

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia. Menurut International Cocoa Organization (ICCO) pada 2021, Indonesia menduduki posisi ketujuh terbesar dunia dalam produksi kakao dengan jumlah 180 ribu ton pada tahun 2021. Berdasarkan laporan statistik perkebunan unggulan nasional 2020-2022 dari Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian, produksi kakao dalam jangka waktu 2020-2025 mencapai lebih dari 700 ribu ton per tahun. Sulawesi dan Sumatera merupakan penghasil utama, menyumbang sekitar 80% dari total produksi kakao di Indonesia.

Secara nasional, provinsi Lampung merupakan produsen kakao urutan kelima yang menyumbang 8% produksi kakao Indonesia (Asri, 2022). Kebun kakao di Kabupaten Tanggamus, menyumbang sekitar 13% dari total produksi kakao Provinsi Lampung (Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung, 2022). Salah satu perkebunan kakao utama, yaitu Kebun Kakao Damplot di Kabupaten Tanggamus, Lampung, berperan penting dalam produksi coklat di Indonesia.



Gambar I. 1 Letak Kebun Kakao Damplot, Kab. Tanggamus, Lampung

Terletak di kawasan dengan iklim tropis yang ideal untuk budidaya kakao dengan luas lahan hingga 2 hektar, Kebun Kakao Damplot menjadi tempat yang berpotensi untuk mengembangkan tanaman kakao berkualitas tinggi. Kabupaten Tanggamus memiliki sejarah panjang dalam pertanian kakao, berakar pada tradisi lokal dan berkembang dengan adanya dukungan pemerintah serta organisasi pertanian. Dalam hal produksi, kebun kakao Damplot menghasilkan Biji Kakao dalam bentuk produk yang telah melalui tahap fermentasi dan pengeringan. Tahap

fermentasi berfungsi untuk meningkatkan cita rasa dan aroma kakao, sementara pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air biji kakao sehingga mencegah pertumbuhan jamur dan memperpanjang umur simpan. Biji kakao yang telah melalui diproses kemudian siap untuk dikirim ke pabrik pengolahan untuk diproses lebih lanjut menjadi produk setengah jadi maupun produk jadi.

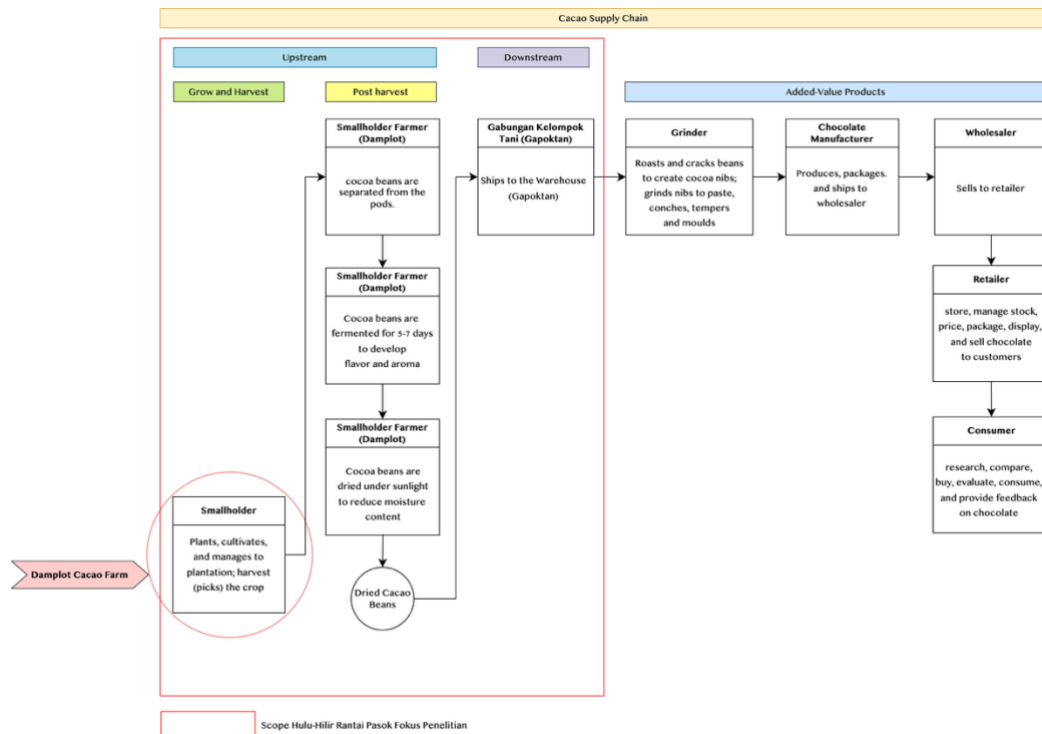
Adapun, Gambar I.2 menunjukkan Proses produksi biji kakao pada Perkebunan Damplot sebagai berikut.



Gambar I. 2 Proses produksi biji kakao pada Perkebunan Damplot

Sumber: Kebun Kakao Damplot (2024)

Tahapan produksi dan aktor-aktor yang terlibat didalamnya/rantai pasok digambarkan pada Gambar I.3 berikut:



Gambar I. 3 Rantai Pasok Kakao

Rantai pasok ini dimulai dari produksi di tingkat petani kakao, yang mencakup penanaman, pemeliharaan, pemanenan buah kakao, dan pengolahan pasca panen. Proses penanaman diawali dengan persiapan lahan, termasuk pembersihan gulma dan mengolah tanah untuk memastikan aerasi yang baik dan kondisi tanah yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Tanah diperiksa kesuburannya, pupuk dasar seperti pupuk organik dan anorganik diberikan untuk memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan unsur hara. Setelah itu, bibit kakao unggul ditanam pada jarak yang sesuai untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman secara teratur, pemupukan lanjutan, serta pengendalian hama dan penyakit. Setelah dipanen, buah kakao dibuka untuk diambil bijinya. Biji kakao kemudian menjalani proses fermentasi, yang bertujuan untuk mengembangkan cita rasa khas kakao melalui aktivitas mikroba. Selanjutnya, biji kakao yang telah difermentasi dikeringkan untuk mengurangi kadar air hingga mencapai tingkat optimal, mencegah pertumbuhan jamur dan memperpanjang masa penyimpanan sebelum siap untuk didistribusikan ke tahap berikutnya dalam rantai pasok. Hasil produksi biji kakao dari Damplot biasanya dipasarkan ke pengepul atau ke pabrik pengolah coklat nasional maupun

internasional yang mengolahnya menjadi *cocoa liquor*, *cocoa butter*, *cocoa powder*, atau hanya sebagai bahan dasar berbagai produk coklat.

