

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Bahan bakar fosil adalah bahan bakar yang berasal dari pembusukan jasat renik organisme karena mengalami proses panas dan tekanan tinggi dalam kurun waktu jutaan tahun. Bahan bakar fosil terbagi 3 yaitu bahan bakar fosil padat, fosil cair dan fosil gas. Bahan bakar fosil padat contohnya adalah batubara. Bahan bakar fosil cair contohnya adalah bensin (gasoline), diesel dan kerosine (minyak tanah). Bahan bakar fosil gas contohnya adalah LPG (*Liquid Petroleum Gas*) kandungan terbesarnya adalah butana. Ada juga gas alam LNG (*Liquefied Natural Gas*) kandungan terbesarnya adalah metana (McKinney and Schoch, 2003; Hubbert, 1956).

Negara-negara di dunia saat ini sudah mulai mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Mereka mengurangi penggunaan diesel karena diesel adalah sumber energi yang tidak ramah lingkungan dan tidak terbarukan. Penggunaan diesel menimbulkan polusi udara karena menghasilkan emisi gas CO<sub>2</sub> yang tinggi. Diesel juga menghasilkan emisi CO, SO<sub>2</sub> dan partikulat yang tinggi. Emisi gas rumah kaca tersebut dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim global (Budiman et al., 2017).

Sumber energi yang dapat menggantikan diesel adalah biodiesel yang merupakan contoh bahan bakar hayati (biofuel) cair. Biofuel adalah bahan bakar padat, cair dan gas yang dihasilkan dari bahan organik. Contoh biofuel padat adalah kayu dan arang. Contoh biofuel cair adalah biodiesel dan bioalkohol (bioetanol). Contoh biofuel gas adalah biogas dan syngas. Biodiesel adalah biofuel yang berwujud cair yang diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewani (Marshall, 2007; Budiman et al., 2017; Filamon, 2010; Debalina and Ralph, 2013). Proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak tumbuhan seperti (minyak kedelai, minyak rapeseed, minyak kelapa sawit, minyak bunga matahari dan minyak jarak) dan lemak hewani seperti (lemak ayam). Biodiesel juga bisa diproduksi dari minyak jelantah (Haryanto, 2002; Davies, 2005;

Requena et al., 2011; Hou et al.,2011; Morais et al., 2010; Sajid et al., 2016; Pereira et al., 2016).

Pabrik biodiesel sudah berdiri di banyak Negara. ISO 14040 mengharuskan pabrik biodiesel memperhitungkan *life cycle assessment (LCA)*. LCA suatu produk dilakukan dari awal hingga akhir proses produksi untuk mengetahui pada proses mana yang menimbulkan pencemaran tertinggi. Hasil analisis LCA dapat dijadikan bahan evaluasi agar kedepannya proses tersebut menjadi lebih ramah lingkungan (Pleanjai et al., 2004; Hasibuan and Thaheer, 2017; Siregar et al., 2015).

*Software* tertentu seperti openLCA dan SimaPro dapat digunakan untuk melakukan analisis LCA suatu produk (Rebitzer et al, 2004; Ciambrone, 1997; Curran, 1996). LCA telah distandarkan pada ISO 14040. Tahapan LCA berdasarkan ISO 14040 adalah pertama menentukan *goal and scope*, kedua menentukan *inventory analysis*, ketiga menentukan *impact assessment* dan terakhir menentukan *interpretation*.

Produksi biodiesel di pabrik selama ini menggunakan satu bahan baku (*single feedstock*). Contoh pabrik biodiesel dari minyak kelapa sawit mentah hanya berpaku pada satu bahan baku, seperti pabrik biodiesel yang ada di Indonesia. Pemanfaatan biodiesel yang hanya bergantung pada *single feedstock* menimbulkan beberapa masalah yaitu persaingan terhadap kebutuhan pangan dan kebutuhan lahan yang luas untuk siklus hidup produksi biodiesel. Produksi biodiesel di Indonesia yang masih bergantung pada minyak kelapa sawit akan berdampak pada hilangnya keanekaragaman hayati akibat deforestasi demi memenuhi permintaan minyak kelapa sawit (Jahirul et al., 2013).

Potensi minyak selain kelapa sawit untuk dijadikan biodiesel salah satunya adalah minyak jelantah. Dalam memenuhi kebutuhan pangan, keberadaan minyak goreng sangat diperlukan. Namun, minyak goreng yang sudah digunakan berulang kali dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Minyak goreng yang sudah digunakan berulang kali akan menjadi minyak jelantah. Minyak jelantah dapat dijadikan bahan bakar biodiesel karena ketersediannya cukup banyak dan mudah didapatkan. Penggunaan minyak

jelantah untuk dijadikan biodiesel juga dapat mengurangi dampak buruk pada lingkungan (Jincheng and Jianxin, 2011; Phan and Phan, 2008).

