

BAB I

PENDAHULUAN

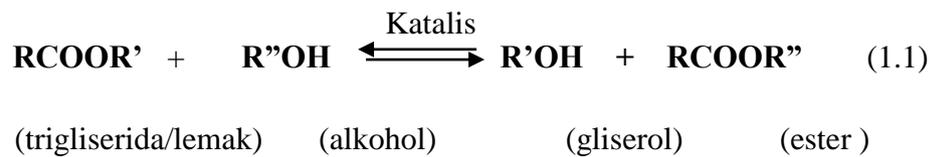
1.1. Pendahuluan

Setiap hari sekitar 25.360 Ton limbah lumpur sawit atau yang disebut dengan *Palm Sludge Oil* (PSO) dibuang ke lingkungan (Junaidi and Febrina 2008), limbah tersebut diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit dalam rangka pengolahan menjadi minyak goreng konsumsi. PSO berpotensi mencemari lingkungan dengan meningkatkan COD 10082 ppm dan BOD 7333 ppm (Pandapotan *et al*, 2017). Di sisi hilir konsumsi minyak goreng di Indonesia tergolong cukup tinggi rata-rata per kapita mengkonsumsi sekitar 0,208 liter per minggu (Departemen Pertanian 2018). Dengan rerata jumlah minyak goreng habis pakai yang dibuang lapangan mencapai 27,61 % (Kusnadi 2018). Menghitung potensi cemaran limbah minyak goreng terutama di area Semarang barat dengan penduduk mencapai 159.018 jiwa maka pencemaran jelantah yang dibuang ke saluran pembuangan dan berujung ke sungai mencapai 9.131 liter per minggu (Dispendukcapil Kota Semarang 2019). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 membahas tentang kualitas air dan pengendaliannya, konsentrasi minyak dan lemak yang dibolehkan ada dalam air yaitu 1 mg/L (Indonesia 2001). dan menurut Kepmen LH No.112/2003 tentang penetapan baku mutu air limbah domestik minyak dan lemak konsentrasi maksimum adalah 10 mg/L (Indonesia 2003). Lingkungan organisme air akan terganggu oleh lapisan minyak di permukaan air, hal ini karena, tidak masuknya sinar matahari akibat adanya lapisan minyak pada permukaan air menyebabkan fotosintesis tanaman air tidak dapat berlangsung secara maksimal hal ini menyebabkan kandungan oksigen menurun dikarenakan fotosintesis terganggu, terhalangnya difusi oksigen akibat lapisan minyak pada permukaan air menyebabkan jumlah oksigen terlarut berkurang dan oksigen yang berkurang akan menyebabkan gangguan pada hewan air (EPA 1999). Setiap penurunan 1 ppm pencemaran minyak akan menurunkan BOD sebanyak 0,625 ppm dan COD 2,181 ppm (Ewida 2014)

Dari permasalahan tersebut perlu diupayakan untuk melakukan eliminasi limbah menjadi sesuatu yang bermanfaat, yaitu bahan bakar berupa biodiesel. PSO dapat diolah menjadi biodiesel (a Hayyan *et al.* 2010) begitu juga dengan minyak goreng bekas (Sahar *et al.* 2018) . Merujuk ke potensi limbah PSO yang dibuang sebanyak 25.360 Ton per hari dan 9.131 liter limbah minyak goreng bekas merupakan bahan baku potensial untuk dapat dikembangkan untuk produksi biodiesel. Selain mengurangi limbah, konversi tersebut dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar fosil yang semakin menipis dan mencemari lingkungan, saat ini Indonesia memiliki cadangan terbukti minyak bumi sekitar 3,3 miliar barel. Asumsi produksi konstan 800.000 per hari tanpa adanya temuan cadangan baru, maka dalam 11 hingga 12 tahun ke depan Indonesia tidak mampu memproduksi minyak bumi lagi. Cadangan terbukti minyak Indonesia yang mencapai 3,3 miliar barel tersebut bukanlah cadangan yang melimpah, dibandingkan dengan cadangan terbukti minyak dunia, hanya setara dengan 0,2 % (Tim Komunikasi ESDM 2018). Sebagai bentuk salah satu energi terbarukan biodiesel selain mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, pengembangan biodiesel saat juga dapat meningkatkan ketersediaan pasokan energi nasional. Ketersediaan bahan bakar fosil yang terus menipis memacu peningkatan harga bahan bakar fosil, selain itu kesadaran masyarakat akan untuk menggunakan bahan bakar ramah lingkungan menjadikan pengembangan bioenergi menjadi lebih strategis (Direktorat Bioenergi EBTKE 2014). Biodiesel memiliki berbagai kelebihan dibandingkan petrodiesel, baik sebagai campuran dengan petrodiesel maupun sebagai bahan bakar murni. Keunggulan biodiesel sebagai bahan bakar antara lain diproduksi dari bahan baku yang dapat diperbaharui, dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi. Biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan karena dapat terurai di alam, non toksik, efisiensi tinggi, emisi buang kecil, serta kandungan sulfur dan aromatik rendah (Murtiningrum and Firdaus 2015).

