

## **BAB II**

### **DESKRIPSI PROSES**

#### **2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk**

##### **2.1.1. Bahan Baku**

Ilmuwan Jerman Gottlieb Sigismund Constantin Krichhoff pertama kali membuat sirup glukosa pada tahun 1811. Bahan baku yang digunakan mengandung pati seperti tepung tapioka, sagu, jagung, kentang, tepung maizena, ubi, dan masih banyak lagi yang dapat digunakan untuk mengubah menjadi dextrin untuk pembuatan sirup glukosa.

##### **2.1.1.1. Ubi Kayu**

Ubi kayu merupakan salah satu hasil pertanian yang mengandung kandungan karbohidrat setara dengan beras. Hal ini dikarenakan ubi kayu memiliki kandungan gizi yang cukup baik dan salah satu kandungan yang sangat diperlukan untuk menjaga kesehatan tubuh. (Hasan & Taufiq, 2022) menjelaskan bahwa ubi kayu memiliki kandungan 60% air, 25% hingga 35% pati dan mengandung protein, mineral, serat, kalsium, serta fosfat. Ubi kayu juga merupakan sumber energi yang lebih tinggi dibanding produk pangan lain seperti beras, jagung, dan sorgum. Selain sebagai bahan pangan yang bersumber karbohidrat, ubi kayu juga dapat digunakan sebagai bahan baku industry dan bahan pangan ternak. Oleh karena itu, pengembangan ubi kayu sangat penting untuk Upaya penyediaan pangan karbohidrat selain beras, sebagai pengembangan pertanian sebagai sumber devisa negara hingga ekspor serta mendukung peningkatan ketahanan pangan dan pangan swasembada yang memadai.



**Gambar 2. 1** Ubi Kayu atau Singkong

**Tabel 2. 1.** Komposisi Kimia Ubi Kayu

<b>Komposisi</b>	<b>Unit/100 gr</b>
Air	63%
Karbohidrat	35,3%
Protein	0,6 gr
Serat	1,6 gr
Lemak	0,2 gr
Kalsium	30 ml
Fosfor	1,1 ml
Zat Besi	49 ml
Vitamin B1	0,06 mg
Riboflavin	0,06 mg
Kalori	75 kal

Sumber : (*Widiastoety & Purbadi, 2003*)

### **Klasifikasi Ilmiah**

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Euphorbiales
Famili	: Euphorbiaceae
Genus	: Manihot
Spesies	: <i>Manihot utilissima</i> Pohl.; <i>Manihot esculenta</i> Crantz

### **2.1.2. Bahan Pendukung**

#### **2.1.2.1. Enzim $\alpha$ -amylase Optitherm**

Nama Dagang : Optitherm L – 420

Fase : Cair

Kofaktor :  $\text{Ca}^{2+}$  max 100 ppm  
Suhu Optimum : 2-3 jam  
pH Operasi : 6-6,5  
Dosis : 0,5 – 0,8 kg/kg DS  
Densitas : 1,04 kg/L

#### **2.1.2.2. Enzim Glukoamilase**

Nama Dagang : Optidex-L 300  
Berat Molekul : 36,000 gr/mol  
Suhu Optimum : 60°C  
Lama Operasi : 48-72 jam  
pH Operasi : 4-4,5  
Densitas : 1,15 kg/L

#### **2.1.2.3. Asam Klorida (HCl)**

Rumus Kimia : HCl  
Fase : Cair  
Warna : Tidak berwarna  
Berat Molekul : 36,5 kg/kmol  
Titik Didih : 83°C  
Spesifik Gravitasi : 1,16  
Kelarutan : Larut sempurna dalam air  
Titik Leleh : -46,2°C  
Viskositas : 2,8 Cp  
Densitas : 1,15 kg/liter

#### **2.1.2.4. Karbon Aktif**

- Mempunyai daya absorbtivitas yang tinggi
- Padatan berwarna hitam
- *Melting point* : 3500°C
- *Specific gravity* : 3,51
- Berat molekul : 12,02 gram/mol
- Tidak mudah larut dalam air

#### **2.1.2.5. Kalsium Klorida**

Rumus Kimia :  $\text{CaCl}_2$   
Fase : Padat  
Berat Molekul : 110,98 g/mol  
Specific Gravity : 2,152