Potensi selanjutnya yang dapat dijadikan sebagai biodiesel adalah minyak rapeseed mentah. Bunga rapeseed banyak tumbuh di wilayah Eropa. Tanaman ini sangat banyak dibudidayakan pada daerah subtropis karena bisa ditanam pada 2 musim berbeda yaitu musim dingin dan panas. Penanaman untuk tipe musim dingin dimulai pada pertengahan Agustus hingga paling lambat pertengahan September. Penanaman untuk tipe musim panas dilakukan pada akhir bulan Maret hingga April, tergantung kondisi cuaca dan topografi. Panen di Eropa dilakukan pada bulan Juli (tipe musim dingin) atau September/Oktobre (tipe musim panas), sementara di Tiongkok, yang lebih hangat dan musim dinginnya lebih singkat, panen sudah dilakukan pada bulan Mei (Daun et al., 2011). Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bunga rapeseed juga dapat tumbuh dan dibudidayakan di Indonesia. Indonesia dengan iklim tropis cocok untuk budidaya bunga rapeseed karena bunga rapeseed dapat hidup pada 2 musim ekstrim yang berbeda yaitu musim dingin dan panas di Negara beriklim subtropics. Bunga rapeseed dapat dibudidayakan di Indonesia yang beriklim tropis dengan suhu dingin dan panas yang tidak ekstrim.

Solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan akibat produksi biodiesel dari *single feedstock* kelapa sawit dapat dilakukan dengan cara memproduksi biodiesel dari banyak bahan baku (*multi feedstock*) dan memperhitungkan LCA pada proses produksi *multi feedstock* biodiesel. Penelitian LCA pada proses produksi *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah perlu dilakukan sebagai alternatif solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Metode penilaian dampak siklus hidup dalam studi sebelumnya tentang LCA di pabrik biodiesel dari minyak sawit mentah, antara lain: *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2007; Siregar et al., 2015; Siregar, 2015) dan *Chronic Myeloid Leukaemia* (CML) 2 baseline 2000 (Soraya et al., 2014). IPCC 2007 memiliki hasil perhitungan kategori dampak: *global warming potential* (Siregar et al., 2015; Siregar, 2015). CML 2 baseline 2000 memiliki hasil perhitungan kategori dampak: *eutrofikasi, acidification, global warming potential,*

*human toxicity, photochemical oxidation, marine aquatic eco-toxicity, terrestrial eco-toxicity, fresh water aquatic eco-toxicity, ozone layer depletion, dan abiotic depletion* (Soraya et al., 2014; Gasol et al., 2012; Peiro´ et al., 2010).

Produksi biodiesel dari *single feedstock* minyak sawit menghasilkan kontribusi terhadap pencemaran lingkungan (Soraya et al., 2014; Siregar et al., 2015; Siregar, 2015). Produksi biodiesel dari minyak jelantah dan minyak rapeseed lebih ramah lingkungan dibandingkan produksi biodiesel dari minyak sawit (Iglesias et al., 2012; Requena et al., 2011). Sawit tetap harus menjadi salah satu bahan baku dalam *multi feedstock* dan tidak bisa dihilangkan karena sawit adalah tanaman endemik yang dapat tumbuh subur di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Produksi *single feedstock* biodiesel dari minyak jelantah saja tidak dimungkinkan karena jumlah minyak jelantah tidak sebanyak minyak sawit.

Produksi *multi feedstock* biodiesel dari minyak sawit, minyak jelantah, dan minyak rapeseed diharapkan dapat menurunkan tingkat pencemaran lingkungan. Produksi 1 ton biodiesel dari 100% minyak sawit masih berkontribusi mencemari lingkungan (Soraya et al., 2014; Siregar et al., 2015; Siregar, 2015). Ide *multi feedstock* 1 ton biodiesel dapat dibuat dengan skenario 60% minyak jelantah, 20% minyak sawit dan 20% minyak rapeseed. Hal ini dapat menurunkan tingkat pencemaran lingkungan yang disebabkan pada produksi biodiesel dari minyak sawit karena penggunaan minyak sawit hanya sebesar 20%.

