

Perancangan Mesin Pencuci Biodiesel dengan Sistem Penyemprotan Air dalam Minyak

Erry Ika Rhofita¹

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya
Jalan A. Yani No. 117 Surabaya
e-mail: erryikarhofita@rocketmail.com

Abstrak

Pencucian biodiesel secara langsung menentukan kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan, sehingga diperlukan metode pencucian yang tepat. Metode pencucian penyemprotan air dalam minyak dimungkinkan mampu untuk mengurangi terjadinya permasalahan dalam proses pencucian khususnya emulsifikasi. Perancangan ini bertujuan untuk menemukan sebuah metode pencucian baru dengan mensirkulasikan dan menyemprotkan air dalam minyak yang mampu mengurangi permasalahan yang ada. Dari hasil pengujian mesin pencuci biodiesel diperoleh kecepatan aliran pencucian dan jumlah emulsi yang terbentuk bergantung pada kecepatan putar pompa. Semakin besar putaran pompa, nilai kecepatan aliran pencucian dan jumlah emulsi yang terbentuk semakin besar. Kebutuhan energi spesifik mesin pencuci biodiesel hasil perancangan sebesar 0,209 KJ/ml jauh lebih kecil dibanding dengan metode pencucian gelembung dan pengadukan. Biodiesel hasil pencucian kemudian dibandingkan karakteristiknya dengan SNI 7182:2015 tentang syarat mutu biodiesel dan telah sesuai dengan ketentuan syarat mutu biodiesel SNI.

Kata kunci: perancangan, mesin, pencucian biodiesel, penyemprotan air

Abstract

Washing biodiesel directly determine the quantity and quality of biodiesel produced, required proper washing methods. Washing method of spraying water in oil possible were able to reduce the occurrence of problems in the washing process, especially emulsification. This design aims to find a new washing method by circulating and spraying water in oil can reduce this problem. From the test results obtained biodiesel washing machine washing flow rate and the number of emulsion formed depending on the pump rotational speed. The greater the rotation pump, flow velocity value and the amount of leaching emulsion formed increases. The specific energy requirement biodiesel washing machine design results amounted to 0.209 KJ / ml is much smaller than the bubbles and stirring washing method. Biodiesel leaching results are then compared its characteristics with ISO 7182: 2015 on quality requirements of biodiesel and in accordance with the provisions of biodiesel quality requirements of SNI.

Keywords: design machine, biodiesel purification, spray water

1. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar solar atau minyak diesel semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Setiap tahun penggunaan alat dan mesin diesel dari tahun ke tahun terus meningkat. Data dari BPS RI menunjukkan konsumsi bahan bakar solar atau minyak diesel terus mengalami kenaikan (Tabel 1). Permasalahan yang muncul dari penggunaan bahan bakar diesel antara lain: 1) meningkatkan emisi pencemar udara seperti: karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) yang akan menambah efek pemanasan global; 2) menyebabkan gangguan kesehatan, seperti: gangguan pernafasan, penyebab kanker, dll; 3) mengganggu kenyamanan seperti: kebisingan; 4) menurunnya cadangan minyak bumi, [1], [2], [3], [4]. Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar solar yang tidak memberikan pencemaran lingkungan khususnya penambahan emisi emisi dan mengurangi gas efek rumah kaca.

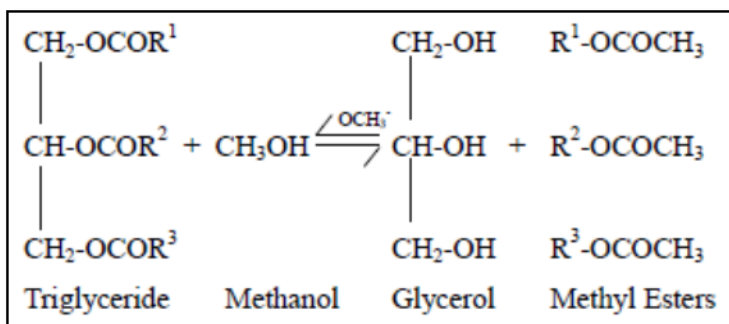
Tabel 1. Konsumsi bahan bakar solar dan dan minyak diesel Indonesia [12]

