



BIOMETRIC

Journal of Biology Science and Biodiversity

Journal homepage:
<http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/mhs/index.php/biometric/index>



Pemanfaatan Limbah Agroindustri Sebagai Bahan Baku Substrat Pada Fermentasi Asam Laktat Oleh *Lactobacillus rhamnosus*

Nadia Choirum Masniah*¹, Hanik Faizah²

^{1,2}Biology, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya Indonesia

*Corresponding author: choirumnadia@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Category <i>Review article</i>	Lactic acid is an organic acid fermented product that is widely used in the food, cosmetic, pharmaceutical, textile, and chemical industries so that every year the demand for production increases. Fermented production of lactic acid will produce lactic acid with pure isomers involving microorganisms such as <i>L. rhamnosus</i> bacteria that are reported to be able to produce lactic acid with high productivity compared to other types of <i>Lactobacillus</i> bacteria. The utilization of agro-industrial waste as a substrate on lactic acid fermentation gets great attention because it can support the productivity of lactic acid with abundant availability of raw materials, low cost, and environmentally friendly. Fermented lactic acid production has been widely carried out and reported from various types of agro-industrial waste. This review provides information on recent advances in fermented lactic acid production by utilizing agro-industrial waste using strains of <i>L. rhamnosus</i> bacteria.
Keywords: Agro-industrial waste Lactic acid <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	

© 2021 Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

PENDAHULUAN

Asam laktat merupakan asam organik produk fermentasi yang banyak digunakan dalam industri makanan sebagai komponen pengawet, *acidulant*, dan penyedap rasa. Asam laktat juga digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, tekstil, dan kimia (Srivastava *et al.*, 2014). Asam laktat secara komersial dapat diproduksi dengan cara sintesis kimiawi maupun fermentasi. Campuran rasemat dari dua isomer optik asam laktat merupakan hasil sintesis kimiawi yang umumnya dihasilkan melalui hidrolisis asetaldehida dan hidrogen sianida. Oleh karena itu, produksi asam laktat secara sintesis kimiawi mungkin terbatas karena sedikitnya sumber bahan baku yang tersedia secara alami di masa mendatang dan tingginya resiko dampak negatif untuk pencemaran lingkungan (Guha *et al.*, 2013).

Produksi asam laktat secara fermentasi umumnya lebih disukai karena akan menghasilkan asam laktat dengan isomer murni yang melibatkan mikroorganisme dalam prosesnya, salah satunya

menggunakan bakteri asam laktat. *Lactobacillus* termasuk genus dari bakteri asam laktat dengan biokimia dan sifat fisiologis berbeda serta ketahanan khusus terhadap lingkungan asam (Pejin *et al.*, 2017). Djukić-Vuković *et al.* (2012) menggunakan strain bakteri *L. rhamnosus*, *L. paracasei* ssp. *paracasei*, *L. casei* ssp. *casei*, dan *L. pentosus* dalam fermentasi asam laktat dengan memanfaatkan bahan baku limbah sisa penyulingan menunjukkan perolehan kadar asam laktat, hasil, produktivitas volumetrik, dan jumlah sel yang maksimum menggunakan bakteri *L. rhamnosus*.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pejin *et al.* (2015) juga menunjukkan bahwa dalam fermentasi asam laktat pada hidrolisat BSG, hasil asam laktat menggunakan *L. fermentum* sangat rendah (30-44%) dengan produktivitas volumetrik juga rendah, sedangkan hasil asam laktat menggunakan *L. rhamnosus* jauh lebih tinggi (98%) dengan produktivitas volumetrik (0,52 g/L/jam) juga tinggi. Selain itu *L. rhamnosus* menghasilkan L(+) asam laktat (95-98%) di semua fermentasi, sedangkan *L. fermentum* menghasilkan L(+) dan D(-) asam laktat. Oleh karena itu, *L. rhamnosus* memiliki potensi besar untuk digunakan dalam proses fermentasi asam laktat.

