

**ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL BIOPELET BERBAHAN DASAR
AMPAS BATANG KELAPA SAWIT TUA BEBAS NIRA**

(Skripsi)

Oleh

**Robinson Biner Simanjuntak
2114231039**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL BIOPELET BERBAHAN DASAR
AMPAS BATANG KELAPA SAWIT TUA BEBAS NIRA**

Oleh

Robinson Biner Simanjuntak

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS OF BIOPELLETS MADE FROM SAP FREE OLD OIL PALM TRUNK RESIDUE

By

ROBINSON BINER SIMANJUNTAK

Utilization of sap free of old oil palm trunk from replanting activities had not been optimally managed and caused potential environmental problems. One alternative of utilization was processing it into biopellets however, the financial feasibility of the business still required evaluation. This study aimed to analyze the financial feasibility and sensitivity of a biopellet production business using sap free old oil palm trunk residue. The study employed a survey method with a quantitative approach using primary and secondary data. Financial feasibility analysis was conducted using Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Break Even Point (BEP), Net Benefit Cost Ratio (Net B/C), and Payback Period (PP), supported by sensitivity analysis. The results showed that the biopellet business was feasible, with an NPV of Rp 15,694,146, an IRR of 7.96%, a Net B/C Ratio of 1.28, a production BEP of 15,707 kg, and a Payback Period of 4.76 years. Based on the sensitivity analysis, the biopellet business remains financially feasible despite a 5% increase in the cost of old oil palm trunk raw materials and an 8.66% increase in operational costs, indicating that the business has strong financial resilience to cost fluctuations.

Keywords : Biopellet, old oil palm trunk, financial feasibility, sensitivity analysis

ABSTRAK

ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL BIOPELET BERBAHAN DASAR AMPAS BATANG KELAPA SAWIT TUA BEBAS NIRA

Oleh

ROBINSON BINER SIMANJUNTAK

Pemanfaatan ampas batang kelapa sawit tua bebas nira belum dilakukan secara optimal dan berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Salah satu alternatif pemanfaatan menjadi biopelet. Namun kelayakan finansial masih perlu dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan finansial dan sensitivitas usaha biopelet berbahan dasar ampas batang kelapa sawit tua bebas nira. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan pendekatan kuantitatif menggunakan data primer dan sekunder. Analisis kelayakan finansial dilakukan menggunakan Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Break Even Point (BEP), Net Benefit Cost Ratio (Net B/C), dan Payback Period (PP), serta analisis sensitivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usaha biopelet dinyatakan layak dengan NPV sebesar Rp 15.694.146, IRR 7,96%, Net B/C Ratio 1,28, BEP produksi 15.707 kg, dan Payback Period 4,76 tahun. Berdasarkan analisis sensitivitas, usaha biopelet tetap layak dijalankan meskipun dilakukan penambahan biaya bahan baku batang kelapa sawit tua sebesar 5% dan penambahan biaya operasional sebesar 8,66%, yang menunjukkan bahwa usaha memiliki ketahanan finansial terhadap perubahan biaya.

Kata kunci : Biopelet, batang kelapa sawit tua, kelayakan finansial, analisis sensitivitas

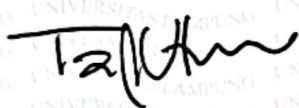
LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **ANALISIS POTENSI PEMANFAATAN
BIOPELLET BERBAHAN DASAR
AMPAS BATANG KELAPA SAWIT TUA
BEBAS NIRA**

Nama Mahasiswa : **Robinson Biner Simanjuntak**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2114231039**
Program Studi : **Teknologi Industri Pertanian**
Jurusan : **Teknologi Hasil Pertanian**
Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.
NIP. 196808071993031002



Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc.
NIP. 19910918 2019032 023

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian



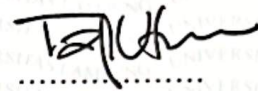
Dr. Erdi Suroso, S. T. P., M. T. A., C.EIA.
NIP. 19721006 199803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.



Sekretaris

Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing**

**Dr. Wisnu Satyajaya
S.T.P.,M.M.,M.Si.,M.Phil.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Januari 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robinson Biner Simanjuntak

NPM : 2114231039

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan penelitian yang telah saya lakukan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiarisme hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026

Pembuat pernyataan



Robinson Biner Simanjuntak

NPM. 2114231039

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sei Martebing, Dusun II, Desa Paya Bagas, Kecamatan Tebing Tinggi, Sumatra Utara. Penulis lahir pada tanggal 04 April 2002. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, pasangan Bapak Komser Simanjuntak dan Ibu Lamtio Br Hutasoit.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 2 Rambutan, Serdang Bedagai dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya, Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 8 Tebing Tinggi, Sumatra Utara dan lulus pada tahun 2017, kemudian melanjutkan ke jenjang SMA Negeri 1 Girsang Sipangan Bolon, Parapat selama satu setengah semester dan pindah ke SMA Swasta Katholik Cinta Kasih Tebing Tinggi hingga lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis memutuskan untuk *gapyear* dikarenakan kondisi ekonomi keluarga. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karya Bhakti, Kecamatan Meraksa Aji, Kabupaten Tulang Bawang, Lampung pada bulan Januari hingga Februari 2024. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) dilaksanakan di PT Perkebunan Nusantara IV Unit Bekri, Lampung Tengah, pada bulan Juli hingga Agustus 2024. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan, salah satunya sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (HMJ THP FP Unila) pada periode 2022-2023.

SANWACANA

Segala puji dan syukur hanya pada Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Potensi Pemanfaatan Biopelet Berbahan Dasar Ampas Batang Kelapa Sawit Tua Bebas Nira**”. Skripsi ini menjadi salah satu persyaratan dalam mencapai Gelar Sarjana (S1) Teknologi Pertanian di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada.

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Hidayati, M.P., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi
4. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) sekaligus Dosen Pembimbing Satu yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan pengarahan dalam kelancaran penyusunan skripsi.
5. Ibu Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Dua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan pengarahan dalam kelancaran penyusunan skripsi.
6. Bapak Dr. Wisnu Satyajaya, S.T.P., M.M., M.Si., M. Phil., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan pengarahan dalam kelancaran penyusunan skripsi.

7. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan wawasan kepada penulis selama perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu penulis, Bapak Komser Simanjuntak dan Ibu Lamtio Br Hutasoit serta saudara-saudari penulis yang telah memberikan segala dukungan materi maupun moril serta selalu menyertai penulis dalam doanya untuk kelancaran penyusunan skripsi.
9. Sahabat penulis, Guido Nainggolan dan Lauren Sianipar yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama ini.
10. Pasangan penulis, Lika Shalia yang memberikan segala dukungan dan bantuan dalam banyak hal dalam proses penyusunan skripsi.
11. Teman-teman Ikhwan Sholeh yang telah berjuang bersama semasa perkuliahan dan menjadi pendukung satu sama lain.
12. Teman penulis, Muhammad Rafy Wahyu Pratama yang senantiasa memberikan ilmu kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
13. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian khususnya Program Studi Teknologi Industri Pertanian Angkatan 2021 yang telah berbagi pengalaman, motivasi, dan dukungan kepada penulis selama ini.
14. Semua pihak yang terkait yang penulis tidak cantumkan selama proses penyusunan skripsi.
15. Kepada diri saya sendiri, terima kasih telah berjuang hingga akhir, penulis tidak menyangka bahwa penulis dapat menyelesaikannya. Semua berkat dukungan dan doa orang – orang yang ada disekitarku, penulis ucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026
Penulis

Robinson Biner Simanjuntak

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah Tanaman Kelapa Sawit	6
2.1.1 Batang Sawit	7
2.1.2 Cangkang Sawit	8
2.1.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	9
2.2 Biopellet	10
2.3 Kelayakan Finansial	11
2.3.1 <i>Net Present Value</i>	12
2.3.2 <i>Internal Rate Return</i>	13
2.3.3 <i>Break Even Point</i>	14
2.3.4 <i>Benefit-Cost Ratio</i>	15
2.3.5 <i>Payback Period</i>	16
2.4 Analisis Sensitivitas	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Uji Finansial.....	19
3.4.1 NPV (<i>Net Present Value</i>)	19
3.4.2 IRR (<i>Internal Rate Return</i>).....	19

