

Kajian Gula Reduksi Menjadi Alkohol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SSF)

A Study on Reducing Sugar Into Alcohol From Empty Oil Palm Bunches With Simultaneous Saccharification And Fermentation (SSF)

Widia Rini Hartari^{1*}, Maryanti¹, Bigi Undadraja²

¹Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan Politeknik Negeri Lampung

²Program Studi Mekanisasi Pertanian Politeknik Negeri Lampung

*E-mail : widiarini@polinela.ac.id

ABSTRACT

Alcohol is closely related to daily life. It is used as a solvent or additional substance in the food, industry, pharmacology, laboratory, and beauty sectors. Empty oil palm bunches waste is the potential to process into alcohol because it contains cellulose that can be transformed into sugar, and the sugar is fermented into alcohol. The objective of this research was to find out the reducing sugar and alcohol produced from empty oil palm bunches. This research was done in two stages. The first stage was the preparation of empty oil palm bunches with basal (NaOH) treatment. The second stage included fermentation with cellulose enzyme (Novozymes Yield CL) for 24 hours and then fermented with *Saccharomyces cerevisiae* for 72 hours. The substrate concentrations to use were 7.5% and 10% and starter concentrations were 10%, 15%, and 20%. Research data were analyzed by using a completely randomized design (CRD) and then followed with the least significant difference (LSD). The result showed that 7.5% substrate addition produced the highest reducing sugar by 3.014% and then 10% substrate produced 2.686% reducing sugar. The alcohol test result showed that 10% substrate and 20% starter were significantly different by 3.5%, and 7.5% and 10% produced the lowest alcohol by 1%.

Keywords: alcohol, empty oil palm bunches, reducing sugar

Disubmit: 1 Februari 2021; **Diterima:** 20 Maret 2021; **Disetujui:** 14 April 2021

PENDAHULUAN

Alkohol (ROH) sangat erat dalam kehidupan sehari-hari, alkohol digunakan menjadi pelarut atau bahan tambahan dalam bidang makanan, industri, farmasi, laboratorium, dan kecantikan (Herdiningrat dkk, 2020). Alkohol terdiri dari gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon, alkohol terikat pada atom hidrogen atau atom karbon lainnya. Alkohol mempunyai banyak golongan, berdasarkan letak dari gugus -OH pada atom C yang mengikat, alkohol dibagi menjadi alkohol primer, sekunder dan tersier. Alkohol primer yaitu (Metanol dan Etanol). Etanol adalah jenis alkohol yang lebih aman dibandingkan dengan metanol yang bersifat toksik.

Bahan yang mengandung selulosa dapat diolah menjadi alkohol, sedangkan Tandan Kosong Kelapa Sawit yang merupakan limbah industri perkebunan mengandung selulosa 45% yang dapat diubah menjadi gula, sehingga dapat diubah menjadi alkohol (Abdullah, 2013). Selulosa adalah polisakarida yang berada di

dalam dinding sel tanaman kelapa sawit bersama dengan hemiselulosa dan lignin, selulosa tidak mudah terdegradasi baik secara kimia dan mekanis, serta tidak mudah larut (Pradana, 2017). TKKS juga merupakan hasil perkebunan yang banyak didapatkan di Indonesia khususnya di Provinsi Lampung. Pada tahun 2018 luas area tanaman kelapa sawit di Indonesia mencapai 12.761.586 Ha, dan luas area di Provinsi Lampung mencapai 225.896 Ha, dengan produksi CPO mencapai 489.551ton (BPS, 2018).

Pelarut bahan kimia sering menggunakan alkohol jenis metanol, etanol dan isopropanol (Irianto, 2013). Bahaya alkohol dapat merusak tubuh bila masuk kedalam tubuh dalam konsentrasi yang tidak dianjurkan dinas kesehatan. Muchlis, (2013) menyatakan bahwa konsumsi alkohol mampu menurunkan serangan jantung, stroke, dan mencegah kemungkinan munculnya serangan alzheimer pada manusia.