Sebagian besar bakteri asam laktat membutuhkan asam amino, mineral, vitamin, asam lemak, purin, serta pirimidin untuk pertumbuhan dan aktivitas biologisnya, sehingga komposisi substrat dan kebutuhan nutrisi strain sangat mempengaruhi kinerja fermentasi. *Extract yeast* dalam berbagai studi dianggap sebagai nutrisi penting bagi *Lactobacilli* untuk produksi asam laktat yang efisien (Pejin *et al.*, 2017). Akan tetapi biaya produksi yang tinggi masih menjadi kendala utama dalam fermentasi mikroba, sehingga saat ini banyak penelitian yang difokuskan pada pengembangan produksi asam laktat dengan memanfaatkan berbagai macam bahan baku murah seperti limbah agroindustri karena dianggap ramah terhadap lingkungan. Pada review ini akan memberikan informasi ilmiah yang membahas mengenai pemanfaatan berbagai limbah agroindustri yang berpotensi untuk dijadikan sebagai substrat dalam fermentasi asam laktat oleh bakteri *L. rhamnosus*.

PEMANFAATAN LIMBAH AGROINDUSTRI UNTUK PRODUKSI ASAM LAKTAT

Asam laktat memiliki banyak kegunaan komersial terutama dalam bidang industri, sehingga fokus khusus terus diberikan pada peningkatan produksi asam laktat. Pemilihan biomassa mulai dari sisa makanan, pakan ternak, dan limbah pertanian serta residu agroindustri untuk memproduksi asam laktat bertujuan agar proses fermentasi ramah terhadap lingkungan dengan biaya yang cukup terjangkau. Praktik industri secara umum menghasilkan banyak residu atau produk sampingan yang saat ini bukan sebagai limbah melainkan harus dianggap sebagai substrat nutrisi yang dapat digunakan secara efisien untuk menghasilkan produk bernilai tambah dengan melibatkan mikroorganisme. Nilai ekonomi berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari agroindustri umumnya lebih kecil jika dibandingkan dengan biaya pemulihan untuk dapat digunakan kembali, sehingga menyebabkan limbah hanya dibuang dan menimbulkan efek yang kurang menguntungkan bagi lingkungan. Namun, pemanfaatan limbah yang efektif dapat dianggap berharga jika intervensi bioteknologi yang tepat digunakan untuk pengembangan produk baru yang ramah lingkungan dan juga hemat biaya (Ezejiiofor *et al.*, 2014).

Sumber karbohidrat yang dapat diperoleh dari limbah agroindustri dengan harga murah seperti molase, pati, sukrosa, dan sirup glukosa hampir secara universal digunakan sebagai sumber karbon terbarukan dalam proses fermentasi. Berbagai jenis perlakuan baik secara fisik, kimia, maupun enzimatik dapat diberikan pada produk sampingan ini dengan tujuan agar mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Produksi asam laktat secara komersial menggunakan teknologi fermentasi sangat bergantung pada biaya bahan baku yang digunakan, sehingga penting dalam memilih bahan baku untuk produksi asam laktat dengan karakteristik yang diinginkan termasuk diantaranya memiliki biaya rendah, aksesibilitas mudah, hasil produksi asam laktat tinggi, jumlah kontaminan rendah, laju fermentasi cepat, sedikit atau tidak adanya pembentukan produk sampingan, dan ketersediaan di alam (Randhawa *et al.*, 2012). Selain itu, pemilihan bahan baku berupa biomassa dari limbah agroindustri yang memiliki kandungan karbon, sumber nitrogen, dan

oksigen akan menjadi substrat yang baik untuk produksi asam laktat (Nawaz *et al.*, 2017).