Untuk mencapai hasil produksi yang optimal, pupuk menjadi faktor utama dalam meningkatkan produktivitas. Tanaman kakao, dengan kebutuhan nutrisi tinggi, memerlukan pemupukan yang tepat agar dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan biji kakao yang berkualitas. Tabel berikut merinci jenis pupuk yang digunakan dalam produksi biji kakao di Perkebunan Kakao Damplot, Lampung, beserta estimasi kebutuhan per hektar per tahun. Satu hektar tanah, dapat ditanami 1.111 pohon kakao dengan jarak tanam 3x3 m. Adapun pemupukan dilakukan 2 kali setahun, yaitu pada awal musim hujan dan akhir musim hujan.

Tabel I. 1 Kebutuhan Pupuk pada Kebun Kakao Damplot (kg/ha/tahun)

Jenis Pupuk	Subkategori	Fungsi Utama	Kebutuhan (kg/ha/tahun)
Pupuk Anorganik	NPK	Pertumbuhan daun, akar, kualitas buah	175
	Urea	Pertumbuhan vegetatif tanaman	75
	SP-36	Perkembangan akar, efisiensi hara	40
	KCl	Penguatan tanaman, kualitas biji kakao	50
	ZA	Penambahan nitrogen dan sulfur	30
Pupuk Organik	Kompos	Memperbaiki struktur tanah, hara alami	1500
	Pupuk Kandang	Menambah unsur organik tanah	2000
	Pupuk Hijau	Memperkaya nitrogen dari tanaman hijau	750

(Sumber: Data Hasil Wawancara dengan Petani Kakao Kebun Damplot)

Pupuk diterapkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium, yang esensial bagi pertumbuhan dan pengembangan buah kakao. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara intensif memiliki konsekuensi terhadap kualitas tanah. Berdasarkan wawancara dengan petani Kakao Kebun Damplot pada 2024, penggunaan salah satu pupuk kimia, yaitu NPK mencapai 175 kg per hektar per tahun. Meskipun memberikan hasil jangka pendek berupa peningkatan hasil panen, penggunaan pupuk kimia tersebut berdampak pada penurunan pH tanah akibat akumulasi residu kimia, yang mengurangi kesuburannya dalam jangka panjang.

Tabel I. 2 Data Pengukuran *Sample* pH Tanah Kebun Kakao Damplot
(Update: 22 Mei 2025 oleh Petani Kebun Damplot; Feri Wahyudi)

<i>Sample</i> (per Blok)	pH dengan <i>Soil Meter</i>	Keterangan
 (Blok A)	5,2	Asam
 (Blok B)	5,1	Asam
 (Blok C)	5,1	Asam

Hasil pengukuran pH tanah (22 Mei 2025, melalui Petani Damplot) di Perkebunan Kakao Damplot dengan *Soil Meter* menunjukkan perbedaan signifikan dari kondisi ideal. Data menunjukkan bahwa pH tanah di beberapa titik berada di bawah kisaran optimal 6-7 yang diperlukan untuk pertumbuhan kakao (Liu et al., 2020; Soehardjo et al., 2009). Pada Blok A, pH tanah tercatat sebesar 5,2; di Blok B sebesar 5,1; dan di Blok C sebesar 5,1. Angka ini berada di bawah batas ideal, yang dapat menghambat ketersediaan nutrisi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Penurunan pH mengindikasikan adanya peningkatan keasaman tanah, yang dapat disebabkan oleh penggunaan pupuk yang bersifat asam, pencucian basa akibat curah hujan tinggi, atau proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam (Weil & Brady, 2017).

Dilakukan komparasi dengan tanah yang tidak dikenai pemakaian pupuk diluar area penanaman pohon kakao (22 Mei 2025 oleh Petani Kebun Damplot; Feri Wahyudi), didapatkan data pH sebagai berikut:



Gambar I. 4 Pengukuran pH Tanah diluar Area Penanaman Pohon Kakao

Didapatkan pH tanah diluar area penanaman pohon kakao adalah sebesar 7, yang mengindikasikan adanya perbedaan antara tanah yang memakai pupuk dan tanah yang tidak memakai pupuk.

Starast et al., (2003) menyatakan bahwa pemupukan dengan pupuk anorganik, seperti NPK dapat menurunkan pH tanah karena pupuk ini mengandung sulfur dan ammonium yang akan terhidrolisis menghasilkan ion H^+ yang menyebabkan pH tanah menurun. Starast et al., (2003) dan Zhang et al., (2024) mengemukakan bahwa pupuk yang mengandung nitrogen dalam bentuk amonia atau dalam bentuk lainnya dapat berubah menjadi nitrat yang berakibat pada penurunan pH tanah.

Nitrifikasi berakibat dalam produksi ion-ion hidrogen dan berpotensi meningkatkan keasaman tanah.

Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan tidak hanya berdampak pada pH tanah, tetapi juga berkontribusi pada emisi gas rumah kaca. Proses ini terjadi karena residu kimia, terutama ion amonium (NH_4^+) dan sulfat (SO_4^{2-}), diubah oleh mikroorganisme tanah menjadi nitrat (NO_3^-) dan asam sulfat. Proses tersebut menghasilkan ion hidrogen (H^+), yang meningkatkan keasaman tanah (Guo, 2010). Penurunan pH tanah menciptakan kondisi yang ideal untuk terjadinya proses denitrifikasi, di mana nitrat diubah menjadi gas dinitrogen oksida (N_2O), salah satu gas rumah kaca yang memiliki dampak pemanasan global jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida (IPPC, 2019). Selain itu, kondisi tanah yang lebih asam juga dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme pengurai, meningkatkan risiko pelepasan gas metana (CH_4) pada area dengan kondisi anaerobik (Liu et al., 2020).

