

Sirup Glukosa Berbasis Enzim dari Mikroba Lokal sebagai Gula Masa Depan Indonesia: Potensi dan Tantangan

Enzyme-Based Glucose Syrup from Local Microbes as Indonesia's Future Sugar: Potentials and Challenges

Muhammad Agung Islamy¹, Nugraha Edhi Suyatma¹, Saraswati¹,
dan Nanik Rahmani²

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

²Laboratorium Genomik, Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Raya Bogor, Km.46 Cibinong, Bogor, 16911
E-mail: muhammadagungislamy@apps.ipb.ac.id

Diterima: 22 Desember 2023

Revisi: 8 Juli 2024

Disetujui: 16 Agustus 2024

ABSTRAK

Gula sudah menjadi kebutuhan dasar rumah tangga yang tidak dapat terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia, maka tingkat kebutuhan akan ketersediaan gula juga mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Pemerintah harus serius dalam menanggapi masalah ini dalam jangka panjang, salah satunya melalui pengembangan sirup glukosa berbasis bahan lokal menggunakan enzim dari mikroba lokal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi akan potensi sumber daya lokal baik bahan baku dan mikroba lokal dalam pengembangan industri sirup glukosa dan tantangannya di Indonesia menggunakan pendekatan *systematic review*. Setelah melakukan penelusuran pustaka ternyata ada beberapa komoditas bahan baku dan isolat mikroba lokal yang berpotensi dikembangkan dalam industri sirup glukosa. Bahan baku tersebut seperti jagung, singkong, ubi jalar, talas, sagu dan sorgum. Dengan isolat mikroba yang berpotensi dapat dikembangkan seperti *Anoxybacillus flavithermus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus awamori* KT-11, *Bacillus subtilis* dan lain-lain.

kata kunci: gula, sirup glukosa, mikroba lokal

ABSTRACT

*Sugar has become a staple household need that is inseparable from daily life. Along with Indonesia's increasing population, the demand for sugar availability has also increased significantly. The government must seriously address this issue in the long term, one of which is through the development of glucose syrup based on local ingredients using enzymes from local microbes. This study aimed to determine the potential of local resources, both raw materials and local microbes, in the development of the glucose syrup industry and its challenges in Indonesia, using a systematic review approach. After conducting a literature search, several commodities of raw materials and local microbial isolates have the potential to be developed in the glucose syrup industry. These raw materials include corn, cassava, sweet potato, taro, sago and sorghum with potential microbial isolates such as *Anoxybacillus flavithermus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus awamori* KT-11, *Bacillus subtilis* and more.*

key words: sugar, glucose syrup, local microbes

I. PENDAHULUAN

Gula menjadi kebutuhan dasar rumah tangga yang sulit untuk dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Semua orang membutuhkan asupan gula yang diolah menjadi berbagai jenis produk makanan atau minuman untuk dapat dikonsumsi sebagai sumber energi yang digunakan untuk beraktivitas (Tranggono, dkk., 2023). Seiring dengan tren peningkatan

jumlah penduduk, maka tingkat kebutuhan akan ketersediaan gula juga mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Nyatanya, kondisi saat ini produksi gula nasional tetap belum mampu memenuhi persediaan gula di dalam negeri. BPS (2022) mencatat produksi gula kristal putih nasional mencapai 2.405.907 ton pada tahun 2022, sedangkan proyeksi konsumsi langsung gula nasional untuk tahun 2023 lebih

besar, yakni mencapai 2.694.273 ton. Bahkan menurut Ariefien dan Soedarto (2023) pada tahun 2021 jumlah produksi gula kristal putih nasional hanya dapat memenuhi kebutuhan sebesar 30 persen, sehingga belum mampu untuk mencapai target swasembada gula nasional. Kondisi ini mengharuskan pemerintah Indonesia melakukan impor gula dari beberapa negara lain seperti Thailand, Brazil dan Australia (Safrida, dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut, pemerintah harus membuat kebijakan mengembangkan gula alternatif. Salah satunya adalah melakukan pengembangan alternatif seperti sirup glukosa.

Sirup glukosa merupakan salah satu bahan pangan yang menjadi turunan komoditas gula yang diperoleh dari proses hidrolisis pati, baik secara fisikokimia maupun melalui proses enzimatik. Sirup glukosa umumnya dapat didefinisikan sebagai cairan kental jernih, mengandung sakarida yang dihasilkan dari pati melalui proses hidrolisis menggunakan asam dan atau enzim, dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan yang standardisasinya telah diatur dalam SNI Sirup Glukosa 2978:2021 (BSN 2021). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mardawati, dkk. (2019)

(tidak terbentuk kristal) sampai sirup glukosa tersebut mencapai tingkat kejenuhan sebesar 75 persen. Selain itu, sirup glukosa banyak digunakan dalam berbagai industri pangan yang bermanfaat sebagai pemanis, pengental, penjaga kelembapan makanan (Mursyidin, dkk., 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi akan potensi sumber daya lokal baik bahan baku pembuatan dan isolat mikroba lokal dalam pengembangan industri sirup glukosa dan tantangannya di Indonesia menggunakan data sekunder melalui pendekatan *systematic review*.

