

Pembuatan Bioetanol dari Nira Kelapa Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*

(*Bioethanol Production from Oil Palm Neera using Saccharomyces cerevisiae*)

Ledy Purwandani^{1*}, Y. Erning Indrastuti¹, Fenny Imelda¹, Aris Hermawan², Darei Ramidati Saidah², Hendri Halim²

¹ Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Pontianak, Indonesia

² PT. Berkah Nabati Nusantara, Indonesia

*Corresponding Author: laydee_pwd@yahoo.com

ABSTRAK

Pohon kelapa sawit tua (*Elaeis quineensis* Jacq) yang memasuki periode *replanting* berpotensi menghasilkan nira. Tujuan dari penelitian adalah menghasilkan produk bioetanol dari nira sawit yang berasal dari pohon sawit yang sudah tidak produktif dan ditebang dengan optimalisasi proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan perlakuan kombinasi waktu fermentasi (24, 48, dan 72 jam) dan starter mikroba yang ditambahkan (5, 10, dan 15%). Proses fermentasi dilakukan pada suhu ruang (26-28°C). Penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah proses fermentasi. Tahap kedua adalah proses destilasi yang dilakukan pada suhu 78°C, Tahap ketiga adalah penentuan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Parameter kualitas bioetanol yang diamati meliputi kadar etanol dan densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar bioetanol dari nira kelapa sawit yang dihasilkan dengan perlakuan lama waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum berkisar 3-8%. Perlakuan terbaik bioetanol dari nira kelapa sawit dengan penentuan metode indeks efektivitas adalah perlakuan dengan perlakuan lama waktu fermentasi 24 jam dan penambahan konsentrasi inokulum 10%. Rendemen dari bioetanol dengan satu kali destilasi berkisar 8-14% dengan densitas 0,9892-0,9938 g/L.

Kata kunci: Nira kelapa sawit, fermentasi, bioetanol.

ABSTRACT

An old palm oil tree (*Elaeis quineensis* Jacq) that is entering the *replanting* period has the potential to produce neera. This research aimed to produce bioethanol from oil palm neera from oil palm trunk that are not productive and cut down by optimizing the fermentation process using *Saccharomyces cerevisiae* with a combination treatment of fermentation time (24, 48, and 72 hours) and microbial starter (5, 10 and 15%). The fermentation process was carried out at room temperature (26-28°C). The research was conducted in three stages. The first stage is the fermentation process. The second stage is the distillation process carried out at a temperature of 78°C; the third stage is the determination of the quality of the bioethanol produced. Bioethanol quality parameters observed included ethanol content and density. The results showed that the levels of bioethanol from palm oil neera produced with a long time fermentation and inoculum concentration ranged from 3-8%. The best treatment of bioethanol from oil palm neera by determining the effectiveness index method is the treatment with 24 hours fermentation time treatment and the addition of 10% inoculum concentration. The yield of bioethanol with one distillation ranged from 8-14% with a density of 0.9892-0.9938 g/L.

Keywords: oil palm neera, fermentation, bioethanol

I. PENDAHULUAN

Luas lahan kelapa sawit di Kalimantan Barat mencapai 1.112.368 Ha dengan Produksi 1.328.740 ton (BPS, 2018). Menurut Ishak (2018), di Kalimantan Barat terdapat ± 1.500.000 Ha lahan perkebunan sawit, sampai dengan tahun 2017, terdapat ± 203.218 Ha kebun plasma yang sudah memasuki masa *replanting*, yang artinya akan banyak terdapat pohon sawit tua yang pemanfaatannya masih dapat dioptimalkan.

Batang tua sawit masih bisa dimanfaatkan, karena di dalamnya masih terdapat kandungan air nira.

Nira sawit adalah cairan berupa getah yang dihasilkan oleh pohon sawit yang sudah tidak produktif dan ditebang. Nira sawit mengandung sejumlah besar glukosa hingga mencapai 86,9% (Chooklin *et al.*, 2011). Menurut Sukirno (2010), satu batang pohon sawit tua akan menghasilkan nira sebanyak 10 liter per 24 jam. Menurut Elvina, (2018), nira sawit mempunyai kandungan gula

pereduksi 0,723 %, sukrosa 15,892 %, pH 6,666, total gula (%) 17,603 % dan total mikroba (log CFU/ml) 4,921, sedangkan menurut Yamada *et al.* (2010) Nira sawit mengandung gula dalam bentuk glukosa, sukrosa, fruktosa dan galaktosa, yang dapat difermentasi.

