

Rancang Bangun Unit Pemurnian Limbah yang Mengandung Minyak & Asam Lemak Menjadi Bahan Baku Biodiesel Plant

Dheny Catur Kristanto; Hikari Arif Iman; Sherina Maria Sitorus

Teknik Mesin, Prodi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta,

dhenycaturkristanto@gmail.com, hikariarifiman@gmail.com, sherinamariasitorus@gmail.com

Abstrak

Bahan baku yang digunakan pada unit produksi biodiesel yang beroperasi di PT Badak NGL dari tahun 2015 hingga saat ini adalah minyak jelantah dari Mess Hall PT Badak NGL. Penelitian tugas akhir ini dibuat untuk menambahkan variasi bahan baku yang dapat di olah di unit produksi tersebut. Bahan baku yang akan diolah di unit ini sebelum ditambahkan ke unit produksi biodiesel yang sudah ada adalah limbah ikan, ampas kelapa serta minyak jelantah dari rumah makan lokal, dengan batas kandungan FFA dibawah 1% dan air dibawah 0,5%. Limbah ikan dan ampas kelapa akan melalui proses ekstraksi terlebih dahulu untuk diambil minyaknya dengan menggunakan Wet Method yang mana memanfaatkan air sebagai media mengekstrak miynak. Dari uji skala lab, dengan menggunakan metode tersebut rata - rata dihasilkan minyak ikan sebanyak 11,25 mL tiap kg limbah ikan dan 10,5 mL miynak kelapa tiap kg ampas kelapa. Kandungn %FFA minyak ikan, minyak kelapa dan minyak jelantah saat percobaan skala lab sebesar 7,5%, 2,5% dan 3,5%. Selanjutnya ketiga minyak akan dicampurkan dengan perbandingan 1 : 1 : 2, dengan minyak jelantah yang memiliki perbandingan terbesar. Dengan data yang telah diperoleh, dapat ditentukan banyaknya reaktan yang dibutuhkan. Campuran minyak akan diturunkan nilai FFA (Free Fatty Acid) dan air-nya melalui proses evaporasi dan esterifikasi dengan bantuan panas, H_2SO_4 dan Methanol. Hasil esterifikasi harus dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan reaktan dan air sebelum dikirim ke unit produksi biodiesel.

Kata kunci: ekstraksi ikan, ekstraksi kelapa, esterifikasi.

Abstract

Feed that used in biodiesel plant at PT Badak NGL since 2015 is waste cooking oil from PT Badak NGL's Mess Hall. The purpose of this study is to add more variation of feed that can be treated in existing biodiesel plant at PT Badak NGL. Feeds that is going to be used in this research are fish waste, coconut waste and used cooking oil from local resturant. All of the oil from feeds will be added to existing biodiesel plant with two specification, such as FFA (<1%) and water (<0,5%). The fish oil and coconut oil will be extracted by Wet Method which is using water as the oil solvent. From the lab scale experiment, using Wete Method produce an averaged number of 11,25 mL of fish oil per kilogram fish waste and 10,5 mL coconut oil per kilogram coconut waste. The %FFA content of fish, coconut and used cooking oil is 7,5%, 2,5%, and 3,5% respectively. All of the oil will be mixed with ratio 1 : 1 : 2, which the used cooking oil is the highest ratio. The reactant needed can be obtained from the lab scale experiment's data. The next step are evaporation and esterification which are used to reduce the water and FFA content using heat, H_2SO_4 and Methanol. After esterification, the crude oil should be cleaned first to remove its reactant and water remnant before being sent to the biodiesel plant.

Keywords: fish waste extraction, coconut waste extraction, esterification.

I. PENDAHULUAN (FONT 11)

Latar belakang

Meningkatnya angka pertumbuhan manusia liner dengan meningkatnya jumlah kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk aktivitas kehidupan manusia. Minyak bumi merupakan salah satu ketergantungan manusia terbesar hingga saat ini. Ketergantungan manusia terhadap sumber daya fosil yang tidak dapat diperbaharui itu haruslah dikurangi, karena pada masa yang akan datang, diprediksi minyak dan gas alam akan habis. Hal ini sudah mulai terasa sekarang [1]. Salah satu alternatif yang banyak menjadi perhatian peneliti adalah biodiesel. Biodiesel adalah bioenergi yang diproduksi dari minyak nabati turunan tumbuh-tumbuhan dan hewani setelah melalui beberapa tahapan proses seperti ekstraksi, dilanjutkan dengna esterifikasi dan yang terakhir adalah proses transesterifikasi itu sendiri, yang merupakan proses inti dalam pengolahan limbah minyak menjadi biodiesel. Biodiesel digunakan sebagai pengganti solar yang dapat digunakan pada mesin diesel. Mahasiswa LNG Academy angkatan kedua (2012) telah berhasil membuat sebuah unit pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel, dan hingga saat ini alat tersebut masih berjalan dan