Titik Didih : >1600°C

Titik Leleh : 772°C

### 2.1.3. Produk Utama

#### 2.1.3.1. Sirup Glukosa

Sirup glukosa memiliki komponen utama glukosa, berbentuk cairan kental yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah mengkristal, dan mudah larut dalam air. Banyak digunakan dalam industry makanan dan juga dalam obat-obatan. Warna, kadar air, dan tingkat konversi pati sirup glukosa akan menentukan kualitas dari sirup itu sendiri. Tingkat konversi pati dikenal sebagai Dextrose Equivalents (DE). Kegunaan sirup glukosa di dalam industry yaitu:

- a. Didalam produksi bahan makanan, glukosa dalam bentuk sirup digunakan untuk pembuatan permen, biskuit, ice cream, sirup, kecap, bumbu masak, dan sebagainya
- b. Didalam industri farmasi, glukosa digunakan untuk pembuatan larutan infus
- c. Glukosa juga digunakan sebagai substituen, karena produk ini mengandung karbohidrat atau gula pereduksi, misalnya dalam industri fermentasi (alkohol)

Sifat Fisik dan kimia sirup glukosa menurut MSDS, Glucose Syrup (2010):

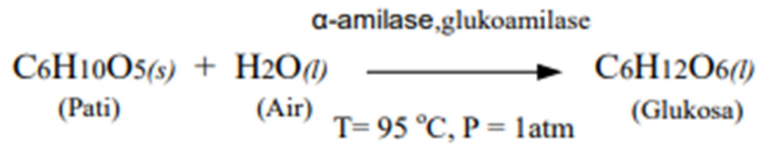
- Cairan kental dan bening
- Sedikit berbau manis
- Kandungan glukosa : >60%
- Specific gravity : 1,35-1,45 g/cm<sup>3</sup>
- Titik lebur : -30 sampai -10°C
- Titik didih : 104-115°C
- pH : 4-6,5

## 2.2. Konsep Proses

### 2.2.1. Dasar Reaksi

Pembuatan sirup glukosa yang umumnya berbahan dasar dari pati, tahapan prosesnya meliputi likuifikasi, sakarifikasi, penjernihan, dan pemekatan. Hidrolisis pati dengan enzim dilakukan menggunakan bantuan enzim  $\alpha$ -amylase dan enzim *glukoamylase* (*amyloglukosidase*). Enzim  $\alpha$ -

*amylase* digunakan pada proses likuifikasi, sedangkan *glukoamilase* digunakan pada proses sakarifikasi (Winarno, 1995). Reaksi Dasar dari proses pembentukan sirup glukosa dengan proses hidrolisis enzim adalah sebagai berikut

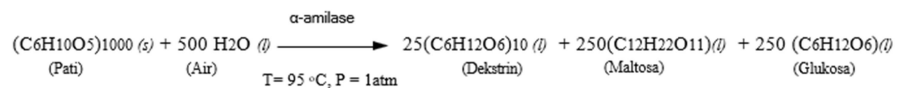


**Gambar 2. 2** Reaksi Hidrolisis Pati dengan Enzim

## 2.2.2. Mekanisme Reaksi

### 2.2.2.1. Proses Likuifikasi

Likuifikasi adalah proses pemecahan pati menjadi dekstrin dengan bantuan enzim  $\alpha$ -amilase. Tujuan dari proses likuifikasi sendiri adalah untuk mengubah pati menjadi larutan dekstrin dengan viskositas rendah agar lebih mudah ditangani dalam alat-alat pemindah dan memudahkan proses perubahan menjadi glukosa dengan enzim *glukoamilasi*. Suspensi pati yang telah tergelatinasi dimasukkan ke dalam reaktor likuifikasi dengan penambahan enzim  $\alpha$ -amilase yang bertujuan untuk memecah rantai pati yang telah tergelatinasi menjadi dekstrin, maltose, dan glukosa. Selanjutnya suspense pati diatur (didinginkan) dan dipertahankan pada suhu 90-95°C (suhu optimal dari enzim  $\alpha$ -amilase untuk menghidrolisis pati). Pada reaksi liquifikasi, suspensi pati ditambahkan enzim  $\alpha$ -amilase dengan rasio antara 0,5-0,8L per ton metrik pati kering, diaduk selama 2-3 jam dan menghasilkan pati yang terkonversi hingga 88% menjadi glukosa.