Sumber energi	Sektor	Konsumsi tiap tahun (kilo liter)				
		2011	2012	2013	2014	2015
Minyak solar / ADO	Industri & konstruksi	6.532.826	10.608.191	10.608.191	3.675.005	2.864.913
	Rumah tangga	0	0	0	0	0
	Transportasi	11.457.458	18.357.312	16.087.380	17.507.896	19.000.067
	Pertanian	167.581	307.836	326.874	405.550	129.311
Minyak diesel / IDO	Lainnya	1.884.394	3.189.647	311.809	386.858	344.304
	Industri & konstruksi	161.090	79.137	79.137	60.870	533.105
	Rumah tangga	0	0	0	0	0
	Transportasi	5.225	5.749	5.457	5.340	5.854
	Pertanian	1.653	1.228	1.841	2.880	12.931
	Lainnya	9.624	2.775	68.323	42.152	39.623

Bahan bakar pengganti solar yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan disebut biodiesel. Biodiesel juga mudah untuk diproduksi dengan bahan baku berasal dari limbah minyak nabati seperti minyak jelantah atau minyak goreng bekas pakai dan mempunyai beberapa keunggulan dari segi lingkungan, kondisi mesin, dan keberlanjutan energi serta ekonomi (Tabel 2), bila dibandingkan dengan petro diesel (minyak solar dan minyak diesel), [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13]. Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi atau alkoholisis antara trigliserida (minyak nabati) dengan metanol (reaktan) untuk menghasilkan *fatty acid methyl ester* (FAME) yang dikenal dengan nama biodiesel dan gliserol. Secara umum reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel ditunjukkan oleh Gambar 1, [14], [15], [16]. Reaksi transesterifikasi biodiesel dilakukan antara 30 menit sampai 120 menit, pada temperatur antara 60°C sampai 65°C. Keberhasilan reaksi transesterifikasi selain waktu dan temperatur reaksi juga bergantung pada rasio molar metanol, rasio molar katalis, kecepatan pengadukan, kualitas metanol dan katalis yang digunakan, kadar FFA minyak, dan kadar air minyak, [15], [16]. Ketidaktepatan reaksi transesterifikasi akan menghasilkan monogliserida, digliserida, dan trigliserida yang akan menyulitkan pemisahan antara biodiesel dan air pada saat proses pencucian akibat terbentuknya sabun.

Tabel 2. Keunggulan biodiesel dibandingkan petro diesel

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Sumber	Dibuat dari minyak nabati, limbah minyak nabati, atau lemak hewat sehingga dapat diperbaharui	Berasal dari fosil hewan atau tumbuhan yang berubah menjadi minyak bumi
Proses produksi	Melalui reaksi transesterifikasi	Proses pemisahan minyak mentah (distilasi fraksional)
Pembakaran	Proses pembakaran biodiesel lebih bersih 75% dari pembakaran petro diesel	Pembakaran petrodiesel menghasilkan gas CO ₂ yang lebih besar
Emisi GRK	Menurunkan GRK yang dibuang ke atmosfer (CO, SO _x , NO _x , THC)	Menghasilkan sejumlah besar partikulat penghasil GRK sehingga menyumbang polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan
Sifat pelumasan	Memiliki sifat pelarut (pelumas) sehingga mampu membersihkan bagian-bagian mesin	Tidak memiliki sifat pelumasan pada mesin
Angka sentana	>48, lebih tinggi dari petro diesel, sehingga membuat mesin mudah distater	Antara 40 sampai 46, lebih rendah dari biodiesel, sehingga kurang efisien
Titik nyala	Memiliki titik nyala minimal 100°C sehingga lebih aman untuk disimpan	Memiliki titik nyala minimal 60°C, lebih rendah 40% dari biodiesel
Kontribusi terhadap pencemaran air	Mudah terurai oleh mikroorganisme dalam waktu singkat (dalam air, biodiesel murni terurai 85-88% dalam waktu 28 hari)	Tidak dapat terurai dalam air, tetapi dapat mencemari perairan yang berdampak bagi lingkungan dan kesehatan