Namun, karena belum adanya pengukuran terkait seberapa besar Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dalam pemakaian Pupuk Anorganik pada Kebun Kakao Damplot tersebut, Menurut IPPC (2019), Volume 3, Chapter 3 (Industrial Processes and Product Use), cara menghitung Emisi N_2O ($\text{kg CO}_2\text{-eq/ha/tahun}$) dari pemakaian pupuk adalah sebagai berikut:

1. Faktor Emisi N_2O (EF1) = $0,011 \text{ kg N}_2\text{O-N/kg N}$
2. Fraksi N (%) = Kandungan nitrogen dalam pupuk
3. Konversi $\text{N}_2\text{O-N}$ ke N_2O = $44/28$
4. GWP (Global Warming Potential) N_2O = $298 \text{ kg CO}_2\text{e/kg N}_2\text{O}$

Sehingga dari data tersebut berikut merupakan gambaran estimasi terkait seberapa besar Emisi yang dihasilkan dari penggunaan per hektar per tahun dari beberapa Pupuk Anorganik yang digunakan pada Kebun Kakao Damplot yang dapat menimbulkan Emisi Gas Rumah Kaca (IPPC, 2019):

Tabel I. 3 Estimasi Emisi N₂O Terhadap Pemakaian Pupuk pada Kebun Kakao Damplot (kg CO₂-eq/ha/tahun)

Jenis Pupuk Anorganik	Jumlah yang Digunakan (kg/ha/tahun)	Kandungan N (%)	Emisi N ₂ O (kg CO ₂ -eq/ha/tahun)	Sumber
NPK	150-200	15%	137,08	IPPC, 2019
Urea	50-75	46%	149,68	
ZA (Ammonium Sulfat)	25-50	21%	40,94	
SP-36 (Super Fosfat)	25-50	0%	0	

(Sumber: IPPC, 2019)

Tabel estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari penggunaan pupuk anorganik di Kebun Kakao Damplot memberikan gambaran tentang dampak lingkungan dari berbagai jenis pupuk yang digunakan. Pupuk yang tercantum dalam tabel meliputi NPK, Urea, ZA (Ammonium Sulfat), dan SP-36 (Super Fosfat), masing-masing dengan kandungan utama dan dampak berbeda terhadap emisi GRK. Jumlah yang digunakan per hektar per tahun bervariasi, dengan NPK berada pada kisaran 150-200 kg, Urea 50-75 kg, ZA 25-50 kg, dan SP-36 25-50 kg. Dari segi emisi, Urea memiliki kontribusi tertinggi dengan estimasi 149,68 kg CO₂-eq per hektar per tahun, diikuti oleh NPK dengan 137,08 kg CO₂-eq, dan ZA dengan 40,94 kg CO₂-eq. Emisi ini terutama berasal dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi nitrogen dalam tanah, yang menghasilkan dinitrogen oksida (N₂O), gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global 298 kali lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO₂). Sementara itu, SP-36 tidak secara langsung menghasilkan N₂O, namun dampaknya terhadap lingkungan lebih terkait dengan potensi pencemaran air dan tanah akibat fosfat yang tidak terserap oleh tanaman. Data ini menunjukkan pentingnya pengelolaan pupuk yang tepat untuk mengurangi dampak lingkungan, terutama emisi GRK, dari sektor pertanian.

Emisi *Nitrous Oxide* (N₂O), yang dihasilkan dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam tanah memiliki potensi pemanasan global yang sangat tinggi—sekitar 300 kali lebih kuat daripada CO₂ dalam jangka pendek (Smith et al., 2014).

Peningkatan kadar N_2O ini berpotensi memperburuk perubahan iklim global. Selain itu, Amonia (NH_3) yang terlepas dari tanah asam akibat aplikasi pupuk nitrogen dapat terlepas ke atmosfer, berkontribusi pada pembentukan hujan asam yang dapat merusak ekosistem tanah dan air di sekitar kebun (Sutton, 2013).

Selain Emisi Gas Rumah Kaca sebagai dampak lingkungan yg timbul akibat penggunaan pupuk anorganik secara intensif, produksi biji kakao di Kebun Damplot juga menghasilkan limbah utama berupa kulit buah kakao, yang hingga kini belum dimanfaatkan. Berikut adalah data produksi biji kakao dan jumlah limbah kulit kakao yang dihasilkan di Perkebunan Damplot dalam beberapa tahun terakhir.

Tabel I. 4 Data Limbah Kulit Kakao dari Proses Produksi Biji Kakao Kebun Damplot

Tahun	Total Produksi Biji Kakao Basah (ton)	Rata-rata Hasil Kulit Kakao per Ton Biji (ton)	Total Limbah Kulit Kakao (ton)
2020	4	0,6	2,4
2021	3,9	0,58	2,26
2022	3,94	0,62	2,44
2023	3,98	0,64	2,54
2024	4,2	0,63	2,64
Rata-Rata			2,45

(Sumber: Data Hasil Wawancara dengan Petani Kakao Kebun Damplot)

Berdasarkan data wawancara dengan petani, limbah yang dihasilkan pada 5 tahun terakhir ini berkisar 2,45 ton pertahun. Sisa-sisa kakao seperti kulit buah dan daun saat ini hanya dibuang dan dibakar tanpa pengolahan lebih lanjut, yang mengakibatkan pencemaran. IPPC (2019) memberikan faktor emisi standar untuk pembakaran biomassa kering, yaitu sekitar 1,6 kg CO_2 per kg bahan kering, Jika kulit kakao memiliki kadar air sekitar 60%, maka 40% dari 2,45 ton adalah bahan kering ($0,40 \times 2.450 \text{ kg} = 980 \text{ kg}$). hasil dari pembakaran 2,45 ton kulit kakao maka akan menghasilkan:

$$980 \times 1,6 = 1.568 \text{ kg CO}_2 \approx 1,57 \text{ ton CO}_2$$



Gambar I. 5 Limbah Kulit Kakao Damplot
(Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan penuturan dari petani Damplot, masyarakat kerap membicarakan terkait asap pembakaran yang dihasilkan setiap petani melakukan pembakaran karena asap tersebut terbawa angin hingga mencapai area pemukiman. Hal ini menunjukkan adanya dampak sosial negatif berupa gangguan kenyamanan dan potensi penurunan kualitas udara bagi masyarakat. Namun, petani Damplot belum memiliki solusi dalam mengelola limbah selain pembakaran terbuka yang masih menjadi metode yang umum dilakukan.