Proses menghasilkan alkohol dengan metode fermentasi dibantu oleh mikroorganisme yeast (ragi) yang merubah senyawa yang terkandung dalam bahan menjadi gula. *Saccharomyces cerevisiae* biasanya digunakan pada proses fermentasi yang mempunyai pertumbuhan optimal pada suhu >30°C dan pH 4,8 (Ratna, 2012). Metode fermentasi yang digunakan dalam menghasilkan alkohol adalah metode *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF), metode ini mempermudah proses fermentasi dan menyingkat waktu serta menghasilkan kadar alkohol yang cukup banyak. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan kadar alkohol jenis etanol dari bahan limbah yang tidak terpakai dari tandan kosong kelapa sawit sebagai produk samping yang bermanfaat. Alkohol yang dihasilkan dari limbah TKKS dengan metode SSF pada penelitian sebelumnya terbentuk dalam alkohol jenis etanol atau etil alkohol yang tidak bersifat toksik, mudah terbakar, mudah menguap, larut dalam air, dan tidak menimbulkan polusi (Putri, 2015).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan Tandan Kosong Kelapa Sawit yang diambil di kebun Politeknik Negeri Lampung, enzim cellulase (*Novozymes Yield CL*) cair, *Saccharomyces cerevisiae*, Media Potato Dextrose Broth, NaOH, aquades, Buffer sitrat. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah autoklaf, *shaker water bath*, Erlenmeyer, tabung reaksi, ose, alkohol meter, oven, inkubator, kertas saring, kain saring, bunsen dan alat laboratorium lainnya.

Metode penelitian. Metode penelitian disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak kelompok Lengkap (RAKL) 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah optimasi konsentrasi substrat yang terdiri dari 2 taraf yaitu 7,5% dan 10%, faktor kedua adalah konsentrasi penambahan starter yang terdiri dari 3 taraf yaitu 10%, 15%, dan 20%. Kemudian data dianalisa lanjutan dengan uji BNT taraf 0,05%. Kadar gula dianalisa dengan menggunakan analisa gula reduksi metode (*Luff Schoorl*) SNI 3547.1:2008, dan kadar alkohol dianalisa dengan menggunakan alat alkohol meter skala 0-100%. Alkohol yang diperoleh kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring.

Pelaksanaan penelitian. Kegiatan pelaksanaan penelitian mengecilkan ukuran dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan mencacah TKKS menggunakan golok, kemudian TKKS dijemur dibawah sinar matahari sampai kering, kemudian di oven suhu 105°C selama 2 jam sampai kadar air 0% atau berat konstan. TKKS yang sudah dioven kemudian dipisahkan antara debu dan seratnya, serat TKKS yang diambil kemudian digiling dengan grinder sampai ukuran 40 mesh, kemudian TKKS dimasukkan ke plastik dan disimpan ditempat kering.

Langkah selanjutnya dilakukan pretreatment, TKKS diambil 10 g dimasukan dalam erlenmeyer ukuran 250 mL, kemudian ditambahkan larutan NaOH sebanyak 200 mL. TKKS dihomogenisasi menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit dan dipanaskan dalam *autoclave* pada suhu 121°C, p=1 atm, selama 15 menit. Setelah itu, sampel disaring dan dibilas menggunakan air suling sebanyak 2000 mL. Kemudian bagian padat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan.

Pengamatan yang dilakukan adalah pengukuran kadar gula reduksi metode (*Luff Schoorl*) SNI 3547.1:2008 sebelum melakukan fermentasi. Fermentasi dilakukan berdasarkan Sutikno (2010) yang dimodifikasi dengan memasukkan substrat konsentrasi 7,5% dan 10% yang ditambahkan buffer sitrat dan disterilisasi selama 121°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dan ditambahkan enzim yang digunakan 30 FPU. Substrat dan enzim dihidrolisis selama 50°C selama 25 jam, kecepatan 150 rpm. Kemudian dilakukan fermentasi dengan penambahan *S. cerevisiae* konsentrasi 10,15,20% di dalam shaker water bath suhu 38°C selama 72 jam, kecepatan 150 rpm. Hasil yang didapat kemudian disaring dengan kain saring.