Gambar 1. Mekanisme reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel

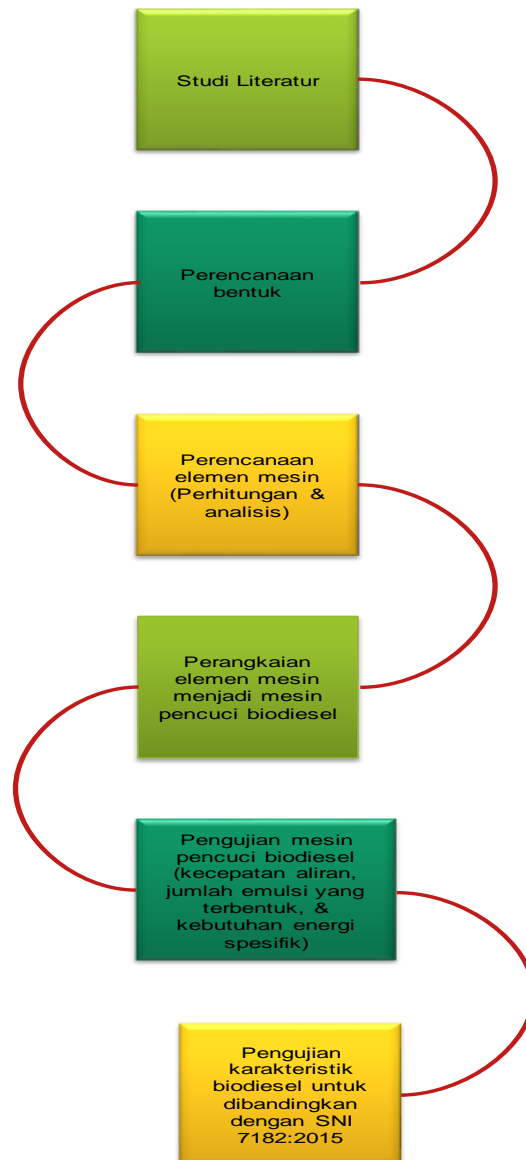
Selain reaksi transesterifikasi keberhasilan proses produksi biodiesel juga ditentukan oleh proses pencucian. Secara umum proses pencucian biodiesel bertujuan untuk menghilangkan sisa kotoran yang tertinggal setelah proses reaksi transesterifikasi dan pemisahan biodiesel dengan gliserol, yang berupa sisa-sisa metanol, katalis, gliserol maupun sabun atau pengotor lainnya yang tidak ikut bereaksi selama reaksi transesterifikasi, yaitu monogliserida, digliserida, dan trigliserida, [16], [21]. Tiga metode utama dalam pencucian biodiesel, yaitu: 1) metode basah dengan menggunakan air yaitu mengkontakkan biodiesel dengan air (*wet washing method*); 2) metode kering dengan melarutkan solven asam atau basa ke dalam biodiesel (*dry washing method*); 3) metode membran (*membrane method*), [17], [18], [19], [20], [21], [22]. Metode pencucian dengan air banyak diaplikasikan dalam produksi biodiesel, ada tiga metode pencucian dengan menggunakan air antara lain: metode gelembung, metode pengaduk, dan metode pengkabutan, [15], [16], [23], [24]. Secara tidak langsung metode pencucian yang digunakan akan berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas biodiesel. Permasalahan utama dalam pencucian biodiesel adalah emulsifikasi dan oksidasi. Emulsifikasi terjadi akibat ketidaksempurnaan reaksi transesterifikasi dan penggunaan putaran dan pengadukan yang terlalu kuat selama proses pencucian. Oksidasi terjadi akibat adanya gelembung udara selama pencucian berlangsung dan berdampak pada timbulnya polimerisasi yang berdampak pada timbulnya peroksida yang akan merusak bagian-bagian mesin yang terbuat dari karet. Untuk mengurangi terjadinya permasalahan dalam proses pencucian khususnya emulsifikasi diperlukan sebuah metode pencucian baru dengan mensirkulasikan dan menyemprotkan air dalam minyak. Berdasarkan penguraian latar belakang permasalahan ditentukan tujuan penelitian ini adalah untuk merancang mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak guna mengurangi emulsifikasi selama proses pencucian dan meningkatkan kualitas serta kuantitas biodiesel hasil pencucian.

