

# Potensi Listrik Bioetanol Air Kelapa Tua Serta Analisis Biaya Investasinya di Provinsi Riau

Kariza Awal Mahendra<sup>(1)</sup>, Liliana<sup>(2)</sup>

Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Panam, Jl. HR. Soebrantas No.Km. 15, RW.15, Simpang Baru, Kota Pekanbaru,  
Riau 28293, Indonesia

Email: <sup>1</sup>11750515165@students.uin-suska.ac.id, <sup>2</sup>liliana@uin-suska.ac.id

---

## Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

## Sejarah Artikel

Diterima pada 23 Maret 2023  
Disetujui pada 16 Juni 2023  
Dipublikasikan pada 30 Agustus 2023  
Hal. 748-762

---

## Kata Kunci:

Air kelapa tua; fermentasi; bioethanol; superpro; investasi

---

## DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v8i3.1362>

---

**Abstrak:** Pabrik kelapa di Riau memproduksi 6.354 ton/jam. Dari olahan kelapa, akan menghasilkan limbah cair sebesar 67% atau 4.190,18 ton limbah. Limbah ini menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, diantaranya polusi asam asetat yang terjadi karena fermentasi limbah. Air kelapa tua mengandung protein, lemak, karbohidrat, gula, zat lainnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi bioetanol yang dihasilkan dari air kelapa tua untuk dimanfaatkan menjadi listrik dengan variasi campuran *dexlite* E10, E30, dan E50. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui biaya investasi meliputi analisis keuntungan dan periode balik modalnya. Proses dalam menghasilkan Bioetanol dilakukan dengan Metode Fermentasi dan Destilasi yang disimulasikan pada aplikasi *superpro designer*. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil air kelapa tua di Provinsi Riau 5 tahun terakhir dapat menghasilkan rata-rata 12.707,8 liter bio etanol, diketahui bahwa E10 merupakan campuran paling

optimal menghasilkan energi listrik dan potensi daya, yakni rata-rata menghasilkan energi listrik sebesar 142,5MWh dan potensi daya sebesar 6,074MW. Untuk campuran minimum menghasilkan energi maupun daya adalah campuran E50, yakni 123,26 MWh energi dan daya sebesar 5,13 MW. Biaya investasi reaktor bioethanol mencapai Rp.216.930.727.724,52 dengan potensi keuntungan yang diperoleh sebesar Rp.237.847.804.709,84, analisis rasio B/C 1,09 dan periode balik modal adalah 11 bulan dari operasional pabrik.

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk erat kaitannya dengan peningkatan jumlah energi yang dikonsumsi. Hal ini dibuktikan dengan data, bahwa pada tahun 2020 PLN telah menjual listrik sebesar 241.1440 GWh ke seluruh Indonesia. Sektor pelanggan terbesar yang menikmati listrik PLN ini adalah sektor rumah tangga yakni sebesar 280 GWh, diikuti sektor lain seperti 71.479 GWh untuk sektor industri, 42.128 GWh untuk sektor bisnis, 8.037 GWh untuk sektor sosial, 4.597 GWh untuk sektor pemerintahan dan 3.620 GW untuk penerangan jalan umum. PLN (2021) menyebutkan realisasi peningkatan penjualan listrik PLN ini diiringi dengan peningkatan jumlah pelanggan PLN yang berdasarkan data tahun 2020, PLN telah mencatat 78.663 pelanggan atau naik 4,36% dari tahun 2019.

Selama ini, jumlah konsumsi energi listrik yang besar tersebut dipenuhi oleh listrik yang dihasilkan dari energi tak terbarukan, seperti PLTU dengan bahan bakar batubara, maupun PLTD dengan bahan bakar solar. Memandang jumlah sumber energi tak terbarukan yang mulai menipis, dalam RUPTL PLN tahun 2021-2030, PLN akan melaksanakan program dedieselisasi PLTD yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Dari 5.200 unit PLTS yang tersebar di seluruh Indonesia, PLN mencanangkan untuk melakukan dedieselisasi 2.130 lokasi PLTD, dengan tahap awal berupa konversi PLTD ke EBT pada pembangkit yang memiliki usia lebih dari 15 tahun yang berada di lokasi yang terisolir dan konsumsi bahan bakar diatas 0,2738L/kWh.

Salah satu jenis EBT yang jumlahnya melimpah di Indonesia adalah biomassa/bioenergi. Berdasarkan PP No 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Indonesia memiliki potensi bioenergi sebesar 19.385MW, dengan kapasitas terpasang 1.671 MW atau hanya termanfaatkan sebesar 5,1%. Peningkatan pemanfaatan potensi bioenergi ini harus terus dilakukan, salah satunya adalah pemanfaatan limbah dari tanaman industri, seperti limbah kelapa. Indonesia adalah negara penghasil kelapa terbesar di dunia, dengan Provinsi Riau sebagai penyumbang utamanya. Data tahun 2017, menyebutkan Riau telah memproduksi 406.089 ton buah (*Cocos Nucifera L*) yang diperoleh dari lahan seluas 502.935 Ha lahan (Hadi, 2017).

Produksi kelapa yang tinggi di Riau tentu menghasilkan limbah yang tidak sedikit pula. Pabrik kelapa di Riau dapat memproduksi 6.354 ton kelapa per jam nya. Dari jumlah kelapa yang diolah, akan menghasilkan limbah cair sebesar 67% atau setara dengan 4.190,18 ton limbah cair per jam nya. Maka jika dikalkulasikan, setiap harinya pabrik kelapa di Riau akan menghasilkan limbah cair kelapa tua sebesar 100.564,32 ton (Barlina & dkk, 2007). Limbah ini tentu menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, di antaranya polusi asam asetat yang terjadi karena fermentasi limbah air kelapa tua tersebut (Mukti & Sutjaho, 2013). Selama ini, air limbah kelapa tua hanya dibuang ke lingkungan saja, dan pada beberapa penelitian terkait sebatas diolah menjadi pupuk organik. Padahal, limbah tersebut masih memiliki kandungan gizi yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi, diantaranya kandungan protein, lemak, karbohidrat, gula, vitamin dan zat lainnya (Mukti & Sutjaho, 2013). Gula yang terkandung dalam limbah air kelapa tua ini diantaranya sukrosa, glukosa, fruktosa dan sorbitol, yang mana jenis gula tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol (Barlina & dkk, 2007).