Limbah agroindustri yang umum digunakan untuk produksi asam laktat dengan bantuan mikroorganisme diantaranya limbah industri sereal, limbah industri makanan dan sayuran, limbah industri pati, limbah industri gula, limbah industri susu, dan limbah pertanian (Panesar and Kaur, 2015). Berbagai penelitian telah dilakukan sejauh ini untuk menemukan jenis media, nutrisi, pH, dan suhu terbaik yang cocok untuk memberikan produktivitas dan rendemen tertinggi dalam produksi asam laktat (Nawaz *et al.*, 2017). Tabel 1 menunjukkan beberapa studi mengenai hasil produktivitas asam laktat menggunakan jenis bahan baku substrat dari limbah agroindustri yang berbeda sebagai sumber karbon untuk bakteri *L. rhamnosus* dalam menghasilkan asam laktat.

Tabel 1. Jenis bahan baku substrat, nutrisi, pH, dan hasil produktivitas asam laktat

Bahan Baku Substrat	Sumber Substrat	Nutrisi	pH	Asam laktat	Pustaka
Dedak gandum	industri sereal	<i>Corn steep liquor</i>	6.25	3.75 g/L	Li <i>et al.</i> , 2010
<i>Whey permeat</i>	industri susu	<i>Yeast extract</i> , MnSO ₄ .4H ₂ O, MgSO ₄ .7H ₂ O, NaAc, L-sistein-HCl.H ₂ O	5.00	0.94 g/L	Cui <i>et al.</i> , 2012
Cairan sisa penyulingan bioetanol	industri bioetanol	-	6.50	1.62 g/L	Djukić-Vuković <i>et al.</i> , 2012
Air limbah penyulingan bioetanol	industri bioetanol	-	6.50	1.41 g/L	Djukić-Vuković <i>et al.</i> , 2015
Molase	industri gula	<i>Yeast extract</i>	5.00	16.5 g/L	Senedese <i>et al.</i> , 2015
Laktosa dari <i>whey</i>	industri susu	<i>Corn steep liquor</i> , Tween 80, mangan sulfat	6.20	1.18 g/L	Bernardo <i>et al.</i> , 2016
<i>Brewer's spent grain</i>	industri alkohol	<i>Yeast extract</i>	6.20	1.69 g/L	Pejin <i>et al.</i> , 2017

Berbagai penelitian di atas menunjukkan kemajuan dalam melakukan pengembangan mengenai pemanfaatan limbah agroindustri yang kaya akan kandungan nutrisi untuk dapat dijadikan sebagai alternatif substrat yang berkelanjutan dan ramah terhadap lingkungan dalam produksi asam laktat dengan bantuan strain bakteri *L.rhamnosus* seperti *wheat bran* yang merupakan salah satu produk sampingan utama dari produksi gandum berupa dedak atau bekatul kaya akan kandungan protein, minyak, nutrisi, dan kalori (Li *et al.*, 2010); *whey permeat* yang merupakan hasil produksi dari *whey* protein atau yang disebut juga sebagai *whey* termodifikasi memiliki ketersediaan simpanan karbohidrat berupa laktosa dan nutrien penting lainnya dalam jumlah banyak yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Panesar *et al.*, 2010); dan *brewer's spent grain* (BSG) yang merupakan produk sampingan dari industri pembuatan bir mengandung 20% protein, 70% serat, pati, lipid, asam amino, vitamin dan mineral didalamnya (Pejin *et al.*, 2017). Penggunaan bahan baku limbah agroindustri berupa molase menghasilkan asam laktat tertinggi sebesar 16.5 g/L, sedangkan penggunaan *whey permeat* menghasilkan asam laktat terendah sebesar 0.94 g/L. Perolehan hasil asam laktat yang bervariasi pada masing-masing substrat dapat dikarenakan jumlah setiap bahan, nutrisi yang ditambahkan, metode, dan perlakuan yang digunakan berbeda-beda sehingga akan menentukan sedikit banyaknya asam laktat yang dihasilkan.