Nira sawit dapat dimanfaatkan menjadi beberapa produk turunan diantaranya: gula merah, asam laktat dan bioethanol (Wulandika dkk., 2019; Kunasundari *et al.*, 2017; Yamada *et al.*, 2010). Pemanfaatan menjadi gula merah sudah mulai dilakukan di beberapa provinsi diantaranya Sumatra, Aceh dan Kalimantan Barat. Di Kalimantan Barat melalui PT. Berkah Nabati Nusantara telah berhasil melakukan uji coba pemanfaatan air nira menjadi gula merah. Tidak hanya itu, melalui penelitian yang dilakukan sejak tahun 2013 atau sejak \pm 5 (lima) tahun, batang sawit tua ternyata dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pellet untuk bio energi (Ishak, 2018).

Penelitian mengenai pemanfaatan nira sawit sudah pernah dilakukan, diantaranya oleh Fachrial dkk., (2018) mengenai isolasi dan aktivitas anti mikroba bakteri asam laktat dari fermentasi nira kelapa sawit, Wulandika dkk. (2019), mengenai pemanfaatan nira sawit menjadi gula merah, Elvina (2018) mengenai pemanfaatan nira sawit menjadi gula semut, dan Yamada *et al.* (2010) mengenai potensi nira sawit menjadi bioetanol. Penelitian mengenai potensi nira sawit menunjukkan hasil yang beragam karena bergantung pada faktor intensitas hujan, suhu, kelembaban udara, kondisi tanah dan faktor genetis (Litana dkk., 2018; Suwandi, 1993), sehingga menarik untuk dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana potensi nira dari pohon sawit tua di perkebunan kelapa sawit Kalimantan Barat yang didalamnya mempunyai kandungan glukosa yang tinggi dimanfaatkan menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Tujuan penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengoptimisasi produksi bioetanol dari nira sawit dengan menggunakan *S. cerevisiae*.

II. BAHAN DAN METODE

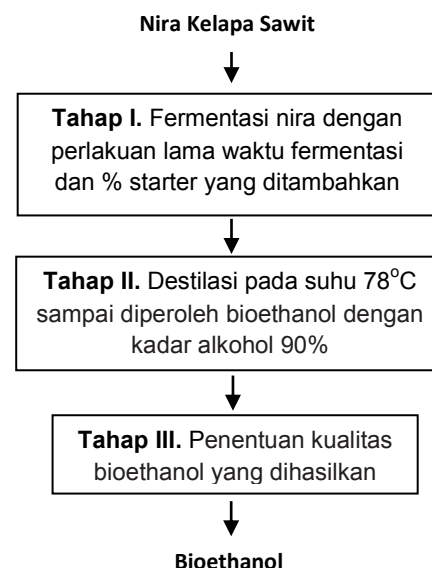
A. Bahan

Nira sawit dari PT Berkah Nabati Nusantara (Landak-Kalimantan Barat),

Saccharomyces cerevisiae (ragi roti), Aquadest, aluminium foil bahan kimia pengujian. Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian terdiri dari: Neraca analitis, Gelas Ukur, Erlenmeyer, Pengaduk, Indicator universal, Autoklaf, Seperangkat Alat Destilasi, Piknometer, Oven, dan Selang.

B. Tahap Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap (Gambar 1). Tahap pertama adalah proses fermentasi dengan variabel bebas kombinasi waktu fermentasi (24, 48, dan 72 jam) dan konsentrasi starter yang ditambahkan (5, 10, dan 15%). Proses fermentasi dilakukan pada suhu ruang (26-28 °C). Tahap kedua adalah proses destilasi yang dilakukan pada suhu 78 °C, sampai volume hasil destilasi sebanyak 75% dari volume awal.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian Pembuatan Bioetanol dari Nira Sawit menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (modifikasi Wijaya, dkk., 2012)

Penelitian ini menggunakan yeast *S.cerevisiae* untuk menghasilkan bioetanol dengan menggunakan nira kelapa sawit sebagai media utama. Pada penelitian ini konsentrasi inokulum yang divariasikan adalah 5%,10%, dan 15% selama waktu fermentasi 24, 48, dan 72 jam, sedangkan pH awal fermentasi adalah pada pH 5 dan suhu fermentasi pada suhu kamar. Bioetanol diperoleh dengan cara mendestilasi nira kelapa sawit dengan menggunakan rotary

evaporator. Selanjutnya diukur kadar alkoholnya dengan mengukur densitas dari bioetanol dan mengkonversi kadar alkohol dengan menggunakan tabel alkohol. Tahap ketiga adalah penentuan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Parameter kualitas bioetanol yang diamati meliputi kadar etanol dan densitas. Pada penelitian ini, kadar etanol diukur mengikuti metode AOAC (2003). Penentuan kadar etanol ditentukan dengan menggunakan gas kromatografi (GC). Densitas ditentukan mengikuti cara menurut Tjokrowisastro (1986). Konsentrasi gula awal pada nira sawit dianalisa dengan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji, 1997).