3.4.3 <i>Net Benefit and Cost Ratio</i> (B/C Ratio)	21
3.4.4 <i>Payback Period</i>	21
3.5 Analisis Sensitivitas	22
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Luas areal Kelapa Sawit di Provinsi Lampung	24
4.2 Aspek Finansial.....	25
4.2.1 Biaya Investasi Industri Biopelet.....	25
4.2.2 Biaya Tetap.....	27
4.2.3 Biaya Variabel	28
4.2.4 Biaya Overhead	29
4.2.5 Struktur Biaya.....	30
4.3 Produksi Biopelet dari Ampas Batang Kelapa Sawit tua Bebas Nira	30
4.4 Penerimaan Produksi Biopelet.....	31
4.5 Laba Bersih	32
4.6 Analisis Kelayakan Finansial.....	32
4.6.1 <i>Net Present Value</i> (NPV)	33
4.6.2 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	34
4.6.3 <i>Break Even Point</i> (BEP).....	35
4.6.4 <i>Net B/C Ratio</i>	36
4.6.5 <i>Payback Period</i> (PP)	37
4.7 Analisis Sensitivitas	39
4.7.1 Peningkatan Biaya Bahan Baku Batang Kelapa Sawit tua . Sebesar 5%	39
4.7.2 Peningkatan Biaya Operasional Biopelet Sebesar 8,66% ...	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kabupaten yang memiliki potensi pemhasil limbah batang sawit tua tertinggi di Provinsi Lampung	24
2. Biaya investasi industri biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira	26
3. Biaya Tetap industri biopelet Ampas batang kelapa sawit tua Bebas Nira.....	27
4. Biaya variabel industri biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira	28
5. Biaya <i>overhead</i> biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira...	29
6. Rincian biaya hasil perhitungan dan asumsi ketentuan industri Biopelet batang kelapa sawit tua bebas nira tahun 2025	30
7. Total produksi biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira tahun 2025.....	30
8. Total penerimaan biopelet tahun 2025.....	31
9. Laba Bersih produksi biopelet tahun 2025	32
10. Analisis kelayakan finansial biopelet berbahan dasar ampas batang kelapa sawit tua bebas nira.....	33
11. Hasil analisis NPV biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira	33
12. Hasil analisis IRR biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira	35
13. Hasil analisis BEP biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira 2025	36
14. Hasil analisis B/C <i>Ratio</i> biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira	37
15. Hasil analisis PP biopelet ampas batang kelapa sawit tua bebas nira .	38
16. Analisis sensitivitas biopelet setelah terjadi peningkatan biaya bahan baku batang kelapa sawit tua sebesar 5%	40
17. Analisis sensitivitas biopelet setelah terjadi peningkatan biaya operasional sebesar 8,66%	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	5
2. Batang kelapa sawit tua	8
3. Biopellet	10
4. Pengambilan bungkil kelapa sawit.....	70
5. Proses penyerutan batang kelapa sawit tua	70
6. <i>Pellet mill</i>	71
7. Tangki penyimpanan dan pencampuran	71
8. Mesin pencacah.....	72
9. Mesin pengering putar	72

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor unggulan di Indonesia yang berperan penting dalam perekonomian nasional, baik sebagai penyumbang devisa, penyerap tenaga kerja, maupun penggerak pembangunan di daerah. Pada tahun 2023 total produksi minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*) di Indonesia mencapai 47,08 juta ton. Provinsi dengan kontribusi terbesar terhadap produksi ini adalah Riau, dengan jumlah produksi sebesar 9,22 juta ton atau sekitar 19,6% dari total nasional, diikuti oleh Kalimantan Tengah yang memproduksi 8,47 juta ton atau sekitar 18% . Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai sekitar 15,93 hingga 16,8 juta hektar. Kepemilikan perkebunan kelapa sawit terdiri dari 51% milik swasta, 37–40% milik rakyat, adalah perkebunan rakyat, dan sisanya belum terkonfirmasi mengenai status dan kepemilikannya (Badan Pusat Statistik, 2024).

Luas areal perkebunan kelapa sawit di provinsi Lampung pada tahun 2021 mencapai 109.876 hektar. Pada perkebunan kelapa sawit, perlu dilakukan proses peremajaan (*replanting*) untuk mengganti tanaman lama dengan bibit baru ketika usia tanaman tidak produktif. Pola pembukaan lahan yang terjadi selama kegiatan *replanting* sering menimbulkan masalah pada struktur dan kualitas lahan. Tanah yang dibiarkan terbuka akibat penebangan pohon cenderung mengalami kekeringan, pemadatan, serta kehilangan unsur hara akibat proses pencucian. Permasalahan lain yang ditimbulkan adalah limbah batang kelapa sawit tua yang belum dimanfaatkan secara optimal. Menurut Siregar dkk (2021) pada proses kegiatan *replanting*, batang kelapa sawit tua hanya dibiarkan menumpuk di area perkebunan, dibakar, atau dibiarkan membusuk. Pengelolaan seperti ini justru

dapat menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran udara, gangguan estetika lingkungan, hingga potensi sarang hama penyakit tanaman.

Menurut Marlida dkk (2014) batang kelapa sawit tua memiliki kandungan kadar serat yang tinggi yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin. Batang kelapa sawit mengandung serat kasar 27,18%, protein kasar 4,59%, lemak kasar 1,03%, selulosa 29,41%, hemiselulosa 27,06%, lignin 6,95%, dan silika 1,03% yang menjadikannya sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioenergi. Limbah batang kelapa sawit tua juga memiliki kandungan unsur hara yang cukup tinggi, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca), dengan kisaran masing-masing antara 3–368,2; 0,1–35,5; 0,8–527,4; 0,2–82,3; dan 0,2–166,4 kg/ha. Kandungan ini menunjukkan bahwa limbah batang sawit sangat potensial untuk dijadikan bahan baku pupuk organik dalam bentuk kompos (Siddiquee *et al.*, 2017). Selain itu, limbah batang sawit hasil *replanting* juga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku *biopellet*, yang dapat menjadi sumber energi alternatif ramah lingkungan.

Biopellet merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder kecil yang dihasilkan dari proses pemadatan partikel biomassa menggunakan tekanan dan suhu tertentu. Biopellet memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar konvensional, seperti kandungan energi (nilai kalor) yang tinggi, kadar air rendah, mudah dalam penyimpanan dan transportasi, serta ramah lingkungan karena menghasilkan emisi lebih rendah (Fatrias *et al.*, 2020). Namun pemanfaatan limbah batang kelapa sawit tua menjadi biopellet masih perlu dikaji lebih lanjut mengenai aspek kelayakan finansialnya. Analisis kelayakan finansial merupakan aspek penting dalam perencanaan usaha, yang bertujuan untuk menilai aspek biaya dan manfaat dari suatu investasi atau usaha. Perhitungan kelayakan finansial mencakup perhitungan nilai *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (B/C), dan *Payback Period* (Handayani *et al.*, 2018). Oleh karena itu, penelitian mengenai “Analisis Kelayakan Finansial dan Uji Karakteristik Biopellet Berbahan Dasar Ampas Padatan dari batang kelapa sawit tua” diharapkan dapat memberikan gambaran kelayakan usaha bagi industri dan masyarakat yang ingin mengembangkan bisnis tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Melakukan analisis kelayakan finansial usaha produksi biopellet berbahan dasar ampas batang kelapa sawit tua melalui perhitungan aspek finansial seperti *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, *Benefit Cost Ratio (B/C)*, dan *Payback Period* sebagai dasar kelayakan usaha secara ekonomi.
2. Melakukan analisis sensitivitas biopellet berbahan dasar ampas batang kelapa sawit tua berdasarkan nilai NPV, IRR, B/C Ratio dan PP.