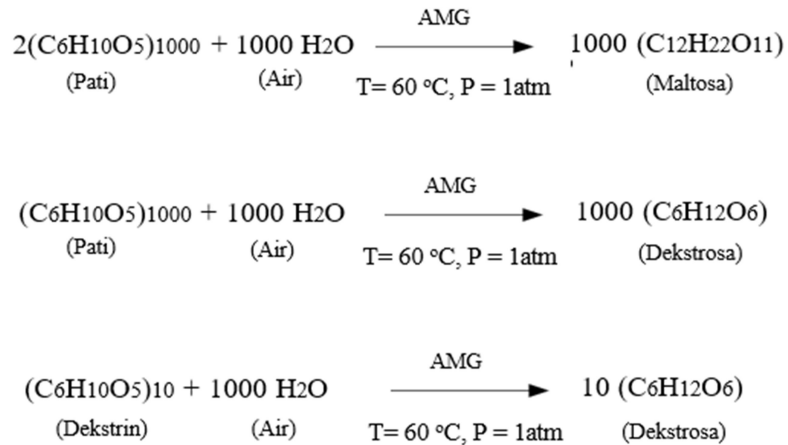


**Gambar 2. 3** Reaksi Liquifikasi

### 2.2.2.2. Proses Sakarifikasi

Dalam proses sakarifikasi, dekstrin hasil liquifikasi didinginkan hingga suhu 60°C dengan pH 4,5-5 dan penambahan HCl 32% yang merupakan kondisi optimal untuk aktivitas enzim glukoamilase. Enzim glukoamilase ditambahkan sebanyak 0,7L/metric ton of dry starch. Proses berlangsung selama 48 jam pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan konversi mencapai 97-98%.

Reaksi yang terjadi pada Proses Sakarifikasi:



**Gambar 2. 4** Proses Sakarifikasi

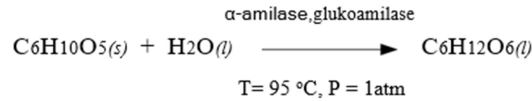
### 2.2.3. Kondisi Operasi

Reaksi yang terjadi dalam pembentukan sirup glukosa adalah reaksi eksotermis yang ireversibel dengan perubahan entalpi sebesar -109,305 kJ/mol. Oleh karena itu, selama operasi, diperlukan pengendalian yang lebih ketat terhadap panas reaksi di dalam reaksi. Reaksi liquifikasi yang mengubah pati menjadi dekstrin berlangsung dalam reaktor berpengaduk yang dioperasikan pada suhu 95°C dan tekanan 1 atm. Proses sakarifikasi berlangsung dalam reaktor berpengaduk yang dioperasikan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm.

## 2.3. Tinjauan Kinetika dan Thermodinamika

### 2.3.1. Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan thermodinamika digunakan untuk mengetahui apakah reaksi yang berlangsung dalam proses kimia melepaskan kalor atau menyerap kalor (eksotermis/endotermis) melalui perhitungan entalpi ( $\Delta H$ ) menggunakan data panas pembentukan standar dalam tekanan 1 atm dan temperature 298,15 K. Reaksi pembentukan glukosa adalah sebagai berikut:



$$\Delta H^\circ \text{f reaksi} = \Delta H^\circ \text{f produk} - \Delta H^\circ \text{f reaktan}$$

$$\Delta H^\circ \text{f C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5(\text{s}) = -878,166 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{f H}_2\text{O}(\text{l}) = -285,829 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{f C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{l}) = -1273,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ \text{f reaksi}$$

$$= (\Delta H^\circ \text{f C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{l})) - (\Delta H^\circ \text{f C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5(\text{s}) + \Delta H^\circ \text{f H}_2\text{O}(\text{l}))$$

$$= (-1273,3 \text{ kJ/mol}) - (-878,166 \text{ kJ/mol} + -285,829 \text{ kJ/mol})$$

$$= (-1273,3 \text{ kJ/mol} - (-1163,995 \text{ kJ/mol}))$$

$$= -109,305 \text{ kJ/mol}$$

Dari hasil perhitungan panas reaksi didapatkan nilai  $\Delta H^\circ \text{f}$  negatif.  $\Delta H$  negatif menandakan bahwa reaksi tersebut bersifat eksotermis (menghasilkan panas). Reaksi yang bersifat dapat balik (reversible) atau searah (irreversible) dapat ditentukan secara termodinamika, yaitu dengan berdasarkan persamaan Van't Hoff.

