

PRODUKSI BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK IKAN RUCAH SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MESIN DIESEL

Susanti Dhini Anggraini^{1*}, Khrisna Trisanjaya²

^{1,2} Teknik Industri, Universitas PGRI Ronggolawe

*Email: susantidhini@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini, biodiesel diproduksi dari limbah minyak ikan rucah. Pengolahan biodiesel dari limbah minyak ikan rucah merupakan salah satu pemecahan dari permasalahan limbah industri pengolahan ikan yang ada di Kabupaten Tuban dimana terdapat 98 pabrik pengolahan ikan ditambah 158 pengolahan ikan industri skala rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses produksi biodiesel dari minyak limbah ikan rucah. Selain itu juga mengetahui kondisi optimum reaksi transesterifikasi dari minyak limbah ikan rucah menggunakan variasi konsentrasi katalis KOH. Hasil biodiesel dilakukan uji karakteristik untuk mengetahui karakter biodiesel yang dihasilkan. Biodiesel dari minyak limbah ikan rucah diproduksi dengan dua tahapan reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan katalis H₂SO₄ dan KOH. Reaksi esterifikasi telah dilakukan perbandingan minyak:metanol (3:1) selama 2 jam. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi katalis KOH (0,5 1,0; 1,5; 2,0 %berat minyak), rasio minyak:metanol 1:1 (berat/berat), dan suhu reaksi 65°C selama 1 jam. Yield dan sifat biodiesel dianalisis dengan *Chromatography Gas* (GC) dan ASTM D 6751. Pada penelitian ini diperoleh kondisi optimum reaksi transesterifikasin dengan konsentrasi katalis KOH 1 %berat minyak dan yield optimum 84%. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum yaitu densitasnya 0,90 gram/cm³, Viskositas 11,70 dan residu karbon 0,58 %berat/berat.

Kata Kunci: Minyak limbah ikan rucah; yield biodiesel; KOH; Transesterifikasi.

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar cair yang dapat dihasilkan dari minyak nabati dan lemak hewan [1]. Feedstock biodiesel dari tumbuhan (minyak nabati) telah banyak dilaporkan diantaranya berasal dari minyak kedelai, minyak biji bunga matahari (sunflower oil), minyak kelapa (palm oil), minyak kacang tanah (peanut oil), minyak kapas (cotton oil), minyak Jatropa [2][3][4]. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa biodiesel banyak dihasilkan dari limbah minyak goreng, lemak hewani seperti lemak babi, lemak ayam, lemak sapi dan lemak ikan [5].

Salah satu minyak nabati yang banyak terdapat di Indonesia dan bersifat non edible adalah minyak limbah ikan rucah. Produksi perikanan di Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan yang signifikan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya menyatakan, pencapaian produksi ikan nasional pada tahun 2016 adalah sebesar 15.000.000 ton. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memproyeksikan peningkatan produksi ikan nasional pada tahun 2017 adalah 22.460.000 ton atau naik 3.000.000 ton dari target produksi 2016 sebanyak 19.460.000 ton. Bahan baku pembuatan biodiesel menggunakan limbah

minyak ikan rucah merupakan salah satu pemecahan dari permasalahan industri pengolahan ikan yang ada di Kabupaten Tuban dimana terdapat 98 pabrik pengolahan ikan ditambah 158 pengolahan ikan industri skala rumah tangga. Berdasarkan data survey tim pengusul pada tahun 2017 kesiapan bahan baku limbah ikan yang berasal dari UPI (Unit Pengolahan Ikan) seperti pada Tabel 1 Sedangkan limbah ikan yang berasal dari buangan TPI, PPI dan PPN tidak terdata, namun menurut informasi sangat banyak dan mengganggu pencemaran udara maupun air.