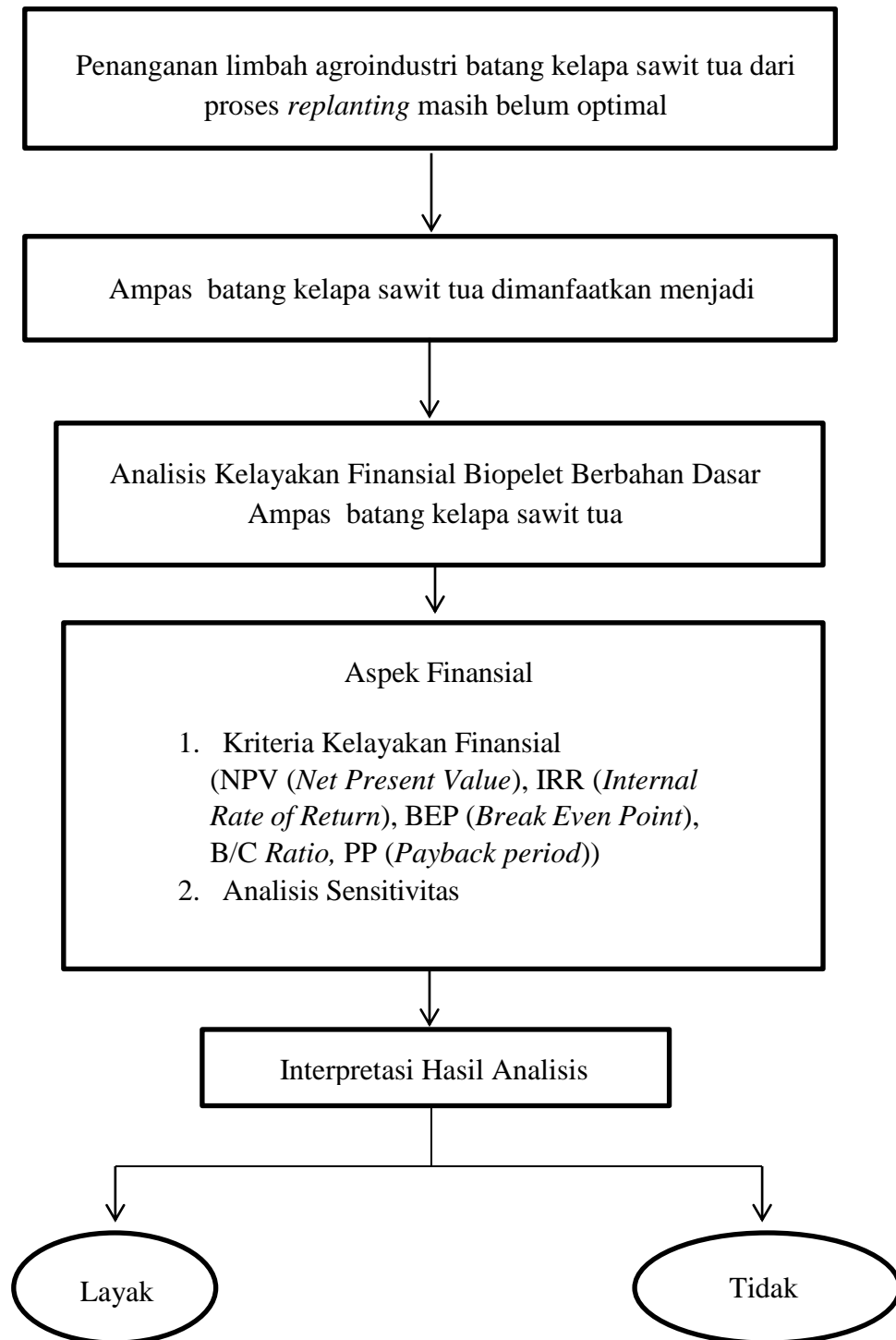
1.3 Kerangka Pemikiran

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif telah menjadi perhatian penting dalam upaya diversifikasi energi. Salah satu limbah biomassa yang berpotensi besar namun masih belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah batang kelapa sawit tua hasil dari kegiatan peremajaan tanaman kelapa sawit. Analisis kelayakan finansial dalam pengelolaan usaha biopellet berbahan dasar batang kelapa sawit tua merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan. Analisis ini diperlukan untuk menilai apakah suatu usaha dapat menghasilkan keuntungan dan layak untuk dilanjutkan selama masa operasionalnya (Dhamayanti, 2024). Menurut Salsabillah (2021), kelayakan usaha dari aspek finansial dapat dikaji melalui berbagai indikator, seperti nilai bersih sekarang (*Net Present Value*), tingkat pengembalian internal (*Internal Rate of Return*), titik impas (*Break-Even Point*), rasio manfaat terhadap biaya (*Benefit-Cost Ratio*), waktu pengembalian modal (*Payback Period*), serta analisis sensitivitas.

Penelitian Andrew dkk (2018) menunjukkan bahwa usaha bio pellet kulit kopi berdasarkan kriteria investasi dinyatakan layak dengan nilai NPV Rp. 238.519.901 (>0), IRR 14.01 % (layak untuk dijalankan karena nilai IRR lebih besar dari tingkat suku bunga pinjaman yang digunakan yaitu 12%), B/C Ratio 1.032 (>1), BEP 16.561 unit per tahun dengan titik impas dicapai pada harga Rp. 513.385.365. Penelitian Aziz dkk (2015) mengenai kelayakan finansial biopellet

kulit ubi kayu di Jember diperoleh kelayakan usaha dengan kriteria NPV sebesar Rp. 145.250.326 (>1), IRR sebesar 15,33% ($>7,5\%$), B/C Ratio sebesar 1,3 (>1), BEP 97.058 kg. Penelitian Iswanto Siregar dkk (2020), menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan. Penelitian ini menganalisis dua jenis bahan baku utama, yaitu kayu *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita*. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *A. mangium* menghasilkan NPV sebesar Rp 1.922.000 dan IRR sebesar 36%, dengan B/C ratio sebesar 1,20. Penggunaan *E. pellita* memberikan NPV sebesar Rp 322.000, IRR sebesar 28%, dan B/C ratio sebesar 1,06. Kedua jenis bahan baku menghasilkan nilai IRR yang jauh lebih tinggi daripada tingkat diskonto yang diasumsikan sebesar 10%, sehingga keduanya dinilai layak dari sisi finansial. Pada penelitiannya, nilai NPV-nya tidak besar, namun tetap positif, yang menandakan adanya surplus keuntungan dalam jangka waktu proyek. Rasio keuntungan terhadap biaya (B/C) yang lebih dari 1 dan IRR yang signifikan, maka proyek biopellet kayu HTI ini layak dijalankan untuk skala menengah hingga besar.

Pada penelitian ini, langkah-langkah untuk mendapatkan data dan hasil yaitu pertama dengan melakukan analisis kelayakan finansial yang menjadi dasar pengukuran dengan beberapa kriteria investasi yaitu NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), BEP (*Break Even Point*), B/C Ratio, dan PP (*Payback period*). Analisis sensitivitas dilakukan untuk menilai dampak perubahan manfaat dan biaya terhadap kelayakan usaha. maka akan ditarik kesimpulan kegiatan tersebut layak atau tidak. Jika usaha dinyatakan layak, maka dapat dilanjutkan. Jika tidak layak, perusahaan harus melakukan perbaikan manajemen terutama keuangan dan meningkatkan efisiensi biaya. Rangkaian pemikiran ini dapat digambarkan dalam kerangka pemikiran seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Tanaman Kelapa Sawit

Peningkatan luas perkebunan dan jumlah industri pengolahan kelapa sawit menyebabkan volume limbah terus bertambah. Limbah dari proses pengolahan ini dapat mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas sumber daya alam jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengolahan limbah secara terpadu sangat penting untuk mengurangi dampak negatifnya. Salah satu solusinya adalah memanfaatkan limbah menjadi produk bernilai ekonomi. Limbah kelapa sawit yang kaya bahan organik juga berpotensi digunakan kembali di lahan perkebunan sebagai pupuk, sehingga dapat mengurangi pencemaran dan menekan kebutuhan pupuk kimia. Kelapa sawit dikenal sebagai salah satu komoditas pertanian yang paling mandiri karena kemampuannya beradaptasi dengan baik. Produk utama dari pabrik kelapa sawit adalah minyak sawit mentah dan biomassa. Pohon kelapa sawit memiliki warna coklat alami dengan biji berwarna merah karena kandungan betakaroten yang tinggi (Jagaba *et al.*, 2021). Beberapa bagian lainnya seperti cangkang, pelepah, batang, serat mesocarp, dan tandan kosong juga merupakan sumber biomassa yang penting (Yaro dkk., 2021).

Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah dalam bentuk padat maupun cair. Limbah padat meliputi tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut, lumpur (*sludge*), dan bungkil. Limbah cair berasal dari kondensat proses sterilisasi, air hasil klarifikasi, air dari proses hydrocyclone (*claybath*), serta air pencucian pabrik. TKKS mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti karbon (C) sebesar 42,8%, kalium oksida (K_2O) 2,9%, nitrogen (N) 0,8%, fosfat (P_2O_5) 0,22%, magnesium oksida (MgO) 0,30%, serta tembaga (Cu) dan seng (Zn)

masing-masing sebesar 23 ppm dan 51 ppm. Selain itu, serabut kelapa sawit juga mengandung unsur hara seperti fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan karbon (C). Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung berbagai senyawa terlarut, termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa, protein, dan asam organik bebas, serta campuran mineral lainnya. Limbah padat maupun cair dari pabrik kelapa sawit memiliki kandungan unsur hara yang berguna bagi tanaman. Jika tidak diolah terlebih dahulu, konsentrasi senyawa-senyawa tersebut dapat melebihi ambang batas yang ditoleransi lingkungan, sehingga berpotensi mencemari. Jika limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Limbah yang bercampur dengan sungai, airnya tidak lagi dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya (Simanjuntak dan Hasibuan, 2019).

2.1.1 Batang Sawit

Batang kelapa sawit memiliki dua aspek penting yang menjadi objek karakterisasi, yakni karakteristik fisik dan karakteristik kimia. Karakteristik fisik mencakup kerapatan dan berat jenis yang bervariasi setiap bagian batang, terutama pada jaringan parenkim dan berkas vaskuler. Batang kelapa sawit menunjukkan kadar air dan porositas yang relatif tinggi, sehingga berpengaruh terhadap penyusutan selama proses pengeringan (Nuryawan dkk., 2012). Sifat-sifat ini sangat berpengaruh terhadap pemanfaatan batang sawit sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi, termasuk bioenergi dan material bangunan. Karakteristik kimia dari batang sawit ditentukan oleh komposisi makromolekul utamanya, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa merupakan komponen struktural yang selalu hadir dalam setiap jenis kayu, sedangkan kadar lignin dan hemiselulosa dapat bervariasi tergantung pada tingkat kekerasan dan jenis kayu. Batang sawit juga mengandung senyawa ekstraktif atau komponen minor lainnya, yang meskipun jumlahnya lebih sedikit, dapat memengaruhi sifat fisikokimia dan reaktivitas kayu dalam proses konversi atau pengolahan lebih lanjut (Saputro, 2009).