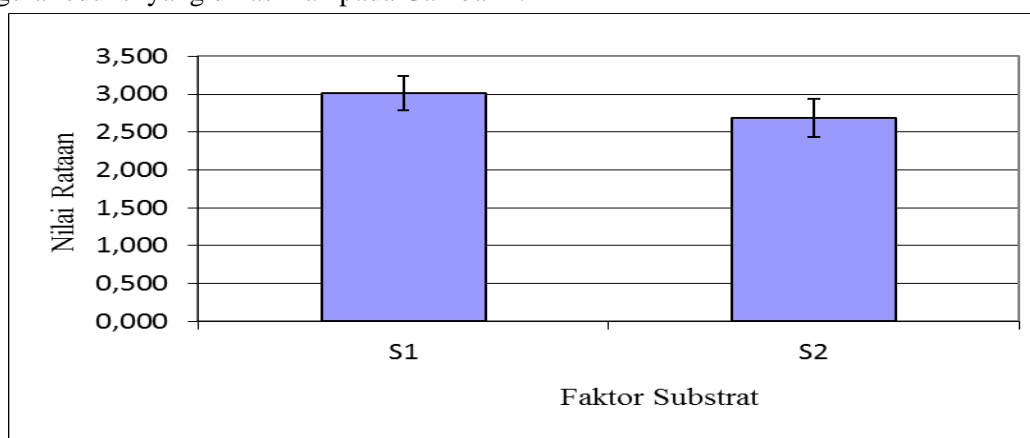
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan awal dalam penelitian ini adalah proses delignifikasi, yang merupakan proses pemisahan selulosa dengan lignin. Proses delignifikasi menyebabkan kerusakan terhadap struktur lignin dan melepaskan senyawa karbohidrat. Hasil pretreatment untuk mendapat selulosa sebagai bahan baku alkohol adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pretreatment Pemisahan Lignin Pada TKKS

Serbuk TKKS	Hasil Selulosa (Ulangan 1)	Hasil Selulosa (Ulangan 2)	Hasil Selulosa (Ulangan 3)	Hasil Selulosa (Ulangan 4)	Rata-Rata (g)
10 g	3,7	4,0	3,7	4,0	3,9
10 g	4,3	3,5	4,3	3,5	3,9
10 g	4,4	3,6	4,0	3,6	3,9
10 g	3,3	3,6	3,9	3,6	3,6
10 g	3,9	3,5	3,9	3,5	3,7
Total rata-rata					4,7

Hasil substrat keseluruhan yang diperoleh adalah 75,9 gram dengan rendemen selulosa yang dihasilkan 47%. Substrat yang dihasilkan dari proses pretreatment telah terpisah dari kandungan lignin dan dapat mempermudah proses sakarifikasi (mempermudah enzim memecah polimer polisakarida menjadi monomer) (Sarwono et al. 2016). Substrat TKKS yang diperoleh dengan perbedaan konsentrasi yaitu konsentrasi 7,5% (S1) dan 10% (S2), kemudian dilakukan pengujian kandungan gula reduksi. Berikut hasil uji kadar gula reduksi yang dihasilkan pada Gambar 1.

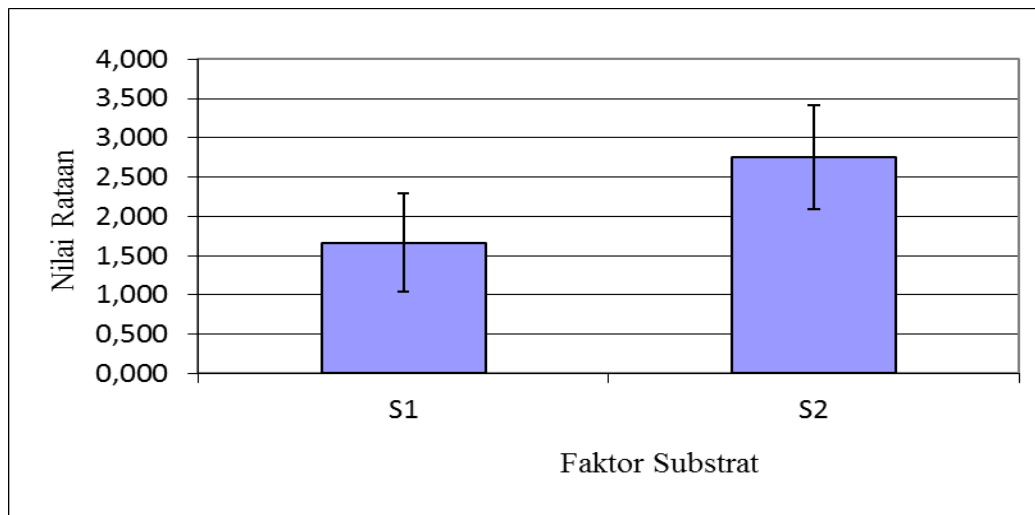


Gambar 1. Grafik Gula Reduksi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Gula reduksi dihasilkan dari selulosa TKKS yang ditambahkan enzim selullase dalam pemecahan selulosa menjadi gula. Hasil uji BNT taraf 0,05% gula reduksi yang diperoleh penambahan substrat 7,5% berbeda nyata dengan penambahan substrat 10%. Substrat TKKS konsentrasi 7,5% menghasilkan gula