Produksi minyak ikan dari jeroan patin (viscera) menghasilkan minyak ikan patin kotor sebesar 0,815 kg tiap 3,15 kg ikan atau menghasilkan rendemen sebesar 25,9%. Setelah dilakukan pemurnian didapatkan minyak ikan sebanyak 65,7% dari minyak ikan kotor. Selain ikan patin, ikan mas dan gurame juga mempunyai potensi untuk diambil minyaknya dari hasil samping pengolahan fillet ikan tersebut [6]. Ekstraksi minyak dari jeroan dan kepala ikan mas dihasilkan minyak sebesar 23,72%, sedangkan dari ikan gurame dihasilkan minyak 10% [kaban,. Data produksi budidaya ikan mas dan gurame dari tahun 2005 sampai 2009 terus mengalami peningkatan, untuk ikan

mas kenaikan rata-rata sebesar 4,4% per tahun, sedangkan ikan gurame 11,23%. Data produksi budidaya ikan mas dan gurame disajikan dalam Tabel 1. Kenaikan produksi ikan tersebut mempunyai peluang yang bagus untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak ikan yang dapat diperoleh dari hasil pengolahan fillet ikan. Hal penting yang harus dipersiapkan adalah menciptakan unit-unit usaha pengolahan ikan yang dapat mengolah ikan tersebut dengan limbah berupa minyak ikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel[7].

Tabel 1. Bahan Baku dari limbah pengolahan ikan berasal 98 pabrik ikan skala industri dan 158 skala rumah tangga di Kabupaten Tuban pada tahun 2017

| No | Limbah Ikan | Jumlah produksi per hari/ per musim dalam kondisi basah |
|----|-----------------------|---|
| 1 | Kepala udang | 500 kg |
| 2 | Cangkang rajungan | 200 kg |
| 3 | Ampasmnya k hati ikan | 400 lt |
| 4 | Tulang dan duri ikan | 1000 kg |
| 5 | Kulit dan sisik ikan | 500 kg |
| 6 | Isi perut ikan | 2500 kg |
| 7 | Silase ikan | 500 lt |

Biodiesel dihasilkan dari minyak tumbuhan atau lemak hewan melalui reaksi esterifikasi dari asam lemak bebas dengan alkohol melalui katalis asam atau transesterifikasi dari trigliserida dengan alkohol melalui katalis basa [8]. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi reaksi. Metode paling umum untuk menghasilkan biodiesel adalah melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis homogen basa kuat seperti NaOH dan KOH. Penggunaan katalis homogen ini banyak keuntungan yaitu reaksi pembentukan biodiesel lebih cepat dan yield biodieselnnya besar, akan tetapi penggunaan katalis homogen ini dapat menghasilkan sabun (saponifikasi) pada saat reaksi dan pencucian

biodiesel [5]. Katalis basa homogen yang umumnya digunakan untuk sintesis biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi minyak nabati yaitu logam alkali (Na dan K) hidroksida [9]. Transesterifikasi feedstock minyak nabati banyak menggunakan katalis homogen KOH, misalnya [10] melaporkan sintesis minyak kedelai dengan katalis KOH dapat menghasilkan yield biodiesel 96% dan sintesis minyak rapeseed menggunakan katalis KOH menghasilkan yield biodiesel 95%.

Ada beberapa parameter untuk mengoptimasi yield biodiesel salah satunya adalah variasi konsentrasi katalis, variasi rasio metanol:minyak dengan dan variasi suhu reaksi. [5] melakukan sintesis biodiesel dari limbah minyak goreng dengan variasi konsentrasi katalis KOH, pada konsentrasi tertentu diperoleh yield optimum dan semakin tinggi konsentrasi katalis terjadi penurunan jumlah yield karena terjadi reaksi penyabunan. Adanya sabun ini sangat tidak menguntungkan untuk proses sintesis biodiesel, oleh karena itu perlu dilakukan reaksi esterifikasi untuk mengurangi nilai FFA (Free Fatty Acid) dan variasi konsentrasi katalis untuk mencapai yield yang maksimal. Penurunan nilai FFA dapat dilakukan dengan reaksi esterifikasi yaitu minyak dengan alkohol (metanol) menggunakan katalis asam H₂SO₄, hal ini dapat memperkecil nilai angka asam sehingga mengurangi efek penyabunan untuk reaksi transesterifikasi [11].

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis biodiesel dengan bahan dasar minyak limbah ikan rucah dengan menggunakan katalis basa homogen yaitu KOH dan dipelajari pengaruh variasi konsentrasi katalis KOH, terhadap yield biodieselnnya. Biodiesel hasil sintesis dari minyak limbah ikan rucah akan diamati pula karakteristiknya dan dibandingkan dengan standar biodiesel ASTM D 6751-02 dan SNI.

METODE PENELITIAN

1.Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Industri Universitas PGRI Ronggolawe Tuban dan Laboratorium energi ITS Surabaya, dengan waktu penelitian selama 1 tahun.