Dibandingkan hanya dibakar, menimbulkan emisi dan mengakibatkan ketidaknyamanan terhadap lingkungan sekitar, limbah kakao yang kaya akan nutrisi sebenarnya dapat diolah menjadi kompos berkualitas tinggi yang berguna untuk meningkatkan kesuburan tanah (Ayeni, 2010). Selain itu, biomassa dari limbah lainnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif atau bahan baku untuk produk bernilai ekonomis seperti *bioenergy* (Oduro-Mensa et al., 2018) dan pakan ternak (Apori et al., 2020).

Konsep melibatkan penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan serta transformasi bahan tersebut menjadi produk yang pada akhir siklus hidupnya yang dapat didaur ulang atau dimanfaatkan kembali tersebut dinamakan Konsep *Green Supply Chain* (Azzahra et al., 2023a), yang tujuannya mendukung terciptanya rantai pasok kakao yang berkelanjutan. Namun, berdasarkan hasil observasi dan wawancara di Kebun Kakao Damplot, konsep ini belum diterapkan. Praktik pertanian masih didominasi oleh penggunaan pupuk kimia secara intensif dan

pembakaran terbuka limbah kulit kakao, yang berpotensi mencemari lingkungan dan merugikan masyarakat sekitar.

Minimnya akses terhadap teknologi tepat guna, seperti alat pengolah limbah, juga memperkuat keterbatasan kapasitas ekonomi di tingkat hulu rantai pasok. Ketidakseimbangan ini menunjukkan perlunya penerapan strategi pengelolaan limbah kakao yang berkelanjutan. Dengan pengelolaan yang baik, limbah kakao tidak hanya dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan efisiensi sumber daya dan kesejahteraan masyarakat sekitar perkebunan (Arlorio et al., 2008).

Tabel I. 5 Total Biaya Pemakaian Pupuk dalam *Operational Cost*

<i>Operational Cost (pertahun)</i>					
Pupuk Anorganik	NPK	kg	350	19.500	6.825.000
	Urea	kg	125	9000	1.125.000
	ZA (Ammonium Sulfat)	kg	75	7000	525.000
	SP-36 (Super Fosfat)	kg	75	9000	675.000
	KCL	kg	100	11.000	1.100.000
Pupuk Organik	Kompos	kg	1500	4.500	6.750.000
	Pupuk kandang	kg	2000	2.500	5.000.000
	Pupuk hijau	kg	750	6.800	5.100.000
Total Biaya Pemakaian Pupuk					27.100.000
Pestisida		kg	20	30.000	600.000
Air		liter	20000	547	10.940.000
Karung Fermentasi		karung	50	1.000	50.000
Terpal Penjemuran		meter	50	7.500	375.000
Energi BBM		liter	20	10.000	200.000
Upah tenaga kerja		orang/hari	20	15000	46.800.000
					86.065.000
Total Biaya Pemakaian Pupuk dalam <i>Operational Cost</i>					31%

Meskipun limbah kakao memiliki potensi besar sebagai sumber daya yang bernilai, kenyataannya sebagian besar petani masih bergantung pada input pertanian konvensional seperti pupuk anorganik, yang harganya terus meningkat

setiap tahun. Misalnya, harga pupuk NPK yang digunakan petani di Kebun Damplot meningkat dari Rp17.000/kg di tahun 2022 menjadi Rp19.500/kg di tahun 2024 (sumber: wawancara petani Damplot, 2024). Berdasarkan analisis biaya operasional tahunan yang dapat dilihat pada Tabel I.5, penggunaan pupuk — baik anorganik maupun organik — menyumbang porsi yang signifikan terhadap total pengeluaran, yaitu mencapai lebih dari 27 juta rupiah per tahun atau sebesar 31% dari total biaya operasional. Komponen ini bahkan melampaui biaya-biaya lain seperti pestisida, energi, dan sarana produksi lainnya.

Tabel I. 6 Data Keuntungan Kebun Kakao Damplot

Tahun-x	Biaya (Rp)	Laba Kotor (Rp)	Net Profit (Rp)
1	88.695.000	111.300.000	22.605.000
2	86.315.000	111.300.000	24.985.000
3	86.315.000	111.300.000	24.985.000
4	86.495.000	111.300.000	24.805.000
5	86.315.000	111.300.000	24.985.000

Berdasarkan data biaya keuntungan selama lima tahun produksi biji kakao kering Kebun Kakao Damplot, rata-rata total biaya produksi per tahun berada pada kisaran Rp86 juta hingga Rp88 juta, dengan laba kotor tahunan tetap sebesar Rp111.300.000. Dengan demikian, *net profit* tahunan yang diperoleh petani bervariasi antara Rp22,6 juta di tahun pertama, dan sekitar Rp24,8–24,9 juta pada tahun-tahun berikutnya, tergantung pada fluktuasi biaya.

Pada tahun pertama, total biaya mencapai Rp88.695.000, dan menghasilkan *net profit* sebesar Rp22.605.000, atau hanya sekitar 20,3% dari pendapatan kotor. Tingginya biaya ini disebabkan oleh struktur input yang masih konvensional, termasuk penggunaan pupuk anorganik dalam jumlah besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketergantungan pada pupuk anorganik secara langsung

menekan margin keuntungan. Kenaikan harga pupuk dari Rp17.000/kg di tahun 2022 menjadi Rp19.500/kg di tahun 2024 turut memperburuk efisiensi biaya. Sementara laba kotor tidak mengalami peningkatan, fluktuasi biaya input menjadi faktor kritis yang menggerus profit bersih petani. Hal ini mempertegas bahwa sistem produksi saat ini masih belum efisien secara ekonomi dan rentan terhadap perubahan harga pasar input.

Berdasarkan Ketergantungan terhadap pupuk anorganik yang harganya terus meningkat terbukti memberikan tekanan terhadap profitabilitas petani. Ketergantungan terhadap berbagai jenis pupuk dalam jumlah besar menunjukkan bahwa sistem produksi saat ini masih sangat bergantung pada input eksternal yang tinggi dan sangat rentan terhadap fluktuasi input eksternal, yang tidak hanya meningkatkan beban biaya tetapi juga mengurangi ketahanan dan keberlanjutan sistem pertanian secara jangka panjang.