dimanfaatkan di nursery Section PT Badak NGL. Biodiesel sesungguhnya dapat diproduksi dari sumber daya nabati maupun hewani, selama limbah tersebut mengandung minyak [2]. Faktanya, hingga saat ini biodiesel yang dapat diproduksi oleh unit tersebut hanyalah berasal dari satu bahan baku, yaitu minyak jelantah yang dihasilkan oleh *mess hall*, dan hal ini sungguh sangat disayangkan. Maka dari itu, terpikir oleh kami untuk memperluas variasi bahan baku, agar unit produksi biodiesel yang sudah ada tersebut tidak tergantung pada satu bahan baku saja, dan pengoperasiannya pun akan lebih fleksibel. Untuk itu, kami unit menggunakan 3 jenis bahan baku, yaitu minyak jelantah dari rumah makan lokal yang mewakili limbah minyak goreng, minyak ikan yang berasal dari limbah ikan yang mewakili minyak hewani dan minyak kelapa yang berasal dari ampas kelapa yang mewakili minyak nabati.

Tujuan dan Batasan Masalah

Tujuan yang ingin dicapai adalah merancang bangun unit pemurnian limbah mengandung minyak dan asam lemak menjadi bahan baku biodiesel *plant* dengan menggunakan sistem kontrol semi otomatis berbasis mikrokontroler Arduino. Bahan baku yang hendak diolah merupakan limbah ikan, ampas kelapa dan minyak jelantah. Target akhir produk dari unit yang akan dibangun memiliki kandungan asam lemak bebas (FFA) dibawah 1% dan air dibawah 0,5% dari berat total minyak. Batasan masalah dari penelitian yang dilakukan penulis adalah :

1. Limbah yang akan dimurnikan dan diambil minyaknya pada unit yang akan dibangun adalah limbah ikan, ampas kelapa dan minyak jelantah.
2. Limbah ikan & ampas kelapa berasal dari pasar lokal dan minyak jelantah berasal dari rumah makan lokal di Kota Bontang. Variasi bahan baku tidak dibahas lebih lanjut.
3. Proses ekstraksi limbah ikan dan ampas kelapa dilakukan melalui pemanasan pada suhu 100⁰C dan 110⁰C.
4. Asam kuat yang digunakan untuk proses esterifikasi adalah H₂SO₄ dengan konsentrasi 96% dan alkohol yang digunakan adalah metanol dengan konsentrasi 99,9%.
5. Produk samping dari proses ekstraksi & esterifikasi dan kelanjutan produk dari unit yang dirancang tidak dibahas lebih lanjut.
6. Sistem kontrol yang digunakan adalah *semi-automatic* berbasis mikrokontroler Arduino.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian yang dilakukan penulis, target kualitas minyak yang telah diproses adalah memiliki kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) dibawah 1% berat dan kandungan air dibawah 0,5% berat [2, 3]. Asam lemak bebas dan air sangat berpengaruh pada proses yang terjadi pada *Biodiesel Plant*. Asam lemak bebas dapat mengurangi efektifitas katalis yang digunakan (KOH) dan air akan menghidrolisis senyawa gliserida menjadi asam lemak bebas. Proses yang digunakan dinamakan esterifikasi, yaitu mengubah senyawa asam lemak bebas menjadi ester atau biodiesel. Untuk memperoleh minyak ikan dan minyak kelapa, penulis menggunakan metode *wet rendering* untuk mengekstrak minyak ikan yang mana limbah ikan direbus menggunakan air selama beberapa waktu untuk mendapatkan minyaknya dan *wet method* untuk mengekstrak minyak kelapa. Dalam *wet method*, kelapa ampas kelapa dicampurkan dengan air untuk dijadikan santan dan kemudian dipanaskan hingga santan berubah menjadi minyak [4 – 10]. Minyak yang telah diperoleh kemudian direaksikan menggunakan metanol dan asam sulfat. Untuk itu, diperlukan studi secara eksperimental yang kemudian dilanjutkan dengan merancang unit. Langkah – langkah penelitian sebagai berikut :