FERMENTASI SUBSTRAT CAIR

Fermentasi terendam atau fermentasi cair dalam prosesnya menggunakan substrat cair yang mengalir bebas, seperti molase dan kaldu. Senyawa bioaktif akan disekresikan kedalam kaldu fermentasi dan diperlukan penambahan nutrisi secara konstan karena substrat yang digunakan cukup cepat. Teknik fermentasi cair digunakan dalam ekstraksi metabolit sekunder sehingga harus dilakukan secara optimal untuk setiap media fermentasi. Hal ini terutama disebabkan karena organisme memiliki reaksi yang berbeda terhadap masing-masing substrat. Teknik fermentasi ini sangat cocok untuk mikroorganisme seperti bakteri yang membutuhkan kadar air tinggi, selain itu keuntungan lain dari teknik ini adalah proses pemurnian produk yang lebih mudah (Subramaniam and Vimala, 2012).

Studi penelitian yang ditunjukkan dalam tabel 1 seluruhnya menggunakan metode fermentasi substrat cair dengan beberapa diantaranya dilakukan secara kultur *batch* maupun *fed batch* menggunakan labu erlenmeyer atau bioreaktor karena melibatkan mikroorganisme berupa bakteri *L. rhamnosus*. Hal tersebut dinilai lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan metode fermentasi substrat padat yang menggunakan bahan baku substrat dengan kadar air yang rendah, sehingga tidak cocok untuk digunakan dalam proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri karena membutuhkan aktivitas air yang tinggi (Subramaniam and Vimala, 2012).

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS ASAM LAKTAT

Berbagai metode terus dikembangkan untuk dapat meningkatkan hasil produktivitas asam laktat selama fermentasi, beberapa diantaranya dengan melakukan penambahan sejumlah nutrisi eksogen, hidrolisis substrat, dan melakukan imobilisasi bakteri ke senyawa organik maupun anorganik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

PENAMBAHAN SUPLEMEN NUTRISI

Substrat yang kaya akan kandungan nitrogen dan sumber karbon merupakan media yang sangat dibutuhkan untuk membantu mendorong pertumbuhan mikroba (Rahman *et al.*, 2011). Penggunaan jenis sumber nutrisi untuk proses fermentasi menjadi keputusan yang kompleks ditinjau berdasarkan dari faktor-faktor seperti regangan mikroba yang terlibat, biaya bahan baku yang digunakan dan sifat produk akhir (Panesar and Kaur, 2015). Namun sebagian besar limbah industri yang dimanfaatkan dalam fermentasi asam laktat sebagai substrat beberapa diantaranya masih memiliki kandungan nutrisi yang cukup rendah sehingga belum mampu memberikan hasil optimal, oleh karena itu diperlukan adanya penambahan nutrisi eksogen kedalam substrat dengan tujuan agar nutrisi yang dapat digunakan oleh mikroba semakin kompleks dan dapat meningkatkan hasil kadar asam laktat. Beberapa jenis nutrisi yang dapat diaplikasikan kedalam media fermentasi asam laktat dapat dilihat dalam tabel 1.

Hasil penelitian yang menggunakan berbagai sumber nutrisi dalam tabel 1 menunjukkan peningkatan produktivitas asam laktat yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan hanya menggunakan substrat tanpa penambahan nutrisi, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.* (2010) menggunakan 25 g/L hidrolisat dedak gandum yang dikombinasikan dengan 30 g/L *corn steep liquor* (limbah produksi pati jagung) sebagai nutrisi tambahan dapat menghasilkan kadar asam laktat lebih tinggi (3.75 g/L) jika dibandingkan dengan kadar asam laktat yang dihasilkan menggunakan 25 g/L hidrolisat dedak gandum (2.35 g/L) tanpa penambahan nutrisi. Penelitian Cui *et al.* (2012) juga menambahkan beberapa sumber nutrisi eksogen kedalam substrat yang terdiri dari 5 g/L *yeast extract*, 0.05 g/L $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, 0.1 g/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 2 g/L NaAc, dan 0.5 g/L L-sistein-HCl.H₂O dengan produktivitas kadar asam laktat sebesar 0.94 g/L, dimana peningkatan produktivitas asam laktat tersebut 2,4 kali lipat yang diperoleh dari penambahan suplemen *yeast extract*, sedangkan penggunaan *whey permeate* tanpa penambahan nutrisi hanya dapat menghasilkan asam laktat sebesar 0.26 g/L.