Etanol merupakan salah satu jenis golongan senyawa organik yang terdiri atas unsur C, H dan O yang secara struktur sama dengan air namun unsur hidrogen salah satunya digantikan oleh unsur dari gugus alkil (Ferdaus & dkk, 2008). Alkohol memiliki karakteristik berupa zat cair yang tidak berwarna, berbau khas, dan memiliki sifat flammable atau mudah terbakar dan menguap serta dapat bercampur dengan air untuk zat pelarutnya. Perkembangan bioetanol sendiri dapat dilihat dari perkembangan sumber bakunya, jika diklasifikasikan, bahan baku bioetanol terbagi atas bahan baku generasi 1 yang berasal dari bahan baku mengandung gula atau pati, generasi 2 yakni bahan baku dari bahan ligniselulosa, generasi 3 dari bahan baku mikro dan makroalga, serta generasi 4 dari sumber biomassa yang sebelumnya melalui tahapan rekayasa genetika di laboratorium. Indonesia sendiri saat ini masih banyak memanfaatkan bioetanol generasi 1 dan 2,

sedangkan untuk generasi 3 dan 4 masih dalam penelitian skala laboratorium (Ferdaus & dkk, 2008).

Dalam beberapa penelitian yang dilakukan, bioetanol yang dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar dicampur dengan bahan bakar fosil dengan variasi campuran baik 10, 15 maupun 20%. Umumnya, penggunaan bioetanol sebagai campuran bahan bakar di berbagai negara, disesuaikan kemampuan negara tersebut menghasilkan etanol dan infrastruktur yang tersedia. Saat ini, negara-negara maju lebih tertarik untuk menggunakan komposisi ethanol 10% atau E10. Hal ini disebabkan karena campuran ini memiliki kelebihan yakni tidak memerlukan perubahan pada mesin yang ada saat ini, walau energi yang dihasilkan memiliki jumlah yang sedikit berbeda. Selain itu E10 memiliki RON 95 yang lebih baik dari BBM serta sidatnya yang tidak bertimbal. E10 juga mampu meningkatkan tenaga mesin dan mengurangi gas buang CO<sub>2</sub> secara signifikan (Nadliroh & Fauzi, 2021).

Penelitian terkait pemanfaatan bioetanol dari limbah air kelapa tua sudah beberapa kali dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Utami, B., & Maret, U, S. (Utami & Maret, 2016). Penelitian tersebut membahas mengenai pembuatan bioetanol dari air kelapa tua dengan proses fermentasi, dengan tujuan untuk mengetahui periode waktu dan jumlah optimal rafi yang ditambahkan untuk optimalisasi hasil bioetanol yang diproduksi dengan kadar tertinggi. Selain itu penelitian, Malle, Kapelle, dan Lopulalan (2014) juga meneliti hal yang sama dengan menggunakan metode yang sama, yang membedakan adalah variabel kontrol yang dipakai sudah ditetapkan yakni dengan menggunakan masa inkubasi selama 70 menit. Kadar bioetanol yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah sebesar 76-80% setelah dilakukan analisis HPLC. Penelitian lain juga dilakukan untuk memproduksi bioetanol dari limbah air kelapa tua. Penelitian Turnip, Restuhadi, dan Rossi. (2016), melakukan penambahan NPK dan TWEEN 80 sebagai tambahan pada proses fermentasi. Kadar NPK yang dipakai juga bervariasi yakni 0,2, 0,4, 0,6, dan 0,8% untuk memperoleh hasil yang optimal. Pembuatan bioetanol dari air kelapa tua juga dilakukan dengan tambahan metode dehidrasi dengan zeolit. Penelitian Marlina dan Hainun (2020) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi serta di destilasi pada suhu 70-80 C dan di dehidrasi dengan zeolit alam.

Dari beberapa penelitian terkait, penelitian yang ada masih terbatas pada analisis pembuatan bioetanol dan parameter proses yang digunakan dalam fermentasi, baik dengan variabel kontrol pada suhu, penambahan zeolit untuk dehidrasi atau metode lainnya. Penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar genset untuk dijadikan listrik masih belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh bahan bakar bioetanol dari limbah air kelapa tua serta analisis biaya investasinya khusus untuk wilayah Riau sebagai objek penelitian, karena Riau merupakan produsen kelapa terbesar di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode fermentasi dan destilasi yang di simulasikan pada aplikasi superpro untuk memperoleh potensi bioetanol yang dapat dihasilkan untuk kemudian dilakukan analisis potensi listrik dan potensi daya dengan metode perhitungan matematis dengan variasi campuran bahan bakar yakni E10 (Ethanol 10%, Dexlite 90%), E30 (Ethanol 30%, Dexlite 70%), dan E50 (Ethanol 50%, Dexlite 50%) (Fazel & Nanda, 2021). Setelah potensi listrik dan

daya diperoleh, kemudian dilakukan analisis biaya, mencakup biaya investasi dan periode balik modal atau payback period dengan menggunakan metode perhitungan matematis, serta berdasarkan campuran bahan bakar yang memiliki potensi energi listrik tertinggi.