Jika  $H$  merupakan perubahan enthalpy standar (panas reaksi) dan diasumsikan konstan terhadap temperatur, maka persamaan diatas dapat diintegrasikan menjadi :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = - \frac{\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Data energi bebas Gibbs (*Gibbs Heat of Formation*) :

$$\Delta G^\circ \text{f C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = -569,77 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{f H}_2\text{O} = -237,588 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{f C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = -1134,862 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{f reaksi} = (\Delta G^\circ \text{f C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - (\Delta G^\circ \text{f C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \Delta G^\circ \text{f H}_2\text{O})$$

$$= (-1134,862 \text{ kJ/mol}) - (-569,77 \text{ kJ/mol} + -237,588 \text{ kJ/mol})$$

$$= (-1134,862 \text{ kJ/mol} - (-807,358 \text{ kJ/mol}))$$

$$= -327,504 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung K standar pada temperatur 298,15oK :

$$\ln K_{298,15} = \frac{-\Delta G}{RT} = \frac{-(521,504) \frac{kJ}{mol}}{0,008314 \frac{kJ}{mol \cdot K} \times 298,15 K}$$

$$\ln K_{298,15} = \frac{-\Delta G}{RT} = \frac{-(521,504) \frac{kJ}{mol}}{2,48 \frac{kJ}{mol}}$$

$$\ln K_{298,15} = \frac{-\Delta G}{RT} = - 132,06$$

$$K_{298,15} = 2,2539 \times 10^{57}$$

Menghitung K pada temperature operasi 368,15 K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H}{R} \times \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{K_{368,15}}{K_{298,15}} = \frac{-(51,83 \text{ kJ/mol})}{0,008314 \frac{kJ}{mol \cdot K}} \times \left( \frac{1}{368,15 K} - \frac{1}{298,15 K} \right)$$

$$\ln \frac{K_{368,15}}{K_{298,15}} = -6234,06 \times (0,0027 - 0,0034)$$

$$\ln \frac{K_{368,15}}{K_{298,15}} = -6234,06 K \times -0,0006K^{-1}$$

$$\ln \frac{K_{368,15}}{K_{298,15}} = 3,98$$

$$\frac{K_{368,15}}{K_{298,15}} = 53,29$$

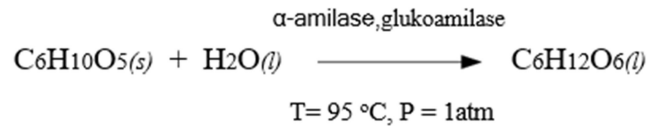
$$K_{368,15} = 53,29 \times K_{298,15}$$

$$K_{368,15} = 53,29 \times (2,83 \times 10^{-12})$$

$K_{368,15} = 1,49 \times 10^{-10}$ , karena hasil dari k pada temperatur 368,15 K lebih dari 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan Irreversibel.

### 2.3.2. Tinjauan Kinetika

Reaksi hidrolisi pati yaitu :



$$\Delta H = -51,83 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan hasil penelitian Yuniwati,dkk (2011), didapatkan hasil dari koefisien kecepatan reaksi (k) hidrolisis pati menjadi glukosa diperoleh harga k sebagai fungsi suhu adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{k_b T}{h} e^{\Delta G/RT}$$

dimana,  $k_b$  = Konstanta Boltzman ( $1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/Kmol}$ )

$h$  = Konstanta Planck ( $6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ )

$\Delta G$  = Energi Gibbs ( $65,936 \text{ kJ/mol}$ )

$R$  = Konstanta Gas Ideal ( $8,314 \text{ J/mol.K}$ )

$T$  = Suhu reaksi ( $105^\circ\text{C}$  ( $378,15\text{K}$ ))

diperoleh harga k sebagai fungsi suhu :

$$k = \frac{(1,3807 \times 10^{-23} \text{ J/Kmol})T}{6,6261 \times 10^{-34} \text{ J.s}}$$

$$k = 2,08 \cdot 10^{10} T \cdot e^{65,94/(8,314)T}$$

Pada persamaan di atas menunjukkan bahwa jika suhu dinaikkan maka harga k juga akan naik sedangkan bila suhu diturunkan maka harga konstanta kecepatan reaksi (k) juga menurun. Untuk suhu  $80^\circ\text{C}$ , harga k adalah  $1,12 \times 10^4 \text{ liter. kmol}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$ . (J. Piotrowski, 2003)

## 2.4. Langkah Proses

### 2.4.1. Pre-Treatment

Ubi kayu yang telah dibersihkan kulitnya dari gudang penyimpanan (F-111) diangkut dengan *bucket elevator* (J-112) menuju tangki pencuci (F-110) untuk dicuci dengan air proses. Kemudian diangkut dengan *bucket elevator* (J-121) menuju tangki penampung (F-122), kemudian diangkut dengan *bucket elevator* (J-123) untuk dilunakkan menggunakan *steeping tank* (F-120) dengan penambahan air hangat selama 24 jam. Setelah melalui proses pelunakan ubi kayu diangkut dengan *bucket elevator* (J-131) menuju tangki penyimpanan sebelum ubi kayu dihaluskan dengan *ball mill* (C-130). Lalu dipisahkan dari komponennya menggunakan *germ separator* (H-140).