2. Metode Penelitian

Perancangan dan pembuatan mesin biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak dilakukan di Bengkel Las dan CNC Basement 1 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan adalah studi kepustakaan (literatur) melalui pengamatan dan percobaan mengenai proses pencucian biodiesel dengan metode pengkabutan atau penyemprotan dan sirkulasi air dalam minyak. Setelah proses studi kepustakaan selesai, dilakukan perancangan bentuk dan pembuatan serta perangkaian komponen mesin.

Alat yang digunakan antara lain: *software* AutoCad, 1 set kunci pas, mesin bubut, mesin las listrik, mesin gerinda, mesin bor, mesin potong, dan meteran. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain: acrylic 8 mm, pipa acrylic ϕ 3 cm, besi siku, flowmeter, pompa putaran rendah, V-belt, pully, *heater*, nosel, termokopel, kontrol panel dengan sistem otomatis, mur, dan baut.

Identifikasi mesin pencuci biodiesel melalui pengamatan kecepatan aliran, jumlah emulsi yang terbentuk, kebutuhan energi spesifik, dan karakteristik biodiesel. Secara terperinci perancangan mesin pencuci dijabarkan dalam Gambar 2.



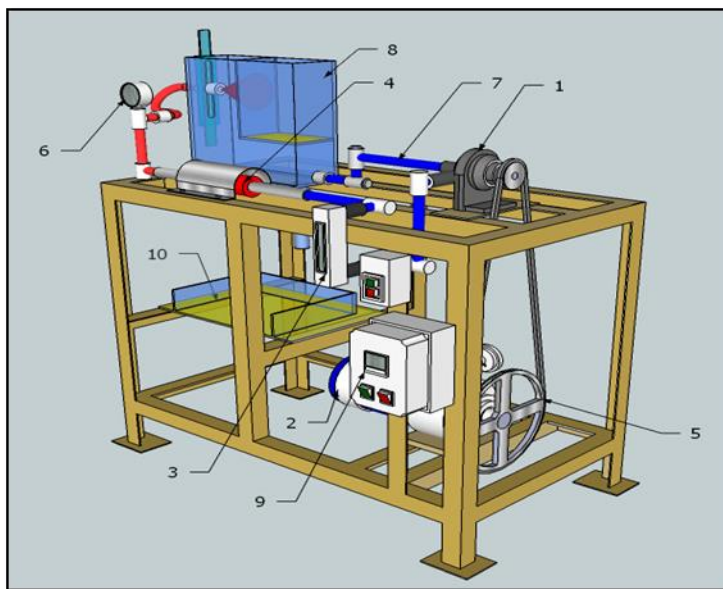
Gambar 2. Diagram alir perancangan mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Perancangan Mesin Pencuci Biodiesel