Selain isu lingkungan dan ekonomi, dimensi sosial dalam sistem produksi kakao juga menjadi perhatian penting dalam konteks keberlanjutan.

Tabel I. 7 Kuisisioner Sosial – Persepsi Petani dan Masyarakat Sekitar Kebun Damplot

Aspek Sosial	Pernyataan/Indikator	Persentase Responden	Keterangan
Praktik Pembakaran Limbah	Masih terjadi pembakaran limbah terbuka di sekitar kebun	75%	Asap dirasakan hingga ke permukiman, menyebabkan iritasi pernapasan dan mata
Gangguan Kesehatan dari Asap	Aktivitas produksi menyebabkan gangguan kesehatan masyarakat	70%	Efek langsung dari pembakaran limbah terbuka
Dampak Ekonomi Positif	Kebun kakao memberikan manfaat ekonomi lokal (lapangan kerja, pendapatan tambahan)	80%	Dirasakan oleh warga yang terlibat langsung maupun tidak langsung

Aspek Sosial	Pernyataan/Indikator	Persentase Responden	Keterangan
Harapan terhadap Perbaikan	Perlu pengelolaan limbah yang lebih baik dan berkelanjutan	Hampir semua (naratif)	Masyarakat berharap sistem produksi lebih ramah lingkungan dan minim polusi

Berdasarkan hasil kuesioner awal yang disebarakan kepada 5 petani dan 5 warga sekitar kebun Damplot, ditemukan bahwa terdapat sejumlah permasalahan sosial yang dirasakan oleh responden, khususnya terkait kesehatan kerja dan dampak lingkungan terhadap masyarakat. Berdasarkan data kuisisioner, sebanyak 75% responden menyebutkan masih adanya praktik pembakaran limbah terbuka, yang menyebabkan gangguan kesehatan akibat asap. Dari sisi masyarakat sekitar, sebagian besar responden menyatakan bahwa keberadaan kebun kakao berdampak positif terhadap ekonomi lokal, namun mereka juga mengkhawatirkan pencemaran udara akibat aktivitas produksi yang belum sepenuhnya dikelola secara berkelanjutan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi yang dapat menurunkan biaya input sekaligus memperkuat efisiensi dan keberlanjutan sistem yang mendukung konsep *Green Supply Chain* pada Kebun Damplot. Salah satu pendekatan yang potensial adalah pemanfaatan *biochar* — bahan hasil pirolisis limbah pertanian yaitu kulit kakao — yang berfungsi sebagai pupuk organik yang dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meminimalisir dampak lingkungan. *Biochar* memiliki kapasitas tinggi dalam menyerap dan menyimpan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan kapasitas retensi air. Selain manfaat agronomis, penggunaan biochar juga mampu mengurangi emisi karbon dan menekan ketergantungan terhadap pupuk anorganik. Dengan demikian, biochar menawarkan solusi yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi biaya dalam sistem pertanian.

1.2 Latar Belakang Penelitian

Isu keberlanjutan saat ini menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem rantai pasok di berbagai sektor, termasuk pertanian. Krisis iklim, kerusakan

lingkungan, dan ketimpangan ekonomi telah mendorong perlunya transformasi dari sistem rantai pasok konvensional menuju sistem yang lebih berkelanjutan dan sirkular (Nica et al., 2025). Dalam konteks ini, *Green Supply Chain* hadir sebagai pendekatan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan ke dalam setiap tahapan proses produksi dan distribusi, dengan tujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi dan nilai tambah ekonomi.

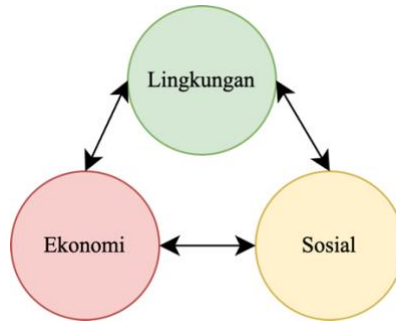
Meskipun konsep *green supply chain* telah mulai diterapkan di beberapa sektor agroindustri di Indonesia, implementasinya masih sangat terbatas, terutama di tingkat hulu yang melibatkan petani kecil. Kajian oleh Kementerian Pertanian (2023) menyebutkan bahwa sebagian besar pelaku pertanian di Indonesia belum memiliki sistem pengelolaan rantai pasok yang mempertimbangkan aspek lingkungan secara menyeluruh. Kebun Kakao Damplot yang terdapat di Provinsi Lampung, yang merupakan salah satu sentra produksi kakao nasional, sebagai salah satu produsen biji kakao terbesar di dunia, namun ironisnya masih menghadapi berbagai tantangan serius dalam pengelolaan rantai pasoknya, terutama dari sisi keberlanjutan. Keberlanjutan kakao mengacu pada Upaya menjaga kelangsungan industri kakao dalam jangka panjang, dengan tetap memperhatikan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi (Srivastava, 2007). Hal ini mencakup penerapan metode pertanian yang ramah lingkungan, pemberian kondisi kerja yang layak bagi petani, serta pengelolaan sumber daya alam secara bijaksana. Pada Kebun Kakao Damplot, sistem rantai pasok kakao masih didominasi oleh model linear, di mana aliran material berakhir pada limbah tanpa adanya strategi pemanfaatan kembali. Minimnya adopsi teknologi ramah lingkungan, terbatasnya pendampingan, serta kurangnya kesadaran akan prinsip *Circular Economy* menjadi kendala utama dalam implementasi *Green Supply Chain* di daerah ini.

Dari sisi lingkungan, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dalam budidaya kakao telah terbukti menjadi penyumbang utama emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂) dan dinitrogen oksida (N₂O). Selain itu, limbah *biomassa* seperti kulit buah kakao umumnya tidak dikelola dengan baik, bahkan

dibakar secara terbuka, yang berkontribusi terhadap pencemaran udara dan pelepasan emisi karbon. Limbah ini umumnya dibakar secara terbuka oleh petani, yang tidak hanya mencemari udara dan meningkatkan emisi gas rumah kaca, tetapi juga menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat sekitar. Di sisi lain, limbah ini sebenarnya memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai, seperti biochar, yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk organik atau bahan pemulih tanah.