II. SIRUP GLUKOSA BESERTA KOMPONEN DAN BAHAN BAKUNYA

Penyediaan sirup glukosa sebagai gula alternatif menggunakan bahan baku pati telah banyak dilakukan, salah satunya adalah dalam bentuk cair atau *liquid*. Beberapa sirup glukosa yang telah dikembangkan menggunakan sumber bahan pangan yang tinggi karbohidrat. Beberapa hasil penelitian yang telah memanfaatkan komoditas pangan lokal sebagai bahan baku dalam bentuk pati, umbi atau empulur batang palma menjadi produk sirup glukosa yang potensial dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penelitian Sirup Glukosa Berbasis Pati dari Sumber Daya Alam Lokal

Komoditas Pangan	Jumlah Bahan Baku (ton)	Enzim yang digunakan	Gula yang dihasilkan	Referensi
Jagung	23.042.765	α -amilase, glucoamilase dan pullunase	Fruktosa dan glukosa	Mardawati, dkk., 2019)
Singkong	15.730.969	α -amilase dan glucoamilase	Glukosa dan maltosa	Maulani, dkk., 2018
Ubi Jalar	1.424.147	α -amilase, glucoamilase dan pullunase	Fruktosa dan glukosa	Rahmawati dan Sutrisno, 2015
Talas	457.450	α -amilase dan amiloglukosidase	Glukosa	Putra, dkk., 2015
Sagu	367.132	α -amilase dan glucoamilase	Glukosa	Mukarramah, dkk., 2015
Sorgum	7.695	α -amilase dan glucoamilase	Fruktosa, maltosa, dan glukosa	Permanasari, dkk., 2018
Bengkung	1.747	Inulinase dan glucoamilase	Fruktosa dan glukosa	Akbar, 2022

melaporkan beberapa keunggulan dari sirup glukosa jika dibandingkan dengan sukrosa, di antaranya sirup glukosa tidak mudah mengkristal seperti sukrosa apabila dilakukan pengolahan pada suhu tinggi dan inti kristal akan stabil

Secara umum, sirup glukosa dibedakan menjadi dua, yakni sirup glukosa cair dan sirup glukosa kering (BSN, 2021). Industri pangan di Indonesia kini mulai mengalami pergeseran pemanfaatan sirup glukosa (Permanasari, dkk.,

2018). Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh sirup glukosa antara lain: karakteristik sifat fisiknya yang tidak mudah mengkristal apabila dipanaskan pada suhu tinggi, sifatnya yang mudah larut, memberikan tampilan mengkilap, serta dapat memperbaiki tekstur (Budiyanto, dkk., 2019). Syarat mutu sirup glukosa SNI 2978:2021 dapat dilihat pada Tabel 2.

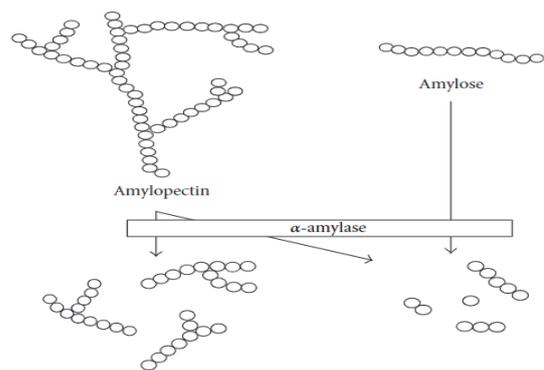
Tabel 2. Syarat Mutu Sirup Glukosa

Komponen Mutu	Sirup Glukosa	
	Cair	Kering
Kedadaan	Normal	Normal
Padatan total (%)	min 70	min 93
<i>Dextrose equivalent</i> (%)	min 20	min 20
Abu sulfat (%)	maks 1	maks 1
Cemaran logam (mg/kg)	maks 0,25	maks 0,25

Sumber: (BSN, 2021)

Hidrolisis enzimatis adalah proses pemecahan dari polimer kompleks menjadi senyawa tunggal dalam bentuk monomer melalui pemanfaatan enzim. Menurut Waldron (2010), enzim mempunyai kemampuan mengikat senyawa tertentu secara spesifik sehingga meningkatkan laju reaksi dan mengakibatkan hidrolisis yang lebih cepat dan efisien. Taherzadeh dan Karimi (2007) menyatakan bahwa hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan antara lain: proses hidrolisis enzimatis tersebut tidak menyebabkan terjadinya degradasi monomer penghasil gula dari rangkaian hidrolisis, kondisi lebih terkontrol dan efisien karena menggunakan suhu rendah, kondisi pH netral, dan memiliki potensi untuk mendapatkan hasil gula dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi, serta biaya operasi dan pemeliharaan dari proses hidrolisis relatif lebih rendah karena tidak ada penggunaan bahan yang bersifat korosif.

Dalam skala industri, pembuatan sirup glukosa melalui proses hidrolisis enzimatis terdiri dari dua tahapan, yaitu tahap pertama proses likuifikasi (*liquefaction*) menggunakan enzim α -amilase dan tahap kedua proses sakarifikasi (*saccharification*) menggunakan enzim glukosamilase (Mukarramah, dkk., 2015). Dapat dilihat pada gambar (Gambar 1) proses likuifikasi adalah proses hidrolisis pati