Gambar 2. Batang kelapa sawit tua
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

2.1.2 Cangkang Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah cukup besar sekitar 60% dari total produksi minyak. Limbah ini berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif. Karbon aktif sendiri memiliki berbagai aplikasi di sektor industri, seperti industri minyak, karet, gula, hingga farmasi (Faiz, 2015). Proses pembuatan karbon aktif umumnya melibatkan dua tahapan utama, yaitu tahap karbonisasi dan tahap aktivasi terhadap bahan yang telah terkarbonisasi pada suhu tinggi. Karbonisasi merupakan proses dekomposisi senyawa organik, khususnya selulosa, menjadi unsur karbon, disertai dengan pelepasan unsur-unsur non-karbon. Proses ini berlangsung pada suhu tinggi sekitar 500–700°C selama kurang lebih 4 hingga 5 jam (Fauziah, 2009).

Karbonisasi atau yang juga dikenal sebagai pengarangan, adalah proses pengubahan bahan organik menjadi material berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas. Proses pembakaran dikatakan sempurna apabila hasil akhirnya berupa abu, dan seluruh energi yang tersimpan dalam bahan organik dilepaskan secara perlahan ke

lingkungan (Faiz, 2015). Aktivasi merupakan suatu proses perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar ukuran pori-porinya. Proses ini dilakukan dengan memutus ikatan-ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul pada permukaan karbon, sehingga terjadi perubahan sifat fisika maupun kimia pada arang tersebut. Perubahan ini ditandai dengan meningkatnya luas permukaan yang secara langsung memengaruhi kemampuan adsorpsinya (Oktari, 2014).

2.1.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat utama yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit di pabrik kelapa sawit. TKKS berasal dari bagian tandan buah segar (TBS) yang telah dipisahkan dari buahnya melalui proses perontokan. Buah diambil untuk diekstraksi minyaknya, sisa tandan yang tidak lagi memiliki nilai ekonomis langsung ini menjadi limbah yang volumenya cukup besar. Setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan sekitar 220–230 kg TKKS, atau sekitar 22–23% dari total berat tandan buah segar (Siregar dkk., 2021). Kandungan lignoselulosa pada TKKS terdiri dari selulosa sekitar 30–50%, hemiselulosa sekitar 27%, dan lignin sekitar 16% dari total berat kering. Kandungan ini menjadikan TKKS sangat potensial untuk diolah kembali menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti bahan baku kompos, pakan ternak, media tanam, pulp dan kertas, serta bahan bakar alternatif berbasis biomassa seperti briket dan biopellet (Safitri dan Wulandari, 2022).

Pemanfaatan TKKS menjadi kompos dapat dilakukan dengan bantuan mikroorganisme. Kompos dari TKKS terbukti memiliki kandungan unsur hara yang cukup baik, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta rasio C/N yang sesuai standar untuk pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan kompos berbahan TKKS secara langsung dapat meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan hasil produksi tanaman. Nilai kalor pada TKKS yaitu sebesar 3.500 hingga 4.000 kkal/kg, sehingga sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada pembangkit energi berbasis biomassa. Penggunaan TKKS sebagai bahan bakar tidak hanya mampu mengurangi

ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, tetapi juga mendukung upaya dekarbonisasi industri menuju energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Safitri dan Wulandari, 2022).

2.2 Biopelet

Biopelet merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder yang dihasilkan melalui proses pengempaan biomassa, dan berfungsi sebagai sumber energi alternatif (Rusdianto dkk., 2014). Biopelet memiliki karakteristik yang seragam dalam hal ukuran, bentuk, kadar air, densitas, dan kandungan energi. Biopelet sebagai bahan bakar padat yang bersumber dari biomassa, biopelet dikategorikan sebagai energi hijau yang terbarukan dan bersifat karbon netral.. Penggunaan biopelet dapat memberikan kontribusi positif dalam mitigasi perubahan iklim. Proses penanganan dan pembakarannya juga relatif lebih mudah dan bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Falah dan Nelza, 2022).



Gambar 3. Biopelet
Sumber : ecoenergi.asia (2025)

Biopelet merupakan bahan bakar biomassa berbentuk silinder kecil yang diproduksi melalui proses *pelletizing* bertekanan tinggi tanpa perekat tambahan dan memiliki kadar air rendah sehingga pembakarannya lebih efisien dan stabil, sedangkan briket adalah bahan bakar biomassa berbentuk lebih besar dan bervariasi yang dibuat melalui proses pembriketan dengan bantuan perekat, memiliki kadar air relatif lebih tinggi, serta umumnya digunakan untuk keperluan rumah tangga dengan teknologi produksi yang lebih sederhana. Proses pembuatan

biopellet dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang meliputi persiapan bahan baku, pengeringan, pengecilan ukuran, pencampuran dengan perekat, pencetakan, hingga pengeringan akhir. Bahan baku seperti limbah biomassa terlebih dahulu dikeringkan untuk menurunkan kadar air agar sesuai dengan standar pembakaran, kemudian digiling hingga berukuran seragam agar mempermudah proses pemadatan. Setelah itu, bahan dicampur dengan perekat untuk meningkatkan kekuatan dan kekompakan pellet, lalu dicetak menggunakan alat pencetak (*pellet mill*) dengan tekanan tertentu sehingga terbentuk biopellet yang padat dan seragam. Tahap akhir adalah pengeringan kembali biopellet untuk memperoleh kadar air yang rendah sehingga menghasilkan nilai kalor yang optimal dan kualitas pembakaran yang baik (Utomo dkk.,2024).

Salah satu produk diversifikasi energi terbarukan yang berasal dari biomassa yaitu Biopellet. Biopellet berbentuk silinder dengan diameter berkisar antara 6–12 mm dan panjang 10–30 mm. Proses pembuatannya dikenal sebagai peletisasi, yaitu metode ekstrusi termoplastik di mana biomassa ditekan oleh roller internal agar melewati cetakan silinder yang terletak pada ring eksternal berputar. Hasil dari proses ini adalah padatan berbentuk pellet dengan densitas yang jauh lebih tinggi. Metode peletisasi membuat kerapatan biomassa yang awalnya hanya sekitar 40–250 kg/m³ dapat meningkat menjadi 600–800 kg/m³, sehingga meningkatkan efisiensi penyimpanan dan transportasi (Abdoli *et al.*, 2018). Parameter suhu dan kadar air juga memengaruhi ketahanan mekanis (*mechanical durability*) biopellet. Prabawa (2018) menyatakan bahwa kadar air antara 6–18% dan suhu peletisasi dalam kisaran 100–175°C dapat meningkatkan *mechanical durability*. Sebaliknya, jika suhu melebihi 175°C dan kadar air lebih dari 18%, maka daya tahan mekanis biopellet akan menurun secara signifikan.

2.3 Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial merupakan suatu proses penilaian yang dilakukan untuk memperkirakan biaya yang diperlukan dalam menjalankan operasional sebuah bisnis, sekaligus memperhitungkan pendapatan yang akan diperoleh. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi jumlah investasi yang perlu

dikeluarkan dibandingkan dengan perkiraan hasil yang akan diperoleh, sekaligus menghitung potensi pengeluaran yang mungkin terjadi. Hasil akhir yaitu untuk memutuskan suatu usaha dapat memberikan keuntungan selama masa operasionalnya (Dhamayanti, 2024). Menurut Ashari (2022), aspek finansial mencakup ketersediaan modal, kemampuan mengembalikan dana investasi, serta potensi usaha untuk terus berkembang. Analisis kelayakan finansial dilakukan melalui evaluasi investasi yang dituangkan dalam laporan keuangan untuk menilai performa suatu usaha.

Analisis kelayakan finansial adalah proses mengevaluasi, merencanakan, dan mengkaji aktivitas usaha untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dengan menghadirkan produk dan layanan yang dibutuhkan dalam perekonomian. Hasil dari analisis ini menjadi acuan dalam pengambilan keputusan mengenai kelayakan usaha. Analisis ini membantu pengusaha dalam menyusun rencana pengembangan usaha di masa depan dengan mempertimbangkan kondisi usaha sebelumnya. Analisis ini juga berperan sebagai panduan dalam menjalankan usaha agar risiko yang pernah terjadi dapat diminimalisir. Bagian yang dianalisis akan dinilai dan dievaluasi berdasarkan kriteria yang telah ditentukan (Wulandari dkk., 2023). Menurut Salsabillah (2021), kelayakan suatu usaha dari segi finansial dapat ditinjau melalui perhitungan faktor-faktor produksi yaitu *Cash Flow*, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Break-Even Point*, *B/C Ratio*, dan *Payback period*.