## METODE

Tahapan yang dilalui dalam penelitian dengan judul potensi listrik dari *bioetanol* air kelapa tua serta analisis biaya investasinya di Provinsi Riau meliputi studi literatur, pengumpulan data, perhitungan potensi air kelapa, pembuatan simulasi, perhitungan potensi listrik dan daya, perhitungan matematis untuk analisis ekonomis serta penarikan kesimpulan. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data produksi kelapa dan juga kandungan zat yang dikandungnya serta parameter proses seperti komposisi campuran dan sifat bahan bakar merupakan data sekunder yang berasal dari literatur terkait. Dalam penelitian ini, potensi bioetanol dari air kelapa tua diperoleh dari hasil fermentasi dan destilasi pada aplikasi superpro untuk kemudian dilakukan perhitungan potensi energi listrik dan daya dengan menggunakan perhitungan matematis dari persamaan yang ada pada bagian metode penelitian. Biaya investasi pembangunan reaktor bioetanol ini diperoleh dengan memanfaatkan fitur *Economic Evaluation Solve (EES)* yang dimiliki aplikasi superpro, sehingga dengan diketahui biaya investasi awal dapat dihitung beberapa analisis ekonomis lainnya seperti analisis rasio B/C untuk memperoleh nilai keuntungan, serta periode balik modal dari pembangunan reaktor bioetanol dari air kelapa tua di provinsi Riau.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### Tahap Pengumpulan Data dan Parameter Proses Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari Provinsi Riau (2021) adalah data sekunder yang diperoleh dari bahan rujukan yang terverifikasi, adapun data yang dibutuhkan antara lain:

Tabel 1. Produksi Kelapa Provinsi Riau 2017-2021

No	Tahun	Produksi Kelapa (Dalam Ton)
1	2017	390.899
2	2018	392.701

3	2019	390.216
4	2020	399.361
5	2021	381.922

Berdasarkan penelitian Turnip, Restuhadi, dan Rossi. (2016), dalam 1 buah kelapa terdapat sebanyak 300ml air kelapa yang mengisi  $\frac{3}{4}$  bagian rongga yang ada di dalam buah kelapa, dengan acuan berat rata-rata 1 buah kelapa adalah 1,6 kg. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat ditentukan potensi air kelapa yang dapat diproduksi di Provinsi Riau adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Potensi Air Kelapa Tua Provinsi Riau 2017-2021

No	Tahun	Potensi Air Kelapa Tua (Liter)
1	2017	73.293,5
2	2018	73.631,4
3	2019	73.165,5
4	2020	74.880,1
5	2021	71.610,3

Tabel 3. Konsumsi Listrik PLN UIW Riau/Kepri Per Sektor Tahun 2021

No	Sektor	Konsumsi Listrik (GWh)
1	Rumah Tanga	2.935,09
2	Industri	1.593,6
3	Bisnis	1.130,6
4	Sosial	222,55
5	Pemerintahan	112,15
6	Penerangan Jalan Umum	114,24
	Total	6.108,3

### Parameter Proses

Merupakan parameter kandungan yang digunakan sebagai masukan pada simulasi superpro sehingga bioetanol dari air kelapa tua dapat diperoleh nilai potensinya.

Tabel 4. Kandungan Gizi Air Kelapa (Rahmat, 2020)

No	Kandungan Gizi	Kelapa Tua	Kelapa Muda
1	Protein (%)	0,29	0,1
2	Lemak (%)	0,15	<0,1
3	Karbohidrat/ <i>Glukosa</i> (%)	7,27	4
4	Vitamin C (mg/100ml)	2,2-3,7	2,2-3,4
5	Air (%)	91,23	95,5
6	Abu (%)	1,06	0,3
7	Total (%)	100%	100%

Tabel 5. Parameter Stock Mixture (Eksal & Marhamah, 2022)

No	Variabel	Nilai (Kg/Batch)
1	Udara	100
2	Air	100

Tabel 6. Nilai Karakteristik Bahan Bakar Campuran (Fazel & Nanda, 2021)

No	Campuran Bahan Bakar	Nilai Setana	Nilai LHV (KJ/Kg)	Densitas (g/m3)
----	----------------------	--------------	-------------------	-----------------

1	E10 (Dexlite 90%, Bioetanol 10%)	47,6	41.400	834,2
2	E30 (Dexlite 70%, Bioetanol 30%)	45,7	38.200	840,7
3	E50 (Dexlite 50%, Bioetanol 50%)	43,1	35.000	833,3

Tabel 7. Perbandingan Bahan Bakar Dexlite Dengan Bioetanol (Eksal & Marhamah, 2022)

No	Variabel	Dexlite	Bioetanol
1	Densitas Pada Suhu 20C (Kg/m <sup>3</sup> )	837	788
2	Nilai Setana	50	5-8
3	Nilai <i>Viskositas</i> Pada Suhu 40C (mm <sup>2</sup> /s)	2,6	1,2
4	Tekanan Permukaan Pada Suhu 20C (N/m)	0,023	0,015
5	LHV (MJ/Kg)	43	26,8
6	Kapasitas Kalor Spesifik (J/KgC)	1.850	2.100
7	Titik Didih	180-360	78
8	Kadar Oksigen (% Berat)	0	34,8
9	Kalor <i>Laten Evaporasi</i> (KJ/Kg)	250	840
10	Elastisitas Modulus	16.000	13.200
11	Rasio Bahan Bakar di Tekanan Stoikiometri	15,0	9,0
12	Berat Melekul	170	46

### Penentuan Potensi Bioetanol Menggunakan Metode Simulasi Dengan Aplikasi Superpro

Untuk menghasilkan data berupa potensi bioetanol yang dapat dihasilkan dari bahan baku air kelapa tua, dilakukan simulasi dengan metode fermentasi dan destilasi menggunakan aplikasi superpro. Adapun langkah yang akan dilakukan dengan aplikasi ini meliputi

Tabel 8. Tahapan Pembuatan Simulasi di Aplikasi Superpro

No	Proses	Keterangan
1	Menentukan Model Proses	Model proses adalah pilihan proses yang ditawarkan oleh aplikasi superpro. Aplikasi ini menawarkan 2 jenis mode proses, yakni <i>batch</i> dan <i>continous</i> . Untuk penelitian ini digunakan metode <i>batch</i> dengan alasan penjadwalan simulasi dapat divariasikan saat proses <i>running</i> simulasi sehingga memungkinkan untuk menambah atau menghilangkan beberapa kandungan / komponen yang ada
2	Registrasi Kandungan Murni dan Campuran	Kandungan murni adalah zat yang terkandung dalam bentuk zat tunggal yang ada pada bahan baku, sedangkan kandungan campuran merupakan bahan baku yang akan diolah sebagai objek penelitian untuk kemudian diolah menjadi bioetanol
3	Proses Pengolahan Bahan Baku Menjadi Bioetanol	Sebelum dilakukan <i>running</i> simulasi, maka <i>user</i> harus memilih berbagai reaktor yang digunakan untuk simulasi ini, selain itu dilakukan juga masukkan untuk parameter terkait pda setiap reaktor, serta nilai masing-masing kandungan yang ada.
4	Menjalankan Simulasi	Menjalankan simulasi adalah tahapan akhir dalam pemuatan simulasi reaktor bioetanol dengan aplikasi superpro ini. Setelah menjalankan simulasi, <i>user</i> akan



diberikan hasil berupa potensi bioetanol, meliputi jumlah, serta kandungan yang terkandung di dalamnya.

