



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## SERTIFIKAT PATEN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : LPPM UNIVERSITAS HASANUDDIN  
Kampus Unhas Tamalanrea,  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar  
INDONESIA

Untuk Invensi dengan Judul : PROSES PEMBUATAN SIROP GLUKOSA DARI TAPIOKA  
DENGAN TEKNIK IMMOBILISASI ENZIM MENGGUNAKAN  
MATRIKS BATU APUNG

Inventor : Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS

Tanggal Penerimaan : 23 Oktober 2014

Nomor Paten : IDP000052986

Tanggal Pemberian : 24 Agustus 2018

Perlindungan Paten untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun dihitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001



(12) PATEN INDONESIA

(11) IDP000052986 B

(19) DIREKTORAT JENDERAL  
KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 24 Agustus 2018

(51) Klasifikasi IPC<sup>8</sup> : C 07K 14/415, C 12P 5/00, C 12P 21/00, C 12P 1/00, C 12P 13/00  
// (C 07K 14.415, C 12P 1.00, 13.00, 21.00, 5.00)

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :  
LPPM UNIVERSITAS HASANUDDIN  
Kampus Unhas Tamalanrea,  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar  
INDONESIA

1) No. Permohonan Paten : P00201406451

2) Tanggal Penerimaan: 23 Oktober 2014

(72) Nama Inventor :  
Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS, ID

Data Prioritas :  
(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :

Tanggal Pengumuman: 03 Juli 2015

Pemaksa Paten : Ir. Alex Rahman

Dokumen Pemanding:  
US 2009/0305935 A1  
US 2010/0196964 A1

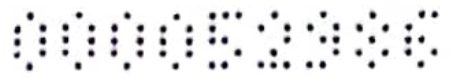
Jumlah Klaim : 5

Judul Invensi : PROSES PEMBUATAN SIROP GLUKOSA DARI TAPIOKA DENGAN TEKNIK IMMOBILISASI ENZIM MENGGUNAKAN  
Matriks Batu Apung

strak :

Invensi ini berkaitan dengan proses pembuatan sirup glukosa dari tapioka dengan melakukan immobilisasi enzim pululanase dan amiloglukosidase sistem adsorpsi menggunakan matriks batu apung. Keuntungan sistem immobilisasi dalam proses biokatalisis diantaranya mempermudah proses pemisahan enzim dari produknya sehingga memungkinkan penggunaan ulang (*reuse*) dari enzim tersebut. Pada sisi ini matriks yang digunakan untuk immobilisasi enzim adalah batu apung.

Batu apung yang digunakan dipotong-potong kecil dengan ukuran sekitar 1-2 cm<sup>3</sup>, lalu dicuci bersih, kemudian dikeringkan dalam pengering. Enzim pululanase dan amiloglukosidase disuspensikan ke dalam larutan buffer fosfat 0,2 M pH 6,0, lalu dicampur dengan batu apung. Campuran enzim dan batu apung didiamkan selama 24 jam pada suhu refrigerator (0-4 °C) untuk membentuk enzim immobil. Enzim immobil dicampur dengan hidrolisat tapioka untuk selanjutnya disakharifikasi pada suhu 60 °C dengan kecepatan putaran 100 rpm selama 72 jam. Enzim immobil yang telah digunakan dipisahkan dari produk sirup glukosa dan untuk selanjutnya digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut dengan substrat hidrolisat yang segar. Pembuatan sirup glukosa dengan menggunakan batu apung, enzim immobil tersebut dapat digunakan secara efektif hingga lima kali dengan perolehan gula sirup sebesar 195,55 g/l dengan nilai dekstrosa ekuivalen 65,28 %. Sedangkan jika mengacu pada SNI 01-2978-1992 tentang Mutu Sirup Glukosa yakni kandungan glukosa minimal 30 % (b/b), maka pemakaian enzim immobil dapat digunakan hingga lima kali, sirup glukosa yang dihasilkan masih memenuhi standar SNI dengan nilai dekstrosa ekuivalen (DE) sebesar 48,45 %.