2.3.1 *Net Present Value*

Net Present Value (NPV) adalah perbedaan antara *present value* (nilai sekarang) dari aliran kas bersih atau yang sering disebut *proceed* dengan *present value* dari investasi awal. NPV mengukur selisih antara nilai saat ini dari penerimaan kas yang diperkirakan dan pengeluaran kas yang terjadi selama periode tertentu. Metode ini digunakan untuk menghitung nilai saat ini dari proyek atau investasi dengan mempertimbangkan penerimaan kas yang diharapkan di masa depan serta pengeluaran kas yang telah disesuaikan dengan tingkat bunga dan pengeluaran awal. Pada perhitungannya, NPV mengaplikasikan konsep nilai waktu uang (*time value of money*) untuk menilai suatu investasi berdasarkan aliran kas yang

dihasilkan dan biaya awal pembeliannya. Oleh karena itu, NPV dapat diartikan sebagai hasil pengurangan nilai sekarang dari investasi dengan biaya pembelian awalnya. NPV menggambarkan keuntungan bersih yang dihitung dengan menjumlahkan *present value* dari aliran kas yang diperoleh (Kurniawan, 2019).

Jika NPV bernilai positif, proyek atau investasi dianggap layak dan menguntungkan karena *present value* dari aliran kas yang masuk melebihi pengeluaran kas. Berbeda halnya jika NPV menunjukkan angka negatif, maka proyek atau investasi tersebut dianggap tidak memberi keuntungan. NPV menjadi alat evaluasi yang utama dalam menetapkan strategi investasi karena mempertimbangkan nilai waktu uang dan menunjukkan seberapa besar kontribusi proyek atau investasi terhadap peningkatan nilai perusahaan. Semakin besar nilai NPV, semakin signifikan dampak positif investasi tersebut terhadap nilai perusahaan. Suatu usaha dianggap layak dijalankan jika NPV lebih besar dari nol ($NPV > 0$) yang menunjukkan usaha tersebut menghasilkan keuntungan. Berbeda halnya jika NPV kurang dari nol atau lebih kecil dari nol ($NPV < 0$), maka usaha dinilai tidak layak untuk dilanjutkan. Sementara itu, jika NPV setara dengan nol ($NPV = 0$), maka usaha berada dalam kondisi impas tanpa adanya keuntungan maupun kerugian yang diperoleh (Dhamayanti, 2024).

2.3.2 Internal Rate Return

Internal Rate of Return (IRR) merupakan salah satu metode dalam analisis kelayakan investasi yang digunakan untuk mengetahui tingkat pengembalian internal dari suatu proyek. IRR mencerminkan tingkat pengembalian yang dapat dihasilkan dari investasi tanpa memperhitungkan biaya modal eksternal. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan tingkat suku bunga pasar atau tingkat pengembalian minimum yang diharapkan, yang dikenal dengan istilah *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). IRR ditentukan dengan cara mencari tingkat diskonto yang membuat nilai sekarang bersih (*Net Present Value* atau NPV) menjadi nol. Hal ini menunjukkan IRR adalah tingkat suku bunga di mana jumlah arus kas masuk yang didiskontokan setara dengan total biaya investasi yang

dikeluarkan. IRR menggambarkan efisiensi dari suatu investasi berdasarkan pengembalian modal yang telah ditanamkan.

Langkah perhitungan IRR umumnya dilakukan dengan mencoba dua tingkat diskonto satu menghasilkan NPV positif, dan satu lagi menghasilkan NPV negatif. Perhitungan dilakukan dengan interpolasi antara kedua nilai tersebut untuk mendapatkan nilai IRR yang lebih akurat. Kelayakan suatu proyek ditentukan berdasarkan perbandingan antara nilai IRR dan MARR. Jika IRR lebih tinggi dari MARR, maka proyek dinilai layak untuk dilaksanakan karena mampu memberikan keuntungan di atas tingkat pengembalian minimum yang disyaratkan. Jika IRR lebih rendah dari MARR, maka proyek dianggap tidak layak secara finansial. IRR memiliki tiga interpretasi utama, yaitu IRR lebih rendah dari *Social Opportunity Cost of Capital* atau biaya kesempatan modal sosial, maka usaha tersebut dianggap tidak layak dijalankan. Jika IRR sama dengan SOCC, usaha tersebut berada pada titik impas (*break even*). Jika IRR lebih tinggi dari SOCC, maka usaha dinilai layak secara finansial (Kurniawan, 2019).

2.3.3 Break Even Point

Break Even Point (BEP) merupakan suatu kondisi di mana total pendapatan yang diperoleh perusahaan sama dengan total biaya yang dikeluarkan, baik biaya tetap maupun biaya variabel. Pada titik ini, perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. BEP terjadi ketika pendapatan hanya cukup untuk menutupi seluruh biaya operasional. Jika pendapatan hanya mampu menutup biaya variabel dan sebagian biaya tetap, maka perusahaan berada dalam kondisi merugi. Hal yang sama, keuntungan akan diperoleh jika pendapatan melebihi keseluruhan biaya. Analisis BEP memiliki peran penting dalam perencanaan operasional perusahaan, antara lain sebagai dasar untuk menyusun rencana pencapaian laba, sebagai acuan dalam menetapkan harga jual berdasarkan target keuntungan, serta sebagai bahan pertimbangan manajemen dalam mengambil keputusan strategis. (Kusumawardani dan Alamsyah, 2020).

BEP memiliki beberapa asumsi yang perlu diperhatikan agar perhitungan BEP menjadi akurat, yakni penting untuk membedakan secara jelas antara biaya tetap dan biaya variabel. Jika terdapat biaya yang bersifat campuran, maka sebagian tetap dianggap sebagai biaya tetap dan sebagian lainnya sebagai biaya variabel. Biaya tetap tidak berubah meskipun terjadi peningkatan volume produksi. Biaya variabel akan berubah secara proporsional dengan perubahan jumlah produksi. Harga jual per unit produk dianggap tetap, terlepas dari jumlah barang yang dijual. Terakhir, jika perusahaan memproduksi lebih dari satu jenis produk, maka diasumsikan bahwa proporsi komposisi produk tersebut tetap. (Kusumawardani dan Alamsyah, 2020).

2.3.4 *Benefit-Cost Ratio*

Benefit Cost Ratio (B/C Ratio) merupakan rasio yang membandingkan antara total manfaat atau pendapatan (*benefit*) dengan seluruh biaya yang dikeluarkan (*cost*) dalam suatu proyek atau kegiatan usaha. Perhitungan ini memperhitungkan tingkat suku bunga dan menjadi salah satu alat analisis finansial untuk menilai kelayakan proyek. Apabila nilai B/C Ratio lebih besar dari nol, maka usaha dianggap layak dijalankan, dan semakin tinggi nilainya, semakin besar pula keuntungan yang dapat diperoleh dari kegiatan tersebut (Trisna dkk., 2022). Metode ini memberikan gambaran sejauh mana pendapatan mampu menutupi biaya produksi dan memberikan keuntungan.

Perhitungan B/C Ratio melibatkan manfaat (*benefit*) dan biaya (*cost*) yang telah didiskonto. Benefit yang dihitung secara positif menunjukkan total keuntungan dengan mempertimbangkan faktor diskonto, sedangkan biaya yang didiskonto negatif menggambarkan nilai pengeluaran dalam nilai sekarang. Menurut Dhamayanti (2024), jika nilai B/C Ratio lebih dari 1, maka proyek dinilai menguntungkan. Sebaliknya, jika nilainya di bawah 1, proyek dianggap merugikan. Gandaria dkk. (2023) juga menegaskan bahwa investasi hanya layak untuk dilakukan apabila B/C Ratio lebih besar dari 1, berada dalam kondisi impas jika sama dengan 1, dan tidak layak apabila kurang dari 1.

2.3.5 Payback Period

Payback Period (PP) merupakan metode penilaian kelayakan investasi yang digunakan untuk menghitung lamanya waktu yang dibutuhkan agar modal awal yang telah ditanamkan dapat kembali sepenuhnya. Menurut Zifa dkk. (2023), tujuan utama dari metode ini adalah untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan hingga seluruh dana investasi bisa diperoleh kembali melalui arus kas masuk. Investasi dengan periode pengembalian yang lebih cepat cenderung lebih menarik bagi para pelaku usaha karena risikonya dianggap lebih rendah. Metode PP juga memiliki kelemahan, yaitu tidak mempertimbangkan nilai waktu uang (*time value of money*) serta mengabaikan arus kas setelah masa pengembalian modal berakhir. Menurut Gandhi dan Purwana (2023), suatu usaha dinilai layak apabila jangka waktu pengembalian modal (PP) lebih pendek dibandingkan usia ekonomis usaha tersebut.