Perancangan yang akan dilakukan meliputi dimensi-dimensi atau ukuran secara keseluruhan mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak. Terdapat beberapa bagian dalam mesin ini, seperti: 1) ruang pencuci, sebagai tempat berlangsungnya proses pencucian (penyemprotan air dalam minyak), dibagian samping kiri ruang pencuci terdapat pengukur ketinggian nosel dari permukaan air. Ruang pencuci ini terbuat dari bahan *acrylic* 8 mm dengan tujuan agar proses pengikatan air dengan pengotor dapat diamati. 2) Sistem sirkulasi air yang terdiri dari pompa, motor listrik dengan gearbox, dan sistem perpipaan. Sistem perpipaan berfungsi untuk mensirkulasikan air pencuci dan terbuat dari pipa *acrylic* ϕ 20 mm dengan tujuan untuk mempermudah mengamati proses sirkulasi fluida selama proses pencucian berlangsung. 3) Nosel, sebagai sarana untuk membentuk butiran-butiran air (mengkabutkan air), sehingga proses

pencucian berlangsung dengan halus dan tidak terjadi pengadukan yang terlalu kuat. 4) *Heater* atau pemanas, untuk memanaskan air yang digunakan dalam pencucian biodiesel dengan tujuan mempermudah pengikatan kotoran biodiesel oleh air; dan 5) kontrol panel sebagai kendali pengoperasian mesin pencuci yang berupa pengatur temperatur otomatis dan pengatur debit air pencucian. Mesin pencuci biodiesel ini menggunakan metode penyemprotan air dalam minyak, yaitu dengan mensirkulasikan air dengan temperatur tertentu, dengan menggunakan pompa yang telah diatur debit airnya dan mengkabutkan air tersebut melalui sebuah nosel yang telah diatur diameter lubang nosel, jumlah lubang nosel dan tinggi nosel dari permukaan air. Sebelum melewati nosel, air pencuci di ukur tekanannya oleh sebuah manometer dengan nilai tekanan maksimal 8 bar. Proses pengaturan tekanan air tersebut, melalui pengaturan debit dengan mengatur putaran pompa. Tujuan proses pencucian biodiesel dengan metode ini yaitu mengurangi emulsifikasi dan oksidasi selama proses pencucian berlangsung. Secara terperinci desain mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak ditunjukkan oleh Gambar 3.



Keterangan gambar:

1. Pompa sentrifugal.
2. Motor listrik dengan gear box.
3. Flowmeter.
4. Heater (pemanas).
5. Puli dengan belt.
6. Manometer.
7. Pipa acrylic.
8. Ruang pencuci.
9. Box power dengan sensor temperatur.
10. Ruang penampung

Gambar 3. Desain mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak

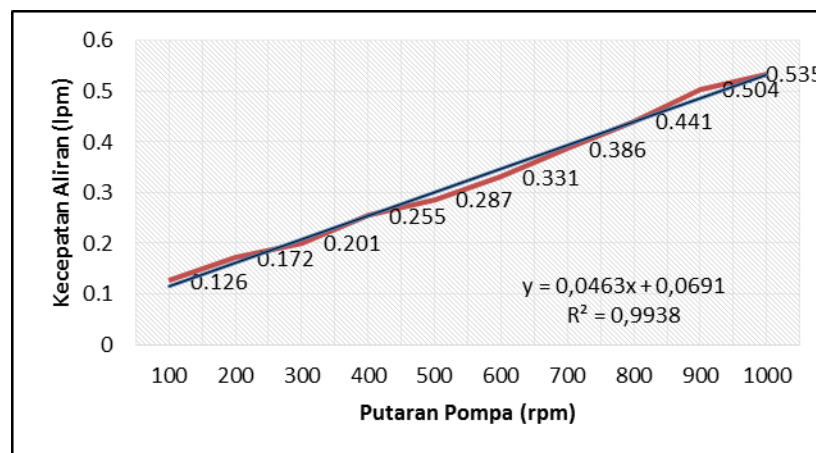
Dimensi mesin pencuci biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak, secara terperinci adalah sebagai berikut:

1. Dimensi mesin pencuci biodiesel
 - Panjang : 1200 mm
 - Tinggi : 900 mm
 - Lebar : 600 mm
 - Bahan penyangga : besi siku 40x40 mm
2. Ruang pencuci
 - Panjang : 300 mm
 - Lebar : 150 mm
 - Tinggi : 400 mm
 - Bahan : *Acrylic* 8 mm
3. Sistem sirkulasi air
 - Diameter pipa : 20 mm
 - Bahan pipa : *Acrylic* 5 mm