Namun, tantangan keberlanjutan tidak berhenti pada aspek lingkungan semata. Dari perspektif ekonomi, tingginya biaya penggunaan pupuk — baik anorganik maupun organik — menjadi beban signifikan dalam struktur biaya operasional petani. Ketergantungan terhadap pupuk dalam jumlah besar mengurangi efisiensi biaya, menurunkan margin keuntungan, dan memperlemah daya tahan ekonomi petani terhadap fluktuasi harga input pertanian. Selain itu, petani kakao masih menghadapi keterbatasan dalam memperoleh akses pengetahuan untuk menambah nilai tambah dari limbah yang tidak dikelola dengan baik. Minimnya akses terhadap teknologi tepat guna, seperti alat pengolahan limbah, juga memperkuat keterbatasan kapasitas ekonomi di tingkat hulu rantai pasok. Aspek sosial pun tak luput dari perhatian. Rendahnya akses petani terhadap pelatihan, informasi, dan pendampingan teknis membatasi kemampuan mereka untuk mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan. Hal ini turut berkontribusi pada masih dilakukannya pembakaran terbuka sebagai metode utama pengelolaan limbah, yang menimbulkan dampak sosial negatif berupa keluhan masyarakat akibat asap yang dibawa angin hingga ke area pemukiman. Kondisi ini mencerminkan adanya gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan lingkungan sekitar, serta menunjukkan pentingnya intervensi sosial yang mendukung peningkatan kapasitas petani dalam pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan

Untuk memahami dan merancang keberlanjutan dalam industri kakao, pendekatan yang menyeluruh perlu diterapkan dengan mempertimbangkan tiga pilar utama, yaitu dimensi ekonomi, lingkungan, dan sosial. Menurut Neilson (2008), kakao berkelanjutan dilihat dari 3 dimensi, yaitu lingkungan, sosial dan ekonomi.



Gambar I. 6 Dimensi Keberlanjutan Agroindustri Kakao (Umar et al., 2010)

Menurut Neilson (2008), keberlanjutan mengacu pada proses produksi kakao yang tidak merusak keseimbangan ekosistem. Neilson (2008) menekankan pentingnya memperhatikan dampak konversi lahan hutan menjadi kebun kakao, penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara berlebihan, serta konservasi sumber daya tanah dan air. Dengan demikian, pengelolaan lahan dan limbah hasil pertanian harus dilakukan secara bertanggung jawab untuk mengurangi emisi dan degradasi lingkungan.

Dari sisi ekonomi berarti sistem usahatani kakao harus menguntungkan bagi petani dan mampu menghasilkan produk yang kompetitif di pasar global. Hal ini hanya dapat dicapai melalui model pertanian berproduktivitas tinggi, rantai perdagangan yang efisien, sistem pengawasan mutu yang baik, serta pengelolaan risiko harga dan produksi yang memadai. Dukungan terhadap keberlanjutan ekonomi juga ditekankan oleh (Finkbeiner et al., 2010; UNEP/SETAC, 2011), yang menyatakan bahwa pendapatan positif petani menjadi indikator utama keberlanjutan secara ekonomi.

Sementara itu, keberlanjutan sosial berfokus pada peningkatan kesejahteraan semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok kakao. Indikator sosial ini mencakup kondisi kerja, pendapatan, pendidikan dan pelatihan, penerimaan publik, serta kesadaran terhadap aspek keselamatan dan kesehatan kerja (Azzahra et al., 2023a). Dalam konteks ini, keberlanjutan sosial menjadi landasan penting untuk memastikan bahwa manfaat dari industri kakao dapat dirasakan secara merata oleh seluruh komunitas pertanian.