Metode *Payback Period* (PP) kerap dipilih karena kesederhanaannya dan kemampuannya dalam memberikan gambaran cepat mengenai seberapa cepat suatu investasi dapat dikembalikan. Semakin singkat periode PP, maka semakin cepat pula modal awal dapat diperoleh kembali. Namun demikian, pendekatan ini tidak dapat memberikan informasi yang lengkap mengenai profitabilitas jangka panjang sebuah usaha, karena tidak mempertimbangkan diskonto dan arus kas setelah titik impas tercapai. Oleh sebab itu, penggunaan PP sebaiknya dikombinasikan dengan metode analisis lain agar pengambilan keputusan investasi menjadi lebih menyeluruh. Menurut Dhamayanti (2024), terdapat dua kriteria utama dalam menilai kelayakan usaha berdasarkan PP: investasi dianggap layak apabila periode pengembalian lebih singkat dari usia usaha, dan dinyatakan tidak layak jika waktu pengembaliannya lebih lama dari umur usaha tersebut.

2.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan metode yang digunakan untuk menilai sejauh mana hasil kelayakan suatu proyek akan berubah jika terdapat perubahan pada salah satu variabel utama, seperti harga jual, biaya produksi, atau volume penjualan, sementara variabel lainnya dianggap tetap. Analisis ini bertujuan untuk

mengidentifikasi variabel-variabel kunci yang paling memengaruhi kelayakan finansial proyek. Analisis sensitivitas berperan penting dalam mengevaluasi risiko finansial karena memungkinkan pengambil keputusan untuk melihat dampak dari ketidakpastian asumsi terhadap indikator investasi seperti NPV dan IRR. Analisis sensitivitas pada kriteria keputusan dapat terjadi karena adanya informasi tambahan sehingga pengambil keputusan mengubah penilaiannya. Terjadinya perubahan penilaian tersebut menyebabkan berubahnya urutan prioritas alternatif (Widaningsih, 2017). Dalam konteks pemanfaatan limbah batang kelapa sawit tua menjadi biopelet, analisis sensitivitas dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan harga jual atau biaya bahan baku akan memengaruhi kelayakan finansial proyek. Sebagai contoh, jika sedikit penurunan harga jual menyebabkan NPV menjadi negatif, maka proyek dapat dikatakan memiliki risiko pasar yang tinggi dan perlu strategi mitigasi. Analisis sensitivitas membantu manajemen dalam mengantisipasi skenario terburuk dan terbaik, serta sebagai dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih hati-hati, terutama pada proyek-proyek yang menghadapi ketidakpastian tinggi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Oktober 2025 di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data laporan produksi dan keuangan, dokumentasi, dan literatur atau studi pustaka mengenai analisis kelayakan finansial. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu lembar pertanyaan, buku, alat tulis, laptop, dan *smartphone*.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam pembuatan biopelet berbasis batang kelapa sawit tua umumnya menggunakan menggunakan metode survei langsung. Data yang dikumpulkan melalui survei tersebut dan dianalisis secara deskriptif dengan tujuan utama untuk mencari solusi atas permasalahan yang ada. Sumber data yang digunakan meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan dengan melakukan wawancara kepada narasumber yang memproduksi biopelet dengan menggunakan pertanyaan yang telah disiapkan sebelumnya. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai literatur, referensi pustaka, dan dokumentasi. Analisis kelayakan finansial usaha biopelet berbahan baku batang kelapa sawit tua dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa

asumsi perhitungan. Kapasitas produksi diasumsikan Data yang dikumpulkan ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik kemudian dianalisis dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode NPV, IRR, BEP, B/C Ratio, PP dan analisis sensitivitas.

3.4 Uji Finansial

3.4.1 NPV (*Net Present Value*)

Net Present Value (NPV) merupakan suatu proyek selisih antara nilai sekarang (*present value*) dari manfaat terhadap arus biaya. Dalam menghitung NPV dibutuhkan informasi mengenai tingkat suku bunga yang relevan. Rumus perhitungan NPV menurut Tolani dan Hussain (2013) adalah sebagai berikut:

$$NPV = \frac{\sum_{t=0}^n B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Keterangan:

B_t = keuntungan

C_t = biaya

n = jumlah tahun

i = tingkat bunga (diskonto)

Kriteria investasi berdasarkan NPV yaitu:

- a. NPV = 0, artinya proyek tersebut tidak untung maupun rugi.
- b. NPV > 0, artinya proyek memberikan keuntungan
- c. NPV < 0, artinya proyek tersebut merugikan

3.4.2 IRR (*Internal Rate Return*)

IRR merupakan tingkat rata-rata keuntungan intern tahunan bagi perusahaan yang melakukan investasi dan dinyatakan dalam satuan persen. Tingkat IRR mencerminkan tingkat suku bunga maksimal yang dapat dibayar oleh proyek untuk sumberdaya yang digunakan. Suatu investasi dianggap layak apabila memiliki nilai IRR lebih besar daripada tingkat suku bunga yang berlaku,

demikian juga sebaliknya. Rumus IRR menurut (Husnan & Suwarsono, 2000) yaitu:

$$IRR = i + \frac{NPV}{NPV - NPV'} (i' - i)$$

Keterangan:

$i (i' - i)$ = Discount rate yang menghasilkan NPV positif

i' = Discount rate yang menghasilkan

NPV negatif NPV = NPV yang bernilai positif

NPV = NPV yang bernilai negative

3.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point dapat menggunakan berbagai metode termasuk secara analitis dan grafis. Metode ini didasarkan pada konsep *break even* yang berarti total pendapatan dalam suatu periode tertentu telah mencapai jumlah yang sama dengan total biaya. Titik Impas terjadi apabila total pendapatan setara dengan jumlah biaya tetap dan biaya variabel (Cafferky dalam siagian dkk., 2023)

$$BEP \text{ Produksi} = \frac{a}{p-b}$$

$$BEP \text{ rupiah} = \frac{a}{1 - \left[\frac{bx}{px} \right]}$$

Keterangan :

p = harga jual produk per unit

x = jumlah unit produk yang dijual atau diproduksi

a = biaya tetap total

b = biaya variabel untuk setiap produk

Kriteria penilaian BEP produksi sebagai berikut.

1. Apabila BEP produksi < jumlah produksi, maka dianggap menguntungkan dan layak untuk dilanjutkan.
2. Apabila BEP produksi = jumlah produksi, maka usaha berada pada titik impas, yaitu tidak ada keuntungan maupun kerugian.
3. Apabila BEP produksi > jumlah produksi, maka usaha dianggap tidak

menguntungkan dan tidak layak dilaksanakan.

Kriteria penilaian BEP harga sebagai berikut.

1. Apabila BEP rupiah < jumlah harga, maka usaha dianggap menguntungkan dan layak untuk dilanjutkan.
2. Apabila BEP rupiah = jumlah harga, maka dianggap tidak ada keuntungan maupun kerugian.
3. Apabila BEP rupiah > jumlah harga, maka dianggap tidak menguntungkan dan tidak layak dilaksanakan.

3.4.3 *Net Benefit and Cost Ratio (B/C Ratio)*

Net Benefit dan Cost Ratio (Net B/C Rasio) merupakan angka perbandingan antar jumlah nilai sekarang yang bernilai positif dengan jumlah nilai sekarang yang bernilai negatif. Adapun rumus perhitungan Net B/C yaitu (Husnan & Suwarsono, 2000):

$$B/C = \left(\sum_t^n = \frac{B_t}{(1+i)^t} \right) \setminus \left(\sum_t^n = \frac{C_t}{(1+i)^t} \right)$$

$$\text{Berarti, } \frac{(B_t - C_t > 0)}{(B_t - C_t < 0)}$$

Keterangan :

Bt = Keuntungan

Ct = Biaya

n = Jumlah tahun

i = Tahun bunga (diskonto)

Kriteria investasi berdasarkan Net B/C rasio adalah:

- a. Net B/C = 1, maka NPV = 0, artinya proyek tidak untung ataupun rugi.
- b. Net B/C > 1, maka NPV > 0, artinya proyek tersebut menguntungkan.
- c. Net B/C < 1, maka NPV < 0, artinya proyek tersebut merugikan.

3.4.4 *Payback Period*

Payback Period digunakan untuk melihat jangka waktu pengembalian suatu investasi yang dikeluarkan. Semakin kecil *Payback Period* menunjukkan semakin cepat jangka waktu pengembalian suatu investasi dan semakin kecil risiko yang dihadapi oleh investor. Rumus untuk menghitung *Payback Period* yaitu (Husnan & Suwarsono, 2000):

$$\text{Payback Period} = \frac{I}{A_b}$$

Keterangan:

I = Besarnya investasi yang dibutuhkan

Ab = Benefit bersih yang dapat diperoleh setiap tahun nya

3.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah teknik yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana perubahan dalam satu variabel input utama (seperti harga jual, biaya produksi, volume penjualan, dll.) akan mempengaruhi hasil akhir dari suatu proyek, seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit-Cost Ratio* (B/C), atau *Payback Period*. Metode ini sangat berguna untuk mengukur tingkat risiko dan ketidakpastian dari asumsi-asumsi yang digunakan dalam studi kelayakan proyek. Beberapa asumsi atau variabel antara lain sebagai berikut.