Tabel 9. Reaktor yang Digunakan Pada Simulasi Produksi Bioetanol Menggunakan Aplikasi Superpro (Wulandari & Utami, 2015)

No	Nama Unit Prosedur	Fungsi
1	<i>Fermentor ( Mode Batch Stoikiometri)</i>	<i>Fermentor (ferment)</i> dalam simulasi ini digunakan sebagai reaktor untuk melakukan proses fermentasi dengan reaksi stoikiometri. Tahapan ini terjadi pada <i>stirred-jacketed vessel</i> . Tahap ini juga terjadi dalam mode proses <i>batch</i> , yang memungkinkan pergantian volume atau parameter ukur pada simulasi saat simulasi dijalankan.
2	<i>Electric Heat</i>	Komponen <i>electric heat exchanger</i> digunakan sebagai pemanas air kelapa tua yang telah difermentasi sehingga diperoleh uap alkohol yang kemudian dipisah pada tangki <i>destilator</i> .
3	<i>Destilator (Distill, Mode Batch)</i>	Destilator disini merupakan komponen yang berfungsi untuk memisahkan antara kandungan alkohol dengan air yang masih terkandung setelah proses fermentasi. Dengan metode <i>fraksinasi multistage</i> , destilasi dilakukan dengan melihat selisih <i>votality</i> dari kedua jenis zat, yakni alkohol dan air.

## A. Perhitungan Matematis

### 1. Perhitungan Potensi Energi Listrik

Untuk penentuan potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh bahan bakar bioetanol, dapat dihitung dengan persamaan berikut (Rahmat, 2020) :

$$\text{Energi Listrik} = \text{Volumetric Flow} \times \text{LHV} \quad (1)$$

Energi Listrik = Energi listrik keluaran yang dihasilkan oleh bioetanol air kelapa tua (kWh)

*Volumetric Flow* = Laju aliran volume (volume bioetanol yang dihasilkan dari simulasi) (Kg)

*Low Heating Value* = Nilai kalor rendah, yakni nilai kalor saat zat air dan gas hidrogen dalam fasa uap (KJ/Kg)

### 2. Perhitungan Potensi Daya

Potensi daya listrik dari bioetanol air kelapa tua dapat dihitung dengan persamaan (Rahmat, 2020)

$$\text{Potensi daya} = \text{Energi Listrik} / 24 \text{ jam} \quad (2)$$

Energi Listrik = Energi listrik keluaran yang dihasilkan oleh bioetanol air kelapa tua (kWh)

24 Jam = Waktu dalam 1 hari

### 3. Perhitungan Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi untuk pengadaan reaktor pembuat bioetanol dari air kelapa tua ini memanfaatkan fitur pembiayaan yang telah disediakan oleh aplikasi superpro designer, sehingga penelitian ini hanya menambahkan biaya

diluar pembelian komponen seperti biaya konstruksi, tukang dan biaya perawatan

#### 4. Perhitungan Periode Balik Modal (*Payback Period*)

Analisis perhitungan biaya balik modal atau *payback period* dihitung dengan cara mengkalkulasikan waktu yang dibutuhkan saat total arus kas masuk dan keluar seperti pada persamaan berikut (Wulandari & Utami, 2015) :

$$K(\text{pbb}) = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \times \text{Periode Waktu} \quad (3)$$

Dimana :

- K = Waktu/Periode Balik Modal
- Investasi = Biaya awal pembangunan
- Annual Benefit* = Keuntungan dalam 1 tahun
- Periode waktu = Satuan Waktu

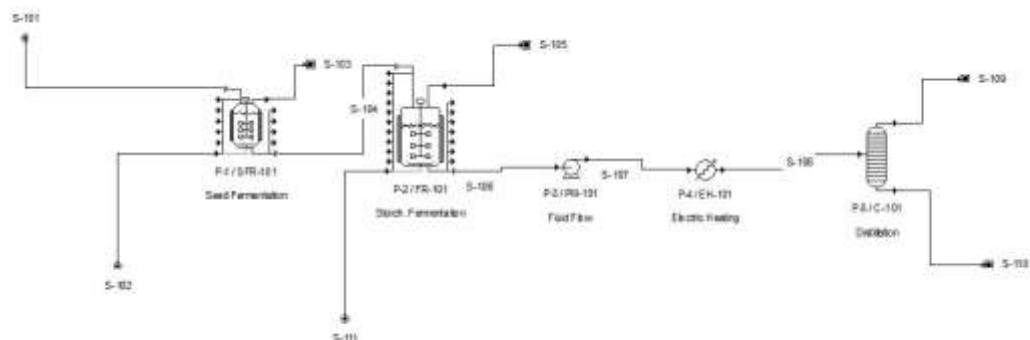
Tabel 10. Harga Jual Tenaga Listrik EBT Berdasarkan Draf Perpres tentang Tarif Pembelian Listrik Yang Bersumber dari Energi Terbarukan