Penelitian ini menggunakan Greenhouse Gas Protocol V1.02 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup pada produksi biodiesel. Greenhouse Gas Protocol V1.02 memiliki perhitungan kategori dampak yang berbeda dibandingkan dengan metode yang disebutkan sebelumnya. Greenhouse Gas Protocol V1.02 menampilkan hasil perhitungan kategori: fosil CO<sub>2</sub>eq, CO<sub>2</sub>eq biogenik, CO<sub>2</sub>eq dari transformasi lahan, dan penyerapan CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> dibedakan dalam 4 kategori membuat kajian dalam penelitian ini lebih detail dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya mengkalkulasi jumlah total CO<sub>2</sub> saja.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Produksi biodiesel yang hanya bergantung pada *single feedstock* menimbulkan beberapa masalah yaitu persaingan terhadap kebutuhan pangan, kebutuhan lahan yang luas dan pencemaran gas CO<sub>2</sub> akibat pembakaran hutan

untuk membuka lahan perkebunan sawit (Jahirul et al., 2013). Produksi biodiesel dari minyak sawit menghasilkan kontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Penyebab utama pencemaran pada produksi biodiesel dari minyak sawit adalah pembakaran hutan, penggunaan pupuk kimia pada budidaya kelapa sawit, penggunaan transportasi berbahan bakar diesel dan penggunaan bahan bakar batu bara saat proses produksi biodiesel (Soraya et al., 2014; Siregar et al., 2015; Siregar, 2015). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan membuat skenario produksi *multi feedstock* biodiesel dan memperhitungkan LCA proses produksi biodiesel. Ada beberapa pertanyaan yang perlu dijawab untuk menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu:

1. Bagaimana hasil *carbon footprint* pada produksi *single feedstock* dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah menggunakan Greenhouse Gas Protocol V1.02 sebagai metode *life cycle impact assessment*?
2. Bagaimana hasil *carbon footprint* 3 skenario *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah?
3. Bagaimana rekomendasi agar tahapan proses produksi *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah bisa lebih ramah lingkungan?

### **1.3. Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui hasil *carbon footprint* pada produksi *single feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah menggunakan Greenhouse Gas Protocol V1.02 sebagai metode *life cycle impact assessment*.
2. Mengetahui hasil *carbon footprint* 3 skenario *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah.
3. Mengetahui rekomendasi agar tahapan proses produksi *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah bisa lebih ramah lingkungan.

#### **1.4. Manfaat**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam beberapa hal, yaitu:

1. Perkembangan ilmu pengetahuan

Penelitian ini memberikan pengetahuan tentang *life cycle assessment* pada proses produksi *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah. Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dan referensi dalam penelitian-penelitian sejenis di masa yang akan datang.

2. Bagi Pemerintah

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan bioenergi berbasis biodiesel di Indonesia agar lebih ramah lingkungan dengan melihat hasil *life cycle assessment* pada proses produksi *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah.

3. Bagi masyarakat

Penelitian ini memberikan informasi kepada masyarakat mengenai *life cycle assessment* pada proses produksi *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah.

#### **1.5. Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian**

Sebelum penelitian ini dilakukan, telah terdapat beberapa penelitian yang serupa. Namun, dalam penelitian ini terdapat 3 perbedaan dari penelitian sebelumnya yaitu metode penilaian dampak siklus hidup yang digunakan, kategori dampak yang diperhitungkan dan jumlah bahan baku. Adapun perbedaan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya terlihat dalam tabel 1.1.

Tabel 1.1. Penelitian terdahulu

No	Judul, Nama, dan Tahun	Tujuan	Metode Penilaian Dampak	Hasil Penelitian
1.	A life cycle assessment comparison between centralized and decentralized biodiesel production from raw sunflower oil and waste cooking oils  Iglesias, Loreto., Laca, Adriana., Herrero, Mónica., Díaz, Mario, 2012	Penelitian ini bertujuan menghitung dampak lingkungan yang diproduksi biodiesel dari minyak bunga matahari mentah atau minyak jelantah dapat dipengaruhi oleh tingkat desentralisasi jumlah pabrik produksi di wilayah tertentu	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak bunga matahari mentah dan minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan Eco-indicator 99 (H) V2.05/Europe EI 99 H/A sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. Eco-indicator 99 (H) V2.05/ Europe EI 99 H/A memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : kerusakan kesehatan manusia, yang	Hasil menunjukkan bahwa tingkat optimalisasi sentralisasi berbeda untuk setiap kasus yang dianalisis. Secara umum, di wilayah-wilayah kecil produksi terpusat lebih cocok untuk lingkungan, desentralisasi menjadi lebih disarankan ketika teritorial meningkat di wilayah tersebut.