1. Jika harga jual biopellet turun 10% dan menyebabkan NPV turun sebesar 30%, maka proyek tersebut sangat sensitif terhadap harga pasar.
2. Jika biaya produksi naik 10% tapi NPV hanya turun 5%, maka proyek tidak terlalu sensitif terhadap biaya produksi.

3.6 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder yang keduanya bersifat kuantitatif serta berkaitan dengan aspek keuangan (finansial). Data tersebut dikumpulkan melalui berbagai metode sebagai berikut.

1. Wawancara
Pada penelitian ini, wawancara dilakukan oleh penulis terhadap narasumber

biopellet yang ahli dibidangnya menggunakan lembar pertanyaan yang telah disiapkan.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan oleh penulis dengan mengacu pada berbagai sumber, seperti buku, tesis, skripsi, jurnal, internet, serta dokumen-dokumen lain yang mendukung penelitian ini. Studi literatur ini membantu peneliti dalam menemukan solusi atas masalah yang diteliti sehingga dapat mempermudah proses analisis yang tepat terhadap permasalahan yang dihadapi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis kelayakan finansial usaha Biopelet berbahan dasar batang kelapa sawit tua bebas nira dinyatakan layak atau *feasible* untuk dijalankan. Berdasarkan nilai NPV sebesar Rp 15.694.146 (>0), nilai IRR sebesar 7,96% ($>6\%$), nilai BEP rupiah sebesar Rp 78.535.714, sedangkan BEP produksi sebesar 15.707 kilogram, nilai *Net B/C Ratio* sebesar 1,28 (>1), dan *Payback Period* sebesar 4,76 atau setara dengan 4 tahun 9 bulan 4 hari (<5 tahun).
2. Analisis sensitivitas usaha Biopelet berbahan dasar batang kelapa sawit tua bebas nira menunjukkan bahwa jika terjadi peningkatan biaya bahan baku batang kelapa sawit tua sebesar 5% dan peningkatan biaya operasional sebesar 8,66%, maka usaha Biopelet tetap dinyatakan layak untuk dijalankan.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pemanfaatan batang kelapa sawit tua hasil replanting sebagai bahan baku biopelet dapat mengurangi limbah biomassa sekaligus meningkatkan nilai tambah ekonomi dan menjaga kelestarian lingkungan.
2. Perusahaan perlu melakukan pencatatan serta evaluasi keuangan secara rutin untuk mengetahui kondisi arus kas, keuntungan, kerugian, dan kendala yang perlu diperbaiki.
3. Perluasan jaringan pemasaran hingga pasar internasional, khususnya ke negara beriklim empat musim, dapat meningkatkan daya saing dan keuntungan usaha biopelet.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoli, Ravindran, dan Zhang. 2018. *Production of fuel pellets from biomass: Effect of pelletizing conditions on density and durability. Renewable Energy*, 119, 142–151.
- Andrew, J., Prasetyo, D., dan Mahendra, R. 2018. Analisis Kelayakan Finansial Usaha Produksi Biopellet Berbahan Baku Kulit Kopi. *Jurnal Agroindustri dan Teknologi*, 10(2), 101–110.
- Assegaf, A. R. 2019. Pengaruh biaya tetap dan biaya variabel terhadap profitabilitas pada PT. Pecel lele lela internasional, cabang 17, Tanjung Barat, Jakarta Selatan. *Jurnal Ekonomi dan Industri*, 20(1).
- Ashari, S. 2022. Kelayakan finansial pengembangan usaha mikro berbasis komoditi lokal. *Forum Agribisnis (Agribusiness Forum)*. 12 (1) : 12-22.
- Aziz, M, K., Setiawan, R,A., dan Kuswardhani, N.2015. Analisis Kelayakan Finansial pendirian industri Biopellet Kulit Ubi Kayu di Kabupaten Jember. *Jurnal Industria*. Vol 3 (1): 27-32.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Statistik Kelapa Sawit Indonesia . Indonesian Oil Palm Statistics 2023. 1-166.
- Chary, K., Kokossis, A., dan Nguyen, T. 2018. *Cultivating biomass locally or importing it? Environmental impact assessment of global biomass supply networks. Journal of Cleaner Production*, 172, 2183–2197.
- Dhamayanti, O. O. 2024 Analisis kelayakan finansial budidaya melon sistem *Greenhouse* di Kecamatan Wates Kabupaten Blitar. *Tesis*. Program Studi Magister Agribisnis. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 1-68.
- Faiz, M.M.K. 2015. Pemanfaatan produk cair hasil pirolisis sebagai pelarut perekat pada biobriket cangkang kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(2), 123-135.
- Falah, M., dan Nelza, N. 2022. Pembuatan Biopellet dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Bahan Bakar Terbarukan. *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, hlm. 90–95.

- Fatrias, D., Irawan, S., dan Pranowo, D. 2020. Potensi Biopelet dari Biomassa Limbah Pertanian sebagai Energi Terbarukan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 11(2), 75-82.
- Fauziah, N. 2009. Pembuatan arang aktif secara langsung dari kulit *Acacia Mangium Wild* dengan aktivasi fisika dan aplikasinya sebagai adsorben. *Jurnal Teknik Kimia*, 8(3), 45-59.
- Gandaria, D. Y., Kaparang, F. E., Kayadoe, M. E., Masengi, K. W. A., Manu, L., dan Pangalila, F. P. T. 2023. Studi teknis dan kelayakan usaha kapal *pole and line: technical studies and business feasibility of pole and line vessels*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*. 8(2) : 84-91.
- Gandhi, P., dan Purwana, I. S. 2023. Kelayakan finansial pendirian bisnis sosis sapi PT XYZ di Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia. *PETERPAN (Jurnal Peternakan Terapan)*. 5(1) : 30-40.
- Gilbert, S. Z., Pujiyanto, T., dan Kurniawan, K. I. A. 2025. Analisis kelayakan usaha kertas daur ulang dengan pemanfaatan limbah kulit kopi dan pelepah pisang. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, 2(05 Oktober), 7780-7792.
- Guntur, A. 2021. Analisis *Break Even Point* (BEP) untuk Penentuan Titik Impas pada Usaha Kecil dan Menengah. *Jurnal Akuntansi dan Manajemen*, 7(3), 45-58.
- Handayani, R., Santosa, P. W., dan Yunita, R. (2018). Analisis Kelayakan Finansial Usaha Produksi Pelet Kayu Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 16(2), 161–168.
- Hendra, M. P. 2024. Mengukur kinerja dan analisis kelayakan investasi proyek pengadaan alat berat di pabrik pemurnian minyak bumi. *Jurnal Sebatik*, 1(1), 1–10.
- Hendra, M. P. 2024. Mengukur Kinerja dan Analisis Kelayakan Investasi Proyek Melalui Metode Payback Period dan NPV. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Modern*, 9(1), 25–33.
- Herma, M., dan Pranowo, D. 2014. Produktivitas jagung sebagai tanaman sela pada peremajaan sawit rakyat di Bagan Saptu Permai Riau. *Seminar Nasional Serealia*, 1-8.
- Husnan, S., dan Suwarsono. 2000. Studi kelayakan proyek: Analisis dan penerapan dalam dunia usaha. *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 10(2), 123-136.