Biodiesel dihasilkan dari minyak nabati atau lemak hewani dan alkohol, melalui reaksi transesterifikasi, Reaksi kimia ini mengubah trigliserida bentuk ester

dari minyak nabati atau lemak hewani menjadi campuran ester dari asam lemak. Biodiesel yang umum digunakan berupa *Fatty acid methyl esters* (FAME) (Romano and Sorichetti 2011). Secara umum reaksi Transesterifikasi terjadi sebagai berikut :



Kebutuhan solar untuk sektor industri mencapai 3.635.682 kiloliter pertahun sedangkan gas mencapai 672.298 MMSCF (Kementerian ESDM 2018). Apabila bahan bakar fossil tersebut di atas dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui pengelolaan sebageian kecil di industri dengan skala kecil melalui bingkai *Coorporate Social responsibility* (CSR) dengan memanfaatkan limbah PSO dan minyak goreng bekas (jelantah). Biodiesel yang dihasilkan tidak untuk diperjual belikan namun dipakai untuk operasional industri atau perusahaan seperti pemanfataan sebagai bahan bakar boiler atau lainnya, karena untuk distribusi sendiri diperlukan perijinan khusus yang dengan proses perijinan sampai dengan setingkat mentri. Biodiesel yang dihasilkan diproduksi dari mesin biodiesel reaktor dengan kapasitas yang tidak terlalu besar karena produk digunakan untuk untuk operasional internal pabrik. Sebuah usaha yang layak atau memadai minimal memenuhi persyaratan pendapatan sama dengan pengeluaran (*sustainability*), proses usaha tersebut dilakukan namun pengeluaran dan pendapatan atau manfaat yang dihasilkan tidak sebanding maka keberlangsungan usaha tidak berlangsung lama (Blank and Tarquin 2012), dan diperlukan kajian tekno ekonomi. Kajian teknoekonomi adalah metodologi untuk menganalisis kinerja teknis dan ekonomi dari suatu proses, biasanya menggabungkan pemodelan proses, desain teknik dan evaluasi ekonomi (Lauer 2008)

Pada penelitian sebelumnya dalam skala laboratorium maupun komersial telah dilakukan produksi biodiesel dari bahan minyak goreng bekas dengan katalis KOH, mampu menghasilkan *yield* sampai dengan 94 %. Penambahan asam (HCl,

H₂SO₄ and H₃PO₄) and H₂SO₄ sebagai treatment awal mampu mereduksi 88 % FFA, biodiesel memenuhi uji bahan bakar sesuai dengan standard ASTM D6751-02, 2002 (Sahar *et al.* 2018). Produksi biodiesel dengan memanfaatkan katalis CaO / SiO₂ berasal dari limbah kulit telur dan tanah liat gambut untuk produksi biodiesel dari minyak goreng bekas mampu menghasilkan biodiesel dengan hasil 78 %. Keberadaan silika sebagai pendukung dihasilkan dari limbah tanah gambut meningkatkan *yield* biodiesel menghasilkan hingga 91 % (Putra *et al.* 2018). Proses reaksi transesterifikasi dapat dilakukan dengan metode 1 tahap atau 2 tahap, Proses transesterifikasi satu tahap adalah minyak dan metanol secara langsung direaksikan, namun metanol direaksikan dalam kondisi superkritis. Proses transesterifikasi dua langkah dilakukan dalam reaktor pertama, minyak dihidrolisis menjadi FFA (*Free Fatty Acid*), sedangkan dalam reaktor kedua FFA diesterifikasi dengan metanol. Dalam minyak reaktor kedua dan metanol berada dalam kondisi superkritis homogen; dengan demikian, kontak antar pereaksi menjadi lebih baik. Dari dasar tersebut dibuktikan melalui kajian tekno ekonomi yang menyebutkan bahwa proses transesterifikasi dua langkah memerlukan investasi yang lebih rendah dan memproduksi biodiesel dengan biaya lebih rendah dibandingkan dengan proses satu langkah. Kerugian utama dari proses dua langkah adalah pemakaian energi proses yang lebih tinggi dibandingkan proses produksi biodiesel per unit apabila menggunakan bahan baku minyak jelantah (Martinovic *et al.* 2018). FFA tingkat tinggi dalam minyak jelantah menghasilkan akselerasi beberapa reaksi samping yang tidak diinginkan selama produksi biodiesel. Oleh karena itu proses reaksi transesterifikasi harus diawali terlebih dahulu dengan asam untuk mengurangi FFA dan kemudian mengalami transesterifikasi dengan bantuan katalis (Sahar *et al.* 2018).