Penelitian serupa dilakukan oleh Pejin *et al.* (2016) dengan menggunakan *brewer's spent grain* (BSG) sebagai bahan baku substrat dengan penambahan 50 g/L *yeast extract* mampu menghasilkan asam laktat sebesar 1.69 g/L, sedangkan kadar asam laktat yang dihasilkan menggunakan BSG tanpa penambahan nutrisi sebesar 0.67 g/L. Hasil penelitian tersebut menunjukkan terdapat pengaruh adanya penambahan nutrisi berupa *yeast extract* yang dinilai mampu meningkatkan konsentrasi asam laktat seiring dengan tingginya pemanfaatan gula reduksi oleh mikroba selama proses fermentasi berlangsung (Senedese *et al.*, 2015). Sumber nitrogen tambahan berupa *yeast extract* tersebut diperlukan *L. rhamnosus* untuk dapat menyerap *whey* secara optimal selama proses fermentasi. Hal ini dapat disebabkan karena pada umumnya bakteri asam laktat membutuhkan sumber nitrogen eksogen berupa asam amino atau peptida untuk memenuhi pertumbuhan sel (Cagno *et al.*, 2015). Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua sumber nutrisi tersebut memiliki efek komplementer pada produksi asam laktat, dimana lebih banyaknya sumber nutrisi yang terkandung dalam substrat akan lebih efisien untuk produksi asam laktat karena setiap nutrisinya akan dapat saling melengkapi (Gao *et al.*, 2008).

HIDROLISIS SUBSTRAT

Proses hidrolisis yang dilakukan terhadap substrat fermentasi untuk produksi asam laktat saat ini banyak digunakan dalam beberapa penelitian karena memiliki peranan penting dalam pemecahan pati pada substrat menjadi glukosa yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir fermentasi. Proses hidrolisis harus dilakukan dalam kondisi yang optimal agar dapat meningkatkan hasil produktivitas asam laktat, sebaliknya pada proses hidrolisis substrat yang kurang optimal dapat merusak nutrisi substrat pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi sehingga penting untuk memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses hidrolisis diantaranya berupa jenis substrat, konsentrasi dan viskositas substrat, suhu, pH, laju agitasi, dan pretreatment substrat (Azmi *et al.*, 2017).

Penelitian yang dilakukan Li *et al.* (2010) mengindikasikan bahwa *wheat bran hydrolysate* (WBH) memiliki efek signifikan terhadap produksi asam laktat dan konsumsi glukosa oleh bakteri *L. rhamnosus*, dimana penggunaan *wheat bran* yang terhidrolisis sebagai bahan baku substrat dapat menghasilkan asam laktat lebih tinggi 2.35 g/L dibandingkan dengan *wheat bran* tidak terhidrolisis yang hanya menghasilkan 0.89 g/L. Hasil tersebut dapat disebabkan oleh kandungan amino-nitrogen dari *wheat bran hydrolysate* (WBH) lebih tinggi dengan panjang peptida yang rata-rata lebih pendek dibandingkan pada *wheat bran* (WB) tidak terhidrolisis yang memiliki panjang peptida rata-rata lebih panjang, sedangkan hanya asam amino dan beberapa peptida molekuler kecil yang dapat digunakan karena sebagian besar bakteri asam laktat terbatas pada sistem proteolitik. Selain itu potensi kerugian suplementasi WB ditunjukkan dengan adanya sejumlah besar kotoran yang tersisa setelah fermentasi berupa kadar abu yang tinggi (Aspmo *et al.*, 2005). Oleh karena itu kinerja *wheat bran* yang dihidrolisis dianggap lebih baik daripada *wheat bran* tidak terhidrolisis bahkan dengan konsentrasi yang lebih rendah.