Setelah komponen ubi kayu dipisahkan, campuran *starch* dan *gluten* dipisahkan dengan *centrifugal separator* (H-150). (*United States Patent No. 3,928,631, 1975*)

#### 2.4.2. Gelatinasi

Pati singkong yang didapatkan dari proses *pretreatment* dialirkan dengan *bucket elevator* (J-211) menuju tangki pencampur (M-123). Dalam proses gelatinasi, suspensi pati yang mengandung 30-35% pati dalam tangki pencampur ditambahkan dengan  $\text{CaCl}_2$  (F-212) yang berfungsi untuk menjaga stabilitas enzim dengan konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  maksimal 100 ppm (Uhlig, 1998). Kemudian dipanaskan melalui *jet cooker* (E-215) dengan steam selama 5-10 menit hingga *slurry* mencapai suhu  $105^\circ\text{C}$ -  $107^\circ\text{C}$ . Pemanasan dengan suhu tinggi ini dimaksudkan untuk memecah granula pati, sehingga lebih mudah terjadi kontak dengan air dan enzim pada tahap selanjutnya. Ketika tahap gelatinisasi mencapai suhu  $105^\circ\text{C}$ , granula pati lebih mudah menyerap air karena ikatan hidrogen yang membentuk granulanya melemah. Granula yang menyerap air akan mengembang sehingga *slurry* akan menjadi lebih kental. Gelatinisasi ini memungkinkan enzim  $\alpha$ -amilase untuk menghidrolisis pati. Selain itu, perlakuan pada suhu tinggi tersebut juga dapat berfungsi untuk sterilisasi bahan, sehingga bahan tersebut tidak mudah terkontaminasi (Uhlig, 1998)

#### 2.4.3. Hidrolisis

Proses hidrolisis ini terdiri dari proses liquifikasi dan proses sakarifikasi.

##### 2.4.3.1. Proses Liquifikasi

Liquifikasi adalah proses pemecahan pati menjadi gula kompleks (dekstrin) dengan bantuan enzim  $\alpha$ -amilase. Parameter proses ini adalah larutan menjadi lebih encer dan viskositas lebih rendah sehingga akan memudahkan proses pembentukan glukosa oleh enzimglukoamilase. Pati yang telah tergelatinasi dialirkan ke reaktor liquifikasi (R-210) dengan penambahan enzim  $\alpha$ -amilase dengan rasio 0,5-0.8 L/*metric ton of dry starch* dan diaduk selama kurang lebih 2-3 jam untuk memecah rantai pati yang telah tergelatinasi menjadi dekstrin, maltose, dan glukosa. Suspensi pati diatur dan dijaga pada suhu  $90$ - $95^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=6$  dan tekanan 1 atm dengan konversi 88% (Uhlig,

1998).

#### **2.4.3.2. Proses Sakarifikasi**

Pada proses sakarifikasi, pati yang keluar dari reaktor liquifikasi menjadi dekstrin dipompa (L-221) untuk didinginkan oleh cooler (E-222) pada suhu 60°C dengan pH 4,5-5 sebelum dialirkan menuju tangki pencampur (M-223) untuk ditambahkan HCl 32% dan enzim AMG untuk menciptakan kondisi optimum aktivitas enzim glukoamilase sebelum dialirkan menuju reaktor sakarifikasi (R-220). Reaktor ini berfungsi mengkonversi dekstrin menjadi glukosa dengan bantuan enzim glukoamilase dengan dosis 0,6-0,7 L/metric ton of dry starch. Reaksi berjalan selama 48-72 jam pada 60°C pada tekanan 1 atm dengan konversi 97-98% (Uhlig, 1998). Selanjutnya larutan sirup glukosa dialirkan menuju tangki penampung (F-311), kemudiandipompa menuju *Rotary Vacuum Filter* (H-314) untuk proses purifikasi.