C. Analisis Statistik

Kombinasi perlakuan diulang tiga kali, data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Varians (ANOVA) pada taraf uji 5%. Apabila terjadi beda nyata dilakukan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) (Hanafiah, 2000). Setelah didapatkan hasil di atas dilanjutkan dengan Metode Indeks Efektivitas untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik (De Garmo, 1984).

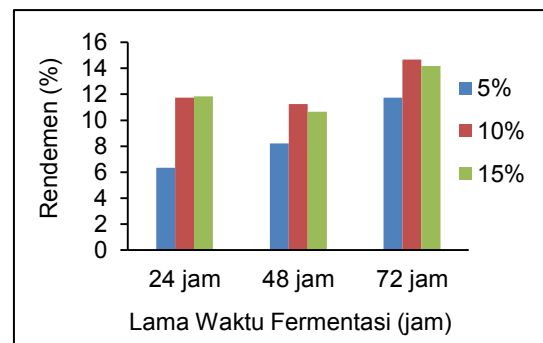
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nira sawit adalah cairan berupa getah yang dihasilkan oleh pohon sawit yang sudah tidak produktif dan ditebang. Nira sawit yang digunakan sebagai media untuk pertumbuhan Yeast *Saccharomyces cereviceae* sebelumnya disaring menggunakan kertas saring untuk menghilangkan kotoran pada nira, setelah itu nira dipanaskan untuk membunuh mikrobia perusak dan mengurangi kandungan air. Setelah itu nira yang sudah dipanaskan dicampur dengan starter yeast sebanyak 5% dan difermentasi selama 3 hari pada penelitian pendahuluan. Setelah 3 hari fermentasi nira yang sudah difermentasi didestilasi dengan rotary evaporator untuk mendapatkan bioetanol.

Fermentasi adalah proses mikrobiologi yang terjadi pemecahan glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida. Kadar glukosa berpengaruh terhadap hasil dari proses fermentasi, sehingga semakin besar kadar glukosa dalam proses fermentasi maka semakin besar kadar etanol yang dihasilkan.

Rendemen Bioetanol

Gambar 2 menunjukkan rata-rata rendemen bioetanol yang dihasilkan dari destilasi nira kelapa sawit berkisar 8-14%. Gambar 1 menunjukkan semakin lama waktu fermentasi dan semakin besar konsentrasi inokulum yang ditambahkan maka hasil destilat bioetanol yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi inokulum yang ditambahkan maka potensi yeast *S. cerevisiae* dalam memecah gula menjadi etanol juga semakin tinggi. Demikian juga dengan lama waktu fermentasi yang semakin lama (72 jam) maka rendemen destilat (bioetanol) yang dihasilkan juga semakin tinggi, ini dikarenakan dengan semakin lama waktu fermentasi akan memberikan waktu bagi peningkatan jumlah yeast sehingga gula yang dipecah semakin banyak, hal ini sesuai dengan pernyataan Syauqiah (2015), dimana lama waktu fermentasi meningkatkan jumlah sel sehingga jumlah senyawa gula yang dikonversi menjadi etanol akan semakin meningkat.