4. Pompa
Tipe pompa : Pompa sentrifugal dengan putaran rendah
Merek : Miura Circulation Pump
Size : $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ "
5. Motor penggerak pompa
Merek : Alliance Motory 1 Phase
Tipe : A-YL712-4B5
Voltage : 220 Volt
Daya : 0.37 kW
Frekuensi : 50 Hz
Putaran maksimal : 1400 rpm
Sistem pengatur pompa : Motor listrik 3 fase dengan daya 0,5 HP
Sistem transmisi : V-belt (63~3/16") dan pulley (ϕ 14" dan 8")
6. Nosel
Bahan nosel : Kuningan
Jarak antar lubang : 24 mm
Diameter nosel : 0,1 mm; 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; dan 0,5 mm
Jumlah lubang nosel : 1 buah, 2 buah, 3 buah, 4 buah, dan 5 buah
7. Heater atau pemanas
Daya pemanas : 500 watt
Bahan : tembaga
Kelengkapan : termokopel sebagai penunjuk temperatur air yang dipanaskan yang diatur oleh sistem pemanas otomatis.

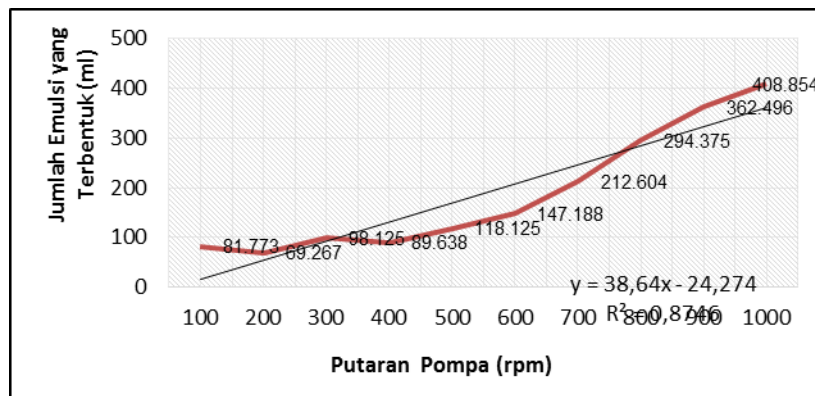
3.2. Hasil Pengujian Mesin Pencuci Biodiesel

Pengujian mesin pencuci biodiesel menekankan pada tiga aspek, yaitu: 1) kapasitas aliran air pencucian, 2) jumlah emulsi yang terbentuk, 3) kebutuhan energi spesifik, dan 4) karakteristik biodiesel hasil pencucian. Pengujian ini menggunakan biodiesel minyak *crude palm oil* (CPO) yang mempunyai densitas sebesar $881,74 \text{ kg/m}^3$, viskositas sebesar 5,414 cSt, kadar air sebesar 121,381 ppm, dan indeks sentana sebesar 52,11. Sedangkan kadar monogliserida (MG), digliserida (DG), trigliserida (TG), dan kadar FAME yang terkandung dalam biodiesel minyak CPO berturut-turut bernilai 0,149%; 0,976%; 20,471%; dan 85,405%. Kecepatan aliran air pencucian ditentukan oleh besarnya putaran pompa dan ditunjukkan oleh *flowmeter*. Besarnya nilai kecepatan aliran dalam pengujian mesin pencuci biodiesel ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Nilai kecepatan aliran air pencuci

Kadar MG, DG, dan TG yang terkandung dalam biodiesel minyak CPO memicu terjadinya emusi pada saat proses pencucian, yang berakibat pada menurunnya kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Pembentukan emusi pada proses pencucian biodiesel dipengaruhi oleh kecepatan aliran pencucian atau debit air pencucian, [24]. Besarnya emusi yang terbentuk dari pengujian mesin pencuci biodiesel ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Jumlah emulsi yang terbentuk