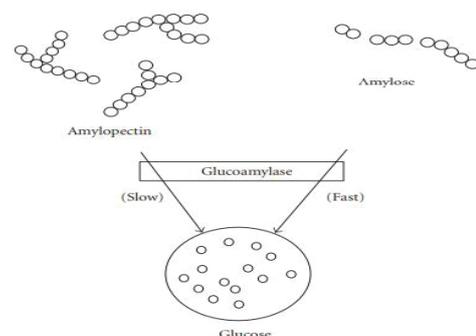


Gambar 1. Proses Likuifikasi (Hii, dkk., 2012)

menggunakan enzim alfa-amilase pada kondisi di atas suhu gelatinisasi untuk menghasilkan dekstrin, glukosa, maltosa dan maltotriosa (Yunianta, dkk., 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Putra dkk., (2015) menunjukkan bahwa proses likuifikasi pati umbi talas dengan enzim amilase menghasilkan konsentrasi glukosa yang masih rendah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pati belum terhidrolisis secara sempurna atau terhidrolisis tertinggi 34,26 persen dari total glukosa yang ada di dalam bahan baku. Souza dan e Magalhães (2010) menjelaskan prinsip kerja enzim amilase dalam proses likuifikasi ini dimulai dengan proses degradasi dari amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa secara acak. Degradasi ini terjadi dengan cepat dan diikuti dengan penurunan viskositas. Begitu juga halnya pada proses degradasi amilopektin yang menghasilkan maltosa serta dekstrin.

Menurut Rika, dkk., (2020), proses likuifikasi sangat menentukan hasil proses sakarifikasi, dengan kata lain derajat hasil likuifikasi mempunyai kaitan langsung dengan jumlah pati yang diubah menjadi glukosa selama proses sakarifikasi (Gambar 2). Untuk menghasilkan



Gambar 2. Proses Sakarifikasi (Hii dkk., 2012)

sirup glukosa, diperlukan proses lanjutan berupa proses sakarifikasi menggunakan enzim glukoamilase. Enzim ini juga dikenal dengan nama α -1,4 glikan glukohidrolase (Richana, dkk., 2010). Menurut Budiyanto, dkk. (2019), pemanfaatan enzim ini diharapkan ikatan pada α -1,6 glikosidik juga akan mengalami hidrolisis sehingga produk dekstrin yang diperoleh pada tahap likuifikasi akan diubah menjadi monomer glukosa. Dengan demikian akan diperoleh tingkat kemanisan dan rendemen gula (*yield*) yang lebih tinggi.

Proses sakarifikasi umumnya menggunakan enzim glukoamilase sebanyak 0,8–1,2 ml/kg pati, pada suhu 60°C dan pH 4,0–4,6 selama 72 jam (Wang, dkk., 1996). Proses sakarifikasi membutuhkan waktu selama 76 jam, tetapi waktu tersebut dapat diminimalisasi dengan enzim dalam jumlah yang lebih banyak. Makin rendah kandungan glukosa, maka makin besar pula kandungan air dan kandungan oligosakarida lain di dalamnya seperti maltose dan dekstrin yang belum terhidrolisis sempurna (Negi dan Banerjee, 2009).

III. ENZIM ASAL MIKROBA LOKAL

Barus, dkk. (2013) menjelaskan, di Indonesia mikroba banyak dimanfaatkan dalam proses fermentasi untuk makanan, salah satunya adalah dalam industri biokimia yakni dalam bentuk enzim

(Saryono, dkk., 2016). Silaban dan Simamora (2018) menjelaskan, perkembangan industri enzim kini telah mengalami perubahan yang pesat dan mempunyai peran krusial dalam sektor industri berbasis bioteknologi. Pemahaman masyarakat akan permasalahan lingkungan yang makin tinggi serta munculnya dorongan dari para peneliti dan pemerhati lingkungan membuat teknologi enzim menjadi salah satu solusi alternatif untuk menggantikan berbagai rangkaian proses reaksi kimia dalam skala besar, di antaranya sirup glukosa sebagai alternatif gula non tebu yang digunakan dalam industri.

Pada umumnya enzim yang digunakan adalah enzim yang dapat memecah molekul karbohidrat menjadi unit-unit monosakarida sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa (Wang, dkk., 1995). Keunggulan enzim dari mikroba lokal adalah memiliki tingkat resisten terhadap lingkungan lebih kuat, serta dapat diproduksi dalam jumlah banyak. Hasil penelitian produksi enzim dari mikroba lokal dapat dilihat pada Tabel 3. Niyonzima (2019) menjelaskan produksi enzim dengan mikroba umumnya memerlukan berbagai rangkaian proses, mulai dari isolasi, skrining serta pembuatan inokulum, yakni mikroorganisme yang diperbanyak menggunakan media tertentu. Setelah inokulum kemudian berlanjut pada tahap produksi, sehingga akan dapat diperoleh enzim yang dimurnikan dan siap dipasarkan. Menurut Kumar