2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan-peralatan gelas, seperangkat peralatan refluks untuk reaksi esterifikasi dan

transesterifikasi, pengaduk magnetik (stirer), oven listrik, neraca analitik untuk penimbangan sampel, kondensor reflux, piknometer, Kinematika Viscometer Bath untuk analisis viskositas, Octane meter untuk analisis angka setana, Chromatography Gas (GC) (techcomp 7900) untuk pengujian hasil biodiesel.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Minyak Limbah ikan rucah yang di suplay dari TPI kecamatan bancar, KOH (merck, 99%) sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi, metanol (Merck, 99%), H₂SO₄ (Merck, 98%) sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi, etanol (Merck 99%), dan akuades.

3. Langkah Percobaan

Esterifikasi Asam Lemak Bebas Minyak limbah ikan rucah campuran reaksi.

Labu bulat leher tiga diletakkan diatas (didalam) penangas minyak suhu konstan. Minyak kemiri dipanaskan sampai suhu 65oC, dan ditempat yang lain metanol dengan asam sulfat di panaskan dan distirer dengan suhu yang hampir sama dengan suhu minyak kemiri sunan, kemudian campuran metanol dan asam sulfat di tuang secara perlahan-lahan kedalam labu yang berisi minyak dan dilakukan reaksi selama 2 jam. Minyak hasil esterifikasi (RETROE) dipisahkan dengan corong pemisah untuk memisahkan metanol dengan minyak hasil esterifikasi. Hasil akhir reaksi esterifikasi terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas yang terdiri dari metanol sisa dan air sedangkan lapisan bawah yaitu minyak kemiri sunan hasil reaksi esterifikasi, selanjutnya minyak kemiri sunan hasil reaksi esterifikasi dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi [12][13].

Transesterifikasi Minyak Ikan Rucah Hasil Reaksi Esterifikasi.

Minyak ikan rucah hasil reaksi esterifikasi (RETROE) dilakukan reaksi transesterifikasi dengan menggunakan metanol dan katalis basa kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan perbandingan rasio minyak:metanol 2:1 (berat/berat) dengan penambahan katalis KOH 1 %berat minyak. Reaksi dilakukan dengan kondisi suhu 65 °C selama 1 jam. Hasil akhir reaksi transesterifikasi terbentuk dua lapisan yang terpisah yaitu bagian bawah metil ester (biodiesel) sedangkan bagian atas adalah sisa metanol dan gliserol. Lapisan yang berupa metil ester di cuci dengan etanol dan air panas dicorong pisah sampai jernih. Pada tahap

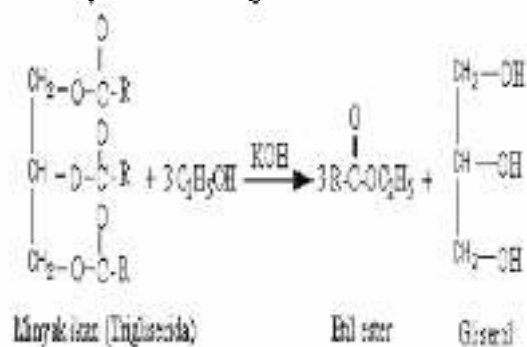
pencuci terbentuk dua fasa yaitu fasa bagian bawah metil ester sedangkan fasa bagian atas etanol dan air [8,14]. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan variasi katalis (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 %berat), minyak: metanol 1:1 berat/berat dan suhu 65°C. Hasil reaksi transesterifikasi dihitung nilai *yield* biodiesel.

Karakterisasi Hasil Analisis Gas Chromatography (GC)

Biodiesel hasil produksi dengan variasi katalis KOH, rasio metanol:minyak dan suhu reaksi dianalisis dengan alat Kromatografi Gas. Kromatografi gas ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi metil ester yang terkandung dalam biodiesel. *Yield* biodiesel dari minyak kemiri sunan dapat ditentukan dengan menghitung berat metil ester. *Gas Chromatography* (GC) 7600 jenis detektor yang digunakan adalah Flame Ionization Detector (FID), kolom kapiler yang berjenis nonpolar EC-TM5-(5% phenyl)-methyl polixinoxane dengan panjang kolom: 30 m diameter kolom (id): 0,25 m dan film thickness: 0,25 µm. Kondisi operasi yang digunakan dengan suhu oven 200 °C (2 menit) (5 °C /menit 220 °C, 2menit) (4 °C /menit 250 °Cmenit) suhu inlet 250 °C, suhu detector 250 °C, running 17 menit. Biodiesel sebanyak 70 mg dilarutkan dalam 1 ml n-heksana, lalu disuntikkan pada GC dengan *microliter syringe*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biodiesel adalah fatty acid methyl ester (FAME) yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi trigliserida (minyak) dengan alkohol ringan menggunakan katalis basa. Alkohol yang digunakan biasanya metanol atau etanol, sedangkan katalis yang digunakan adalah KOH, NaOH atau senyawa basa yang lain. Reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dari minyak ikan sebagai berikut :