#### **2.4.4. Pemurnian Serta Pemekatan**

##### **2.4.4.1. Filtrasi**

Filtrasi ini dilakukan menggunakan *Rotary Vacuum Filter* (H-314) untuk memisahkan kotoran yang tidak larut seperti sisa pati, protein, kalsium serat kasar, lemak, impurities, CaCl<sub>2</sub>, enzim  $\alpha$ -amilase dan AMG, serta dekstrin. Pemisahan menghasilkan solid (*cake*) dan sirup glukosa (*filtrat*). Kebutuhan air pencuci dalam *Rotary Vacuum Filter* ini yaitu sebanyak 0,25% dari berat filtrat. Solid (*cake*) dibuang menjadi *solid waste*, sedangkan *filtrat* dialirkan ke dalam tangki karbonasi (Adsorpsi) (L-315) dengan penambahan karbon aktif secara manual. (Hugot, 1972)

##### **2.4.4.2. Pemucatan**

Filtrat diberi karbon aktif untuk pemucatan (penghilangan warna) menggunakan karbon aktif dengan ukuran 60-80 mesh sebanyak 0,1 % dari berat bahan kering dalam filtrat. Karbon aktif tersebut memucatkan warna sirup glukosa dengan menyerap sebagian komponen yakni impurities (yang berupa abu) sebanyak 6%, juga sebagian glukosa (2%) dan maltosa (2%). Proses pemucatan di dalam

tangki karbonasi (Adsorpsi) yang berlangsung dengan suhu operasi 70 °C. Setelah pemucatan warna tersebut, filtrat selanjutnya dialirkan ke *Filter Press* (H-320) dengan menggunakan Pompa (L-321) untuk dilakukan penyaringan kembali, yaitu memisahkan filtrat dengan karbon aktif. Di dalam *Filter Press*, terjadi pemisahan antara cake (*soild waste*) dan filtrat, dengan total filtrat yang terikat ke cake sebanyak 0,1 % dari berat padatan dalam cake dan tidak ada inert (cake) yang terikat dalam aliran filtrat (*Hugot, 1972*).

Filtrat yang keluar dari *Filter Press* dialirkan menuju *Kation Exchanger* (D- 323) dan *Anion Exchanger* (D-324) dengan menggunakan Pompa *Kation-Anion Exchangr* (L-322).

#### **2.4.4.3. Pertukaran Ion**

Proses penukaran ion ini dilakukan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada larutan sirup glukosa, seperti  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{Na}^+$ . Proses ini dilakukan di dalam vessel yang berisi resin yang telah diaktivasi dan menukarkan ion positif terlarut dengan  $\text{H}^+$  dan ion negative dengan  $\text{OH}^-$ , yakni *Kation Exchanger* (D-323) dan *Anion Exchanger* (D-324). Apabila resin yang digunakan telah jenuh, perlu dilakukan proses regenerasi kembali. Resin penukar kation yang dapat digunakan antara lain Pinex C13N, Pinex C20, Dowex HCRS, Lewa S100, Mits Skib, dan AMB IR 120. Sedangkan resin sebagai penukar anion adalah Fin A541 M, Fin A551 M, Fin A532, Dowex SBRP, Mits PA 408, Mits WA 30, dan AMB IR A 420. (*Nur Richana, 2007*)

Setelah proses penukaran ion dilakukan larutan sirup glukosa dialirkan menuju tangki penampung (F-325) sementara.

#### **2.4.4.4. Evaporasi**

Tahap terakhir adalah penguapan. Tahap penguapan dilakukan menggunakan *triple effect evaporator* di *evaporator* (V-330, V-340, V-350) untuk mendapatkan sirup glukosa dengan kekentalan 75%.

Setelah melalui proses pada evaporator III (V-350) dengan kekentalan sirup glukosa 75%, produk dipompa menuju tangki penampung produk (F-336) sebelum dilakukan proses pengemasan dan pendistribusian selanjutnya.

## **2.5. Diagram Alir**

Terlampir pada Lampiran A

## **2.6 Neraca Massa dan Neraca Panas**

### **2.6.1. Neraca Massa**

Terlampir pada Lampiran B

### **2.6.2. Neraca Panas**

Terlampir pada Lampiran C

## **2.7. Tata Letak Pabrik dan Pemetaan**

Lay out pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan dan tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik menjadi efisien, serta proses produksi dan distribusi dapat berjalan lancar. Dalam penentuan tata letak pabrik harus dipikirkan juga mengenai penempatan alat-alat produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat dipenuhi. Kemudian selain peralatan yang tercantum dalam diagram alir proses, beberapa bangunan fisik seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, fire safety, pos penjagaan, dan lain sebagainya baiknya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas barang dan juga proses. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah:

### **1. Area Proses**

Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatk alat-alat yang berhubungan dengan suatu proses produksi. Daerah poses ini ditempatkan pda daerah yang terpisah dari bagian yang lain.