Tabel 3. Hasil Penelitian Produksi Enzim dari Mikroba Lokal

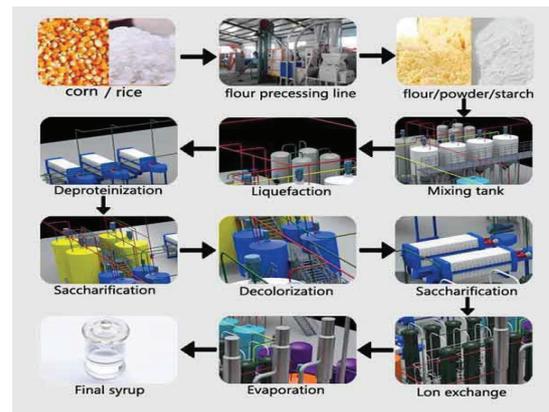
Jenis Mikroba	Enzim yang Dihasilkan	Media Asal Isolat	Referensi
<i>Aspergillus niger</i> ITBCCL74	α -amilase dan glukoamilase	Limbah Ubi Kayu	Sukandar, dkk., 2011
<i>Anoxybacillus flavithermus</i> AE3	α -amilase	Sumber Air Panas	Octarya, dkk., 2011
<i>Bacillus</i> sp. LT1B dan PT2B	Siklodekstrin glikosiltransferase	Tanah Perkebunan Jagung	Miftahurrohmah dan Moordiani, 2014
<i>Bacillus</i> sp. B.148	α -amilase	Sumber Air Panas	Yandri, 2004
<i>Aspergillus flavus</i> Gmn11.2	Inulinase	Umbi Dahlia	Saryono, dkk., 2016
<i>Bacillus subtilis</i>	α -amilase	Sumber Air Panas	Fifendy, dkk., 2015
<i>Bacillus</i> sp.	α -amilase	Sumber Air Panas	Silaban dan Simamora, 2018
<i>Aspergillus awamori</i> KT-11	Glukoamilase	Limbah Industri Pati	Anindyawati, dkk., 1998
<i>Anoxybacillus flavithermus</i>	α -amilase	Sumber Air Panas	Zilda, dkk., 2018
<i>Bacillus cereus</i> B.32	α -amilase	Brem Bali	Naiola, 2001
<i>Bacillus megaterium</i>	α -amilase	Daun Kenikir	Istia'nah, dkk., 2020
<i>Saccharomycopsis fibuligera</i>	Glukoamilase	Ragi Roti	Safari, dkk., 2018
<i>Saccharomycopsis</i> sp.	Glukoamilase	Ragi Tape	Naiola, 2006

dan Satyanarayana (2009), Industri teknologi produksi enzim dengan isolasi mikroorganisme umumnya menggunakan proses fermentasi, sehingga diperlukan fermentor. Pada proses ini untuk perlu diperhatikan jenis-jenis metode fermentasi yang dapat digunakan. Couto dan Sanroman (2006) menjelaskan sampai saat ini, metode fermentasi yang sudah dikenal seperti *submerged fermentation* atau sistem terendam dan *solid-state fermentation* atau sistem padat yang diklaim sebagai metode paling optimal dan telah banyak dilakukan untuk produksi besar dalam skala industri.

IV. POTENSI DAN TANTANGAN SIRUP GLUKOSA BERBASIS ENZIM DARI MIKROBA LOKAL

Potensi sirup glukosa berbasis enzim dari mikroba lokal sangat besar, karena kebutuhan tersebut banyak digunakan dalam industri pangan maupun industri non pangan seperti farmasi dan lain-lain. Aplikasi sirup glukosa pada industri pangan banyak digunakan untuk berbagai jenis produk manis seperti selai, roti, dan es krim, dan produk konveksioneri seperti permen. Bahkan sirup glukosa juga dimanfaatkan dalam industri farmasi dalam bentuk obat batuk cair. Sirup glukosa juga memiliki manfaat lain, seperti mampu meningkatkan tekstur dan volume pada makanan. Pernyataan tersebut didukung oleh Parwiyanti, dkk., (2011) yang melaporkan sirup glukosa berbasis pati umbi dapat dimanfaatkan menjadi minuman sirup. Hasil penelitian lainnya juga dilaporkan oleh Ridhani dan Aini (2021) yang menyatakan sirup glukosa juga berpotensi digunakan sebagai bahan dalam pembuatan roti manis. Sedangkan dalam industri farmasi, Simpson, dkk., (2022) menjelaskan sirup glukosa dapat dimanfaatkan sebagai pemanis pada obat parasetamol sirup. Secara umum proses industri sirup glukosa dapat dilihat pada Gambar 3.

Industri pengolahan pati menjadi gula dalam bentuk sirup glukosa dapat dilakukan dengan hidrolisis asam atau enzim. Namun produksi sirup glukosa melalui hidrolisis asam terkadang menghasilkan kualitas sirup glukosa yang bervariasi karena kesulitannya untuk mengendalikan reaksi hidrolisis (Rika, dkk., 2020). Metode produksi sirup dengan enzim merupakan salah satu teknologi pangan yang



Gambar 3. Alur Industri Sirup Glukosa (Helstad, 2019)

berkelanjutan ditandai dengan hasil yang lebih tinggi, beragam produk, kualitas produk lebih baik dan dapat menghemat energi yang lebih efisien serta ramah lingkungan (Mukarramah, dkk., 2015). Beberapa industri sirup glukosa komersial dan banyak beredar di pasaran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Produk Sirup Glukosa Komersil

Merek Dagang	Bahan Baku
Koepoe koepoe	Jagung
Rose Brand	Jagung
Selma	Jagung
Tofico	Jagung
Gulakong	Singkong
Manes	Singkong

Di balik potensi pasti memiliki tantangan dan hambatan tersendiri, apalagi pada pengembangan alternatif gula dalam bentuk sirup glukosa berbasis enzim dari mikroba lokal yang sampai saat ini masih belum ada yang melihat peluang tersebut. Dari aspek kualitas sirup glukosa juga memiliki kelemahan. Triyono (2008) menjelaskan beberapa kekurangan sirup glukosa adalah tingkat kemanisan lebih rendah dibandingkan sukrosa, berwarna keruh kecoklatan, dan masa simpan yang lebih pendek karena kadar air yang masih tinggi menyebabkan mikroba mudah memanfaatkan glukosa menjadi alkohol. Menurut Sukandar, dkk., (2011), proses konversi pati menjadi glukosa dalam pembuatan bioetanol merupakan proses yang sangat penting bagi industri bahan bakar, namun sebaliknya kondisi tersebut tidak diinginkan dalam industri sirup glukosa. Selain dari tantangan karakteristik, secara fungsional sirup glukosa juga memiliki tantangan sendiri karena adanya

masyarakat yang memiliki kondisi intoleran glukosa. Stull (2016) menjelaskan intoleransi glukosa merupakan masalah kesehatan dalam masyarakat yang mengacu pada kelainan penyerapan metabolisme glukosa, di antaranya seperti *impaired fasting glucose* (IFG), *impaired glucose tolerance* (IGT), dan diabetes tipe dua. Pernyataan tersebut didukung oleh Hasan, dkk. (2019). Intoleran glukosa yang juga dikenal sebagai pradiabetes dapat menjadi diagnosis awal diabetes melitus. Selain itu, intoleransi glukosa merupakan salah satu parameter sindrom metabolik yang merupakan faktor risiko diabetes melitus.