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester

Biodiesel diproduksi dari minyak ikan rucuh. Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut esterifikasi dan transesterifikasi. Pada tahap esterifikasi minyak ikan ditambah dengan methanol dan katalis asam menghasilkan metil ester dan sisa minyak ikan, reaksi esterifikasi dilakukan untuk mengurangi jumlah angka asam dan mengurangi penyabunan pada tahap transesterifikasi, sehingga yield biodiesel bisa maksimal. Pada Gambar 2 dihasilkan dua lapisan lapisan atas adalah metanol minyak sedangkan lapisan bawah adalah metil ester.



Gambar 2. Hasil Reaksi Esterifikasi

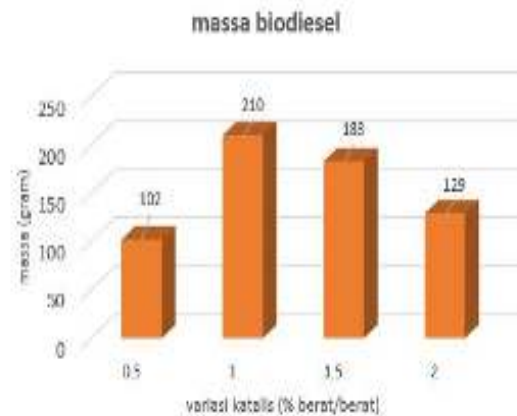
Pada reaksi transesterifikasi yaitu minyak ikan ditambah dengan methanol dan direaksikan dengan katalis basa KOH. Pada reaksi transesterifikasi ini gliserin dipisahkan dari minyak nabati. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil esters (biodiesel)/mono-alkyl esters dan gliserin yang merupakan produk samping.



Gambar 3. Hasil Reaksi Transesterifikasi

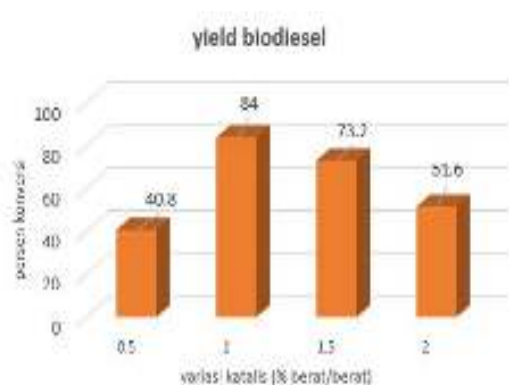
Produksi biodiesel untuk mendapatkan *yield* yang optimum, ada parameter penting pada reaksi transesterifikasi salah satunya adalah

variasi konsentrasi katalis [15][8]. Pada penelitian ini variasi konsentrasi katalis KOH dilakukan dengan variasi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 %berat minyak dengan kondisi reaksi suhu reaksi 65°C dan rasio minyak:metanol 2:1 (berat/berat) selama 1 jam. Reaksi transesterifikasi dengan variasi konsentrasi katalis diperoleh biodiesel dengan warna kuning kecoklatan. Untuk memperoleh massa biodiesel dilakukan penimbangan dan diperoleh hasil massa paling optimum adalah pada konsentrasi 1 % KOH ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Massa biodiesel yang diproduksi dari minyak ikan dengan variasi konsentrasi katalis 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 %berat/berat.

Variasi konsentrasi katalis menghasilkan *yield* dan jumlah kandungan metil ester yang berbeda pada setiap variasinya ditunjukkan pada Gambar 5. *Yield* dan kandungan metil ester pada biodiesel dengan variasi konsentrasi katalis.



Gambar 5. Massa biodiesel yang diproduksi dari minyak ikan dengan variasi konsentrasi katalis 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 %berat/berat.