**USULAN PATEN**  
**No. P00201406451**



**Judul Invensi:**

**PRODUKSI SIROP GLUKOSA DARI TAPIOKA DENGAN TEKNIK IMMOBILSASI  
ENZIM MENGGUNAKAN MATRIKS BATU APUNG**

**Inventor:**

**Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**



## Deskripsi

### **PROSES PEMBUATAN SIROP GLUKOSA DARI TAPIOKA DENGAN TEKNIK IMMOBILISASI ENZIM MENGGUNAKAN MATRIKS BATU APUNG**

5

#### **Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berkaitan dengan proses pembuatan sirup glukosa dari bahan baku tapioka. Lebih khusus proses pembuatan sirup glukosa tersebut dilakukan dengan teknik imobilisasi enzim pululanase dan amiloglukosidase menggunakan matriks batu apung.

#### **Latar Belakang Invensi**

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat sebagaimana fungsinya sebagai pemanis. Gula yang banyak dikenal masyarakat adalah gula sukrosa yang diperoleh dari tanaman tebu. Dalam beberapa tahun terakhir, produksi gula tebu tidak mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga pemerintah harus melakukan kebijakan impor gula. Oleh karena itu perlu dikembangkan sumber gula alternatif, salah satunya adalah membuat gula dari bahan berpati.

Dewasa ini telah digunakan berbagai macam bahan pemanis alami berkalori rendah seperti gula hasil hidrolisis pati berupa sirup glukosa (dekstrosa) dan maltosa. Kecenderungan digunakannya sirup glukosa dibanding sukrosa pada berbagai jenis industri makanan dan minuman, karena sirup glukosa memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sirup glukosa tidak mengkristal seperti halnya sukrosa jika dilakukan pemasakan pada suhu tinggi.

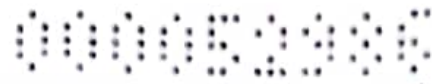
Proses pembuatan sirup glukosa secara enzimatik memiliki keunggulan dibandingkan dengan proses pembuatan secara kimia, antara lain produk lebih aman, ramah lingkungan dan biaya produksi lebih murah. Enzim utama yang digunakan dalam pembuatan dekstrosa adalah pululanase dan amiloglukosidase. Selama pembuatan berlangsung, enzim tersebut hanya bersifat sebagai biokatalisator, tidak ikut bereaksi dan tidak rusak selama kondisi reaksi terjaga. Dengan demikian enzim yang berperan dalam reaksi tersebut dapat digunakan kembali setelah dihasilkan produk dekstrosa. Oleh karena itu untuk memudahkan pemisahan enzim dari produk, maka enzim yang digunakan diikatkan pada suatu matriks yang dikenal dengan teknik imobilisasi.



Imobilisasi enzim adalah enzim yang dilekatkan pada suatu bahan yang sifatnya lengai, sehingga membatasi pergerakan enzim. Keuntungan sistem imobilisasi dalam proses biokatalik/bioproses diantaranya mempermudah proses pemisahan enzim dari produknya sehingga memungkinkan penggunaan ulang (reuse) dari enzim (biokatalis) tersebut. Pada invensi ini matriks yang digunakan untuk imobilisasi enzim adalah batu apung.

Batu apung (pumice) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, lalu terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung mempunyai sifat vesicular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya, dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam aksi gunung api. Sifat fisik batu apung antara lain: bobot isi ruah  $480-960 \text{ kg/cm}^3$ , adsorpsi air yang rendah (16,67 %), grafitasi fisik  $0,8 \text{ g/cm}^3$ , hantaran udara rendah, rasio tekanan terhadap beban tinggi, konduktifitas panas rendah dan ketahanan terhadap api hingga enam jam.

Invensi pembuatan sirup glukosa sebelumnya, antara lain: (1) "Production of Glucose from Starch Using alpha-Amilases from *Bacillus Subtilis* (US 2009/0305935 A1)" dilakukan pembuatan glukosa dengan enzim alfa-amilase dari *Bacillus subtilis*, menggunakan substrat karbohidrat termasuk pati sayuran, maltohepsosa dan maltotriosa. Proses pembuatan dilakukan dengan mengurangi atau meniadakan penggunaan glucoamilase, sehingga secara signifikan meningkatkan efisiensi produk. (2) "Method for the Production of an Aqueous Glucose Solution" dengan nomor US 2010/0196964 A1. Invensi ini berhubungan dengan pembuatan larutan glukosa dari bahan baku jagung dengan tahapan-tahapan penggilingan, fraksinasi, likuifikasi dan sakharifikasi. (3) "Method for Manufacturing an Aqueous Glucose Solution from Plants of the Triticeae Species" dengan nomor US 2011/0033896 A1. Invensi ini berhubungan dengan proses pembuatan larutan glukosa dari pati biji-bijian gandum tertentu (*Triticeae*), proses ini menghasilkan kadar glukosa minimal 32 % dari berat pati biji yang digunakan. Proses produksi glukosa pada invensi ini dilakukan dengan langkah-langkah yang meliputi penggilingan, fraksinasi tepung, likuifikasi dan sakharifikasi.