Kondisi ini dapat dijelaskan hubungannya bahwa kadar insulin biasanya meningkat untuk mempertahankan glukosa normal yang masih dalam batas toleransi. Tingkat sekresi insulin bahkan akan meningkat tiga sampai empat kali lipat pada orang yang menderita obesitas dibandingkan dengan orang normal (Cavaghan, dkk., 2000). Respons pankreas terhadap glukosa dalam pengaturan resistensi insulin tubuh memberikan pengaruh besar dalam penyerapan glukosa (Williams, dkk., 2000). Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dipahami bahwa sirup glukosa juga kurang baik apabila dikonsumsi oleh sebagian masyarakat yang mengalami kondisi kesehatan tertentu, namun memiliki manfaat bagi masyarakat lain yang tidak intoleran terhadap glukosa jika dikonsumsi dalam batas yang wajar. Enzim dari mikroba lokal dapat menjadi langkah konkret dalam mengatasi solusi kebutuhan gula terutama pada kebutuhan enzim di berbagai sektor industri dan dapat mengatasi tantangan ketersediaan gula sebagai bahan pemanis.

V. DUKUNGAN KEBIJAKAN SIRUP GLUKOSA SEBAGAI GULA MASA DEPAN

Penyediaan sirup glukosa berbasis enzim dari mikroba lokal ini harus melibatkan seluruh *stakeholder* yang terkait, mulai dari pemerintah kabupaten atau kota, pemerintah provinsi hingga pemerintah pusat sebagai pemegang kebijakan penuh yang mampu menggerakkan seluruh roda perekonomian masyarakat. Dengan masifnya kebijakan impor gula saat ini hanya akan membuat Indonesia makin ketergantungan terhadap negara lain, dan

kedaulatan dalam bentuk swasembada pangan sulit tercapai (Safrida, dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut diperlukan rencana strategis berkelanjutan guna menggali lebih jauh potensi alternatif gula melalui pendekatan ilmiah seperti pendekatan riset ekonomi dan pendampingan guna memberikan dampak *scale up* bagi industri sirup glukosa dari komoditas pangan lokal yang baru berkembang di Indonesia.

Kementerian Pertanian (2012) dalam peraturan nomor 14 tahun 2012 tentang Program Peningkatan Diversifikasi dan Ketahanan Pangan menjelaskan salah satu cara untuk mencapai kedaulatan pangan adalah melakukan diversifikasi pangan sebagai program prioritas pembangunan nasional dalam rangka meningkatkan ketahanan pangan dan pencapaian sasaran program kegiatan yang dilaksanakan secara efektif dan efisien. Atas dasar ini pemerintah seharusnya dapat melakukan strategi yang lebih spesifik lagi terhadap kebutuhan pangan di masyarakat sesuai dengan sumber daya alam yang ada di sekitarnya (Taufik, dkk., 2021). Dukungan kebijakan yang dapat dilakukan sebagai langkah awal adalah dengan mulai melakukan penetapan produksi sirup glukosa sebagai bagian dari penyediaan dan penggunaan gula Indonesia sebesar 5–7 persen. Kementerian Pertanian (2022) mencatat 15,06 persen dari keseluruhan kebutuhan gula Indonesia sebesar 3,21 juta ton pada tahun 2022 bersumber dari jenis gula selain gula pasir yang digunakan untuk kebutuhan berbagai sektor industri.

Dengan komoditas pangan lokal yang melimpah, serta ketersediaan berbagai jenis mikroba lokal sebagai kunci utama dalam menghasilkan enzim dan peluang bagi berkembangnya industri sirup glukosa, serta didukung berbagai hasil penelitian sudah sangat terbuka untuk dapat dikembangkan di setiap daerah. Terlebih lagi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) dalam peraturan nomor 24 tahun 2020 tentang Penyediaan Kawasan Hutan untuk *Food Estate* menyatakan adanya pembangunan *food estate* akan mempermudah sentralisasi kebutuhan pangan lokal melalui pertanian skala besar, selain untuk dikonsumsi langsung juga dapat diolah menjadi produk bernilai ekonomi seperti sirup glukosa.

Pernyataan tersebut didukung oleh Restuhadi, dkk. (2019) yang menjelaskan sirup glukosa dapat diproduksi dalam skala UMKM sehingga memiliki dampak positif bagi perekonomian masyarakat.