### **2. Perluasan Pabrik dan Kemungkinan Penambahan Bangunan**

Perluasan pabrik harus diperhitungkan sejak awal guna memenuhi masalah kebutuhan ruang di masa mendatang. Beberapa daerah perlu dipersiapkan untuk perluasan pabrik, penambahan peralatan untuk menambah kapasitas pabrik atau mengolah sendiri produknya menjadi produk orang lain.

### **3. Keamanan**

Keamanan dari kemungkinan bahaya kebakaran, ledakan, asap atau gas beracun harus dipertimbangkan saat menentukan tata letak pabrik. Untuk itu maka perlu perangkat keselamatan seperti hidran kebakaran, reservoir yang memadai, dan perangkat tahan ledakan harus ditempatkan. Tangki penyimpanan bahan baku dan barang berbahaya harus ditempatkan di area khusus, dan harus ada jarak tertentu

antara bangunan untuk memberikan bantuan dan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

#### 4. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah membatasi kemampuan penyedia daerah. Penggunaan tempat ini disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah tinggi, maka perlu meningkatkan efisiensi pemanfaatan ruang, menempatkan peralatan tertentu diatas peralatan lain atau menata lantai ruangan secara hemat tempat.

#### 5. Instalasi

Pemasangan dan pendistribusian gas, udara, uap dan juga listrik yang tepat akan membantu memudahkan pekerjaan dan perawatannya. Tempatkan pesawat di lokasi yang mudah dijangkau oleh personel, dan dapat memastikan pengoperasian yang lancar dan perawatan yang mudah.

Secara garis besar, tata letak pabrik ini terbagi menjadi beberapa area utama, seperti area administrasi, area proses ,area penyimpanan umum dan bengkel serta area utilitas :

##### 1. Area administrasi/kantor, laboratorium, dan ruang kontrol

Area Administrasi adalah pusat kegiatan manajemen pabrik, operasi standar dan lancar. Laboratorium dan ruang kontrol berfungsi sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses dan produk yang akan dijual.

##### 2. Area proses

Area proses merupakan area yang digunakan untuk menempatkan alat pemrosesan dan area proses produksi

##### 3. Area penyimpanan umum, bengkel

Area penyimpanan umum digunakan untuk menempatkan barang yang digunakan untuk berbagai kepentingan dan bengkel merupakan tempat digunakan untuk maintenance

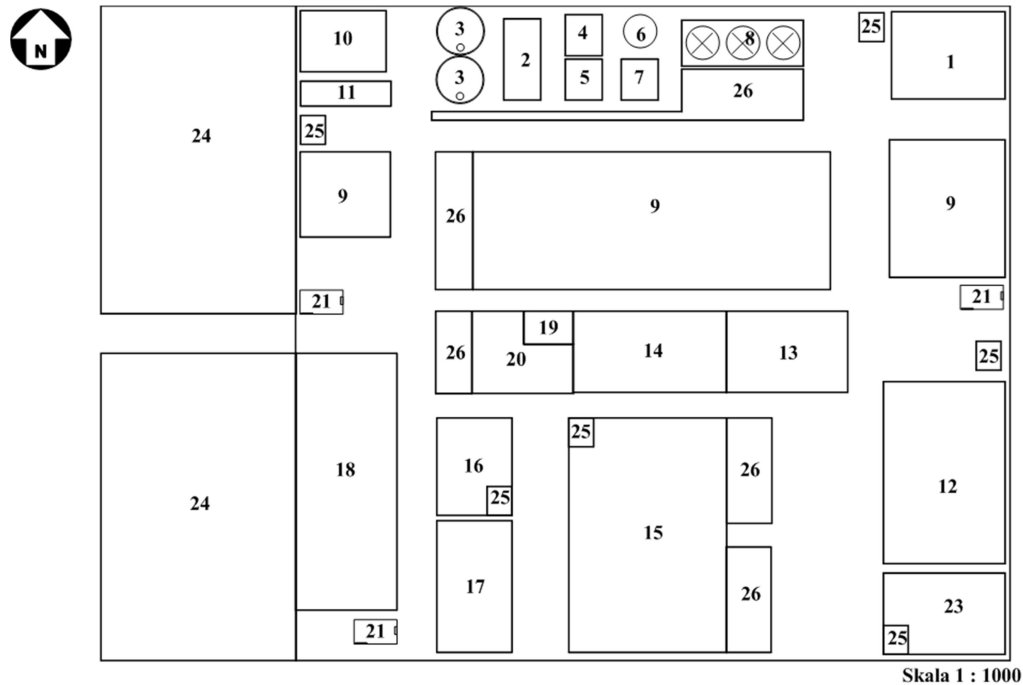
##### 4. Area utilitas

Area utilitas merupakan area yang digunakan untuk menempatkan berbagai fasilitas utilitas seperti penyediaan air, steam dan listrik dipusatkan.