- a. Analisis bahan baku limbah ikan dan ampas kelapa.
- b. Merancang proses ekstraksi limbah ikan dan ampas kelapa agar dapat menghasilkan minyak.
- c. Merancang proses esterifikasi agar nilai FFA dan kadar air tercapai.
- d. Merancang peralatan melalui kondisi operasi pada unit ekstraksi, dan kolom reaktor.
- e. Merancang komponen-komponen mekanikal dan instrumentasi yang dibutuhkan.
- f. Pembuatan peralatan.
- g. Perbaikan dan pengujian alat.

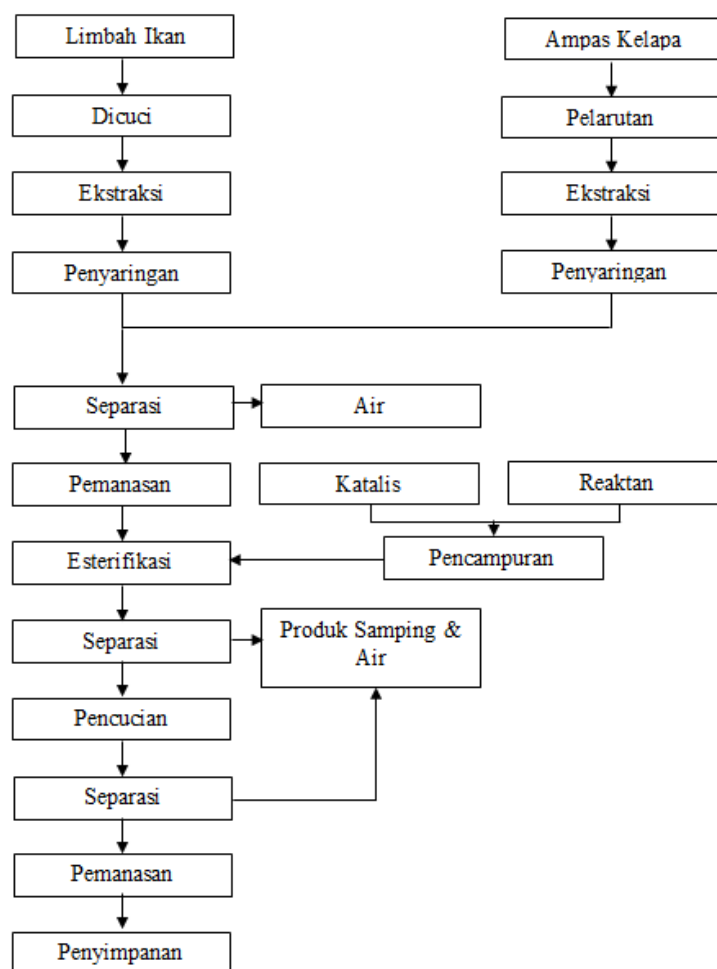
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Bahan Baku Limbah Ikan dan Ampas Kelapa

Dari percobaan yang dilakukan, tiap 2 kg limbah ikan dapat menghasilkan minyak ikan yang berkisar antara 15 – 30 mL dengan kandungan asam lemak bebas 5% - 10%. Ampas kelapa yang diekstrak tiap 500 gramnya akan menghasilkan minyak kelapa sebanyak 1 – 7 mL dengan kandungan asam lemak bebas antara 0,5% - 5%. Minyak jelantah yang digunakan pada *Biodiesel Plant* memiliki kandungan asam lemak bebas antara 1% - 6%. Nilai tengah %FFA masing – masing minyak secara berurutan – turut adalah 7,5%, 2,5% dan 3,5%, apabila dirata – ratakan sesuai perbandingan pencampuran, maka persentase FFA menjadi 4,3% + 0,5% sebagai toleransi. Dari perhitungan tersebut, rasio metanol dan asam sulfat terhadap minyak sebesar 47,41 : 1 dan 12,85 : 1 [2]. Dengan data yang diperoleh dan metode yang digunakan, perlu dibuat proses ekstraksi dan seprasi. Kemudian dilanjutkan proses evaporasi dan diakhiri dengan esterifikasi untuk mengkondisikan air dan asam lemak dalam ketiga minyak tersebut supaya dapat diproses pada *Biodiesel Plant* secara efisien