Menurut Munte, dkk. (2020), potensi sirup glukosa ini akan layak dan menguntungkan apabila dikembangkan dengan serius. Astuti (2023) menjelaskan pabrik sirup glukosa dapat dirancang dengan kapasitas 20 ribu ton/tahun dengan harga sekitar Rp14.950,00. Apabila setiap komoditas jagung, singkong, ubi jalar, sagu, talas, sorgum dan bengkuang memiliki pabrik maka akan menghasilkan 7 pabrik dengan produksi sebesar 140 ribu ton/tahun. Potensi produksi ini dapat memberikan pengaruh signifikan sebesar 18,5 persen pada tingkat konsumsi gula yang dilaporkan Kementerian Pertanian (2022) dengan jumlah penduduk Indonesia sebesar 277 juta jiwa menghasilkan tingkat konsumsi gula sebesar 6,81 kg/kapita/tahun dan diperkirakan akan mengalami penurunan dalam beberapa tahun ke depan.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa potensi pengembangan sirup glukosa dapat dilakukan menggunakan 7 komoditas pangan karbohidrat lokal seperti jagung, singkong, ubi jalar, sagu, talas, sorgum dan bengkuang dengan kapasitas produksi total 140 ribu ton/tahun. Potensi ini diharapkan mempunyai target pencapaian penyediaan gula Indonesia sebesar 5–7 persen dan tingkat konsumsi gula Indonesia dapat ditekan kurang dari 6,61 kg/kapita/tahun. Selain itu dampak dari meningkatnya produksi sirup glukosa adalah pemanfaatan mikroba lokal dari genus *Aspergillus*, *Anoxybacillus*, *Bacillus*, dan *Saccharomycopsis* sebagai bahan alternatif dalam produksi enzim untuk industri sirup glukosa akan menjadi sangat besar. Di balik potensinya masih banyak tantangan ke depan yang akan dilalui, mulai dari karakteristik sirup glukosa hingga kebijakan terkait dorongan pemerintah Indonesia untuk memikirkan alternatif gula non tebu masa depan.

Saran yang diberikan dalam kajian hasil penelitian ini adalah membantu lembaga

pemerintahan, peneliti, dosen, mahasiswa dan perusahaan dalam memberikan informasi secara komprehensif tentang potensi komoditas pangan dan enzim dari isolat lokal Indonesia yang dapat dikembangkan secara optimal. Langkah yang dapat dilakukan pemerintah dalam memperkenalkan sirup glukosa sebagai komoditas gula nasional seperti melakukan penetapan produksi sirup glukosa sebagai bagian dari penyediaan dan penggunaan gula Indonesia dengan target sebesar 5–7 persen serta mengedarkan produk sirup glukosa secara bertahap sebagai kebutuhan bahan pokok nasional melalui BULOG.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada IPB University dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas masukan, saran dan dukungannya hingga karya tulis ini selesai disusun.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R.I. 2022. Pengaruh Proporsi Enzim Mix (Inulinase:Gluko-Amilase) dan Lama Sakarifikasi terhadap Karakteristik High Fructose Syrup dari Umbi Bengkuang. *Jurnal Teknologi Pangan*, 16(1): 57–71.
- Anindyawati, T., Y.G. Ann, K. Ito, M. Iizuka, and N. Minamiura. 1998. Two Kinds of Novel α -Glucosidases from *Aspergillus Awamori* KT-11: Their Purifications, Properties and Specificities. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 85(5): 465–469.
- Ariefien, M.S. dan T. Soedarto. 2023. Bela Negara untuk Mewujudkan Usatani Tebu Berkelanjutan. *Jurnal Tropicorps*, 6(1):13–22.
- Astuti, M. P. 2023. *Perancangan Pabrik Sirup Glukosa dari Pati Singkong (Tepung Tapioka) dengan Proses Hidrolisis Pati secara Enzimatis Kapasitas 20.000 ton/tahun*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Barus, T., A. Kristanti, and A. Yuliandi. 2013. Diversity of Amylase-Producing *Bacillus* Spp. from "Tape" (Fermented Cassava). *HAYATI Journal of Biosciences*, 20(2): 94–98.
- BPS. 2022. *Distribusi Perdagangan Komoditas Gula Pasir di Indonesia 2022*. Ed. Direktorat Statistik Distribusi. Badan Pusat Statistik. Vol. 6. Jakarta: Badan Pusat Statistik RI.
- BSN. 2021. *SNI 2978:2021 Sirup Glukosa*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Budiyanto, A., A.B. Arif, and N. Richana. 2019. Optimization of Liquid Sugar Production Process from Sago (*Metroxylon Spp.*). *IOP Conference*