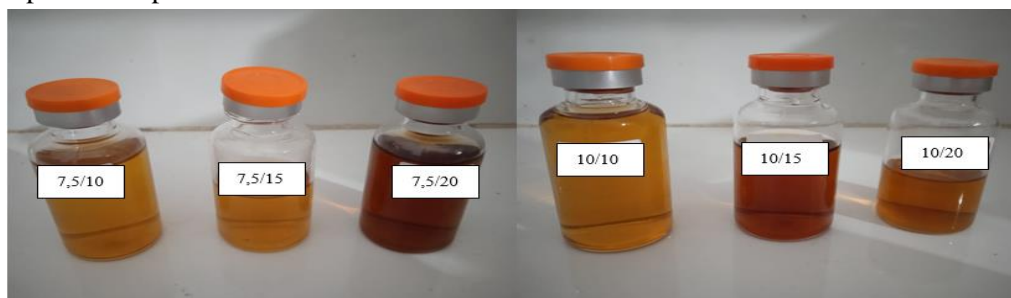
3,014%, sedangkan substrat konsentrasi 10% menghasilkan gula 2,686%. Substrat yang lebih sedikit dalam waktu 24 jam akan lebih cepat bereaksi dengan enzim untuk mengubah selulosa menjadi gula, sedangkan pada substrat yang banyak cukup lama dalam bereaksi untuk merubah selulosa menjadi gula. Substrat TKKS yang dilakukan pretreatment basa mengalami penurunan kadar lignin dan hemiselulosa, sehingga yang tersisa hanya selulosa. Penurunan kadar lignin terjadi karena NaOH mendegradasi lignin secara hidrolisis dan melarutkan gugus gula sederhana yang masih bersatu di dalam serat (Sutikno 2015).

Gula yang dihasilkan kemudian ditambahkan dengan starter untuk merubah gula menjadi alkohol. Starter yang digunakan adalah ragi/khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi konsentrasi 10%, 15%, dan 20% ditambahkan dalam larutan substrat TKKS konsentrasi 7,5% (S1) dan 10% (S2). Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Persentase Alkohol dengan Penambahan Substrat Tandan Kosong Kelapa Sawit

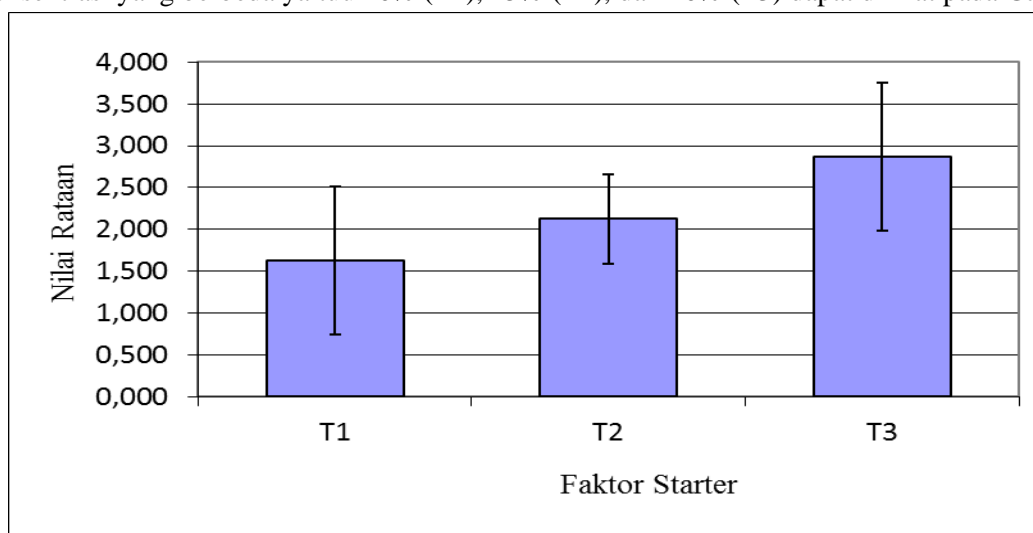
Substrat yang telah ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* mengalami perubahan menjadi alkohol, alkohol yang dihasilkan dan diuji BNT taraf 0,05% menyatakan bahwa substrat 10% yang ditambahkan starter berbeda nyata dengan substrat 7,5% yang ditambahkan starter. Hal ini menyatakan bahwa gula yang dihasilkan saat analisa gula reduksi belum berubah seluruhnya, sehingga substrat TKKS 10% yang lebih banyak akan merubah gula menjadi alkohol sekitar 2,750% lebih banyak dibandingkan dengan substrat 7,5% yang menghasilkan alkohol lebih sedikit 1,667%. Konsentrasi alkohol yang terbaik pada substrat 10% sama dengan hasil penelitian sebelumnya oleh (Sari 2016), dengan menggunakan uji response surface method. Alkohol yang dihasilkan dari substrat yang ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alkohol Tandan Kosong Kelapa Sawit Hasil Fermentasi