Sedangkan untuk minyak nabati proses transesterifikasi satu tahap lebih menguntungkan karena derajat FFA bebas dalam bahan baku lebih rendah, sehingga proses produksi per satuan unit bisa lebih rendah (Sakdasri *et al.* 2018). Pembuatan biodiesel dari bahan baku PSO skala laboratorium dengan katalis P-toluenesulfonic

acid (PTSA) mampu menghasilkan biodiesel 90,93% terhadap bahan awal (a Hayyan *et al.*, 2010)

Kajian tekno ekonomi biodiesel produksi biodiesel menggunakan Reaksi transesterifikasi 1 tahap dengan bahan baku minyak goreng bekas pada skala besar (komersial) di Inggris dengan kapasitas proses sebesar 13.000-27.148 ton dengan proses transesterifikasi superkritis menghasilkan biodiesel dengan biaya produksi 0,85 USD/Kg, sedangkan produksi biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi 2 tahap superkritis menggunakan kapasitas produksi 14.000-28.390 ton minyak goreng bekas menghasilkan produksi biodiesel dengan harga 0,81 USD/Kg (Martinovic *et al.* 2018). Analisis ekonomi terhadap produksi biodiesel dengan bahan baku minyak goreng di Beirut, Lebanon pada skala komersial dilakukan dengan melakukan simulasi dengan berbagai alternatif pemasok bahan baku, transportasi, pekerja, pajak, bahan kimia (catalyst, methanol) dan diperoleh sebanyak 81 skenario proses. Dari 81 skenario proses diperoleh skenario paling murah untuk harga biodiesel sebesar 0,48 USD/L (Fawaz and Salam 2018). Produksi Biodiesel dari minyak goreng bekas hasil pengukuran menunjukkan bahwa kinetika biodiesel memiliki orde nol relatif terhadap minyak goreng, dan menghasilkan *yield* 90, 10 %, dan sifat fisikokimia biodiesel sesuai dengan standar Brasil. Untuk campuran hingga 30 % , daya bersih setiap biodiesel sama dengan solar. pengurangan emisi gas rumah kaca berkurang sebesar 33 % dibandingkan dengan minyak diesel. Survei statistik mengungkapkan bahwa kota Sao Paulo memiliki potensi produksi lebih dari 8800m³ perbulan, yang dapat menghasilkan penghematan US \$ 5.000.000 per bulan dan keuntungan tambahan US \$7.000.000 per bulan karena penjualan hasil reaksi gliserin, dan pengurangan emisi (Silva Filho *et al.* 2018). Pembuatan biodiesel dengan metode *supercritical* dan katalis homogen NaOH didapatkan hasil harga jual biodiesel dengan metode *supercritical* dan katalis homogen antara US \$ 0,639 -0,679 per Liter (Glisic *et al.* , 2016).