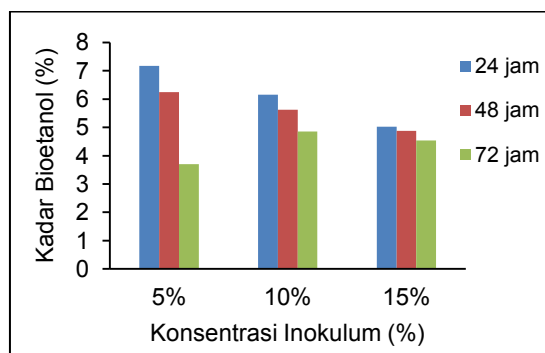


Gambar 2. Rendemen Bioetanol dari Nira Kelapa Sawit

Pengaruh Konsentrasi Inokulum Terhadap Perolehan Bioetanol

Konsentrasi bioetanol yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3. Kadar bioetanol yang dihasilkan berkisar 4-7%. Hal ini juga sama dengan hasil bioetanol dari nira siwalan yaitu berkisar 2-6%, nira nipah 5,38% (Hutasoit dkk., 2016), nira nipah 3-7% (Rahma dkk., 2015), nira aren 4-8% (Simanjuntak dkk., 2015). Konsentrasi inokulum merupakan salah satu variabel yang berpengaruh dalam menghasilkan bioetanol. Semakin besar inokulum yang ditambahkan maka semakin besar pula kadar bioetanol yang diperoleh, hal ini terjadi

karena akan semakin banyak inokulum yang ditambahkan pada saat fermentasi yang akan mengubah glukosa menjadi produk, maka bioetanol yang dihasilkan juga semakin meningkat (Suyandra, 2007). Namun pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak inokulum yang ditambahkan memberikan hasil kadar bioetanol yang semakin menurun (Gambar 3). Namun pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak inokulum yang ditambahkan memberikan hasil kadar bioetanol yang semakin menurun (Gambar 3). Penambahan inokulum 10% dan 15% terlalu tinggi jika dibandingkan dengan nutrisi yang tersedia. Hal ini sesuai dengan penelitian Manurung, Handayani dan Herlina (2016) dimana populasi sel yang terlalu tinggi menyebabkan pertumbuhan dan metabolisme sel yang tinggi sehingga terjadi gangguan terhadap akses nutrisi dan menghasilkan produk sampingan karbondioksida inhibisi bagi pertumbuhan mikroba. Tingginya kadar alkohol pada penambahan ragi 5% untuk semua waktu fermentasi (24, 48, dan 72 jam), dikarenakan sebelum penambahan inokulum diduga sudah terjadi fermentasi secara alami.



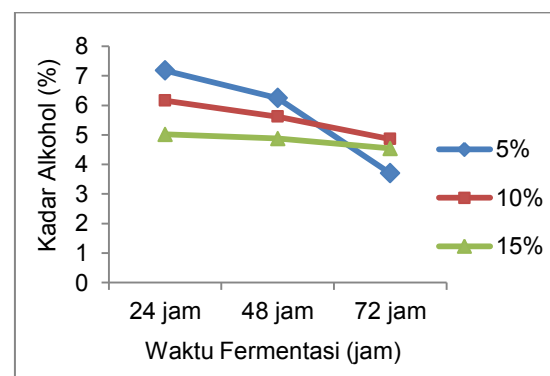
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi inokulum terhadap kadar bioetanol

Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Bioetanol

Gambar 4 menunjukkan semakin lama waktu fermentasi kadar etanol mengalami penurunan. Waktu fermentasi yang paling tinggi dalam menghasilkan bioetanol tertinggi adalah pada waktu 24 jam. Setelah 24 jam kadar bioetanol yang dihasilkan juga semakin berkurang. Hasil uji ANAVA menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan lama waktu fermentasi dengan perlakuan penambahan konsentrasi inokulum. Lama

waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Perlakuan lama waktu fermentasi 24 jam berbeda nyata dengan 72 jam tetapi tidak berbeda nyata dengan 48 jam.

Tingginya kadar alkohol perlakuan lama waktu fermentasi 24 jam untuk semua penambahan konsentrasi inokulum (5,10, dan 15%), dikarenakan pada awal fermentasi dimana kondisi media dalam keadaan aerobik, mikroorganisme belum menghasilkan bioetanol yang banyak karena mikroorganisme hanya melakukan respirasi biasa, yaitu mikroorganisme menggunakan substrat untuk pertumbuhannya, baik dalam pembentukan sel baru maupun memperbesar ukuran sel, sehingga pada tahap awal fermentasi glukosa yang ada pada substrat terkonversi menjadi bioetanol oleh mikroorganisme masih sedikit (Simanjuntak dkk., 2015).



Gambar 4. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioethanol

Selain itu selama fermentasi dapat terjadi reaksi lanjut dari bioetanol yang diperoleh menurun seiring dengan lama waktu fermentasi. Reaksi lanjut ini disebabkan karena teroksidasinya bioetanol menjadi asam asetat. Dimana laju degradasi glukosa menjadi bioetanol lebih kecil dibandingkan laju oksidasi bioetanol menjadi asam asetat, sehingga kadar bioetanol yang dihasilkan semakin menurun. Oleh karena itu untuk mendapatkan konsentrasi bioetanol dengan jumlah yang tinggi dibutuhkan waktu fermentasi yang tepat (Azizah dkk., 2012).