2. Merancang Proses Ekstraksi Limbah Ikan dan Ampas Kelapa dan Proses Esterifikasi

Rancangan proses unt yang akan dibangun ditunjukkan pada Gambar. 1 berikut :



Gambar. 1 Bagan Rancangan Proses Ekstraksi dan Esterifikasi

Ekstraksi minyak ikan dan minyak kelapa dilakukan pada tekanan atmosferis dan suhu 100⁰C – 110⁰C. Waktu yang digunakan untuk menjalankan proses ekstraksi untuk masing – masing limbah adalah 2 jam (limbah ikan) dan 5 jam (ampas kelapa). Banyaknya limbah ikan yang digunakan adalah 7 kg dan ampas kelapa sebanyak 2 kg. Kemudian hasil ekstrak di masukkan ke dalam separator untuk memisahkan air dan

padatan yang terbawa. Langkah selanjutnya adalah mengesterifikasi minyak yang diperoleh. Namun sebelum dilakukan esterifikasi, minyak sebanyak 6 liter minyak ditakar dengan komposisi 3 liter minyak jelantah, 1,5 liter minyak ikan dan 1,5 liter minyak kelapa. Kemudian ketiga minyak dipanaskan pada suhu 110°C selama 3 jam untuk menghilangkan kandungan air yang masih terbawa. Setelah selesai, minyak yang suhunya masih tinggi didinginkan menggunakan air pendingin untuk diturunkan suhunya dikisaran 55°C – 60°C karena pada suhu ini, reaksi esterifikasi berlangsung secara efisien. Selagi menunggu suhu turun, siapkan campuran metanol dan asam sulfat secara berurutan sebanyak 800 mL dan 9 mL. Setelah suhu untuk reaksi esterifikasi tercapai, masukan campuran metanol dan asam sulfat dengan minyak, kemudian aduk dan tunggu selama 2 jam. Langkah terakhir adalah mencampurkan air sebagai media pencuci minyak dan tunggu selama 1 jam agar terbentuk lapisan – lapisan cairan. Buang 2 lapisan bawah dan panaskan lapisan paling atas selama 2 jam untuk menghilangkan kandungan air.

3. Perancangan Peralatan dari Segi Mekanikal

Dalam perancangan alat ini, digunakan software engineering Solidworks Premium versi 2013. Solidworks adalah salah satu CAD software yang dibuat oleh Dassault Systems digunakan untuk merancang bagian permesinan atau susunan bagian permesinan yang berupa perakitan dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan bagian sebelum bagian sebenarnya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan. Alat-alat yang didesain dengan menggunakan software ini antara lain: platform, Fish Oil Extractor (R-1), Coconut oil Extractor (R-2), Crude Oil Filter (Y-1), Oil Separator Column (C-1), Reactant Tank (R-3), Reactor (R-4)

Pada dasarnya untuk membuat sebuah alat, perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat layak digunakan atau tidak. Unit pemurnian limbah mengandung minyak menjadi bahan baku biodiesel plant dalam mengalirkan fluida kerjanya memanfaatkan gaya gravitasi (tanpa menggunakan pompa), sehingga ketinggian masing-masing alat perlu dihitung dengan tepat agar fluida kerja dapat mengalir.

Input yang dibutuhkan untuk men-desain vessel adalah kapasitas yang dibutuhkan, fluida kerja, dan kondisi operasi (suhu dan tekanan). Kapasitas yang dibutuhkan akan menjadi dasar penentuan diameter dan tinggi vessel yang dibuat. Jenis fluida kerja yang ditampung akan mempengaruhi pemilihan material yang akan dipakai. Sedangkan kondisi operasi berupa suhu dan tekanan akan menentukan ketebalan shell dan head yang akan dibuat.