Pada ketiga invensi tersebut, pembuatan larutan glukosa pada tahap reaksi sakharifikasi (pembentukan glukosa) dilakukan dengan menggunakan enzim dalam keadaan tidak terimobil, sehingga pemakaian enzim hanya dapat digunakan satu kali. Sedangkan produksi sirup glukosa dari tapioka pada invensi ini, dilakukan dengan teknik imobilisasi menggunakan batu apung, sehingga enzim dapat digunakan secara berulang.

### Ringkasan Invensi

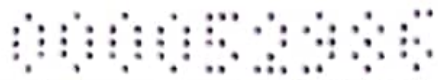
Sasaran utama invensi ini adalah menyediakan proses pembuatan sirup glukosa dari substrat hidrolisat tapioka dilakukan dengan teknik imobilisasi enzim menggunakan matriks batu apung, proses tersebut dilakukan dengan tahapan: (a) memotong kecil (1-2 cm<sup>3</sup>) batu apung menjadi matriks imobil, (b) mengeringkan matriks imobil dalam oven, (c) mengimobilisasi enzim pada matriks batu apung, (d) melikuifikasi tapioka untuk menghasilkan hidrolisat tapioka, (e) mengatur konsentrasi hidrolisat tapioka sebanyak 30 % b/v dan pH 4,5, (f) menambahkan enzim imobil ke dalam hidrolisat tapioka sebanyak sebanyak 0,8 ml/kg substrat untuk amiloglukosidase (200 AGU/ml) dan 0,3 g/kg substrat untuk pululanase (200 PUN/g), (g) melakukan proses sakharifikasi dengan kecepatan pengadukan 100 rpm pada suhu 60 °C selama 72 jam, dan (h) memisahkan enzim imobil dari produk sirup glukosa dan enzim imobil untuk digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut.

Dalam perwujudan ini, lebih disukai proses imobilisasi dilakukan dengan tahapan: (a) mensuspensikan enzim ke dalam larutan buffer fosfat 0,2 M pH 6,0, (b) mencampurkan enzim dengan matriks batu apung, dan (c) mendinginkan campuran selama 24 jam dalam suhu refrigerator (0-4 °C).

Lebih disukai lagi proses likuifikasi tapioka dengan menggunakan  $\alpha$ -amilase untuk menghasilkan hidrolisat tapioka pada tingkat DE (dekstrosa equivalent) 5-15%.

Masih lebih disukai reaksi sakharifikasi dengan enzim imobil yang dilangsungkan pada suhu 60 °C selama 72 jam dengan kecepatan pengadukan 100 rpm.

Paling disukai pada tahap akhir proses produksi sirup glukosa, enzim imobil yang telah digunakan dipisahkan dari produk sirup glukosa dan untuk selanjutnya



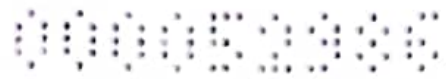
digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut dengan substrat hidrolisat yang segar.

### Uraian Lengkap Invensi

Invensi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan enzim pada produksi sirup glukosa telah diperoleh dengan menggunakan batu apung sebagai matriks untuk imobilisasi enzim. Proses pembuatan sirup glukosa dilakukan dengan melibatkan 3 (tiga) jenis enzim, yakni  $\alpha$ -amilase, pululanase dan amiloglukosidase. Enzim  $\alpha$ -amilase diperlukan untuk reaksi hidrolisis parsial (likuifikasi) tapioka, kemudian dilanjutkan dengan reaksi sakharifikasi untuk menghasilkan sirup glukosa dengan menggunakan enzim pululanase dan amiloglukosidase. Peranan dari enzim amiloglukosidase dalam proses sakharifikasi adalah untuk memotong ikatan  $\alpha$ -1-4 glikosidik pada rantai utama pati. Mekanisme pemotongan dilakukan dari rantai ujung non-pereduksi dengan melepaskan satu per satu unit glukosa. Sedangkan enzim pululanase berperan dalam pemotongan rantai percabngan amilopektin pada ikatan  $\alpha$ -1-6 glikosidik.