			<p>mencakup kategori dampak berikut:</p> <p><i>carcinogenesis, organic respiratory effects, inorganic respiratory effects, climate change, ionizing radiation dan reduction of the ozone layer.</i></p> <p>Kerusakan kualitas ekosistem:</p> <p><i>ecotoxicity, acidification/eutrophication dan land use.</i></p> <p>Kerusakan sumber daya, termasuk:</p> <p><i>minerals dan fossil fuels.</i></p>	
2.	Life Cycle Assessment (LCA) of the biofuel production process from	Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dampak lingkungan	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak bunga	Hasil penelitian menunjukkan penyebab utama pencemaran karena proses produksi benih. Penulis juga telah

	sunflower oil, rapeseed oil and soybean oil  Requena, J.F. Sanz., Guimaraes, A.C., Alpera, S. Quirós., Gangas, E. Relea., Navarro, S. Hernandez., Gracia, L.M. Navas., Gil, J. Martin., Cuesta, H. Fresneda., 2011	dari produksi biofuel yang asalnya adalah minyak yang diperoleh dari bunga matahari, rapeseed dan kedelai. Dampak lingkungan dari setiap produksi dilakukan dengan menerapkan metodologi analisis siklus hidup (LCA).	matahari, minyak rapeseed, dan minyak kedelai. Penelitian ini menggunakan Eco-indicator 99 (H) V2.05/Europe EI 99 H/A sebagai metode penilaian dampak siklus hidup.	menemukan dampak yang signifikan pada proses pengeringan dan persiapan benih serta proses ekstraksi minyak kedelai mentah. Terlebih lagi karena LCA menunjukkan produksi bunga rapeseed dan bunga matahari memiliki kontribusi positif terhadap perubahan iklim.
3.	A life cycle assessment comparison of rapeseed biodiesel and conventional diesel  Stow, M., McManus, M. C.,	Penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak potensial menggunakan biodiesel dibandingkan diesel konvensional diselidiki menggunakan	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak rapeseed, dan diesel konvensional. Penelitian ini menggunakan Eco-indicator 99	Hasil yang didapatkan biodiesel menyebabkan berkurangnya penggunaan bahan bakar fosil dan kemungkinan akan mengurangi dampak transportasi terhadap perubahan iklim. Namun ditemukan bahwa dampak

	Bannister, C., 2012	n penilaian siklus hidup (LCA) dari biodiesel rapeseed.	(H) V2.05/Europe EI 99 H/A sebagai metode penilaian dampak siklus hidup.	biodiesel terhadap kategori lain, yaitu penggunaan lahan dan pernapasan anorganik, lebih besar daripada diesel. Oleh karena itu produksi biodiesel harus dikelola dengan hati-hati untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan.
4.	Comparative life cycle assessment of alternative strategies for energy recovery from used cooking oil Lombardi, Lidia., Mendecka, Barbara., Carnevale, Ennio., 2017	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis empat di antara teknologi konvensional dan inovatif, ditandai dengan berbagai jenis dan jumlah bahan kimia yang digunakan, konsumsi dan hasil listrik dan panas. Penulis	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan CML-IA sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. CML-IA memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>global warming potential</i> (GWP).	Hasil yang diperoleh ketika substitusi produk dan produk ikutan dimasukkan, penghematan yang diperoleh dari substitusi produksi diesel konvensional, dalam kasus biodiesel, secara signifikan lebih tinggi daripada efek yang dihindari untuk listrik dan panas dalam kasus kogenerasi. Secara khusus, dengan menggunakan UCO dalam proses produksi biodiesel, penghematan

		<p>melakukan evaluasi sistematis tentang manfaat dan kelemahan lingkungan dengan menerapkan analisis penilaian siklus hidup (LCA) untuk membandingkan alternatif.</p>	<p>bervariasi dari 41,6 hingga 54,6 GJex per tUCO, dan dari 2270 hingga 2860 kg CO<sub>2</sub>eq per tUCO untuk CExC dan GWP, masing-masing. Fokus khusus diberikan pada analisis sensitivitas dan ketidakpastian. Secara keseluruhan, ketidakpastian yang tinggi dari hasil akhir untuk dampak proses diamati, terutama untuk proses metanol superkritis. Nilai ketidakpastian rendah dievaluasi untuk efek yang dihindari. Termasuk karakter dampak yang tidak pasti, skenario kogenerasi, dan proses yang dikatalisis NaOH dari hasil produksi biodiesel menjadi solusi yang paling cocok dari dampak proses dan menghindari</p>
--	--	---	---