Sebagian besar produksi biodiesel tersebut di atas dilakukan kajian pada skala komersial (pabrik) dengan teknologi tinggi (*supercritical*), melalui proses simulasi perangkat lunak, maupun skala laboratorium, dan belum pernah dilakukan pada skala industri kecil dengan skala 50-70 liter menggunakan mesin bioreaktor

rancangan universitas diponegoro menggunakan teknologi proses biodiesel konvensional (katalis asam dan atau basa) dan untuk menunjang *feasibility* proses dan produk yang dihasilkan dilakukan kajian teknoekonomi dengan menganalisa parameter-parameter kelayakan investasi serta secara *circular economy* dengan scope area di kota semarang khususnya semarang barat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut di atas maka dapat dikemukakan masalah sebagai berikut :

1. Bagaiman karakteristik bahan baku minyak goreng bekas/Minyak jelantah dan *Palm Sludge oil Palm Sludge Oil (PSO)* awal?
2. Bagaimana implementasi pengembangan bioreaktor dan proses produksi biodiesel berbahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge oil Palm Sludge Oil (PSO)* skala 50-70 liter dilakukan?
3. Bagaimana kualitas Biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge oil Palm Sludge Oil (PSO)*?
4. Apakah proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge oil Palm Sludge Oil (PSO)* skala 50-70 liter layak secara keekonomian?
5. Apakah proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge oil (PSO)* skala 50-70 liter mampu mengurangi pencemaran lingkungan?

1.3. Pembatasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah diperoleh dari daerah warga sekitar Semarang Barat dan *Palm Sludge Oil (PSO)* diperoleh dari

PT.Energy Feeds dan dilakukan hanya untuk parameter asam lemak bebas untuk menentukan tahapan proses selanjutnya.

2. Proses produksi biodiesel menggunakan mesin skala 50-70 liter hasil pengembangan Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.
3. Analisa kelayakan ekonomi meliputi perhitungan *Cost Of Good Manufacturing* , Net Present Value, Internal Rate of Return, Simple Payback periode dan kelayakan ekonomi secara *circular economy*
4. Analisa dampak lingkungan dilakukan dengan simulasi

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut::

1. Mengetahui karakteristik bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*
2. Mengembangkan teknologi proses produksi biodiesel skala 50-70 liter dengan bahan baku minyak goreng bekas/minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*
3. Mengetahui kualitas biodiesel dengan bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*
4. Mengevaluasi kelayakan ekonomi produksi biodiesel skala 50-70 liter dengan bahan baku minyak goreng bekas/minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*
5. Mengevaluasi dampak lingkungan produksi biodiesel skala 50-70 liter dengan bahan baku minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui aplikasi teknologi pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil (PSO)*
2. Mengetahui Nilai Investasi untuk pengembangan produksi biodiesel dari

minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan Palm Sludge Oil (PSO)

3. Memberikan gambaran pemanfaatan minyak goreng bekas/ minyak jelantah dan *Palm Sludge Oil* (PSO) sebagai bahan baku biodiesel akan mengurangi dampak lingkungan akibat limbah.
4. Memberikan gambaran hasil perhitungan perhitungan kelayakan ekonomi produksi biodiesel skala industri kecil

1.6. Originilitas Penelitian

Tabel 1.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Ferenc <i>et al.</i> (2018)	Comparative techno-economic analysis of single-step and two-step biodiesel production with supercritical methanol based on process simulation	<ul style="list-style-type: none"> - Produksi biodiesel menggunakan Reaksi transesterifikasi 1 tahap dengan bahan baku minyak goreng bekas sebesar 13.000-27.148 ton, dengan biaya produksi 0,85 USD/Kg - Produksi biodiesel menggunakan Reaksi transesterifikasi 2 tahap dengan bahan baku minyak goreng bekas sebesar 14.000-28.390 ton 0,81 USD/Kg
2	Sakdasri <i>et al.</i> (2018)	Techno-economic analysis of biodiesel production from palm oil with supercritical methanol at a low molar ratio	<ul style="list-style-type: none"> - Kajian tekno ekonomi analisis proses pembuatan biodiesel menggunakan proses conventional supercritical methanol dan conventional homogenous alkali-catalyzed (Alkali-cat) mampu menghasilkan pengembalian modal usaha 2,39 -3,52 tahun dengan kapasitas produksi 40.000 liter per tahun