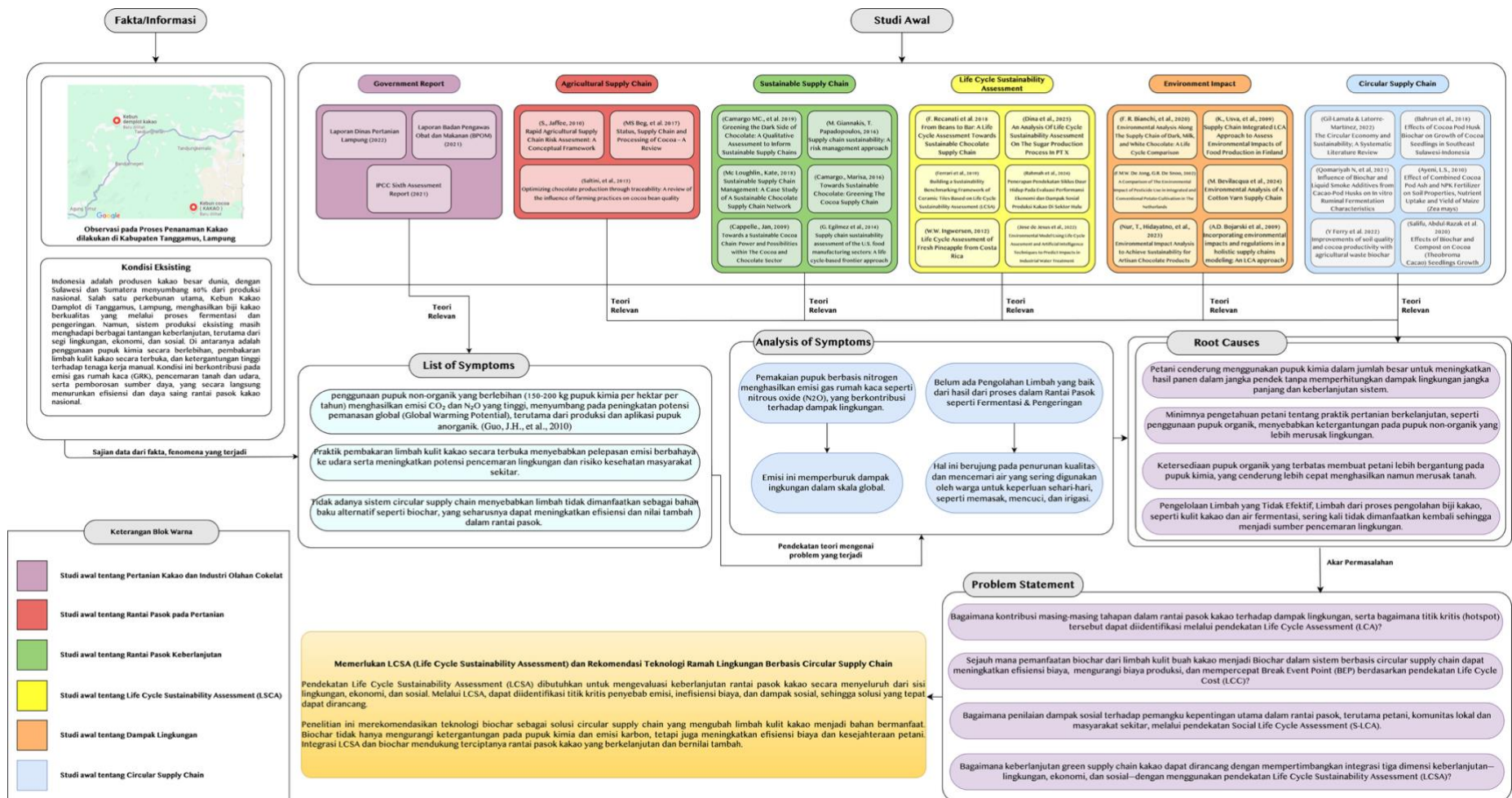
Ketiga dimensi ini sangat penting mengingat dampak lingkungan dari produksi pertanian intensif, tantangan ekonomi di tingkat petani, serta isu-isu sosial seperti keadilan kerja dan pemberdayaan masyarakat. Untuk menjawab kompleksitas permasalahan tersebut, dibutuhkan pendekatan yang tidak hanya melihat satu dimensi keberlanjutan saja, melainkan mencakup seluruh aspek—lingkungan, ekonomi, dan sosial—secara menyeluruh dan terintegrasi. Untuk menjawab kompleksitas permasalahan tersebut, dibutuhkan pendekatan yang tidak hanya melihat satu dimensi keberlanjutan saja, melainkan mencakup seluruh aspek—lingkungan, ekonomi, dan sosial—secara menyeluruh dan terintegrasi. Pendekatan *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)* digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur ketiga aspek tersebut secara terintegrasi (Finkbeiner et al., 2010; UNEP/SETAC, 2011). *Life Cycle Assessment (LCA)* untuk mengukur dampak lingkungan, *Life Cycle Cost (LCC)* untuk menghitung kelayakan biaya selama siklus hidup proses, serta *Social Life Cycle Assessment (S-LCA)* untuk menilai dampak sosial terhadap para pemangku kepentingan dalam rantai pasok. Dalam penelitian analisis keberlanjutan rantai pasok coklat, analisis *Life Cycle Assessment* diterapkan dengan batasan *sistem cradle-to-gate*, yang mencakup tahapan mulai dari proses di kebun (pemanenan), fermentasi, hingga menghasilkan biji kakao kering.

Penelitian analisis keberlanjutan rantai pasok coklat bertujuan untuk mengevaluasi keberlanjutan sistem produksi biji kakao kering di Perkebunan Kakao Damplot, Lampung, secara menyeluruh dari aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Melalui pendekatan LCSA—yang mengintegrasikan *Life Cycle Assessment (LCA)*, *Life Cycle Cost (LCC)*, dan *Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*—penelitian ini memberikan penilaian komprehensif terhadap kinerja keberlanjutan di sepanjang siklus hidup produksi biji kakao, dari proses pemanenan hingga pengolahan menjadi biji kakao kering. Penelitian keberlanjutan rantai pasok coklat menawarkan kebaruan dengan merekomendasikan teknologi ramah lingkungan yang dapat membantu mengurangi pemakaian pupuk anorganik sehingga mengurangi dampak lingkungan berbasis *Circular Supply Chain* yang mendukung *konsep Green Supply Chain* pada kebun Damplot, pendekatan tersebut merupakan pendekatan

baru di sektor kakao Indonesia. *Circular Supply Chain* merujuk pada model rantai pasok yang berfokus pada pengurangan, penggunaan ulang, perbaikan, dan daur ulang sumber daya dan produk, untuk meminimalkan pemborosan dan dampak negatif terhadap lingkungan (Gil-Lamata & Latorre-Martínez, 2022). Rekomendasi teknologi ramah lingkungan berbasis *Circular Supply Chain* yang direkomendasikan adalah *Biochar*, yaitu arang yang dihasilkan dari proses pirolisis limbah organik, yaitu limbah kulit kakao, yang sering dibuang setelah pengolahan biji kakao. *Biochar* menawarkan solusi untuk mengelola limbah kakao secara berkelanjutan. Limbah yang sebelumnya berpotensi mencemari lingkungan dapat diubah menjadi produk bernilai tambah dengan mengurangi emisi karbon melalui penyerapan CO₂. Proses pirolisis juga dapat memanfaatkan limbah biomassa dari produksi kakao untuk menghasilkan energi, mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil, serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, penggunaan biochar dari limbah kakao tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga mendukung keberlanjutan pertanian kakao dan mengurangi dampak lingkungan dari industri coklat secara keseluruhan (Bahrin et al., 2018).

Dengan pendekatan LCSA, penelitian ini akan memberikan gambaran menyeluruh terhadap kinerja keberlanjutan rantai pasok coklat dan berkontribusi pada transformasi industri kakao yang tidak hanya kompetitif secara ekonomi, tetapi juga bertanggung jawab secara sosial dan ramah lingkungan.

Selanjutnya, pada Gambar I.6 berikut akan diperlihatkan skema perumusan masalah yang sudah dipaparkan sebelumnya.