Alkohol yang dihasilkan memiliki warna yang berbeda karena proses fermentasi dan penyaringan, larutan yang paling jernih terdapat pada konsentrasi rendah yaitu substrat 7,5% dan 10% dengan starter konsentrasi 10%. Larutan alkohol/etanol standar memiliki aroma khas dan warna yang bening jernih, sedangkan hasil pengolahan dari TKKS mempunyai warna kuning pekat dan memiliki bau tape yang cukup kuat. Warna kuning pekat atau keruh pada sampel dikarenakan masih terdapat campuran senyawa selain alkohol/etanol dan kadar alkohol yang terkandung pada sampel juga terlalu sedikit, sehingga warna yang dihasilkan adalah warna dari filtrat fermentasi TKKS. Berdasarkan penelitian Herdiningrat dkk (2020) karakteristik warna bioethanol yang dihasilkan dari TKKS adalah kuning keruh dengan bau tape, sehingga perlu dilakukan adsorpsi untuk memberikan kejernihan dan bau sesuai standar etanol yaitu jernih dan tidak berbau. Untuk bau yang dihasilkan dapat berkurang bila proses filtrasi dilakukan dengan baik dan ditambahkan perlakuan pemurnian.

Untuk hasil uji BNT taraf 0,05% pada alkohol yang ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 10% (T1), 15% (T2), dan 20% (T3) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Alkohol dengan Penambahan Starter *Saccharomyces cerevisiae*

Substrat yang ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* konsentrasi 20% berbeda nyata dengan substrat konsentrasi 10% dan 15%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi starter yang ditambahkan semakin banyak merubah gula menjadi alkohol pada larutan TKKS. Starter 20% menghasilkan rata-rata alkohol mencapai 2,875%, sedangkan konsentrasi 15% menghasilkan rata-rata mencapai 2,125% dan konsentrasi 10% menghasilkan rata-rata alkohol mencapai 1,625%. Menurut penelitian Sari (2016) alkohol/etanol yang dihasilkan dengan metode SSF hanya mendapatkan 0,812% dari substrat 10% dan *S. Cerevisiae* 12,5%, sehingga didapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Fermentasi yang dilakukan secara serentak (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*), dimana menggunakan ragi dan juga enzim dalam proses memecah gula menjadi alkohol. *Yeast* memerlukan media dengan suasana asam yaitu pH 4,5-6,9 (Yumas, 2014). Pada fermentasi hari ke-3 nilai pH akan menurun disebabkan aktivitas *yeast S. Cerevisiae* mengalami fase penyesuaian diri dengan lingkungan sehingga menghasilkan enzim yang dapat merombak gula menjadi alkohol dan juga aktivitas enzim selulase yang merombak selulosa TKKS. *Saccharomyces cerevisiae* adalah starter yang paling banyak digunakan pada proses fermentasi alkohol, karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap gula yang tinggi, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4-32°C (Yumas, 2014).

Saccharomyces cerevisiae dapat mengkonversi gula dari kelompok monosakarida dan disakarida, jika gula yang terdapat di substrat adalah gula disakarida maka enzim intervas akan menghidrolisis disakarida

menjadi monosakarida, kemudian enzim zymase akan mengubah monosakarida menjadi alkohol dan CO₂ (Azizah, 2012). Fermentasi dengan metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) mempunyai kelebihan yaitu dapat mengurangi hambatan proses yang disebabkan jumlah monosakarida dan disakarida, dapat meningkatkan laju sakarifikasi dan fermentasi yang menghasilkan alkohol/etanol lebih tinggi, sehingga menghemat waktu proses dan biaya produksi (Muryanto dkk, 2016).