Rangkuman spesifikasi kolom dirangkum pada tabel berikut :

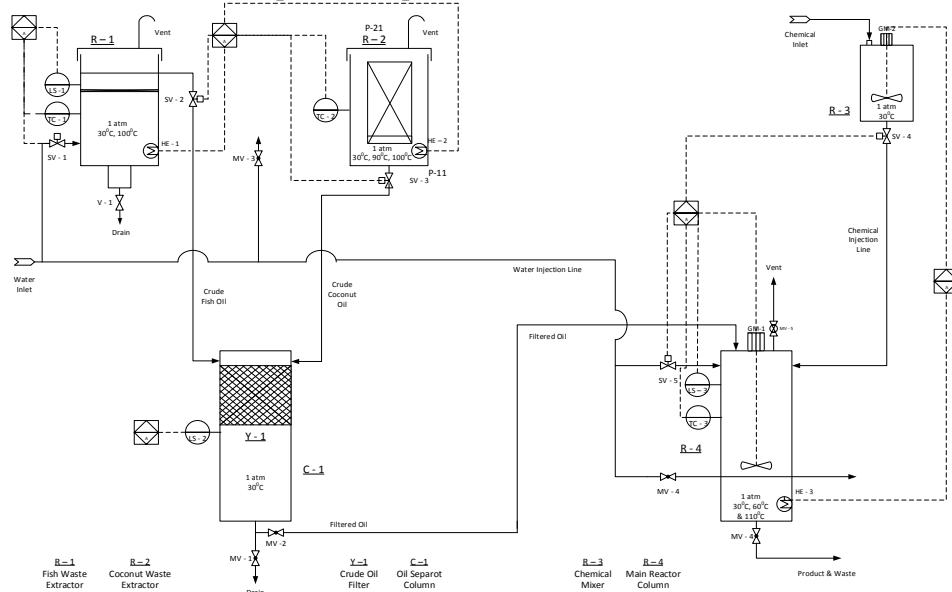
Tabel. 1 Spesifikasi Kolom

Tangki Ekstraktor Ikan		Tangki Ekstraktor Kelapa	
<i>Temperature Design</i>	100°C	<i>Temperature Design</i>	110°C
<i>Maximum Allowable Working Temp</i>	260°C	<i>Maximum Allowable Working Temp</i>	260°C
<i>Pressure Design</i>	1 atm	<i>Pressure Design</i>	1 atm
MAWP	39.26 atm	MAWP	29.26 atm
Tebal <i>shell</i>	0.18 in	Tebal <i>shell</i>	0.18 in
Tebal <i>head</i>	0.25 in	Tebal <i>head</i>	0.25 in
Tinggi Kolom		Tinggi Kolom	
Jenis Insulasi	<i>Expanded Metal</i>	Jenis Insulasi	<i>Expanded Metal</i>
Tebal Insulasi	3 in	Tebal Insulasi	3 in
Material Kolom	<i>SS SA312 TP304</i>	Material Kolom	<i>SS SA312 TP304</i>
Material Head	<i>SS SA240 TP304</i>	Material Head	<i>SS SA240 TP304</i>
<i>Service</i>	Limbah Ikan	<i>Service</i>	Ampas Kelapa
Tangki Separator		Tangki Reaktan	
<i>Temperature Design</i>	30°C	<i>Temperature Design</i>	30°C
<i>Maximum Allowable Working Temp</i>	648°C	<i>Maximum Allowable Working Temp</i>	815°C
<i>Pressure Design</i>	1 atm	<i>Pressure Design</i>	1 atm
MAWP	104.74 atm	MAWP	149.63
Tebal <i>shell</i>	0.322 in	Tebal <i>shell</i>	0.237 in

Tebal head	0.25 in	Tebal head	0.25 in
Tinggi Kolom		Tinggi Kolom	
Jenis Insulasi	-	Jenis Insulasi	-
Tebal Insulasi	-	Tebal Insulasi	-
Material Kolom	SS SA312 TP304	Material Kolom	SS SA312 TP304
Material Head	SS SA240 TP304	Material Head	SS SA240 TP304
Service	Minyak ikan, minyak kelapa, minyak jelantah dan air	Service	Metanol dan asam sulfat
Tangki Reaktor			
Temperature Design	110 ^o C & 60 ^o C	Jenis Insulasi	Calcium-Silicat
Maximum Allowable Working Temp	260 ^o C	Tebal Insulasi	2 in
		Material Kolom	SS SA312 TP304
Pressure Design	1 atm	Material Head	SS SA240 TP304
MAWP	39.26 atm	Service	Minyak ikan, minyak kelapa, minyak jelantah, metanol, asam sulfat dan air
Tebal shell	0.18 in		
Tebal head	0.25 in		
Tinggi Kolom			