Proses pencucian biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak dilangsungkan selama 600 detik dengan menggunakan pompa yang berdaya 0,37 kW dan pemanas dengan daya 0,5 kW. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan energi spesifik mesin pencuci biodiesel hasil perancangan sebesar 0,209 KJ/ml. Jika dibandingkan dengan pencucian dengan metode pencucian gelembung membutuhkan energi spesifik sebesar 0,432 KJ/ml, dan pencucian dengan metode pengadukan membutuhkan energi spesifik sebesar 0,300 KJ/ml, [25]. Biodiesel hasil pencucian dengan metode penyemprotan air dalam minyak selanjutnya diuji karakteristiknya dan dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015 tentang syarat mutu biodiesel, [26]. Nilai karakteristik biodiesel hasil pencucian ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik biodiesel hasil pencucian dengan metode penyemprotan air dalam minyak

Parameter	Biodiesel Hasil Pencucian	SNI 7182:2015 Syarat Mutu Biodiesel
Densitas (kg/m ³)	876,57	850 – 890
Viskositas (cSt)	5,213	2,3 – 6,0
Indeks sentana	52,18	Min 48
Kadar air (ppm)	130,087	Maks 500
Titik nyala/flash point (°C)	138	Min. 100
Titik kabut/ould point (°C)	11,8	Maks 18°

Titik tuang/pour point (°C)	6,6	Maks 18°
Bilangan asam total (mg-KOH/g)	0,0344	Maks. 0.5

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian mesin pencucian biodiesel dengan sistem penyemprotan air dalam minyak dapat disimpulkan bahwa:

- Mesin pencuci biodiesel dirancang dengan metode penyemprotan air dalam minyak dengan tujuan untuk mengurangi emulsifikasi. Emulsifikasi terjadi akibat ketidaksempurnaan reaksi transesterifikasi dan penggunaan putaran dan pengadukan yang terlalu kuat selama proses pencucian.
- Mesin pencuci biodiesel hasil perancangan mampu mengurangi jumlah emulsi yang terbentuk melalui pengaturan putaran pompa yang digunakan untuk mensirkulasi air pencuci.
- Hasil perhitungan kebutuhan energi spesifik mesin pencuci biodiesel hasil perancangan membutuhkan energi spesifik sebesar 0,209 KJ/ml lebih rendah 50% dengan menggunakan metode gelembung dan lebih rendah 30% dibanding dengan metode pencucian pengadukan.
- Hasil pengujian karakteristik biodiesel hasil pencucian bila dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015 tentang syarat mutu biodiesel telah sesuai.