- Ibitoye, S. E., Oyetunji, O. R., dan Owoyemi, T. J. 2022. *Design and fabrication of a biomass densification machine. International Journal of Engineering Research and Technology*, 11(5), 56–65.
- Iriawan, T., Mustakim, Y. H., dan Rahman, Q. R. 2023. Financial feasibility analysis of housing development (Case study: Padaelo Regency Housing in Maros Regency). *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 40–52.
- Istiqomah, N., Efrina, L., Akbar, E.E. 2023. Pengaruh biaya produksi dan harga jual terhadap tingkat keuntungan Home Industri Kripik menurut persepektif ekonomi islam. *Jurnal Az Zahra: Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*. 1(1) : 551-560.
- Jagaba, A., Kutty, S. dan Hayder, G. 2021. *A systematic literature review on waste-to-resource potential of palm oil clinker engineering for sustainable and environmental applications. Materials* 14 (16), 4456.
- Jiang, F., Awaitey, J., dan Xie, H. 2022. *Analysis of construction cost and investment planning using time series data. Sustainability*, 14(19), 12543.
- Kartini, T. 2017. Pengaruh pendapatan usaha dan biaya operasional terhadap laba bersih. *Almana: Jurnal Manajemen dan Bisnis*. 1(2) : 63-76.
- Kurniawan, R. 2019. Analisis studi kelayakan keuangan sentra peningkatan performa olahraga indonesia (SP2OI) di Menara Mandiri *Fair Value. Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan*. 2(1) : 23-36.
- Kusumawardani, A., dan Alamsyah, M. I. 2020. Analisis perhitungan BEP (*break even point*) dan margin of safety dalam penentuan harga jual pada usaha kecil menengah. *Jurnal Ilmu Keuangan dan Perbankan (JIKA)*. 9(2) : 117-130.
- Marlida, Y., Mirza, Arief, S., Amru, K. 2014. Produksi Glukosa Dari Batang Kelapa Sawit Melalui Proses Hidrolisis Secara Enzimatis Menggunakan Amilase Termotabil. *Jurnal Riset kimia*, Vol. 7. No.2. 194 200.
- Nainggolan, S., Marpaung, I., Hutasoit, H., Zega, N., dan Siallagan, H. 2024. Analisis Perilaku Biaya Terhadap Biaya Tetap dan Biaya Variabel. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 3(5), 2415-2424.
- Nurahmalika, S., Relawati, R., dan Baroh, I. 2021. Analisis kelayakan finansial dan sensitivitas UKM Kue Kering “Loyang Ncim” di Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang. *Jurnal Agribest*. 5(2) : 124-130.

- Nuryawan, A., Dalimunthe, A., & Saragih, R. N. (2012). Sifat fisik dan kimia ikatan pembuluh pada batang kelapa sawit (*Physical and chemical properties of oil palm trunk vascular bundles*). *FORESTA: Indonesian Journal of Forestry*, 1(2), 34–40.
- Oktari, K. 2014. Pembuatan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator HCl, NaOH, dan NaCl. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2), 45-58.
- Oktaviani, A., Sari, D. P., & Putra, R. A. (2023). Pengaruh biaya overhead pabrik terhadap biaya tenaga kerja langsung pada perusahaan manufaktur. *Jurnal Akuntansi dan Manajemen*, 15(2), 123–134
- Parulian AS, Gunawan J, dan Arief FB. 2013. Evaluasi Kesuburan Tanah untuk Replanting Kelapa Sawit di Afdeling 1 PTPN XIII Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian vol 2 (2)*.
- Polii, R. Y., Sabijono, H., dan Gamaliel, H. 2021. Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi dengan Metode *Activity Based Costing* pada CV. VEREL TRI PUTRA MANDIRI. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 9(3), 880-891.
- Prabawa, I. D. G. P. 2018. *Effects of Biomass Moisture Content and Process Temperature on Biopellet Quality Derived from Rubber Seed Shell and Ater Bamboo (Gigantochloa atter)*. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 10(2), 63-74.
- Putra, R., Suryani, M., dan Alamsyah, A. 2019. Analisis Net B/C Ratio pada Proyek Investasi di Sektor Energi Terbarukan. *Jurnal Ekonomi dan Investasi*, 32(2), 87-94.
- Putri, R. 2025. Pengaruh BI Rate terhadap Inflasi dan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia: Pendekatan Model Ekonometrika. *Jurnal Ekonomi Makro*, 18(3), 124-139.
- Ramadhan, D. 2018. Keterbatasan Penggunaan B/C Ratio dalam Pemilihan Proyek Mutually Exclusive. *Jurnal Manajemen Proyek*, 21(4), 213-221.
- Rizky, F., Siti, M., dan Dita, L. 2023. Evaluasi Kelayakan Proyek Berdasarkan Metode NPV dan IRR dalam Industri Manufaktur. *Jurnal Keuangan dan Investasi*, 14(1), 102-115.
- Rusdianto, A. S., Choiron, M., dan Novijanto, N. 2014. Karakterisasi limbah industri tape sebagai bahan baku pembuatan biopelet. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 3(1), 27–32105–112.
- Rusdianto, A. S., Septyatha, F., dan Choiron, M. 2018. Analisis kelayakan finansial industri biopelet kulit kopi di Kabupaten Jember. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 89-94.

- Rusmayanti, N., Widiastuti, T., dan Hartati, S. 2022. Analisis Payback Period pada Usaha Pembesaran Udang Maju Bersama. *Jurnal Agroindustri dan Bisnis*, 10(2), 45-52.
- Safitri, A., dan Wulandari, S. 2022. Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pulp dan Bioenergi. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 6(2).
- Salsabillah, S. Z. 2021. Analisis studi kelayakan bisnis pada inovasi pengembangan produk gantungan baju plastik multifungsi. *Jurnal Ekombis*. 7(2) : 118–127.
- Saputro. 2009. Pengaruh senyawa ekstraktif terhadap sifat fisikokimia dan reaktivitas kayu dalam proses pengolahan. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 22(1), 45–53.
- Setiawan, R, A ., Septyatha, F., dan Choiron, Mil. 2018. Analisis Kelayakan Finansial Industri Biopellet Kulit Kopi di Kabupaten Jember. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2): 89-94.
- Siagian, P., Kuswandi, S., Tongeng, M.I.M.A.B., Alyah, R., Asmeati, H.S., Widarman, A., Siagian, L., Rosytha, A. 2023. Ekonomi Teknik. *Medan. Yayasan Kita Menulis*. 1-156.
- Siddiquee S, Shafawati SN, dan Naher L. 2017. *Effective composting of empty fruit bunch using potential trichoderma strains. Journal Biotechnology Reports*. 13: 1-7.
- Simanjuntak, M.J., dan Hasibuan, S. 2019. Dampak pencemaran limbah terhadap kualitas air sungai dan pemanfaatannya oleh masyarakat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 123–131.
- Siregar, A. M., Nasution, M. A., dan Hidayat, H. 2021. Potensi Limbah Batang Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Biopellet. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 7(1), 45-52.
- Siregar, F. A., Daulay, B., dan Simanjuntak, R. 2021. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Bahan Baku Kompos dan Energi Terbarukan. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 10(1), 45–52.
- Siregar, I., Putra, R., dan Manurung, H. 2020. Analisis Kelayakan Finansial Pengembangan Industri Biopellet Berbasis *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita*. *Jurnal Kehutanan dan Agroindustri*, 12(3), 145–154.
- Stelte, W., Holm, J. K., Sanadi, A. R., Barsberg, S., Ahrenfeldt, J., and Henriksen, U. B. 2012. *Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. Fuel*, 90(11), 3285–3290.

- Tolani, V. C., dan Hussain, H. 2013. Strategic change in model of fruit and vegetables supply chain. *The Global Journal of Management and Business*, 3(9), 965–970.
- Trisna, N., Mahessya, R. A., dan Elva, Y. 2022. Analisis kelayakan suatu produksi usaha UD. Pelita Kita dengan metode *benefit cost ratio*. *Journal of Science and Social Research*. 5(2) : 297-301.
- Utomo, T. P., Hasanudin, U., Hidayati, S., dan Widaputri, S. 2024. Pemanfaatan ampas batang kelapa sawit tua bebas nira sebagai bahan baku biopellet [*Utilization of sap free old palm dregs as raw material for biopellets*]. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 29(1), 100-108.
- Visser, L. 2020. *Wood pellet supply chain costs: A systematic review of transportation impacts*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109524.
- Widaningsih, S. 2017. Analisis Sensitivitas Metode AHP Dengan Menggunakan Weighted Sum Model (WSM) Pada Simulasi Pemilihan Investasi Sektor Finansial. *Media Jurnal Informatika*, 9(1), 1–8.
- Wulandari, S. A., Slamet, A. H. H., Mutmainah, D. N., Ariyola, N., Rizqullah, R., dan Damayanti, R. 2023. Analisis kelayakan finansial usaha keripik “Kelja Ngoceae” di Sidoarjo. *Jurnal Pertanian Cemara*. 20(1) : 1-10.
- Yaro, N.S.A., Napiyah, M., dan Sutanto, M. 2021. *Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes*. *Case Studies in Construction Materials* 15, 00783.
- Yuliana, D. 2020. Analisis Kelayakan Investasi Armada pada PT Bumi Jasa Utama Menggunakan Metode Payback Period. *Jurnal AkMen*, 17(2), 101–110.
- Yuliawati, L., dan Kurniawan, R. 2020. Analisis NPV dalam Pengambilan Keputusan Investasi: Studi Kasus pada Industri Manufaktur. *Jurnal Manajemen Keuangan*, 18(4), 80-95.
- Zhang, X., Liu, Z., Wang, F., and Yang, H. 2024. Effects of different biomass feedstocks on the pelleting process and pellet qualities. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 69, 103912.
- Zifa, N. M., Zaini, A., dan Husni, S. 2023. Analisis kelayakan finansial agrowisata *golden melon* (Studi Kasus Kelompok Tani Milenial Pesona Alam Desa Wisata Kebon Ayu, Gerung, Lombok Barat). *Jurnal Agrimansion*. 24(2) : 346-358.