Produksi sirup glukosa pada invensi ini dilakukan dengan mengimobil enzim pada tahap sakharifikasi, enzim yang diimobil tersebut adalah pululanase dan amiloglukosidase. Teknik imobilisasi yang dikembangkan pada invensi ini adalah sistem adsorpsi dengan menggunakan batu apung sebagai matriks.

Penyiapan enzim immobil dimulai dengan tahapan-tahapan: (1) batu apung dipotong-potong kecil dengan ukuran 1-2 cm<sup>3</sup>, lalu dicuci bersih, (2) potongan-potongan batu apung tersebut, selanjutnya dikeringkan dalam oven pengering, (3) enzim pululanase dan amiloglukosidase disuspensikan ke dalam buffer fosfat 0,2 M pH 6,0, masing-masing sebanyak 0,8 ml/kg substrat untuk amiloglukosidase (200 AGU/ml) dan pululanase (enzim *debranching*) (200 PUN/g) sebanyak 0,3 g/kg substrat, (4) suspensi enzim dalam buffer fosfat dicampurkan dengan matriks batu apung, lalu didiamkan selama 24 jam dalam suhu refrigerator (0-4 °C), (5) Selanjutnya matriks batu apung yang telah mengikat enzim (enzim immobil) dipisahkan dari larutan buffer fosfat, lalu enzim immobil tersebut siap untuk digunakan pada proses sakharifikasi, (6) proses sakharifikasi dilakukan dengan menggunakan hidrolisat tapioka konsentrasi 30 % b/v. Keasaman hidrolisat (substrat) diatur pada pH 4,5 lalu ditambahkan enzim immobil, (7) reaksi sakharifikasi dilangsungkan pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 72



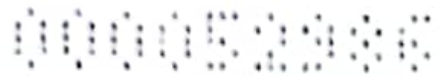
jam, dan (8) setelah reaksi selesai, enzim imobil dipisahkan dari produk glukosa dengan cara penyaringan. Selanjutnya enzim imobil tersebut digunakan kembali pada substrat hidrolisat yang segar untuk reaksi sakharifikasi berikutnya.

Proses pembuatan sirup glukosa, dimulai dengan tahapan hidrolisis parsial (likuifikasi) tapioka menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase (Thermamil 120 KNU/g) hingga dihasilkan hidrolisat pada tingkat DE (dekstrosa equivalent) 5-15%. Pada proses likuifikasi, tapioka sebanyak 40 % b/v disuspensikan dalam air, kemudian keasaman suspensi diatur pada pH 5-7 (5,5) serta penambahan ion kalsium sebanyak  $\pm$  15 ppm dan  $\alpha$ -amilase 0,05 - 0,2 (0,1% b/b). Likuifikasi dilakukan antara 75-90 °C selama 60 sampai 90 menit. Hasil likuifikasi tersebut dikenal dengan hidrolisat tapioka untuk selanjutnya digunakan sebagai substrat pada tahapan proses sakharifikasi.

Proses sakharifikasi dengan teknik imobilisasi dilakukan dengan menggunakan substrat hidrolisat tapioka dengan konsentrasi 30 % b/v. Hidrolisat tapioka tersebut diatur keasamannya pada pH 4,5 lalu ditambahkan enzim imobil (glukoamilase dan pululanase yang terikat pada batu apung). Reaksi sakharifikasi dilangsungkan selama 72 jam pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Setelah reaksi sakharifikasi selesai, matriks yang mengikat enzim (enzim terimobil) dipisahkan dari produk sirup glukosa dengan cara penyaringan. Selanjutnya enzim imobil tersebut digunakan kembali pada substrat hidrolisat yang segar untuk reaksi sakharifikasi berikutnya.

Perolehan gula pereduksi pada proses sakharifikasi dengan penggunaan enzim imobil hingga pemakaian kedelapan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Sedangkan nilai dekstrosa equivalen (DE) sirup glukosa pada pemakaian enzim imobil hingga kedelapan disajikan pada Tabel 2.