Gambar I. 7 Skema Perumusan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kontribusi masing-masing tahapan dalam rantai pasok kakao terhadap dampak lingkungan, serta bagaimana titik kritis (*hotspot*) tersebut dapat diidentifikasi melalui pendekatan *Life Cycle Assessment (LCA)*?
2. Bagaimana evaluasi penggunaan *biochar* dari limbah kulit buah kakao dalam sistem berbasis *circular supply chain* dapat meningkatkan efisiensi biaya, berdasarkan pendekatan *Life Cycle Cost (LCC)*?
3. Bagaimana penilaian dampak sosial terhadap pemangku kepentingan utama dalam rantai pasok kakao, terutama petani, komunitas lokal dan masyarakat sekitar, melalui pendekatan *Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*?
4. Bagaimana analisis keberlanjutan *green supply chain* kakao dapat dengan mempertimbangkan integrasi tiga dimensi keberlanjutan—lingkungan, ekonomi, dan sosial—dengan menggunakan pendekatan *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)*?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis dampak lingkungan dari seluruh tahapan dalam rantai pasok kakao melalui pendekatan *Life Cycle Assessment (LCA)*, untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang menjadi penyumbang utama terhadap dampak lingkungan.
2. Mengevaluasi penggunaan *biochar* dari limbah kulit buah kakao dalam aspek ekonomi dengan menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost (LCC)*.
3. Menilai dampak sosial terhadap pekerja, komunitas lokal, dan masyarakat sekitar dalam rantai pasok kakao melalui pendekatan *Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*.
4. Menganalisis keberlanjutan *green supply chain* kakao secara menyeluruh dan integratif dengan pendekatan *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)* yang mencakup aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Aspek teoritis (keilmuan):

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan pendekatan holistik dalam menilai keberlanjutan agroindustri, khususnya melalui penerapan *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) yang mengintegrasikan dimensi lingkungan (LCA), ekonomi (LCC), dan sosial dalam satu kerangka analisis. Penelitian ini juga memperkaya kajian keberlanjutan dalam konteks rantai pasok produk pertanian tropis seperti kakao, yang selama ini masih didominasi oleh pendekatan parsial dan kurang menyentuh aspek lintas dimensi.

B. Aspek praktis (guna laksana):

1. Rekomendasi Kebijakan untuk Praktik Pertanian: Hasil penelitian dapat dijadikan dasar bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan kebijakan yang mendukung praktik pertanian yang lebih berkelanjutan, seperti penggunaan pengganti pupuk anorganik dan metode pengelolaan limbah yang ramah lingkungan.
2. Panduan untuk Petani dan Produsen Kakao: Penelitian ini akan memberikan informasi yang berguna bagi petani dan produsen kakao tentang cara-cara untuk mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian maupun industri mereka, serta meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi kakao.
3. Kesadaran Masyarakat: Hasil penelitian dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemangku kepentingan tentang pentingnya keberlanjutan dalam rantai pasok kakao, serta mendorong adopsi praktik yang lebih ramah lingkungan.
4. Inovasi dalam Teknologi Pertanian: Temuan dari penelitian ini dapat mendorong pengembangan dan adopsi teknologi pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas dan keberlanjutan produk kakao.

1.6 Batasan Penelitian

1. Penelitian dilakukan mulai dari aktivitas mulai pemanenan hingga menjadi biji kakao kering.
2. Penelitian ini hanya akan mencakup kebun cokelat Damplot yang berlokasi di Tanggamus, Lampung.
3. Pendekatan *Life Cycle Assessment* akan dibatasi pada tahap *cradle-to-gate*, yang mencakup mulai pemanenan hingga menjadi biji cokelat sebelum didistribusikan ke industri cokelat. Tahapan distribusi, pengolahan menjadi produk jadi cokelat dan konsumsi oleh pengguna akhir tidak termasuk dalam penelitian ini.
4. Cakupan analisis biaya pada *Life Cycle Cost* (LCC) difokuskan pada penghitungan total biaya siklus hidup eksisting dan pemanfaatan limbah kulit kakao menjadi biochar sebagai pupuk alternatif.
5. Dimensi sosial dianalisis secara deskriptif kualitatif, dengan fokus pada keterlibatan petani, akses teknologi, dan pengaruh terhadap kesejahteraan lokal dengan indikator dampak sosial seperti *fair wage*, dan hak pekerja.

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan penjelasan secara umum, ringkas dan padat yang menggambarkan dengan tepat isi penelitian. Isi bab ini meliputi: Gambaran Umum Objek Penelitian, Latar Belakang Penelitian, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan terkait Analisis Keberlanjutan *Green Supply Chain* Kakao. Penelitian ini mengkaji bagaimana prinsip *circular supply chain* dapat diterapkan untuk meningkatkan keberlanjutan pada rantai pasok kakao, melalui evaluasi menyeluruh dari aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi dengan pendekatan LCSA. Bab ini menjadi dasar dalam memahami urgensi dan arah penelitian yang akan dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori dari umum sampai ke khusus, disertai penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini, dalam bab ini disajikan pula kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar pijakan ilmiah. Pembahasan meliputi konsep dan tahapan *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA), mulai dari *Life Cycle Assessment* (LCA), *Life Cycle Cost* (LCC), hingga *Social Life Cycle Assessment* (S-LCA), serta penerapan prinsip *circular supply chain* dalam konteks rantai pasok kakao. Faktor-faktor keberlanjutan yang berkaitan dengan efisiensi sumber daya, pengelolaan limbah, emisi, serta aspek sosial-ekonomi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menegaskan pendekatan, metode, dan teknik yang digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis temuan yang dapat menjawab masalah penelitian. Bab ini meliputi uraian tentang: jenis penelitian, operasionalisasi variabel penelitian, serta proses pengumpulan dan analisis data yang mendukung penilaian dampak lingkungan, ekonomi dan sosial dalam keberlanjutan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan temuan dari setiap tahapan analisis LCSA, yang mencakup *Life Cycle Assessment* (LCA), *Life Cycle Cost* (LCC), dan *Social Life Cycle Assessment* (S-LCA). Disajikan pula hasil identifikasi dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi serta titik-titik kritis dalam rantai pasok kakao yang memengaruhi keberlanjutan. Selain itu, dibahas pula hasil evaluasi terhadap potensi penerapan prinsip *circular supply chain*, seperti pemanfaatan biochar dari limbah kulit kakao, yang berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi sumber daya dan perbaikan dampak lingkungan secara menyeluruh

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan merupakan jawaban dari pertanyaan penelitian, kemudian menjadi saran yang berkaitan dengan manfaat penelitian. Pada bab ini merangkum hasil penelitian sebagai jawaban atas rumusan masalah dan menyarankan langkah-langkah perbaikan keberlanjutan serta teknologi yang dapat mendukung upaya keberlanjutan dalam rantai pasok cokelat. Saran dari solusi dikemukakan pada bab ini untuk penelitian selanjutnya karena adanya beberapa keterbatasan