No	Jenis Sumber Energi	Kapasitas (MW)	Tarif Berdasarkan Nilai PP Eksisting ( Termasuk Komponen ABCD dalam Satuan \$/kWh)		Tarif Berdasarkan Perpres (\$/kWh)	Remark
			Harga Minimal	Harga Maksimal	LCOE Maksimum	
1	Hydro	=<10MW	1,0714 (termasuk komponen E)	10,52 (termasuk komponen E)	9,90	FIT<5MW
		>10-50MW	6,3525	8,0476	8,00	HPT
		>100MW	7,53	9,5709	6,80	HPT
2	Hydro Peaker	300-500 MW	8,92	8,92	Negosiasi	
		>500MW	10,9415	12,627	Negosiasi	
3	Angin (Diluar Komponen)	=<10MW	5,5394	5,5394	12,00	FIT<5MW
		>10-50MW	12,5137	12,5137	10,00	HPT
		>50-100MW	10,475	11,0023	10,00	HPT
4	Geothermal	>10-50MW	6,5	11,415	8,92	HPT
		>50-100MW	5,8	9,4	8,19	HPT
		>100MW	6,735	13	7,25	HPT
5	Biomassa	=<10MW	3,893	11,61	10,63	FIT<5MW
6	Biogas	=<10MW	5,7537	8,83	8,94	GIT<5MW
		Limbah Untuk Energi	=<10MW	8,9286	13,35	Negosiasi
8	Energi Surya	=<10MWp	10,191	25	10,15	FIT<5MW
		=>10MWp	5,8179	10,597	7,5	HPT



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Potensi Bioetanol Air Kelapa Tua



Gambar 2. Permodelan Reaktor Bioetanol Air kelapa Tua dengan Simulasi Superpro

Gambar diatas merupakan simulasi reaktor yang digunakan untuk mengolah bahan baku air kelapa tua menjadi bioetanol. Tahapan ini menggunakan beberapa reaktor yang fungsinya telah disebutkan pada bagian metode penelitian. Air kelapa tua, dijadikan masukan utama pada *seed fermentation* untuk kemudian diolah lebih lanjut pada *stoich fermentation* untuk difermentasikan. Hasil fermentasi itulah yang kemudian disuling dengan *destilator* untuk memisahkan antara kandungan air dengan etanol murni yang nilainya adalah sebagai berikut:

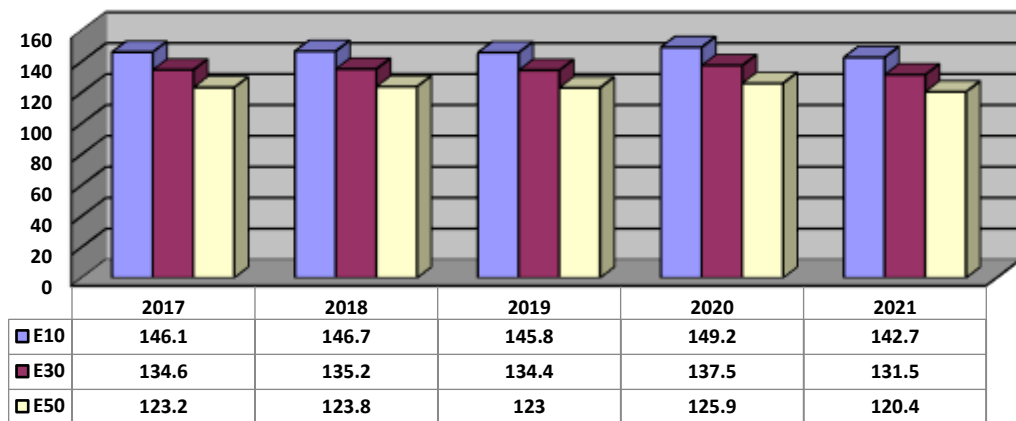
Tabel 11. Potensi Bioetanol Hasil Simulasi Superpro

No	Parameter	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Volume Air Kelapa Tua Dalam Liter	73.293,5	73.631,4	73.165,5	74.880,1	71,610,3
	Laju Aliran Volume (Volumetric Flow) Dalam Liter	12.704,4	12.762,9	12.682,2	12.979,4	12.412,6
3	Persentase Hasil Destilasi Dalam Persen	40,75%	40,75%	40,75%	40,75%	40,75%
		Etanol, Air	Etanol, Air	Etanol, Air	Etanol, Air	Etanol, Air
		59,25%	59,25%	59,25%	59,25%	59,25%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa setiap tahunnya, potensi air kelapa tua di Provinsi Riau dapat menghasilkan rata-rata 12.707,8 Liter bio etanol. Ketersediaan bahan baku air kelapa tua juga mencukupi dan cukup melimpah sehingga menjanjikan untuk keberlanjutan pengolahan bioetanol dari bahan baku air kelapa tua ini. Produksi bioetanol tertinggi adalah pada tahun 2020 dengan produksi sebesar 12.979,4 Liter bioetanol, dan terendah pada tahun 2021 yakni sebesar 12.412,6 Liter etanol. Dari simulasi yang dilakukan, proses fermentasi berpengaruh kepada nilai alkohol yang dihasilkan. Semakin lama proses fermentasi tersebut, maka semakin banyak kadar alkohol dan produk samping gas CO yang

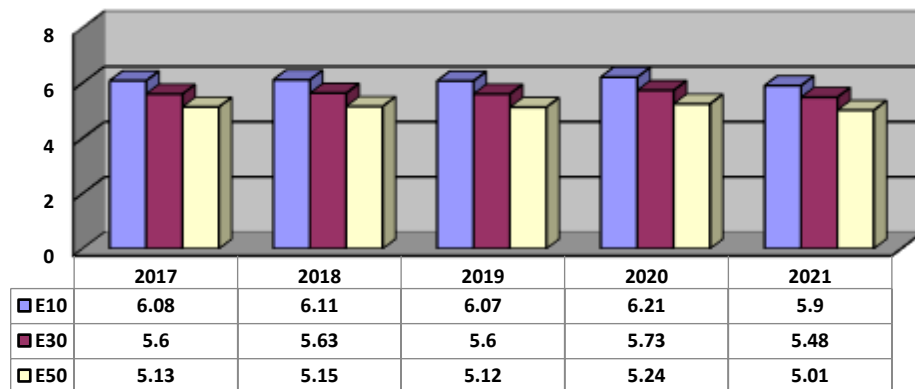
dihasilkan, namun meningkatnya kadar alkohol dan gas CO tersebut berdampak pada menurunnya kadar pH dari alkohol yang dihasilkan. Kadar pH optimal proses fermentasi sendiri pada pH 4.5. Tinggi rendahnya bioetanol yang diproduksi, dipengaruhi oleh faktor banyak sedikitnya bahan baku air kelapa tua pada tahun tersebut, semakin tinggi jumlah bahan baku, maka akan meningkatkan produksi etanol, begitu pula sebaliknya. Hasil destilasi juga menunjukkan nilai yang konstan untuk kandungan etanol dan air dari hasil fermentasi bahan baku yang diolah, yang mana kandungan etanol sebesar 40,75% dan kandungan air adalah sebesar 59,25%. Artinya bioetanol yang nantinya dapat dihasilkan dari bahan baku yang dimasukkan adalah sebesar 40,75% dari total masukan bahan baku. Besarnya kandungan air hasil destilasi ini disebabkan oleh bahan baku air kelapa tua yang mencapai 91,23% dari total keseluruhan kandungan zat yang terkandung dalam air kelapa tua tersebut.