- Series: Earth and Environmental Science 309, no. 1.
- Cavaghan, M.K., D.A. Ehrmann, and K.S. Polonsky. 2000. Interactions between Insulin Resistance and Insulin Secretion in the Development of Glucose Intolerance. *Journal of Clinical Investigation*, 106(3): 329–333.
- Couto, S. R. and M. A. Sanroman. 2006. Application of solid-state fermentation to food industry-A review. *Journal of Food Engineering* 76, 3: 291–302.
- Fifendy, M., N. Yenti, dan Irdawati. 2015. Penapisan Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Amilase Dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Solok Selatan. *Eksakta*, 1: 1–115.
- Hasan, N., V. Hadju, N. Jafar, and R.M. Thaha. 2019. Cortisol Level Related Glucose Intolerance in Adult with Obese Central. *Journal of Health Science and Prevention*, 3(3S): 131–135.
- Hii, S. L., J. S. Tan., T. C. Ling., and A. B. Ariff. 2012. Pullulanase: Role in Starch Hydrolysis and Potential Industrial Applications. *Enzyme Research*, 2012: 921362.
- Helstad, S. 2019. Corn Sweetener. *Corn*, 551–591.
- Istia'nah, D., U. Utami, dan A. Barizi. 2020. Karakterisasi Enzim Amilase dari Bakteri *Bacillus megaterium* pada Variasi Suhu, PH Dan Konsentrasi Substrat. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 2(1): 11.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 24 Tahun 2020 Tentang Penyediaan Kawasan Hutan Untuk Pembangunan Food Estate*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Pertanian. 2012. *Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 Tentang Program Peningkatan Diversifikasi dan Ketahanan Pangan Masyarakat*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Kementarian Pertanian. 2022. *Buletin Konsumsi Pangan*. Vol. 13. No. 1. Jakarta: Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Kumar, P., and T. Satyanarayana. 2009. Microbial Glucoamylases: Characteristics and Applications: Critical Reviews. *Biotechnology*, 29(3): 225–255.
- Mardawati, E., B.M. Harahap, R. Andoyo, dan N. Wulandari. 2019. Karakterisasi Produk dan Pemodelan Kinetika Enzimatik Alfa-Amilase pada Produksi Sirup Glukosa dari Pati Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Industri Pertanian*, 1(1): 11–20.
- Maulani, L., W.S. Ramdhayani, F. Yulistiani, dan A.R. Permanasari. 2018. Pengaruh PH pada Pemanfaatan Limbah Padat Tepung Tapioka (Onggok) Menjadi Gula Cair Secara Hidrolisis Enzimatis. *Prosiding Industrial*. 155–158.
- Miftahurrohmah, N., and Moordiani. 2014. Characterization of JS-1 Isolate, an Alkalophylic Bacteria as Cyclodextrin Glycosyltransferase (CGTase) Producer from Sumedang, West Java. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia* 12(2): 216–221.
- Mukarramah, Ansharullah, dan L. Rianda. 2015. Pengaruh Penambahan Enzim Alfa Amilase pada Suhu yang Berbeda terhadap Karakteristik Sirup Glukosa. *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3): 246–254.
- Munte, E., Y. Kusumawaty, dan E. Maharani. 2020. Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Gula Sagu di Desa Sungai Tohor. *Agribisnis*, 22(1): 1–13.
- Mursyidin, D.H., Y.A. Nazari, dan I. Sugriwan. 2022. Introduksi Pembuatan Gula Cair Bagi Petani Sagu di Kecamatan Sungai Tabuk Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, 2(1): 42.
- Naiola, E. 2001. Karakterisasi Amilase dari Isolat Bakteri yang Berasal dari Bali dan Lombok. *Jurnal Biologi Indonesia*, 3(1): 1–7.
- Naiola, E. 2006. Karakterisasi Enzim Kasar Glukoamilase dari *Saccharomycopsis* Sp. *Berita Biologi*, 8(3): 187–192.
- Negi, S., and R. Banerjee. 2009. Optimization of Extraction and Purification of Glucoamylase Produced by *Aspergillus awamori* in Solid-State Fermentation. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 14(1): 60–66.
- Niyonzima, F.N. 2019. Production of Microbial Industrial Enzymes. *Acta Scientific Microbiology*, 2(12): 75–89.
- Octarya, Z., S. Syukur, dan E.P. RN. 2011. Skrining dan Identifikasi Bakteri Termofilik Penghasil Selulase dan Amilase dari Sumber Air Panas Bukit Kili Solok Sumatra Barat dengan Analisis Gen 16S RRNA. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 2(1): 37–44.
- Parwiyanti, F. Pratama, dan R. Arnita. 2011. Sifat Kimia dan Fisik Gula Cair dari Pati Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennts). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(2): 171–178.
- Permanasari, A.R., F. Yulistiani, M.A. Tsaqila, D. Alami, dan A. Wibowo. 2018. Pengaruh Konsentrasi Substrat dan Enzim terhadap Produk Gula Reduksi pada Pembuatan Gula Cair dari Tepung Sorgum Merah Secara Hidrolisis Enzimatis. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan* no.5.
- Putra, K.A.W., H. Amna, dan B.W.I. Gunam. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Enzim