Jumlah metil ester pada konsentrasi 0,5 dan 1% didominasi oleh metil oleat, pada konsentrasi 1% diperoleh *yield* optimum biodiesel sebesar 84 % dengan kandungan metil oleat sebesar 57,23% dibandingkan dengan metil palmitat dan stearat 27,55% dan 15,22%. Berbeda halnya dengan konsentrasi 0,5% diperoleh *yield* biodiesel yang kecil yaitu 40,8 % dengan kandungan metil oleat 45,83%. Pada konsentrasi katalis 1,5% dan 2% diperoleh hasil yang serupa yaitu *yield* biodiesel kecil dengan didominasi oleh metil palmitat sebesar 36,51% dan 40,59%. Oleh karena itu biodiesel dari minyak ikan rucah dengan adanya variasi konsentrasi katalis diperoleh kandungan metil ester yang berbeda pada setiap variasinya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis KOH yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi akan menghasilkan *yield* biodiesel yang semakin besar. Peningkatan nilai *yield* biodiesel tersebut dapat dilihat pada konsentrasi 0,5 %berat minyak diperoleh *yield* 40,8% dan pada konsentrasi 1 %berat minyak diperoleh *yield* 84%. Nilai *yield* biodiesel pada konsentrasi katalis 0,5% berat minyak nilainya kecil dari pada konsentrasi yang lain dimungkinkan karena katalis terlalu sedikit sehingga belum semua reaktan bereaksi membentuk produk biodiesel [16]. *Yield* biodiesel menurun setelah konsentrasi 1% berat minyak hal ini dimungkinkan terjadi reaksi penyabunan pada saat pemisahan fasa metil ester pada tahap pencucian. Selain itu penurunan *yield* ini dimungkinkan juga sulitnya pemisahan antar gliserol dengan metil ester dikarenakan meningkatkan emulsifikasi pada metil ester dan gliserol [16]. Hasil ini sesuai pula dengan hasil biodiesel dari minyak hasil penggorengan menggunakan katalis basa homogen KOH, nilai *yield* biodiesel meningkat dengan meningkatnya konsentrasi katalis, dan menurun setelah konsentrasi katalis 1%, hal ini dikarenakan biodiesel membentuk partikel sabun dan akan membentuk emulsi dengan sabun saat pencucian sehingga akan mengurangi nilai *yield* [5]. [10] juga melaporkan semakin banyak katalis basa yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi maka akan menurunkan nilai *yield* biodiesel, hal

ini dikarenakan terjadi reaksi saponifikasi. Oleh karena itu sangat penting variasi konsentrasi katalis ini terhadap *yield* biodiesel.

Karakterisasi biodiesel dari minyak ikan rucah ini dipilih sampel pada kondisi optimum yaitu pada konsentrasi 1% yaitu densitasnya 0,90 gram/cm³, Viskositas 11,70 cSt dan residu karbon 0,58 %berat/berat.

KESIMPULAN

Produksi biodiesel dari minyak limbah ikan rucah dilakukan variasi konsentrasi KOH. Diperoleh Kondisi optimum transesterifikasi adalah konsentrasi katalis KOH 1 %berat minyak dan *yield* optimum 84%. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum yaitu densitasnya 0,90 gram/cm³, Viskositas 11,70 dan residu karbon 0,58 %berat/berat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Kim, J., dan Fernando, W.J.N. (2009), "Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A Review", *Applied Catalysis A: General*, Vol. 363, Hal. 1-10.
- [2] Ong, H.C., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., Norhasyima, R.S., (2011). "Comparison of Palm Oil, *Jatropha Curcas* and *Calophyllum Inophyllum* for Biodiesel: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.15, Hal. 3501-3515.
- [3] Peterson, C.L. (1986), "Vegetable oil as a Diesel Fuel: Status and Research Priorities". *Trans. ASAE*, Vol. 29 (5), Hal.1413-1422.
- [4] Xue, J., Grift, T.E dan Hansen, A.C., (2011), "Effect of Biodiesel on Engine Performances and Emissions. Review. Sustain". *Energy Reviews*. Vol. 15, Hal. 1098-1116
- [5] Agarwal, M., Chauhan, G., Chaurasia, S.P., dan Singh, K. (2012), "Study of Catalytic Behavior of KOH as Homogeneous and Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Vol. 43, Hal. 89-94.