Dari berbagai rincian area pabrik dapat area pabrik dapat dibagi lagi menjadi perincian bangunan pabrik berdasarkan luas penggunaan tanahnya, berikut Perincian luas tanah bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2. 2** Perincian Penggunaan Tanah

No	Gedung	Luas (m <sup>2</sup> )	No	Gedung	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Area IPAL	600	14	Laboratorium	750
2	Ruang Boiler	180	15	Gedung Kantor	2250
3	Tanki BBM	130	16	Kantin	450
4	Ruang Kompresor	90	17	Tempat Ibadah	600
5	Unit Penyediaan Nitrogen	90	18	Area Parkir	1575
6	Tanki Demin Water	40	19	Fire & Safety Dept	100
7	Unit Pengolahan Air	90	20	Workshop	400
8	Area Cooling Tower	360	21	Pos Keamanan	225
9	Area Proses	4500	22	Poliklinik	375
10	Control Room Utilitas	300	23	Aula	600
11	Ruang Generator	130	24	Area Perluasan	7300
12	Gudang	1350	25	Toilet	252
13	Control Room Proses	600	26	Taman	1725



**Gambar 2. 5** Layout Pabrik

**Tabel 2. 3** Keterangan Layout Pabrik

No	Gedung	No	Gedung
1	Area IPAL	14	Laboratorium
2	Ruang Boiler	15	Gedung Kantor
3	Tanki BBM	16	Kantin
4	Ruang Kompresor	17	Tempat Ibadah
5	Unit Penyediaan Nitrogen	18	Area Parkir
6	Tanki Demin Water	19	Fire & Safety Dept
7	Unit Pengolahan Air	20	Workshop
8	Area Cooling Tower	21	Pos Keamanan
9	Area Proses	22	Poliklinik
10	Control Room Utilitas	23	Aula
11	Ruang Generator	24	Area Perluasan
12	Gudang	25	Toilet
13	Control Room Proses	26	Taman

## 2.8. Layout Peralatan Proses

Layout peralatan proses pada pembuatan sirup glukosa perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

### 1. Aliran bahan baku dan produk

Dalam Industri bahan baku dan produk yang baik dan normal akan membawa manfaat ekonomi yang besar dan mendukung kelancaran dan keamanan produksi. Aliran bahan baku yang menggunakan conveyer dan bucket elevator harus ditempatkan sehingga tidak mengganggu lalu lintas, dan pipa diatas tanah harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas para pekerja.

### 2. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan agar berjalan lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara ditempat dimana

### 3. Cahaya

Seluruh pabrik harus mendapat penerangan yang memadai, khususnya pada area yang memiliki risiko tinggi sehingga dapat menghindari terjadinya kecelakaan

#### 4. Lalu lintas manusia

Pekerja diharapkan dapat dengan cepat dan mudah menjangkau semua alat. Sehingga jika ada masalah dengan peralatan proses, dapat segera diperbaiki. Selain itu, keselamatan pekerja saat menjalankan tugasnya juga perlu diperhatikan.

#### 5. Jarak antar alat proses

Alat proses dengan suhu dan tekanan operasi tinggi harus dipisahkan dari peralatan proses lainnya sehingga peralatan tersebut tidak menimbulkan bahaya pada peralatan proses lainnya jika terjadi ledakan atau kebakaran.

#### 6. Jarak antar alat proses

Dalam penempatan peralatan proses di pabrik harus berorientasi pada sudut pandang ekonomi untuk berusaha memastikan produksi pabrik yang lancar dan aman. Tata letak proses harus dirancang sebagai berikut ini:

- Memastikan bahwa proses produksi dapat berjalan dengan lancar
- Efektif dalam menggunakan area bangunan sehingga tidak terjadi pemborosan tempat
- Biaya bahan dan pemrosesan lebih rendah dan mengarah pada pengurangan pengeluaran modal yang tidak penting. Jika penataan peralatan proses membuat urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu menggunakan alat angkut yang mahal
- Karyawan memiliki kepuasan dalam bekerja



**Gambar 2. 6** Layout Peralatan Proses