Daftar Pustaka

- [1] Lesley Rushton. The Problem With Diesel. *JNCI*. 2012;14(11):1-2
- [2] Ahmed, A.S., Khan, S., Hamdan, S., Rahman, R., Kalam, A., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M. Biodiesel Production From Macro Algae As A Green Fuel For Diesel Engine. *Journal of Energy and Environment*. 2010;2:1-5
- [3] Nelly, Ameli Fransiska, Hartono Nyoto, Johan Utomo. *Perancangan Awal Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. 2004:C-10-1 sampai C-10-6
- [4] L.G. Anderson. Effects Of Biodiesel Fuels Use On Vehicle Emissions. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. 2012;3:35-47
- [5] Cdainis Viesturs, Ligita Melece. *Advantages And Disadvantages Of Biofuels: Observation In Latvia*. Engineering for Rural Development. Jelvaga. 2014:210-215
- [6] V. Sharma, K.G Ramawat, B.L Choudhary. Biodiesel Production For Sustainable Agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews*;11:133-160
- [7] J. Xue, T.E Grift, A. Hansen. A Effect Of Biodiesel On Engine Performance And Emissions. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*. 2011;15:1098-1116
- [8] Deshemino S. Innocent, P. O'Donnell Sylvester, Muhammad F. Yahya, Isioma Nwadike, Linus N Okoro. Comparative Analysis Of Biodiesel And Petroleum Diesel. *International Journal of Ceducation and Research*. 2013;1(8):1-8
- [9] Idusuyi N., Ajide O., Abu R. Biodiesel As An A Alternative Energy Resources In Southwest Nigeria. *International Journal of Science ang Technology*. 2012;2(5):324-327
- [10] Y. Zhang, M.A Dub, D.D Mc Lean, M. Kates. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil I: Process Design And Technological Assessment. *Elsevier Journal of Bioresource Technology*.2003;89:1-16
- [11] Alemayehu Gashew, Abile Teshita. Production Of Biodiesel From Waste Cooking Oil And Factors Affecting It's Formation: A Review. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 2014;3(5):92-98
- [12] Andres Purmanilo. Neraca Energi Nasional Tahun 2011-2015. Jakarta:Badan Pusat Statistik Indonesia. 2016
- [13] Brittany Ekre. Biodiesel: The Clear Choice. <http://www.actionbioscience.org/biotechnology/ekre.html>. 2002; diakses tanggal 22 Maret 2017
- [14] Azhari Muhammad Syam, Leni Maulinda, Ishak Ibrahim, Syafari Muhammad. Waste Frying Oil Based Biodiesel:Process And Fueal Properties. *Smart Grid and Renewable Energy*.2013;4:281-286
- [15] G. Nothe, J.V Gerpen, Jurgen Krahl. The Biodiesel Handbook. Illionis:AACS Press. 2005

- [16] Jon Van Gerpen. Biodiesel Processing And Production. *Elsevier Fuel Processing Technology*. 2005;86:1097-1107
- [17] I.M Atadashi, M.K Aroua, Aziz M.K., A.R Abdul, N.H.M Sulaiman. Refining Technologies For The Purification of Crude Biodiesel. *Elsevier Applied Energy*. 2011;88:4239-4251.
- [18] I.M. Atadashi, M.K Aroua, Abdul A. Aziz. Biodiesel Separation And Purification: A Review. *Elsevier Chemical Engineering Journal*. 2011;36:437-443
- [19] M. Berrios, R.L Skelton. Comparison Of Purification Methods For Biodiesel. *Elsevier Cchemical Cengineering Journal*. 2008;44:459-465
- [20] Jihad Saleh, Marc A. Dube, Andre Y. Tremblay. Separation Of Glycerol Fom FAME Using Ceramic Membranes. *Elsevier Cfuel Processing Technology*. 2011;92:1305-1310
- [21] Jihad Saleh, Marc A. Dube, Andre Y. Tremblay. Effect Of Soap, Methanol And Water On Glycerol Particle Size In Biodiesel Purification. *Energy Fuel*. 2010;24:6179-6186
- [22] T. Sabudak, M. Yildiz. Biodiesel Production From Waste Frying Oils And IT's Quality Control. *Elsevier Waste Management*. 2010;30:799-803
- [23] Muharto Mahfud, Pramudita R.A., Adhy Marwoto. Pengaruh Metode Pencucian pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak jarak Pagar. *Jurnal Teknik Kimia UPN Jawa Timur*. 2012;1(1):219-227
- [24] Bambang Dwi Argo, Gunomo Djoyowasito, Rini Yulianingsih. Uji Performansi Pencuci Biodiesel Metode Pengkabutan Air Dalam Minyak. *Jurnal rekayas Mesin*. 2010;1(2):65-69
- [25] Dyah Ayu R, Ali Zibbeni, Rachimoellah Alam. Pengaruh Stir Washing, Bubble Washing dan Dry Washing Terhadap Kadar Metil Ester dalam Biodiesel Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10543-Paper.pdf>. 2009, diakses tanggal 22 Maret 2017
- [26] Anonim. Standar Nasional Indonesia Biodiesel. SNI 7182:2015. Jakarta;Badan Standardisasi Nasional.2015.