				perspektif efek.
5.	Incorporating uncertainty in the life cycle assessment of biodiesel from waste cooking oil addressing different collection systems  Caldeira, Carla., Queirós, João., Noshadravan, Arash., Freire, Fausto., 2016	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis LCA dua faktor yang paling berkontribusi terhadap variasi yang diamati: efisiensi pengumpulan WCO dan karakteristik sistem pengumpulan (seperti sektor, jenis pengumpulan dan kepadatan penduduk).	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan ReCiPe sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. ReCiPe memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>climate change terrestrial acidification</i> (TA), <i>ozone depletion</i> (OD), <i>photochemical oxidant formation</i> (POF) dan <i>fossil depletion</i> (FD).	Hasil menunjukkan bahwa pengumpulan WCO tidak dapat diabaikan atau disederhanakan ketika menilai kinerja lingkungan keseluruhan dari biodiesel yang dihasilkan dari WCO.
6.	Life cycle assessment (LCA) and exergetic life cycle	Penelitian ini bertujuan untuk menilai siklus hidup biodiesel dari	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahap transesterifikasi menyebabkan 68% dari total dampak

<p>assessment (ELCA) of the production of biodiesel from used cooking oil (UCO)</p> <p>Peiro', L. Talens., Lombardi, L., Me' ndez, G. Villalba., Durany, X. Gabarrell i., 2010</p>	<p>minyak jelantah (UCO). Siklus hidup melibatkan 4 tahap: 1) pengumpulan, 2) pretreatment, 3) pengiriman dan 4) transestifikasi UCO.</p>	<p>minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan CML 2 baseline 2000 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. CML 2 baseline 2000 memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>abiotic depletion (AD), ozone layer depletion (ODP), global warming potential (GWP), human toxicity (HT), fresh water aquatic ecotoxicity (FWAE), marine aquatic ecotoxicity (MAE), terrestrial ecotoxicity (TE), photochemical</i></p>	<p>lingkungan. Input eksergi utama adalah uranium dan gas alam. Jika target yang ditetapkan oleh Rencana Energi Terbarukan Spanyol tercapai, input eksergi untuk memproduksi biodiesel akan berkurang 8% dalam sistem saat ini dan akibatnya dampak lingkungan dan input eksergi berkurang hingga 36% pada 2010.</p>
--	---	--	--

			<i>oxidation</i> (PO), <i>acidification</i> (A) dan <i>eutrophication</i> (E).	
7.	Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from Palm Oil in Indonesia  Soraya, Delfi F., Gheewala, Shabbir H., Bonnet, Sébastien., Tongurai, Chakrit., 2014	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki dampak lingkungan dari produksi biodiesel dari minyak sawit di Indonesia menggunakan metodologi penilaian siklus hidup.	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan CML 2 baseline 2000 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup.	Hasil penelitian ini didapatkan kontributor utama potensi pemanasan global adalah penggunaan pupuk dan herbisida pada tahap perkebunan berkontribusi 58%. Produk samping dari proses kelapa sawit dapat digunakan untuk energi di pabrik. Listrik juga memberikan dampak lingkungan yang tinggi karena sebagian besar bergantung pada pembangkit listrik tenaga batubara. Tahap produksi biodiesel adalah kontributor utama untuk dampak oksidasi fotokimia. Transportasi juga memiliki kontribusi

				yang signifikan terhadap dampak lingkungan.
8.	A life cycle assessment of biodiesel production from winter rape grown in Southern Europe  Gasol, Carles M., Salvia, Jordi., Serra, Joan., Anto, Assumpcio., Sevigne, Eva., Rieradevall, Joan., Gabarrell, Xavier., 2012	Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan variabel fisik seperti produksi biji-bijian dan kondisi agroklimat dengan analisis lingkungan (LCA) untuk menentukan daerah agroklimat Mediterania yang dapat dibudidayakan untuk makanan non-konsumsi.	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak rapeseed. Penelitian ini menggunakan CML 2 baseline 2000 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup.	Hasil yang diperoleh dalam hal kinerja lingkungan, sistem biodiesel memiliki dampak yang lebih sedikit dibandingkan dengan diesel dalam tiga kategori <i>Abiotic Depletion</i> (AD), <i>Photochemical Oksidasi</i> (PO) dan <i>Global Warming Potential</i> (GWP). Perkiraan pengurangan dampak dalam kategori GWP bila dibandingkan dengan diesel mencapai minimum 1,76 kg CO eq. per kg biodiesel saat emisi dari fase penggunaan. Paper ini juga menunjukkan bahwa agroklimat yang disebut "e", "b" dan "d" yang memastikan produksi biji-bijian untuk komersialisasi