- [6] Agrina, 2009, “Bisnis patin butuh kejelasan pasar”, [http:// agrina-online.com/edesign2.php?rid=7&aid=1929](http://agrina-online.com/edesign2.php?rid=7&aid=1929). Diakses pada tanggal 29 April 2010.
- [7] Rasyid, A. 2003. Isolasi asam lemak tak jenuh omega 3 dari ikan lemuru. *Prosiding Seminar Riptek Kelautan Nasional*. BPPT.
- [8] Mc Neff, C.V. dan Mc Neff, L. (2008), “A Continuous System for Biodiesel Production”, *Applied Catalytic. A: General*, Vol. 343, Hal. 39–48.
- [9] Chitra, P., Venkatachalam, P., dan Sampathrajan, A. (2005), “ Optimisation of Experimental Conditions for Biodiesel Production form Alkali Catalyzed Transesterification of *Jatropha curcas* Oil, *Energy Sustainable Development*, Vol. 9, Hal.13–8.
- [10] Lee, J.S., Saka, S. (2010), “Biodiesel Production by Heterogeneous Catalysts and Supercritical Technologies”. *Bioresource. Technology*. Vol. 101, Hal. 7191–7200.
- [11] Yingying, L., Houfang, L., Wei, J., Dongsheng L, Shijie, L dan Bin, L. (2012), Biodiesel Production from Crude *Jatropha curcas* L. Oil With Trace Acid Catalyst, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, Vol. 20, Hal.740-746.
- [12] Oetami, T.P. (2012), “Wawancara tentang kemiri sunan (*Reautealis trisperma*)”, di Laboratorium Rekayasa dan Energi ITS, Sukolilo, Surabaya.
- [13] Prasetyoko, D dan Oetami, T.P. (2012), Uji pendahuluan intesis Biodiesel dari Minyak kemiri sunan (*reautealis trisperma* oil) dengan katalis asam dan basa homogen, Hasil tidak dipublikasikan.
- [14] Fan, X., dan Rachel, B. (2009), “Recent Development of Biodiesel Feedstocks and the Applications of Glycerol: A Review”, *The Open Fuels & Energy Science Journal*, Vol.2, Hal.100-109.
- [15] Hu, J., Du, Z., Li, C dan Min, E. (2005), “Study on The Lubrication Properties of Biodiesel as Fuel Lubricity Enhancers”. *Fuel*, Vol. 84, Hal. 1601–1606.
- [16] Knothe, G., Dunn, R.O dan Bagb, M.O., (1997), “Biodiesel: Use the Of Vegetable Oils and Their Derivative Diesel Fuels and Chemicals From Biomass. In: American Chemical Society Symposium series No.666, washington, DC, USA. *American Chemical Society*, 172-208.
- [17] Lam, M.k., Lee, K.T dan Mohamed, A.R., (2010), “Homogeneous, heterogeneous and enzimtic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review, *Biotechnology Advances*, 28, , Hal.500-518
- [18] Li, Y., Qiua, F., Yanga, D., Sunb, P dan Li, X. (2012), “Transesterification of Soybean Oil and Analysis of Bioproduct”, *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 90, Hal. 135–140.
- [19] Marchetti, J.M dan Errazu, A. F., 2008, Esterifikasi of free fatty acids using sulfuric acid as catalys in the presence of trigliserides, *Biomass and Bionergy*, 32, Hal. 892-895.
- [20] Soerawidjaja, T.H. (2006), “Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari teknologi pembuatan biodiesel”, Handout Seminar Nasional “Biodiesel sebagai Energi Alternatif Masa Depan, UGM, Yogyakarta.
- [21] Tobuku, R. 2008. *Lemak Daging dan Kinerja Pertumbuhan Ikan Patin (Pangasius hypophthalmus) yang Diberi Pakan dengan Rasio Karbohidrat dan Lemak Berbeda*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 23 pp.

- [22] Wang, R., Zhou, W-W., Hanna, M.A., Zhang, Y-P., Bhadury, P.S., Wang, Y., Song, Bao-An, Yang, S. (2012), "Biodiesel preparation, optimization, and fuel properties from non-edible feedstock, *Datura stramonium L*", *Fuel*, Vol. 91, Hal. 182-186.
- [23] Xu, Y., dan Hanna, M., (2009), "Synthesis and Characterization of Hazelnut Oil-Based Biodiesel", *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. Vol. xxx, Hal.114.