### Potensi Energi Listrik dan Potensi Daya Pada Berbagai Campuran (E10,E30 dan E50)



Gambar 3 Grafik Potensi Energi Listrik Bioetanol Air Kelapa Tua Berbagai Variasi Campuran Bahan Bakar

Setelah dilakukan perhitungan matematis dengan menggunakan persamaan (1), dan dengan menggunakan data parameter proses berupa LHV dengan berbagai variasi campuran bahan bakar yakni E10, E30 dan E50, diperoleh hasil potensi energi listrik sesuai pada tabel di atas dan divisualisasikan pada gambar grafik 2. Dapat dilihat bahwa nilai potensi energi listrik masing-masing campuran bahan bakar bervariasi. Dapat dilihat bahwa bahan bakar E10 (campuran Ethanol 10% dan Dexlite 90%) memiliki potensi energi listrik yang tertinggi diikuti E30 dan E50 menjadi campuran yang menghasilkan potensi listrik terendah. Tinggi rendahnya potensi listrik yang dapat dibangkitkan dipengaruhi oleh nilai kalor rendah masing-masing bahan bakar. Semakin besar nilai LHV nya maka akan semakin besar potensi listrik yang dapat dibangkitkan campuran bahan bakar tersebut. E10 menjadi campuran paling maksimal menghasilkan listrik karena memiliki LHV tertinggi yakni 41.400 KJ/KG atau 11,5kWh, diikuti dengan E30 yang memiliki nilai LHV 38.200 KJ/Kg atau 10,6kWh, dan E50 memiliki potensi listrik terendah karena LHV nya yang terendah yakni 35.000 KJ/Kg atau 9,7kWh.



Gambar 4. Grafik Potensi Daya Bioetanol Air Kelapa Tua Berbagai Variasi Campuran Bahan Bakar

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan potensi daya berdasarkan persamaan (2). Setelah dilakukan perhitungan, hasil yang diperoleh divisualisasikan pada gambar grafik 3, yang mana terdapat 3 komposisi campuran etanol yang digunakan sebagai variabel, yakni E10, E30 dan E50. Dari hasil yang diperoleh, dapat dianalisa bahwa etanol 10% memiliki nilai potensi tertinggi dengan rata-rata potensi listrik yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 6,07 MW, sedangkan potensi daya terkecil dimiliki oleh campuran bahan bakar E50 yang memiliki rerata potensi daya sebesar 5,14MW. Besar kecilnya nilai potensi daya ini tergantung pada energi listrik yang dihasilkan oleh bioetanol, semakin besar nilai energi listrik yang dihasilkan, maka akan semakin besar pula potensi dayanya, begitu sebaliknya, dan besarnya energi listrik juga berdasarkan nilai kalor rendah yang dimiliki masing-masing bahan bakar yang menjadi variabel penelitian. Jika dibandingkan dengan konsumsi energi listrik UIW Riau Kepri pada bagian metode , potensi daya yang dapat dibangkitkan memang belum dapat mencakup keseluruhan beban, namun dengan potensi 6MW, bioetanol air kelapa tua ini dapat dipertimbangkan sebagai pembangkit yang mampu menambah ketersediaan listrik di Provinsi Riau, dengan menjadi sumber bahan bakar di PLTD yang ada di Riau, salah satunya PLTD 2x3,5 MW di Kotoringin, Siak Sri Indrapura.

### Perhitungan Biaya Investasi

Selain menyediakan fitur untuk melakukan permodelan reaktor, superpro juga menyediakan fitur untuk menghitung analisis laporan ekonomi dari permodelan yang dibuat. Analisis ekonomi yang disediakan oleh aplikasi superpro meliputi total biaya investasi (berasal dari total biaya pengadaan alat, total biaya langsung dan tidak langsung pabrik serta biaya *contractor fee*) dan biaya operasional nya. Superpro memberikan analisis ekonomi dalam kurs dollar, sesuai tabel berikut :

Tabel 12. Total Biaya Investasi

No	Deskripsi	Biaya (\$)
1	A.Biaya Komponen	
	<i>Seed Fermentor</i> ( <i>Vessel Volume = 13.621,17L</i> )	1.021.000

	<i>Fermentor</i> ( <i>Vessel Volume = 13.317,31L</i> )	1.021.000
	<i>Centrifugal Pump</i> ( <i>Pump Power = 0,70kW</i> )	17.000
	<i>Distillation Column</i> ( <i>Column Volume = 482,04L</i> )	18.000
	<b>Total Biaya</b>	<b>2.077.000</b>
2	<i>Total Plant Direct Cost (TPDC)</i>	
	Biaya Instalasi	881.000
	Proses Pempipaan	909.000
	Instrumentasi	1.039.000
	Biaya Insulasi	78.000
	Biaya <i>Electrical</i> (Include Genset 6 kW )	250.000
	Biaya Pembangunan	1.168.000
	<i>Yard Improvement</i>	389.000
	<i>Auxiliary Facilities</i>	1.039.000
	<b>Total Biaya</b>	<b>5.762.000</b>
3	<i>Total Plant Indirect Cost (TPIC)</i>	
	Biaya <i>Engineering</i>	2.089.000
	Biaya Kontruksi	2.000.000
	<b>Total Biaya</b>	<b>5.015.000</b>
4	<i>Total Plant Cost (TPC = TPDC+TPIC)</i>	
	<i>TPC</i>	13.373.000
5	<i>Contractor Fee &amp; Contingency (CFC)</i>	
	<i>Contractor Fee</i>	669.000
	<i>Contingency</i>	1.337.000
	Total Biaya	2.006.000
6	<i>Direct Fixed Capital Cost (DFC = TPC+CFC)</i>	
	<b>DFC</b>	<b>15.379.000</b>
		<b>\$13.835.000</b>
	<b>Total Capital Investment</b>	<b>Rp. 216.930.727.724,52</b> <b>(Kurs 3 November 2022)</b>