				biodiesel lebih tinggi dari 2000 kg ha <sup>-1</sup> dibandingkan tanaman energi <i>B. napus</i> untuk produksi energi lokal dan regional dan strategi distribusi.
9.	Life cycle assessment of hydrogenated biodiesel production from waste cooking oil using the catalytic cracking and hydrogenation method  Yano, Junya., Aoki, Tatsuki., Nakamura, Kazuo., Yamada, Kazuo., Sakai, Shin-ichi., 2015	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan manfaat lingkungan (pemanasan global, konsumsi bahan bakar fosil, polusi udara perkotaan, dan asidifikasi) dari <i>hydrogenated biodiesel</i> (HBD) yang dihasilkan dari minyak jelantah melalui perengkahan katalitik dan	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan LIME sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. LIME memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>fossil fuel consumption, global warming, urban area air pollution</i> dan <i>acidification</i> .	Hasilnya menunjukkan bahwa jika kendaraan diesel yang mematuhi standar gas emisi jangka panjang Jepang yang umum digunakan di masa depan, manfaat <i>biodiesel fuel</i> (BDF) tipe <i>fatty acid methyl esters</i> (FAME) akan relatif terbatas. Lebih jauh, skenario yang memperkenalkan HBD paling efektif dalam mengurangi dampak lingkungan total, yang berarti bahwa pergeseran dari BDF tipe FAME ke HBD akan lebih menguntungkan.

		hidrogenasi, dibandingkan dengan fosil.		
10.	A Comparison of Life Cycle Assessment on Oil Palm <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) and Physic nut ( <i>Jatropha curcas</i> Linn.) as Feedstock for Biodiesel Production in Indonesia  Siregar, Kiman., Tambunan, Armansyah H., Irwanto, Abdul K., Wirawan, Soni S., Araki, Tetsuya., 2015	Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan membandingkan LCA produksi biodiesel dari minyak sawit dan minyak jarak	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak kelapa sawit dan minyak jarak. Penelitian ini menggunakan IPCC 2007 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. IPCC 2007 memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>global warming potential</i> (GWP).	Produksi biodiesel dari minyak sawit memiliki nilai GWP lebih besar dibandingkan produksi biodiesel dari minyak jarak. Kontribusi pencemaran tertinggi adalah pada penggunaan pupuk dan perlindungan tanaman yaitu 50.46 % untuk sawit dan % and 33.51 % untuk jarak.
11.	Strategy to Reduce GHG	Penelitian ini bertujuan	Penelitian ini yaitu LCA pada	Hasil penelitian ini menunjukkan

<p>Emission and Energy Consumption at Process Production of Biodiesel Using Catalyst From Crude Palm Oil (CPO) and Crude Jatropha Curcas Oil (CJCO) in Indonesia</p> <p>Siregar, Kiman, 2015</p>	<p>menganalisis prospek pengembangan kelapa sawit dan jarak pagar menggunakan LCA.</p>	<p>proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak kelapa sawit mentah dan minyak jarak mentah. Penelitian ini menggunakan IPCC 2007 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup.</p>	<p>perhitungan penilaian dampak pada produksi stabil lebih rendah dari produksi sebelum-stabil. Dengan mempertimbangkan bahwa siklus hidup 5/5 atau 20 tahun selama 25 tahun terletak pada produksi yang stabil, metode perhitungan yang tepat diperlukan. Pemanfaatan agrokimia seperti pupuk, insektisida, pestisida, dan fungisida menghasilkan kontribusi yang signifikan terhadap dampak lingkungan dalam produksi biodiesel. Kontribusi 50,46% untuk kelapa sawit dan 33,51% untuk Jatropha curcas. Penggunaan pupuk organik sangat mempengaruhi penurunan nilai emisi</p>
--	--	--	--

				gas rumah kaca (GRK) dalam sub-proses pemupukan. Penggunaan pupuk organik bisa mengurangi GRK hingga 96,2% untuk kelapa sawit dan 76,8% untuk jarak pagar. Dalam hal pembangkit listrik, menunjukkan bahwa biodiesel berbasis minyak jarak pagar lebih baik daripada bahan bakar fosil.
12.	Environmental life-cycle assessment of rapeseed-based biodiesel: Alternative cultivation systems and locations  Malça, João., Coelho, António., Freire, Fausto., 2014	Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja lingkungan produksi biodiesel dari rapeseed, membahas lokasi geografis alternatif dan sistem budidaya untuk rapeseed (di	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak rapeseed. Penelitian ini menggunakan CML 2001 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. CML 2001 memiliki hasil kalkulasi	Hasil menunjukkan bahwa budidaya rapeseed memiliki kontribusi tertinggi untuk semua kategori dampak lingkungan yang dievaluasi, dengan nilai antara 40% (penipisan abiotik, Jerman) dan 98% (eutrofikasi, Spanyol). Penggunaan pupuk dan emisi tanah terkait adalah kontribusi utama terhadap dampak