IMOBILISASI BAKTERI

Teknik imobilisasi bakteri kedalam senyawa organik maupun anorganik dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan penangkapan bakteri sehingga bakteri dapat lebih bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang adaptif (Djukic-Vukovic *et al.*, 2012). Fermentasi dengan menggunakan imobilisasi bakteri umumnya menggunakan partikel zeolit karena zeolit merupakan bahan alam yang dapat berperan sebagai katalisator dan dikenal sebagai asam Lewis yang dapat meningkatkan pengikatan sel dan menyediakan ion penting dalam jumlah tinggi untuk bakteri (Miura *et al.*, 2009), seperti pada penelitian Djukic-Vukovic *et al.* (2012) yang melakukan imobilisasi terhadap inokulum bakteri *L. rhamnosus* ATCC 7469 ke zeolit untuk produksi asam laktat menggunakan cairan sisa penyulingan bioetanol sebagai bahan substrat dengan hasil asam laktat mencapai 1.62

g/L, sedangkan fermentasi tanpa melakukan proses imobilisasi bakteri hanya mampu menghasilkan asam laktat sebesar 0.66 g/L. Penelitian serupa dilanjutkan oleh Djukic-Vukovic *et al.* (2015) yang melakukan modifikasi zeolit dengan ion Mg^{2+} dan aplikasinya sebagai pembawa imobilisasi *L. rhamnosus* ATCC 7469 untuk produksi asam laktat pada air limbah penyulingan yang mampu menghasilkan asam laktat tertinggi sebesar 1.41 g/L, sedangkan fermentasi tanpa melakukan proses imobilisasi bakteri hanya mampu menghasilkan asam laktat sebesar 0.66 g/L.

Teknik imobilisasi bakteri ini memungkinkan produktivitas asam laktat yang lebih tinggi dan kelangsungan hidup sel bakteri yang lebih baik karena adanya kombinasi efek kapasitas buffer zeolit dan peningkatan produktivitas bakteri dalam biofilm pada partikel zeolit. Proses imobilisasi tersebut memungkinkan bakteri *L. rhamnosus* menghasilkan eksopolisakarida (EPS) yang merupakan lapisan padat dan lengket di permukaan sel bakteri yang berperan protektif terhadap kondisi lingkungan yang keras, sebagai perekat untuk interaksi dengan permukaan atau substrat sehingga akan menghasilkan kepadatan sel yang lebih tinggi dan stabilitas sel yang lebih baik sehingga produktivitas asam laktat juga tinggi, serta memungkinkan resirkulasi dan pemisahan biomassa bakteri menjadi lebih mudah (Badel *et al.*, 2011).

PENGARUH pH FERMENTASI

Kondisi fermentasi akan berbeda pada setiap penelitian yang bergantung pada jenis substrat dan metode yang digunakan. Pemilihan pH yang tepat akan dapat meningkatkan produktivitas asam laktat secara optimum. pH awal media merupakan faktor penting untuk pertumbuhan mikroba dan tingkat sekresi asam laktat yang tinggi (Ouyang *et al.*, 2013). Beberapa penelitian yang memanfaatkan limbah agroindustri sebagai bahan baku substrat dalam fermentasi asam laktat memiliki pH dalam kisaran 5.0-6.5 untuk *L. rhamnosus* yang dapat dilihat dalam tabel 1.