Dari tabel diatas, dapat dianalisa bahwa total biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk membangun pabrik bioetanol dari air kelapa tua adalah sebesar \$16.354.000 atau setara dengan Rp. 256.384.252.235,02 (Kurs Rupiah per Tanggal 3 November 2022). Untuk memperoleh biaya balik modal dari penggunaan bahan bakar bioetanol sebagai bahan bakar genset untuk membangkitkan listrik, kite perlu menghitung rasio B/C dengan sebelumnya menghitung harga jual bahan bakar bioetanol yang kita produksi dengan berdasar pada harga jual listrik dari EBT sesuai draft perpres yang ada pada bagian metode. Karena potensi tertinggi adalah campuran bioetanol 10% E10, maka kita menggunakan potensi listrik E10 untuk kemudian dijual kepada PLN. Potensi listrik yang digunakan adalah potensi tahun 2021.

Harga Jual (keuntungan) Listrik Bioethanol = \$10,63/kWh x 1.427.000 kWh

Harga Jual (keuntungan) Listrik Bioethanol = \$15.169.010(Rp.  
237.847.804.709,84)

$$\begin{aligned} & \text{(Kurs 3 November 2022)} \\ \text{Analisis Rasio B/C} &= \text{Harga Jual / Biaya Investasi} \\ \text{Analisis Rasio B/C} &= \text{Rp. 237.847.804.709,84 /} \\ & \text{Rp. 216.930.727.724,52} \\ \text{Analisis Rasio B/C} &= 1,09 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan analisis rasio B/C dengan membagi antara harga jual (keuntungan) listrik dari bioetanol dengan biaya investasi, diperoleh rasio B/C nya adalah 1,09. Dengan nilai rasio B/C > 1, dapat disimpulkan bahwa pengadaan pembangunan pabrik bioetanol air kelapa tua ini profit/menguntungkan. Setelah dihitung potensi keuntungannya, maka tahapan selanjutnya adalah menghitung periode balik modal dari pembangunan pabrik bioetanol untuk membangkitkan listrik. Dengan menggunakan persamaan (), maka periode balik modal dapat dihitung sebagai berikut :

$$K(\text{pbp}) = (\text{Investasi} / \text{Annual Benefit}) \times \text{Periode Waktu}$$

$$K(\text{pbp}) = (\text{Rp. 216.930.727.724,52} / \text{Rp. 237.847.804.709,84}) \times 1 \text{ tahun}$$

$$K(\text{pbp}) = 0,9 \text{ Tahun} = 11 \text{ bulan}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diperoleh bahwa untuk mengembalikan biaya investasi dari pembangunan pabrik bioetanol air kelapa tua membutuhkan waktu 11 bulan setelah pabrik tersebut beroperasi.

Tabel 13. Analisis Biaya

No	Parameter	Nilai
1	Biaya Investasi	\$13.835.000 setara dengan Rp. 216.930.727.724,52 (Kurs 3 November 2022)
2	Harga Jual/Keuntungan	\$15.169.010 atau setara dengan Rp. 237.847.804.709,84 (Kurs 3 November 2022)
3	Rasio B/C	1,09
4	Periode Balik Modal	0,9 Tahun = 11 bulan

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan air kelapa tua sebagai bahan baku pembuatan bioetanol untuk bahan bakar genset sebagai pembangkit listrik, diperoleh hasil bahwa dari tahun 2017-2021 potensi air kelapa tua di Provinsi Riau dapat menghasilkan rata-rata 12.707,8 Liter bio etanol. Bioetanol ini adalah hasil fermentasi dan destilasi yang dilakukan pada aplikasi superpro dengan hasil bahwa hasil destilasi tersebut mengandung 40,75% Etanol dan 59,25% Air. Setelah itu dilakukan potensi energi listrik dan daya dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar diantaranya E10, E30, dan E50. Dari perhitungan matematis yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa campuran E10 merupakan campuran yang paling optimal menghasilkan energi dan daya listrik dibanding campuran lain yakni E30 maupun E50. Nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai LHV yang bervariasi dari masing-masing campuran bahan bakar. E10 menjadi campuran paling maksimal menghasilkan listrik karena memiliki LHV tertinggi yakni 41.400 KJ/KG atau 11,5kWh, diikuti dengan E30 yang memiliki nilai LHV 38.200 KJ/Kg atau 10,6kWh, dan E50 memiliki potensi listrik terendah karena LHV nya yang terendah yakni 35.000 KJ/Kg atau 9,7kWh.

Adapun analisis biaya dari penelitian ini antara lain meliputi analisis biaya investasi, harga jual listrik bioetanol air kelapa tua, rasio B/C untuk menganalisis keuntungan investasi dan periode balik modal investasi bioetanol ini. Setelah dilakukan perhitungan matematis, dapat disimpulkan bahwa proyek pabrik bioetanol ini membutuhkan biaya sebesar \$13.835.000 setara dengan Rp. 216.930.727.724,52 (Kurs 3 November 2022). Investasi tersebut dapat dikatakan menguntungkan karena setelah dilakukan analisis rasio B/C, investasi ini memiliki rasio B/C >1, yang menandakan investasi ini menjanjikan untuk direalisasikan. Hal ini didasari pada keuntungan tahunan yang dapat diperoleh dari penjualan listrik bioetanol yang mencapai \$15.169.010 atau setara dengan Rp. 237.847.804.709,84 (Kurs 3 November 2022). Investasi ini juga diperkirakan akan balik modal pada bulan ke 11 setelah pabrik beroperasi dan dapat menjual listrik ke PLN.

