan sampai didapatkan massa konstan (Leviana dkk, 2017).

2. Kadar Abu

Abu adalah zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan. Prinsip penentuan kadar abu di dalam bahan pangan adalah menimbang berat sisa mineral hasil pembakaran bahan organik (Legowo dkk, 2007). Menurut SNI 01-2891-1992 tentang “Cara Uji Makanan dan Minuman”, pengujian kadar abu pada prinsipnya yaitu pada proses pengabuan zat-zat organik diuraikan menjadi air dan CO₂, tetapi bahan organik tidak.

3. Kadar Gula Reduksi (D-Glukosa)

Produk sirup glukosa yang dihasilkan akan dilakukan analisa terhadap kadar glukosa yang terkandung dalam sirup glukosa tersebut. Menurut SNI 01-2891-1992 tentang “Cara Uji Makanan dan Minuman”, pengujian kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan metode Luff-Schoorl.

4. Uji Organoleptik Kesukaan (Uji Hedonik)

Menurut Susiwi (2009), pada uji ini panelis mengemukakan tanggapan pribadi suka atau tidak suka dan mengemukakan tingkat kesukaannya. Tingkat kesukaan disebut skala hedonik. Skala hedonik ditransformasi ke dalam skala numerik dengan angka mekanik menurut tingkat kesukaan. Dengan data numeric tersebut dapat dilakukan analisa statistik.