4. Perancangan Peralatan dari Segi Kelistrikan dan Instrumentasi

Proses perancangan sistem kelistrikan dan instrumentasi pada unit tugas akhir ini dimulai dengan pemilihan sensor sesuai dengan kebutuhan operasi proses. Karena sisi operasi proses hanya membutuhkan kontrol pada tinggi cairan di kolom dan temperature operasi, maka dipilihlah sensor yang paling mudah didapatkan di pasaran. Demikian juga halnya dengan solenoid valve yang akan digunakan. Komponen yang dicari adalah dengan spesifikasi khusus yaitu material sensor dan solenoid valve harus tahan karat dan suhu tinggi. Untuk sisi kelistrikan, komponen yang dibutuhkan adalah motor listrik dan heater element, serta lampu indikator. Untuk pemilihan motor listrik, penulis memilih motor yang pompa air. Untuk pemilihan heater element didasari pada kebutuhan suhu operasi yang diinginkan, dengan mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan. Karena waktu menaikkan suhu tidaklah menjadi prioritas, maka kami memilih heater element dengan kebutuhan daya yang paling rendah untuk keekonomisan listrik yang digunakan. Sedangkan untuk sisi proteksi listrik, pemilihan circuit breaker utama maupun masing-masing beban didasarkan pada perhitungan dasar kelistrikan, dan disesuaikan dengan rating circuit breaker yang umum di pasaran. Untuk diagram *piping* dan *instrumentation* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 P&ID

5. Hasil Alat dan Analisa Produk

Hasil perancangan alat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar. 3 Realisasi Unit

Setelah dilakukan pengujian, jumlah ekstrak dimasing – masing percobaan berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan bahan baku yang bervariasi dan acak tiap kali melakukan percobaan meskipun kuantitas yang diolah sama. Hasil dari pengujian ditampilkan dalam table berikut :

Tabel. 2 Hasil Ekstrak Minyak Ikan dan Minyak Kelapa

	Sampel	Hasil Ekstrak (mL)	Massa (kg)	%FFA (% w/w)
Minyak Ikan	1	33	6,8	5,34
	2	41	7,3	6,74
	3	35	6,9	7,36
Minyak Kelapa	1	5	1,9	1,36
	2	6	1,9	1,33
	3	6	2	1,11

Dari tabel Dar

Dari data diatas, minyak ikan memiliki rata – rata hasil ekstrak sebanyak 5,18 mL/kg, lebih banyak dari minyak kelapa, yaitu 2,81 mL/kg. Jika dikalikan masing – masing dengan densitas minyak ikan dan minyak kelapa, persentase hasil ekstrak (% η) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% \eta = \frac{V_{Minyak} \times \rho_{Minyak}}{m_{Bahan\ Baku}} \times 100\% \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dengan V_{minyak} dan ρ_{minyak} adalah volume ekstrak dan densitas ekstrak dan $m_{bahan\ baku}$ adalah massa bahan baku yang diekstraksi. Setelah dihitung densitas minyak ikan dan minyak kelapa, hasil rata – rata masing – masing adalah 0,868 gram/mL dan 0,838 gr/mL. Persentase ekstrak minyak ikan dan kelapa, rata – rata bernilai 0,45% dan 0,24%. Minyak jelantah yang dicampurkan ke dalam kedua minyak juga diuji. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel. 3 Kandungan Minyak Jelantah

	Sampel	%FFA (% w/w)
Minyak Jelantah	1	3,54
	2	3,75
	3	3,65

Selanjutnya setelah minyak ikan, minyak kelapa dan minyak jelantah dicampur dengan perbandingan (1 : 1 : 2), kandungan asam lemak bebas di tunjukkan pada tabel selanjutnya. Angka yang tertera dapat dihitung dengan mengkalikan hasil %FFA pada sampel masing – masing minyak dengan faktor pembanding, kemudian dirata – rata.

Tabel. 4 Kandungan FFA Campuran Minyak

Sampel	%FFA (% w/w)
1	4,59
2	5,10
3	5,26

Setelah proses esterifikasi, jumlah asam lemak bebas dan air berkurang. 3 buah sampel seberat kurang lebih 50 gram di masukkan ke dalam *beaker glass* 100 mL dan ditimbang. Hasil pengujian air dan FFA ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel. 5 Hasil Esterifikasi

No	Berat Awal (gr)	Berat Seteleah di Panaskan 70°C (gr)	Berat Seteleah di Panaskan 100°C (gr)	FFA (%)
1	183,43	183,43	183,42	0,47
2	185,76	185,76	185,73	0,43
3	185,55	185,53	185,50	0,57

Dari data diatas, dapat dihitung bahwa persentase air dari data no 1, 2 dan 3 secara berurut – turut adalah 0,016%, 0,016% dan 0,021%. Kandungan asam lemak bebas dapat diturunkan hingga mencapai 0,43%.