Densitas Bioetanol

Densitas bioetanol dari fermentasi nira kelapa sawit berkisar 0,9892-0,9938 (Tabel 1.). Hasil densitas ini masih berasal dari bioetanol dengan satu kali destilasi dengan

kadar alkohol berkisar 3-7%. Densitas dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu maka densitas akan lebih rendah dan sebaliknya semakin rendah suhu maka densitas akan semakin naik sehingga kualitasnya semakin jelek (Wijaya dkk., 2012).

Tabel 1. Densitas Bioetanol Nira Kelapa Sawit.

Waktu fermentasi (jam)	Densitas (g/L)
24	0,990589 ^a
48	0,991367 ^{ab}
72	0,992856 ^b

Hasil uji ANAVA menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan lama waktu fermentasi dengan perlakuan penambahan konsentrasi inokulum. Lama waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap densitas bioetanol yang dihasilkan perlakuan lama waktu fermentasi 24 jam berbeda nyata dengan 72 jam tetapi tidak berbeda nyata dengan 48 jam. Waktu fermentasi 24 jam menunjukkan kadar bioetanol paling tinggi dibandingkan lama waktu 48 dan 72 jam (Gambar 3), jika etanol yang dihasilkan tinggi maka densitasnya menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khodijah dan Abtokhi (2015), meningkatnya jumlah alkohol ini maka berat atau densitas daripada campuran alkohol-air akan semakin rendah. Sedangkan perlakuan penambahan konsentrasi inokulum menunjukkan hasil tidak berbeda nyata terhadap densitas dari bioetanol.

Perlakuan terbaik bioetanol Nira Kelapa Sawit

Penentuan perlakuan terbaik bioetanol dari nira kelapa sawit menggunakan metoda indeks efektivitas dengan tujuan memperoleh formula bioetanol (lama waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum) yang paling baik terhadap parameter uji bioetanol. Hasil skor penilaian perlakuan terbaik bioetanol nira kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa perlakuan terbaik bioetanol dari nira kelapa sawit dengan penentuan metode indeks efektivitas adalah perlakuan dengan perlakuan lama waktu 24 jam dengan penambahan konsentrasi inokulum 10%. Hal ini sesuai dengan penelitian Kumneadklang *et al.* (2015) yang menggunakan 10%

Saccharomyces cerevisiae untuk menghasilkan bioethanol dari biomassa pohon kelapa sawit.

Tabel 2. Nilai Perlakuan Terbaik Bioetanol Nira Kelapa Sawit

Lama Fermentasi (Jam)	Konsentrasi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (%)	Skor
24	5	0,375
	10	0,519*
	15	0,511
48	5	0,236
	10	0,246
	15	0,150
72	5	0,123
	10	0,105
	15	0,137

Keterangan: *) Perlakuan Terbaik

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar bioetanol dari nira kelapa sawit yang dihasilkan dengan perlakuan lama waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum berkisar 3-8%.
2. Perlakuan terbaik bioetanol dari nira kelapa sawit dengan penentuan metode indeks efektivitas adalah perlakuan dengan perlakuan lama waktu fermentasi 24 jam dan penambahan konsentrasi inokulum 10%.
3. Rendemen dari bioethanol dengan satu kali destilasi berkisar 8-14% dengan densitas 0,9892-0,9938 g/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dipa Politeknik Negeri Pontianak Jurusan Teknologi Pertanian yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Terapan Tahun Anggaran 2019 dan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 1999. Official Methods of Analysis. Washington DC: AOAC Int <http://www.aoac.org/vmeth/page1.htm> (Diakses 26 Desember 2011).