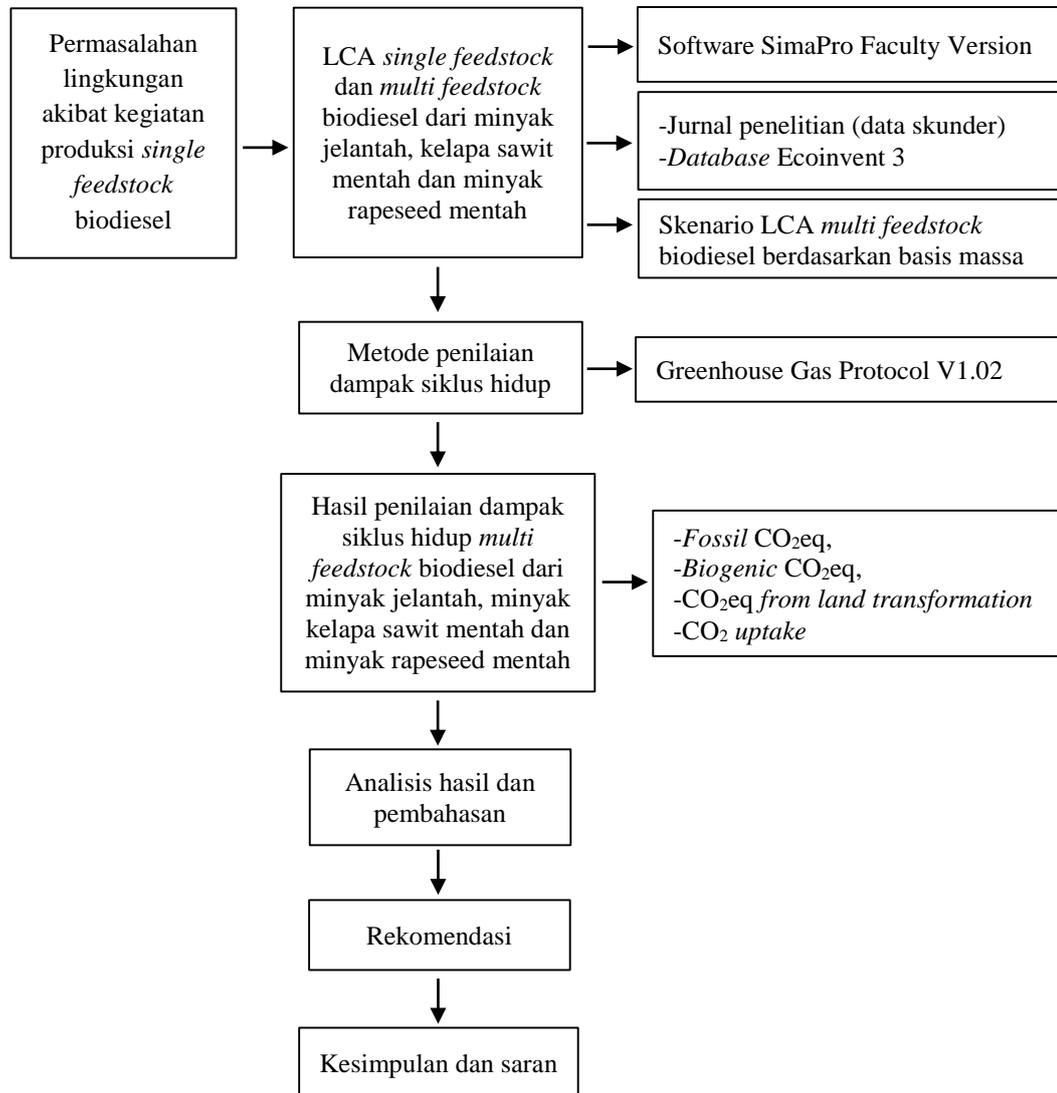
		Spanyol, Prancis, Jerman dan Kanada).	kategori dampak : <i>abiotic depletion, global warming, acidification</i> dan <i>eutrophication</i> .	lingkungan dari budidaya. Perubahan karbon tanah karena praktik pertanian yang berbeda sangat penting dalam hal dampak pemanasan global dari biodiesel berbasis rapeseed. Penggunaan metanol fosil dalam produksi biodiesel memiliki dampak yang signifikan dalam hal penipisan abiotik dan konsumsi minyak bahan bakar berat dalam transportasi lintas samudera merupakan kontributor penting untuk asidifikasi.
13.	Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions Iriarte,	Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan penilaian siklus hidup (LCA) <i>cradle-to-farm</i> untuk membanding	Penelitian ini yaitu LCA pada proses produksi <i>single feedstock</i> biodiesel dari minyak bunga matahari dan minyak rapeseed. Penelitian ini	Hasil penelitian ini didapatkan dibandingkan dengan bunga matahari, produksi rapeseed memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik di 9 dari 11 kategori dampak yang dievaluasi, dan