3	Sahar, <i>et al</i> (2018)	Biodiesel production from waste cooking oil: An efficient technique to convert waste into biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> - Proses produksi Biodiesel dari bahan baku minyak goreng bekas dengan katalis KOH, mampu menghasilkan <i>yield</i> sampai dengan 94 % - Penambahan asam (HCl, H₂SO₄ and H₃PO₄) and H₂SO₄ sebagai treatment awal mampu mereduksi 88 % FFA - Hasil Produksi biodiesel memenuhi persyaratan ASTM D6751-02, 2002
4	Putra <i>et al.</i> (2018)	A cleaner process for biodiesel production from waste cooking oil using waste materials as a heterogeneous catalyst and its kinetic study	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanfaatan katalis CaO / SiO₂ berasal dari limbah kulit telur dan tanah liat gambut untuk produksi biodiesel dari minyak goreng bekas. - Katalis CaO mampu menghasilkan biodiesel dengan hasil 78 %. Keberadaan silika sebagai pendukung dihasilkan dari limbah tanah gambut meningkatkan <i>yield</i> biodiesel menghasilkan hingga 91 %
5	Filho <i>et al.</i> (2018)	Environmental and techno-economic considerations on biodiesel production from waste frying oil in Sao Paulo city	<ul style="list-style-type: none"> - Produksi Biodiesel dari minyak goreng bekas hasil pengukuran menunjukkan bahwa kinetika biodiesel memiliki orde nol relatif terhadap minyak goreng, dan menghasilkan <i>yield</i> 90, 10 % , dan sifat fisikokimia biodiesel sesuai dengan standar Brasil. Untuk campuran hingga 30 % , daya bersih setiap biodiesel sama dengan solar. - pengurangan emisi gas rumah kaca berkurang sebesar 33 % dibandingkan dengan minyak diesel. - Penelitian menjelaskan potensi Kota Sao Paolo mampu mengolah potensi limbah minyak goreng menjadi keuntungan. Perhitungan

			keuntungan dilakukan dengan cara simulasi dan mampu menghasilkan keuntungan USD 5 juta dari penjualan biodiesel. Penelitian tersebut tidak melakukan produksi biodiesel dan menghitung kelayakan ekonomi secara langsung.
6	Fawaz and Salam (2018)	Preliminary economic assessment of the use of waste frying oils for biodiesel production in Beirut, Lebanon	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis ekonomi terhadap produksi biodiesel dengan bahan baku minyak goreng di Beirut, Lebanon berbagai alternative pemasok bahan baku, transportasi, pekerja, pajak, bahan kimia (catalyst, methanol) dan diperoleh sebanyak 81 skenario proses - Dari 81 skenario proses diperoleh scenario paling murah untuk harga biodiesel sebesar 0,48 USD/L - Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium, kemudian dilakukan simulasi <i>supply chain</i> dari hulu ke hilir untuk melihat potensi jalur yang paling menguntungkan
7	Glisic <i>et al.</i> (2018)	Process and techno-economic analysis of green diesel production from waste vegetable oil and the comparison with ester type biodiesel production	<ul style="list-style-type: none"> - Produksi biodiesel dengan metode hidrogenisasi, supercritical dan katalis homogen menggunakan mesin kapasitas 100.000 ton setiap tahun. - Didapatkan hasil energi antara 0,23-0,93 KW/Kg produk dengan metode paling hemat adalah hidrogenasi, supercritical dan katalis homogen. - Dilakukan Kajian teknoekonomi didapatkan hasil paling ekonomis adalah US \$ 0,630-0,780 - Penelitian ini menggunakan simulasi software UniSim®

			untuk simulasi produksi biodiesel kemudian dilakukan kajian ekonomi untuk harga produk per litter.
--	--	--	--

Dari penelitian tersebut diatas telah dilakukan produksi biodiesel dari bahan baku minyak goreng bekas (minyak jelantah) menggunakan dengan reaksi 2 tahap (reaksi esterifikasi tahap 1 dan reaksi transesterifikasi tahap 2) dengan katalis homogen NaOH perlu dilakukan dengan produksi biodiesel dengan bahan baku bahan baku *Palm Sludge Oil (PSO)* atau minyak kotor . Penelitian tersebut diatas dilakukan pada skala laboratorium kurang dari 1 liter, simulasi menggunakan software dan belum dilakukan menggunakan mesin dan pada skala industri kecil menengah dengan kapasitas 50-70 L. Untuk melihat kelayakan secara ekonomi pada penelitian ini dilakukan kajian tekno ekonomi, berupa kelayakan bisnis melalui parameter *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Simple Payback periode* dan Potensi penurunan limbah melalui skema *circular economy*.