Fermentasi yang dilakukan pada penelitian ini selama 3 hari atau 72 jam, dan menurut penelitian Devitria (2018) menyatakan bahwa waktu fermentasi yang optimum untuk menghasilkan kadar alkohol adalah 4 hari atau 96 jam, dengan hasil 6,42% dibandingkan hari ke-6 dan 8 dengan starter yang berbeda. Sedangkan pada penelitian Sari (2016) dengan starter ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan lama fermentasi 3 hari hanya memperoleh kadar alkohol tertinggi 0,8%. Oleh karena itu, penelitian ini masih termasuk besar hasil kadar etanolnya yaitu 3,5% dan akan terus dikembangkan untuk selanjutnya.

KESIMPULAN

Fermentasi serentak dengan enzim selulase dan khamir *Saccharomyces cerevisiae* merubah gula menjadi alkohol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gula reduksi paling tinggi di penambahan substrat 7,5% yaitu 3,014% dan substrat 10% menghasilkan gula 2,686%. Hasil uji alkohol didapatkan bahwa penambahan substrat konsentrasi 10% dan starter konsentrasi 20% menghasilkan alkohol tertinggi yaitu 3,5%, sedangkan substrat konsentrasi 7,5% dan starter konsentrasi 10% menghasilkan alkohol terkecil 1%. Sehingga penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya dalam menghasilkan alkohol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Lampung yang telah memberikan dana penelitian melalui DIPA POLINELA Nomor : 193.68/PL15.8/PT/2020 untuk menyelesaikan penelitian ini, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini dan terimakasih kepada keluarga yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. And Sulaiman, F. 2013. The Properties Of The Washed Empty Fruit Bunches Of Oil Palm. *Journal Of Physical Science*, Volume 24 No.2 pp 117-137.
- Azizah, N., Al-Baari, A. And Mulyani, S. 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*, Volume 1 No. 2 tahun 2012.
- Devitria, R. dan Fatmi, D. 2018. Produksi Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Isolat Bakteri Dari Cagar Biosfer Giam Siak Kecil Bukit Batu, Riau. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) 2017*.
- Herdiningrat, R. A., Mardawati, Mardawati. E. Putri, S.H. Yuliani, T. 2020. Karakterisasi Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Pemurnian Adsorpsi (Adsorpsi Menggunakan Adsorben Berupa Zeolit. *Jurnal Industri Pertanian*, volume 02 No 01 tahun 2020, halaman 113-123. Bandung.
- Koes Irianto. 2013. Pencegahan Dan Penanggulangan Keracunan Bahan Kimia Berbahaya. Yrama Widya. Bandung.
- Muchlis Achsan Udji Sofro Dan Dito Anurogo. 2013. 5 Menit Memahami 55 Problematika Kesehatan. D-Medika. Yogyakarta.

- Muryanto, M., Sudiyani, Y. And Abimanyu, H. 2016. Optimasi Proses Perlakuan Awal Naoh Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Menjadi Bioetanol. Jurnal Kimia Terapan Indonesia, Volume 18 No.1, halaman 27-35. Doi: 10.14203/Jkti.V18i01.37.
- Putri, E. S. dan Supartono. 2015. Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa Untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Dan Fermentasi. Indonesian Journal Of Chemical Science, Volume 3 No.4.
- Pradana, M. A., Ardhyananta, H. And Farid, M. 2017. Pemisahan Selulosa Dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Alkalisasi Untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. Jurnal Teknik ITS, Volume 6 No.2. Doi: 10.12962/J23373539.V6i2.24559.
- Ratna Juwita. 2012. Studi Produksi Alkohol Dari Tetes Tebu (*Saccharum Officinarum L*) Selama Proses Fermentasi. Skripsi Universitas Hasanudin Makassar.
- Sari, R. M. 2016. Optimasi Produksi Bioetanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metode Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sarwono, R. Triwahyuni, E. Aristiawan Y. 2016. Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit (TKS) Menjadi Etanol. Jurnal Selulosa, Volume 4 No.1, halaman 1-6. Doi: 10.25269/Jsel.V4i01.50.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Indonesian Oil Palm Statistics 2018. Edited By Subdirektorat Statistik Tanaman Perkebunan. Jakarta.
- Sutikno. Nawansih, O. 2015. Pengaruh Perlakuan Awal Basa Dan Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi Tandan Kosong kelapa Sawit. Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian, Vol. 20 No. 10.
- Yumas, M. dan Rosniati. 2014. Pengaruh Konsentrasi Starter Dan Lama Fermentasi Pulp Kakao Terhadap Konsentrasi Etanol. Jurnal Biopropal Industri. Balai Riset dan Standarisasi Industri Pontianak.