- Azizah, N., Al A.N. Baarri, dan S. Mulyani. 2012. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1. 2:82-86. <https://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/73>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat, 2019. Luas Tanaman Perkebunan Rakyat Menurut Kabupaten/Kota (Kelapa Sawit) di Provinsi Kalimantan Barat, 2015-2018. <https://kalbar.bps.go.id/dynamictable/2019/02/18/340/> (Diakses 18 Juni 2019).
- Chooklin, S., L. Kaewsichan, and J. Kaewsrichan. 2011. Potential utilization of sap from oil palm (*Elaeis guineensis*) for lactic acid production by *Lactobacillus casei*. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. 2.3: 99-104.
- De Garmo, E.G., W.G. Sullivan and J.R. Cerook. 1984. *Engineering Economy*. 7th. Ed. Macmilland Publ. Co., New York.
- Elvina, T.S., 2018. Pengaruh persentase penambahan bahan pengawet alami dari kayu nangka pada nira kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) selama penyimpanan terhadap mutu gula semut kelapa sawit. Skripsi, Universitas Sumatera Utara. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/13905>
- Fachrial, E., Adrian, Harmileni. 2018. Isolasi Aktivitas Anti Mikroba Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Nira Kelapa Sawit. *Biolink*. 5. 1:51-58. <http://dx.doi.org/10.31289/biolink.v5i1.1707>
- Hutasoit, J., D. Griyantoro, E. Melwita 2016. Pengaruh waktu fermentasi dan kadar air nira nipah dalam pembuatan bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia*. 2. 22: 50-57.
- Ishak, 2018. Jeritan dari Belantara Sawit. <https://Pontianak.Tribunnews.Com/2018/12/04/Jeritan-Dari-Belantara-sawit?Page=2>. (Diakses 15 Juni 2019).
- Khodijah, S., A. Abtokhi. 2015. Analisis Pengaruh Variasi Persentase Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu pada Proses Fermentasi dalam Pemanfaatan Duckweed (*Lemna minor*) sebagai Bioetanol. *Jurnal Neutrino*. 7.2:71-76. <http://dx.doi.org/10.18860/neu.v0i0.2989>
- Kumneadklang, S., S. Larpiattaworn, C. Niyasom, , S. O-Thong. 2015. Bioethanol Production from Oil Palm Frond by Simultaneous Saccharification and Fermentation. p. 784 – 790. *International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies*. Energy Procedia 79.
- Kunasundari B., T. Arai, K. Sudesh, R. Hashim, O. Sulaiman, N.J. Stalin, A. Kosugi. 2017. Detoxification of sap from felled oil palm trunks for the efficient production of lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 183.1:1-14. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-017-2454-z>
- Litana J, T. Karo-Karo, E. Yusrini. 2018. karakteristik kimia parsial nira pada beberapa interval waktu pengambilan dengan variasi lama pelayuan dari batang pohon kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) yang ditumbangkan. *Journal of Food and Life Sciences*. 2. 2: 77-78.
- Manurung, M.M., G. Handayani, N. Herlina. 2016. Pembuatan Bioetanol Dari Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr) Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 5. 4: 21-25. <https://jurnal.usu.ac.id/>
- Simanjuntak, E., Chairul, dan Sembiring, M.P., 2015. Pembuatan bioetanol dari nira aren secara fermentasi dengan menggunakan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi. *JOM FTEKNIK*, 2(1), pp 1-6. <https://www.neliti.com/id/publications/185212/>
- Sukirno. 2010. Cara pembuatan gula merah dari nira kelapa sawit. Cybex. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/17483/> (Diakses 20 Juni 2019).
- Suwandi. T. 1993. Karakterisasi nira kelapa sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq.) yang disadap melalui bunga jantan dan pohon tumbang. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/jspui/handle/123456789/39843>

- Suyandra I. D. 2007. Pemanfaatan hidrolisat pati sagu (*Metroxylon* sp.) sebagai sumber karbon pada fermentasi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/11725>
- Syauqiah, I. 2015. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Persentase Starter pada Nira Aren (*Arenga pinnata*) terhadap Bioethanol yang Dihasilkan. *Info Teknik*. 16. 2: 217-226. <https://www.neliti.com/id/publications/69743/>
- Wijaya, I.M.S., I.G.K.A. Arthawan dan A.N. Sari. 2012. Potensi Nira Kelapa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Bumi Lestari*. 12. 1: 85–92.
- Wulandika V., Novianti N., Siahaan O.S.H., Zulfansyah. 2019. Pembuatan gula merah dari nira batang sawit dengan teknologi vakum. p. 21-22. Prosiding Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan Tropis, Pekanbaru.
- Yamada H., R. Tanaka, O. Sulaiman, R. Hashim, Z.A.A. Hamid, M.K.A. Yahya, A. Kosugi, T. Arai, Y. Murata, S. Nirasawa, K. Yamamoto, S. Ohara, M.N.M. Yusof, W.A. Ibrahim, Y. Mori. 2010. Old oil palm trunk: A promising source of sugars for bioethanol production. *Biomass and Bioenergy*. 34. 1608-1613. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.06.011>