Hasil yang diperoleh pada proses sakharifikasi dengan menggunakan enzim imobil pertama, dihasilkan gula pereduksi sebesar 275.40 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen (DE) sebesar 91,8 %. Setelah proses sakharifikasi pertama selesai enzim imobil dipisahkan dari produk sirup glukosa, kemudian enzim imobil tersebut digunakan untuk kedua kalinya pada proses sakharifikasi berikutnya. Hasil gula pereduksi yang diperoleh pada sakharifikasi dengan penggunaan enzim imobil kedua tersebut adalah 235.37 g/l dengan dekstrosa equivalen (DE) 78.455 %. Enzim



imobil pada sakharifikasi kedua kembali dipisahkan untuk digunakan pada proses sakharifikasi berikutnya.

Tabel 1. Perolehan gula pereduksi rata-rata pada proses sakharifikasi dengan pemakaian enzim imobil pada matriks batu apung

Pemakaian Matriks imobil ke	Ulangan		Total	Rerata (g/l)
	1	2		
1	275.91	274.89	550.80	275.40
2	233.13	237.61	470.74	235.37
3	227.37	231.93	459.30	229.65
4	209.39	221.91	431.30	215.65
5	189.72	201.38	391.10	195.55
6	153.22	143.54	296.76	148.22
7	146.94	147.46	294.40	147.20
8	147.48	143.22	290.70	145.35

5

Tabel 2. Perolehan nilai dekstrosa equivalen (DE) rata-rata pada proses sakharifikasi dengan pemakaian enzim imobil pada matriks batu apung

Pemakaian Matriks imobil ke	Ulangan		Total	Rerata (%)
	1	2		
1	91.97	91.63	183.60	91.80
2	77.71	79.20	156.91	78.45
3	75.79	77.31	153.10	76.55
4	69.79	73.97	143.76	71.88
5	63.24	67.33	130.57	65.28
6	51.72	47.85	99.57	49.78
7	48.98	49.15	98.13	49.06
8	49.16	47.74	96.90	48.45

- 10 Hasil gula pereduksi yang diperoleh pada sakharifikasi dengan penggunaan enzim imobil ketiga kalinya adalah sebesar 229.65 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen 76,55 %. Kemudian enzim imobil kembali dipisahkan dari produk sirup glukosa untuk digunakan pada proses sakharifikasi keempat kalinya. Hasil gula pereduksi yang diperoleh pada penggunaan enzim imobil yang keempat tersebut
- 15 adalah sebesar 215.65 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen (DE) 71,88 %. Enzim imobil pada proses sakharifikasi yang keempat dipisahkan lagi dari produk sirup



glukosa, kemudian enzim imobil tersebut digunakan untuk kelima kalinya pada proses sakharifikasi lebih lanjut. Hasil gula pereduksi yang diperoleh pada penggunaan enzim imobil yang kelima tersebut adalah sebesar 195.55 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen 65,28 %.

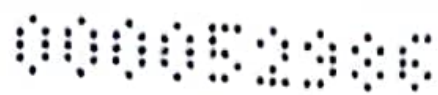
- 5 Enzim imobil pada sakharifikasi yang kelima, kembali dipisahkan dari produk sirup glukosa untuk digunakan pada sakharifikasi berikutnya. Pemakaian enzim imobil tersebut digunakan hingga delapan kali. Hasil gula pereduksi yang diperoleh pada pemakaian enzim imobil keenam, ketujuh dan kedelapan cenderung menurun yakni masing-masing sebesar 148.22 g/l, 147.20 g/l dan 145.35 g/l, dengan nilai dekstrosa equivalen (DE) masing-masing sebesar 49.78 %, 49.065 dan 48.45 %.

10 Hasil invensi ini menunjukkan bahwa penggunaan batu apung untuk imobilisasi enzim dalam pembuatan sirop glukosa efektif digunakan sampai lima kali proses sakharifikasi dengan perolehan gula pereduksi mencapai sebesar 195.55 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen 65,28 %. Sedangkan jika mengacu pada SNI 01-15 2978-1992 tentang Standar Mutu Sirop Glukosa yakni kandungan glukosa minimal 30 % (b/b), maka pemakaian enzim imobil dapat digunakan hingga kedelapan kali, sirop glukosa yang dihasilkan masih memenuhi standar SNI dengan nilai dekstrosa 20 equivalen (DE) sebesar 48,45 %.