- Amiloglukosidase pada Proses Sakarifikasi terhadap Produksi Gula Cair Pati Ubi Talas (*Colocasia esculenta*). *Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3(2): 130–139.
- Rahmawati, A.Y. dan A. Sutrisno. 2015. Hidrolisis Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas L.*) Secara Enzimatis Menjadi Sirup Glukosa Fungsional: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(3): 1152–1159.
- Restuhadi, F., R. Rosnita, R. Yulida, E. Rossi, D. Kurnia, and Y. Andriani. 2019. Kelayakan Usaha Skala Rumah Tangga Gula Sagu Cair di Sungai Tohor, Kecamatan Tebing Tinggi Timur Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 7(2): 167.
- Richana, N., A. Budhiyanto dan R. W. Arief. 2010. *Teknologi Produksi Sirup Glukosa*. Balitkabi Litbang Pertanian. Jakarta.
- Ridhani, M.A., dan N. Aini. 2021. Potensi Penambahan Berbagai Jenis Gula terhadap Sifat Sensori dan Fisikokimia Roti Manis: Review. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(3): 61–68.
- Rika, G.P., Maryam, and H. Dewi. 2020. Technical Analysis of Liquid Sugar Production Process of Raw Sago Starch using the Enzymatic Hydrolysis Method of Pilot Plant Scale. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 515, no. 1.
- Safari, A., R. Hartono, S. Gaffar, M. Yusuf, S.D. Rachman, dan S. Ishmayana. 2018. Optimisasi Ph dan Agitasi pada Produksi Glukoamilase dari *Saccharomycopsis fibuligera* R64 Menggunakan Respons Surface Method. *Chimica et Natura Acta*, 6(1): 34.
- Safrida, S., S. Sofyan, dan A. Taufani. 2020. Dampak Impor Gula terhadap Produksi Tebu dan Harga Gula Domestik di Indonesia. *Agricore: Jurnal Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 5(1): 35–48.
- Saryono, S., F. Fitriani, dan U.M.S. Soedjanaatmadja. 2016. Beberapa Mikroorganisme yang Menghasilkan Enzim Inulase, Isolasi dan Karakterisasi Enzim dari *Aspergillus flavus* Gmn.11.2 Galur Lokal. *Chimica et Natura Acta*, 4(3): 165–173.
- Silaban, S., dan P. Simamora. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Amilase dari Sampel Air Tawar Danau Toba. *EduChemia: Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 3(2): 222.
- Simpson, I.K., F.W.A. Owusu, M.E. Boakye-Gyasi, P. Entsie, M.T. Bayor, and K. Ofori-Kwakyie. 2022. Pharmaceutical Applications of Glucose Syrup from High Quality Cassava Flour in Oral Liquid Formulations. *International Journal of Food Science*. 2022.
- de Souza, P.M., and P. de O. e Magalhães. 2010. Application of Microbial α -Amylase in Industry - a Review. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4): 850–861.
- Stull, A.J. 2016. Lifestyle Approaches and Glucose Intolerance. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 10(6): 406–416.
- Sukandar, U., A.A. Syamsuriputra, L. Lindawati, dan Y. Trusmiyadi. 2011. Sakarifikasi Pati Ubi Kayu Menggunakan Amilase *Aspergillus niger* ITB CC L74. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(1): 1.
- Taherzadeh, M.J., and K. Karimi. 2007. Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review. *BioResources*, 2(3): 472–499.
- Taufik, A., T. Chaminra, I.R. Utami, A.D.P. Isnaad, D.E. Gaffar, dan M. Rusman. 2021. Strategi Pemerintah dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan Pada Masa Pandemi di Kabupaten Majene. *Kybernology : Journal of Government Studies*, 1(2): 178–194.
- Tranggono, L.A. Firnanda, W.P. Nurfiyanti, F.A. As Zahara, V. Angelina, dan N.P. Nagara. 2023. Faktor – Faktor yang Memengaruhi Rendemen Tebu yang Masih Belum Memenuhi Kebutuhan Gula Nasional. *AZZAHRA: Scientific Journal of Social Humanities*, 1(1): 63–72.
- Triyono, A. 2008. Karakterisasi Gula Glukosa dari Hasil Hidrolisa Pati Ubi Jalar (*Ipomea batatas, L.*) dalam Upaya Pemanfaatan Pati Umbi –Umbian. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, 7–10.
- Waldron, K. 2010. Hydrothermal Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioalcohol Production: Biochemical Conversion of Lignocellulosic Biomass*.
- Wang, W.J., A.D. Powell, and C.G. Oates. 1995. Pattern of Enzyme Hydrolysis in Raw Sago Starch: Effects of Processing History. *Carbohydrate Polymers*, 26(2): 91–97.
- Wang, W.J. 1996. Sago Starch as a Biomass Source: Raw Sago Starch Hydrolysis by Commercial Enzymes. *Bioresource Technology*, 55(1): 55–61.
- Williams, D.E.M., A.T. Prevost, M.J. Whichelow, B.D. Cox, N.E. Day, and N.J. Wareham. 2000. A Cross-Sectional Study of Dietary Patterns with Glucose Intolerance and Other Features of the Metabolic Syndrome. *British Journal of Nutrition*, 83(3): 257–266.
- Yandri, A.S. 2004. Penentuan N-Terminal Enzim α -Amilase dari Bakteri Lokal *Bacillus* sp. B. 148. *Jurnal Sains Teknologi*, 10(3): 143–150.
- Yunianta., T. Sulisty, Aprilastuti, T. Estiasih dan N. W. Siti. 2010. Hidrolisis Secara Sinergis Pati

Garut (*Marantha arundinaceae* L.) oleh Enzim Alpha-Amilase, Glukoamilase, dan Pullulanase untuk Produksi Sirup Glukosa. *J Teknologi Pertanian*, 11(2): 78–86.

Zilda, D.S., Y.N. Fawzya, and A.R. Uria. 2018. Identification of Protease-Producing Bacteria Isolated from Banyuwedang, Bali, and Characterization of Its Protease. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 13(3): 101.

BIODATA PENULIS:

Muhammad Agung Islamy, dilahirkan di Pekanbaru, 31 Mei 1999. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Riau tahun 2022 dan dari tahun 2023 sampai saat ini sedang menempuh Pendidikan S2 Ilmu Pangan di IPB University.

Nugraha Edhi Suyatma, dilahirkan di Magelang, 20 Desember 1970. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Teknologi Pangan IPB University tahun 1994, S2 Program Studi *Physico-chimie des Bioproduits*, Reims University tahun 2001 dan S3 Program Studi *Chimie Des Materiaux*, Reims University, Perancis tahun 2006.

Saraswati, dilahirkan di Bandung, 23 Januari 1992. Penulis menyelesaikan S1 Program Studi Teknologi Hasil Perairan, IPB University pada tahun 2013, dan pendidikan S3 Program Studi Ilmu Pangan IPB University tahun 2020.

Nanik Rahmani, dilahirkan di Sukoharjo, 15 Desember 1976. Penulis menyelesaikan S1 Program Studi Peternakan IPB University tahun 2000, S2 Program Studi Bioteknologi IPB University pada tahun 2003 dan S3 pada Program Studi *Chemical Engineering*, Kobe University, Jepang pada tahun 2018.