Pengujian sistem kontrol dilakukan dengan cara mengendalikan tes fungsi modul *input* dan *output* Arduino. Tes fungsi modul *input* dilakukan dengan cara memberikan tegangan 12 VDC kepada Arduino yang sudah disambung dengan masing-masing *toggle switch* dan sensor yang digunakan. Tes fungsi modul *output* dilakukan dengan cara menghubungkan pin arduino ke relay module untuk melakukan switching terhadap aktuator yang ada, berupa SV, heater, dan motor. Relay modul tersebut pun dihubungkan langsung dengan sumber daya alat yang dibutuhkan. Setelah dilakukan pengujian, seluruh peralatan instrumentasi bekerja dengan baik.

IV. KESIMPULAN

Unit pemurnian limbah mengandung minyak dan asam lemak menjadi bahan baku biodiesel *plant* dengan menggunakan sistem kontrol semi otomatis berbasis mikrokontroler Arduino telah berhasil dibuat. Minyak ikan dan minyak kelapa dapat diekstraksi menggunakan metode *Wet rendering* tanpa *press* dan *Wet Method*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata – rata limbah ikan menghasilkan mengandung 5,18 mL/kg dan ampas kelapa mengandung 2,81 mL/kg. Persentase ekstraksi masing – masing minyak adalah sebesar 0,45% dan 0,24%. Sebelum dilakukan esterifikasi, minyak ikan, minyak kelapa dan minyak jelantah rata – rata memiliki kandungan asam lemak bebas berturut – turut sebanyak 6,70%, 1,72% dan 3,33%. Gabungan kandungan asam lemak bebas dari ketiga minyak tersebut adalah 4,83%. Setelah dilakukan proses esterifikasi dan ekstraksi, kandungan air dan asam lemak bebas berturut – turut menjadi 0,018% dan 0,66 %. Dengan demikian tujuan dibangunnya unit ini telah tercapai.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Hardadi, R. “Kondisi Pasokan dan Permintaan BBM di Indonesia dan Upaya Pertamina Dalam Pemenuhan Kebutuhan BBM Nasional,” Direktorat Pengolahan Pertamina, 2015, pp. 4 – 7.
- [2.] Chai, M; Tu, Q; Yang, J. Y; Lu, M. “Esterification pretreatment of free fatty acid in biodiesel production, from laboratory to industry,” U.S Environmental Protection Agency Papers, 2014.
- [3.] Thanh, L.T; Okitsu, K; Boi, L. V; Maeda, Y. “Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol: A Review,” catalysts ISSN 203-4344, 2012.
- [4.] Kamini; Suptjah, P; Sanotos J; Suseno, S. H. “Ekstraksi Dry Rendering dan Karakterisasi Minyak Ikan dari Lemak Jeroan hasil Samping Pengolahan Salai Patin Siam,” Bogor, Departemen Teknologi Perairan IPB, 2016.
- [5.] Eka, B; Junianto; Rochima, E. “Pengaruh Metode Rendering Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan organoleptik Ekstrak Kasar Minyak Ikan Lele,” Jurnal Perikanan kelautan vol. VII no. 1, 2016.
- [6.] Anonim. “Extraction and Evaluation of Fish Body Oil From Lesser Sardiness Employing Different Extraction Procedures.”
- [7.] Sulastri, S. “Beberapa Metode Pembuatan Minyak Kelapa,” Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 2005.
- [8.] Asni, N; Yanti, L. “Identifikasi dan Analisis Mutu Minyak Kelapa di Tingkat Petani Provinsi Jambi,” Jambi, Balai Pengkaji Teknologi Pertanian Jambi.
- [9.] Soeka, y. S; Sulisty, J; Naiola, E. “Analisis niokimia Minyak kelapa hasil Ekstraksi secara Fermentasi,” Bogor, Pusat Penelitian Biologi LIPI, 2008.
- [10.] Fariz, M. ‘Production of Virgin Coconut Oil via Centrifugation and Oven Methods,’ Pahang, Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering Universiti Malaysia, 2009.