20

25

30

**Klaim**

1. Suatu proses pembuatan sirop glukosa dari substrat hidrolisat tapioka dilakukan dengan teknik imobilisasi enzim menggunakan matriks batu apung, proses tersebut dilakukan dengan tahapan:
- memotong kecil ( $1-2 \text{ cm}^3$ ) batu apung menjadi matriks imobil;
  - mengeringkan matriks imobil dalam oven;
  - mengimobilisasi enzim pada matriks batu apung;
  - melikuifikasi tapioka untuk menghasilkan hidrolisat tapioka;
  - mengatur konsentrasi hidrolisat tapioka sebanyak 30 % b/v dan pH 4,5;
  - menambahkan enzim imobil ke dalam hidrolisat tapioka sebanyak 0,8 ml/kg substrat untuk amiloglukosidase (200 AGU/ml) dan 0,3 g/kg substrat untuk pululanase (200 PUN/g);
  - melakukan proses sakharifikasi dengan kecepatan pengadukan 100 rpm pada suhu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 72 jam;
  - memisahkan enzim imobil dari produk sirop glukosa dan enzim imobil untuk digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut.
2. Proses pembuatan sirop glukosa sebagaimana pada klaim 1, dimana pada proses imobilisasi dilakukan dengan tahapan:
- mensuspensikan enzim ke dalam larutan buffer fosfat 0,2 M pH 6.0;
  - mencampurkan enzim dengan matriks batu apung;
  - mendiamkan campuran selama 24 jam dalam suhu refrigerator ( $0-4 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
3. Proses pembuatan sirop glukosa sebagaimana pada klaim 1, dimana proses likuifikasi tapioka untuk menghasilkan hidrolisat tapioka dilakukan dengan menggunakan  $\alpha$ -amilase hingga tingkat DE (dekstrosa equivalent) 5-15%.
4. Proses pembuatan sirop glukosa sebagaimana pada klaim 1, dimana reaksi sakharifikasi dengan enzim imobil dilangsungkan pada suhu  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 72 jam.
5. Proses pembuatan sirop glukosa sebagaimana pada klaim 1, dimana enzim imobil yang telah digunakan dipisahkan dari produk sirop glukosa dan selanjutnya digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut dengan substrat hidrolisat yang segar.



## Abstrak

### **PROSES PEMBUATAN SIROP GLUKOSA DARI TAPIOKA DENGAN TEKNIK IMOBILISASI ENZIM MENGGUNAKAN MATRIKS BATU APUNG**

Invensi ini berkaitan dengan proses pembuatan sirop glukosa dari tapioka dengan melakukan imobilisasi enzim pululanase dan amiloglukosidase sistem adsorpsi menggunakan matriks batu apung. Keuntungan sistem imobilisasi dalam proses biokatalisis diantaranya mempermudah proses pemisahan enzim dari produknya sehingga memungkinkan penggunaan ulang (*reuse*) dari enzim tersebut. Pada invensi ini matriks yang digunakan untuk imobilisasi enzim adalah batu apung.

Batu apung yang digunakan dipotong-potong kecil dengan ukuran sekitar 1-2 cm<sup>3</sup>, lalu dicuci bersih, kemudian dikeringkan dalam oven pengering. Enzim pululanase dan amiloglukosidase disuspensikan ke dalam larutan buffer fosfat 0,2 M pH 6,0, lalu dicampur dengan batu apung. Campuran enzim dan batu apung didiamkan selama 24 jam pada suhu refrigerator (0-4 °C) untuk membentuk enzim imobil. Selanjutnya enzim imobil dicampur dengan hidrolisat tapioka untuk selanjutnya disakarifikasi pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 72 jam. Enzim imobil yang telah digunakan dipisahkan dari produk sirop glukosa dan untuk selanjutnya digunakan kembali pada proses sakharifikasi lebih lanjut dengan substrat hidrolisat yang segar. Pembuatan sirop glukosa dengan imobilisasi enzim menggunakan batu apung, enzim imobil tersebut dapat digunakan secara efektif hingga lima kali dengan perolehan gula pereduksi sebesar 195,55 g/l dengan nilai dekstrosa equivalen 65,28 %. Sedangkan jika mengacu pada SNI 01-2978-1992 tentang Standar Mutu Sirop Glukosa yakni kandungan glukosa minimal 30 % (b/b), maka pemakaian enzim imobil dapat digunakan hingga kedelapan kali, sirop glukosa yang dihasilkan masih memenuhi standar SNI dengan nilai dekstrosa equivalen (DE) sebesar 48,45 %.