<p>Alfredo., Rieradevall, Joan., Gabarrell, Xavier., 2010</p>	<p>kan dampak lingkungan dan permintaan energi dan air dari lobak (Brassica napus L.) dan bunga matahari (Helianthus annuus L.) di Chili, sebagai potensi oleaginous tanaman untuk produksi biodiesel generasi pertama.</p>	<p>menggunakan CML 2 baseline 2001 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. CML 2 baseline 2001 memiliki hasil kalkulasi kategori dampak : <i>abiotic depletion potential (ADP), acidification potential (AP), eutrophication potential (EP), freshwater aquatic ecotoxicity potential (FAEP), global warming potential (GWP), human toxicity potential (HTP), marine aquatic ecotoxicity potential (MAEP), ozone</i></p>	<p>konsumsi air yang lebih rendah. Permintaan energi dari lobak adalah 4,9 GJ / t biji, 30% lebih rendah dari bunga matahari. Pupuk mineral menyebabkan dampak lingkungan tertinggi di kedua tanaman. Analisis siklus hidup pupuk menunjukkan bahwa ekstraksi bahan baku dan produksinya adalah tahap kunci. Upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan kebutuhan energi kedua tanaman harus terutama dikaitkan dengan evaluasi jenis pemupukan lainnya. Selain itu, terutama untuk bunga matahari, herbisida berdampak rendah harus dievaluasi, hasil biji meningkat dan praktik budidaya dioptimalkan. Jika tanaman diproduksi di</p>
---	---	--	---

			<i>layer depletion potential (OLDP), photochemical ozone creation potential (POCP), radioactive radiation (RAD) dan terrestrial ecotoxicity potential (TEP).</i>	<p>padang rumput yang terdegradasi, emisi gas rumah kaca dapat dikurangi.</p>
--	--	--	--	---

## 1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian

Alur kerangka pemikiran penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Kerangka pemikiran penelitian

Berdasarkan gambar 1.1, kerangka pemikiran penelitian ini berawal dari timbulnya permasalahan lingkungan akibat kegiatan produksi *single feedstock* biodiesel. Solusinya dalam penelitian ini adalah melakukan penelitian LCA *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah, minyak kelapa sawit mentah dan minyak rapeseed mentah. LCA dikalkulasi menggunakan Software SimaPro Faculty Version. Data input yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal penelitian sebagai data skunder dan *database* Ecoinvent 3. Skenario LCA *multi feedstock* biodiesel berdasarkan basis massa karena didalam LCA

besar kecilnya pencemaran dipengaruhi oleh besar kecilnya input massa. Penelitian sebelumnya menyebutkan produksi biodiesel dari minyak jelantah lebih ramah lingkungan daripada biodiesel dari minyak sawit (Iglesias et al., 2012). Perbandingan massa minyak jelantah dibuat lebih besar karena biodiesel dari minyak jelantah lebih ramah lingkungan. Penelitian ini dibatasi untuk berfokus pada analisis aspek lingkungan. Penelitian LCA ini menggunakan Greenhouse Gas Protocol V1.02 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup. Ada 4 kategori dampak hasil kalkulasi menggunakan Greenhouse Gas Protocol V1.02 yaitu *fossil CO<sub>2</sub>eq*, *biogenic CO<sub>2</sub>eq*, *CO<sub>2</sub>eq from land transformation* dan *CO<sub>2</sub> uptake*. Setelah itu, melakukan analisis hasil dan pembahasan. Didapatkan penyebab utama pencemaran pada tahap atau proses tertentu dalam siklus hidup produksi biodiesel. Penulis memberikan rekomendasi agar proses produksi biodiesel lebih ramah lingkungan. Kesimpulan dan saran dari dari hasil pembahasan.