Penggunaan pH asam ditujukan karena produk yang akan dihasilkan dari proses fermentasi merupakan asam organik dan nilai pH yang sedikit asam tersebut akan dapat menjaga produk tetap utuh dan mencegahnya dari degradasi (Ghaffar *et al.*, 2014). Kesalahan dalam pemilihan pH yang lebih tinggi atau lebih rendah dapat mempengaruhi mikroba dalam pertumbuhannya, karena pH di lingkungan akan mengubah distribusi muatan pada membran sel dan mengubah permeabilitasnya, sehingga pH yang lebih rendah mempengaruhi aktivitas enzim secara *in vivo* dan akan mempengaruhi pertumbuhan sel (Ouyang *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

Meningkatnya kebutuhan asam laktat mendorong perlunya dilakukan penelitian untuk mengembangkan metode fermentasi asam laktat yang berkelanjutan dan konvensional dengan menggunakan bahan baku substrat yang ramah lingkungan. Bahan baku limbah agroindustri saat ini menjadi perhatian besar untuk produksi asam laktat dengan menggunakan strain bakteri *L. rhamnosus*, diantaranya berupa dedak gandum, cairan sisa penyulingan bioetanol, *whey permeate*, air limbah penyulingan bioetanol, molase, laktosa dari *whey*, dan *brewer's spent grain*. Kondisi fermentasi yang mendukung seperti adanya penambahan nutrisi dan pH yang terkontrol dapat meningkatkan hasil produktivitas asam laktat. Adanya pemanfaatan bioteknologi limbah agroindustri untuk menghasilkan asam laktat tidak hanya dapat mengatasi bahaya lingkungan tetapi juga membuat prosesnya lebih ekonomis, namun demikian masih terdapat beberapa hasil samping agroindustri lainnya yang bisa dimanfaatkan untuk mengetahui potensinya dalam menghasilkan asam laktat secara bioteknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aspmo, S.I., Horn, S.J., & Eijsink, V.G. (2005). Hydrolysates from Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) Viscera As Components Of Microbial Growth Media. *Process Biochem.* 40, 3714-3722.
- Azmi, A.S., Malek, M.I.A., & Puad, N.I.M. (2017). A Review on Acid and Enzymatic Hydrolyses of Sago Starch. *International Food Research Journal.* 24, 265-273.
- Badel, S., Bernardi, T., & Michaud, P. (2011). New Perspectives for *Lactobacilli* Exopolysaccharides. *Biotechnology Advances*, 29, 54-66. 10.1016/j.biotechadv.2010.08.011
- Cagno, R.D., Filannino, P., & Gobbetti, M. (2015). Vegetable and Fruit Fermentation by Lactic Acid Bacteria. *Wiley Online Library*. doi: 10.1002/9781118868386
- Djukic-Vukovic, A., Mojovic, L., Vukasinovic-Sekulic, M., Nikolic, S., Pejin, J., & J. Hao. (2012). Utilization of The Stillage From Bioethanol Production On Waste Bread For Lactic Acid And Biomass Production. *Journal on Processing Energy in Agriculture*, 16, 14-18.
- Djukic-Vukovic, A.P., Mojovic, L.V., Jokic, B.M., Nikolic, S.B., & J.D. Pejin. (2012). Lactic Acid Production On Liquid Distillery Stillage by *Lactobacillus rhamnosus* Immobilized Onto Zeolite. *Bioresource Technology*, 135, 454-458. doi: 10.1016/j.biortech.2012.10.066
- Djukic-Vukovic, A.P., Jokic, B.M., Kocic-Tanackov, S.D., Pejin. J.D., & Mojovic, L.V. (2015). Mg-Modified Zeolite as a Carrier for *Lactobacillus rhamnosus* in L(+) Lactic Acid Production on Distillery Wastewater. *Journal of The Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 13(43), 1-5. doi: 10.1016/j.jtice.2015.07.035
- Ezejiolor, T.I.N., Enebaku, U.E., & Ogueke, C. (2014). Waste To Wealth-Value Recovery From Agrofood Processing Wastes Using Bio-Technology: A Review. *British Biotechnology Journal*, 4(4), 418-481.
- Gao, M.T., Kaneko, M., Hirata, M., Toorisaka, E., & Hano, T. (2008). Utilization of Rice Bran as Nutrient Source for Fermentative Lactic Acid Production. *Bioresour. Technol.*, 99, 3659-3664. doi: 10.1016/j.biortech.2007.07.025
- Ghaffar, T., Irshad, M., Anwar, Z., Aqil, T., Zulifqar, Z., Tariq, A., Kamran, M., Ehsan, N. & Mehmood, S. (2014). Recent Trends In Lactic Acid Biotechnology: A Brief Review On Production To Purification. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(2), 222-229.
- Guha, A., Banerjee, S., & Bera, D. (2013). Production of Lactic Acid From Sweet Meat Industry Waste By *Lactobacillus delbrueckii*. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(4), 630-634. doi: 10.15623/ijret.2013.0204039
- Li, Z., Hana, L., Ji, Y., Wang, X., & Tan, T. (2010). Fermentative Production of L-Lactic Acid from Hydrolysate of Wheat Bran by *Lactobacillus rhamnosus*. *Biochemical Engineering Journal*, 49, 138-142. doi: 10.1016/j.bej.2009.10.014
- Miura, A., Okabe, R., Izumo, K., & Fukushima, M. (2009). Influence of The Physicochemical Properties of Clay Minerals on The Degree of Darkening Via Polycondensation Reactions Between Catechol and Glycine. *Appl. Clay Sci.*, 46, 277-282. doi:

- Nawaz, A., Mechal, Q., Francis, N., Tahir, A., Mukhtar, H., & Ikram ul, H. (2017). Lactic Acid Production using Food Waste. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(5), 1044-1050.
- Ouyang, J., Ma, R., Zheng, Z.J., Cai, C., Zhang, M., & Jiang, T. (2013). Open Fermentative Production of L-Lactic Acid by *Bacillus* sp. Strain NL01 Using Lignocellulosic Hydrolyzates As Low-Cost Raw Material. *Bioresour. Technol*, 135, 475-480.
- Panesar, P.S., & Kaur, S. (2015). Bioutilisation of Agro-Industrial Waste For Lactic Acid Production. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 2143-2151.
- Pejin, J., Radosavljevic, M., Mojovic, L., Kocic-Tanackov, S., & Djukic-Vukovic, A. (2015). The Influence of Calcium-Carbonate And Yeast Extract Addition On Lactic Acid Fermentation Of Brewer's Spent Grain Hydrolysate. *Food Res. Int.*, 73, 31-37. doi: 10.1002/jib.403
- Pejin, J., Radosavljevic, M., Kocic-Tanackov, S., Djukic-Vukovic, A., & L. Mojovic. (2017). Lactic Acid Fermentation of Brewer's Spent Grain Hydrolysate by *Lactobacillus rhamnosus* with Yeast Extract Addition and pH Control. *J. Inst. Brew.*, 123(1), 1-7. doi: 10.1002/jib.403
- Rahman, M.A., Tashiro, Y. & Sonomoto, K. (2011). Lactic Acid Production From Lignocellulose-Derived Sugars Using Lactic Acid Bacteria: Overview And Limits. *Journal of biotechnology*, 156(4), 1892-1895.
- Randhawa, M.A., Ahmed, A. & Akram, K. (2012). Optimization Of Lactic Acid Production From Cheap Raw Material: Sugarcane Molasses. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 44, 333-338.
- Senedese, A.L.C., Filho, R.M., & Maciel, M.R.W. (2015). L-Lactic Acid Production by *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 10863. *The Scientific World Journal*, 6. doi: 10.1155/2015/501029
- Srivastava, A.K., Tripathi, A.D., Jha, A., Poonia, A., & Sharma, N. (2014). Production, Optimization and Characterization of Lactic Acid by *Lactobacillus delbrueckii* NCIM 2025 from Utilizing Agro-Industrial By Product (Cane Molasses). *J Food Sci Technol*, 52, 3571-3578. doi: 10.1007/s13197-014-1423-6
- Subramaniyam, R. and Vimala, R. (2012). Solid State and Submerged Fermentation For The Production of Bioactive Substances: A Comparative Study. *International Journal of Science and Natural*, 3(3), 480-486.