## SARAN

Adapun rekomendasi untuk peneliti selanjutnya ialah agar peneliti selanjutnya dapat melakukan analisis mengenai dampak lingkungan terkait pembuatan pabrik bioetanol air kelapa tua serta agar dinas dan instansi terkait dapat mengimplementasikan penelitian ini untuk kebutuhan listrik Provinsi Riau.

## DAFTAR RUJUKAN

- PLN, (2021). "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030.," *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik. 2021-2030*, pp. 2019–2028
- Hadi, S (2017) "Model Pengembangan Industri Kelapa Di Provinsi Riau," *Semin. Nas. Perenc. Pembang. Pembang. Inklusif Desa Kota*, pp. 183–190, [Online]. Available: [http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file\\_artikel\\_abstrak/Isi\\_Artikel\\_248171892974.pdf](http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_248171892974.pdf)
- Barlina, R., Karouw, S., Towaha, J., & Hutapea, R. (2007). Pengaruh perbandingan air kelapa dan penambahan daging kelapa muda serta lama penyimpanan. *Jurnal Littri*, vol. 13, no. 2, 73–82.
- Mukti, R, A. & Sutjahjo, D, H. (2013). Bahan Bakar Alternatif Bioethanol Dari Limbah Kulit Kelapa Muda Segar Sebagai Extender Premium," *Jtm*, vol. 2, no. 1, pp. 57–64.
- Ferdaus, F., Wijayanti, M, O. Retnonigtyas, E, S., & Irawati, W. (2008). Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat dan Waktu Fermentasi terhadap Perolehan Asam Laktat dari Kulit Pisang. *J. Widya Tek.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14.
- Nadliroh, K., & Fauzi, A, S. (2021). Optimasi Waktu Fermentasi Produksi Bioetanol dari Sabut Kelapa Muda Melalui Distilator Refluks. *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 124–133, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i2.39002.
- Utami, B., & Maret, U, S. (2016). Pembuatan Bioetanol dari Air Kelapa Tua Menggunakan Proses Fermentasi Indonesia merupakan Negara penghasil kelapa terbesar di dunia . Dengan produksi terdapat di daerah Jawa Tengah , Jawa Timur , Sulawesi Utara , Sulawesi Tengah dan Provinsi Riau. *Juridik Kimia-FMIPA-UNY*, pp 147-152, ISBN 978-602-14548-2-4.



- Malle, D., Kapelle, I, B, D., & Lopulalan, F. (2014). BIOETHANOL PRODUCTION FROM WASTE COCONUT WATER THROUGH FERMENTATION PROCESS. *ind. J. Chem. Res*, vol. 2, pp. 155–159.
- Turnip, T, T., Restuhadi, F., & Rossi, E.. (2016). Potensi Air Kelapa Dalam Proses Fermentasi Bioetanol Dengan Penambahan Npk dan Tween 80 . *Jom Faperta*, vol. 3, no. 2, pp. 1–13.
- Marlina, L., & Hainun, W, N. (2020). Pembuatan Bioetanol dari Air Kelapa Melalui Fermentasi dan Destilasi-Dehidrasi Dengan Zeolit. *J. TEDC*, vol. 14, no. 3, pp. 255–260.
- Fazel, A, Z., & Nanda, P, M. (2021). Potensi Bio-etanol dari Nira Kelapa Menjadi Energi Listrik dan Perhitungan Ekonomisnya ( Studi Kasus : Desa Sungai Undan , Indragiri Hilir ). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Triac*. ISSN 2615-5788, p 2615-7764
- Provinsi Riau (2021). Produksi Kelapa Menurut Provinsi di Indonesia , 2017-2021 Coconut Production by Province in Indonesia , 2017-2021,” vol. 2021.
- RAHMAT, R. (2020). PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN VARIASI PENAMBAHAN PUPUK UREA DAN NPK TERHADAP PRODUKSI BIOETANOL DARI AIR KELAPA. [Online]. Available: <http://repository.uncp.ac.id/747/%0Ahttp://repository.uncp.ac.id/747/1/RAHMAT-1603409037.pdf>
- Eksal, Y, S. & Marhamah, J. (2022). Potensi Listrik Dari Bioetanol Nira Kelapa Sawit Limbah Replanting Studi Kasus PT Duta Palma Nusantara PKS Kuko , Kabupaten vol. 17, no. 1, pp. 76–83. ,doi: 10.21082/psp.v17n1.2018.Kuantan. *Sitekin*, vol. 19, no. 2, pp. 340–349.
- Adriyan, W. and Marhamah, J. (2022). Analisis Potensi Energi Listrik dan Biaya Limbah Rumen Sapi Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 263. doi: 10.24036/jtev.v8i2.117622.
- Santosa, B., & Palma, T., (2018). Kelapa Genjah Sebagai Sumber Gula Dan Potensi Pengembangan Dwarf Coconut As Sugar Source And Development Potential,”
- Wulandari R, R, A. & Utami, b. (2015). Pembuatan Bio-etanol dari Air Kelapa Tua Menggunakan Proses Fermentasi,” pp. 147–152, 2015,[Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/307588162>
- Ode, L & Wahid, M, A. (2005). Pemanfaatan Bio-Ethanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium.”
- Mulyadi, A, H, & Wibowo, T. (2009). Bio-etanol Nira Sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan, Seminar Nasional Lingkungan Hidup.
- Simanjuntak, E & Peratenta, S. (2015). Pembuatan Bio-etanol dari Nira Aren Secara Fermentasi Menggunakan Yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi.
- Herawati, D.A & A.A Wibawa. (2011) Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Waktu Fermentasi Terhadap Hasil Pembuatan Soyghurt. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Universitas Setia Budi*, Vol. 1 No,2
- Walangare, Lumenta, Wuwung, & Sugiarto (2013). Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana. *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 2