

**VALUASI EKONOMI DAN PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR
DALAM PENGELOLAAN LIMBAH KELAPA SAWIT DI
PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL VII BEKRI**

(Skripsi)

Oleh

Dean Artashevi
2214131006



**JURUSAN AGRIBISNIS
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

ECONOMIC VALUATION AND THE IMPLEMENTATION OF A CIRCULAR ECONOMY IN PALM OIL WASTE MANAGEMENT AT PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL VII BEKRI

By

DEAN ARTASHEVI

The increasing volume of waste generated by the palm oil processing industry, along with rising fresh fruit bunch production, has the potential to cause environmental impacts if not managed sustainably. The circular economy approach offers a solution by transforming waste into economically valuable resources. This study aims to analyze the implementation of circular economy principles, assess the economic value of waste management, and examine community perceptions of the existence and impacts of waste generated by PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri. This research employed a case study and survey method through observation, interviews, documentation, and questionnaires administered to 60 respondents selected using simple random sampling. The analysis applied the 5R approach (reduce, reuse, recycle, replace, replant), while economic valuation used market price, benefit transfer, and productivity difference methods. The results show that the 5R principles have been implemented through the utilization of fiber and shells as boiler fuel, processing empty fruit bunches (EFB) and POME as fertilizer and for land application, and selling palm kernel cake as animal feed. The total economic value of waste reached IDR 23,436,604,414.30 per year, consisting of direct and indirect use values. Community perceptions of waste existence and impact fall within moderate to high categories. The highest ratings were in environmental (72.07 percent) and social aspects (70.27 percent), while the economic aspect (63.40 percent) was relatively lower because most economic benefits are internally experienced by the company.

Keywords: benefit transfer, circular economy, economic valuation, palm oil, waste management.

ABSTRAK

VALUASI EKONOMI DAN PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR DALAM PENGELOLAAN LIMBAH KELAPA SAWIT DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL VII BEKRI

Oleh

DEAN ARTASHEVI

Tingginya volume limbah industri pengolahan kelapa sawit seiring meningkatnya produksi tandan buah segar berpotensi menimbulkan dampak lingkungan apabila tidak dikelola secara berkelanjutan. Pendekatan ekonomi sirkular menjadi solusi untuk mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan prinsip ekonomi sirkular, menganalisis nilai ekonomi pengelolaan limbah, serta menganalisis persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri. Metode yang digunakan adalah studi kasus dan survei melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan kuesioner kepada 60 responden yang dipilih secara *simple random sampling*. Analisis penerapan ekonomi sirkular menggunakan pendekatan 5R (*reduce, reuse, recycle, replace, replant*), valuasi ekonomi menggunakan metode harga pasar, *benefit transfer*, dan selisih produktivitas. Hasil menunjukkan praktik 5R telah diterapkan melalui pemanfaatan *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler, pengolahan tankos dan POME sebagai pupuk dan aplikasi lahan, serta penjualan bungkil inti sawit sebagai pakan ternak. Total nilai ekonomi limbah mencapai Rp23.436.604.414,30 per tahun, terdiri atas nilai guna langsung Rp2.536.841.229,10 dan nilai guna tidak langsung Rp20.899.763.185,20. Persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah berada pada kategori sedang hingga tinggi. Penilaian tertinggi pada aspek lingkungan (72,07 persen) dan sosial (70,27 persen), masyarakat merasakan dampak lingkungan yang terkendali dan hubungan sosial yang baik dengan perusahaan, sedangkan aspek ekonomi (63,40 persen) relatif lebih rendah karena manfaat ekonomi limbah lebih banyak dirasakan secara internal oleh perusahaan.

Kata kunci: benefit transfer, ekonomi sirkular, kelapa sawit, pengelolaan limbah, valuasi ekonomi

**VALUASI EKONOMI DAN PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR
DALAM PENGELOLAAN LIMBAH KELAPA SAWIT DI
PT PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL VII BEKRI**

Oleh

DEAN ARTASHEVI

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN AGRIBISNIS
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

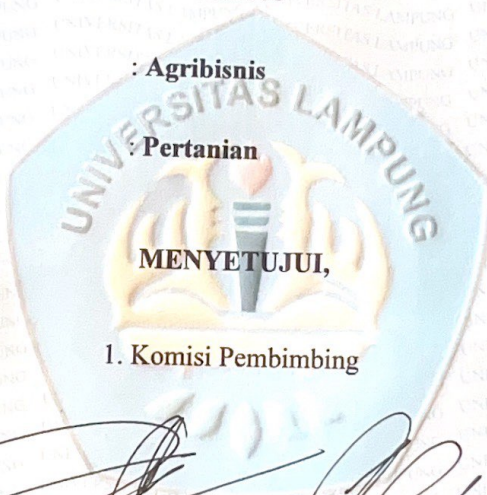
Judul Skripsi : **VALUASI EKONOMI DAN
PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR
DALAM PENGELOLAAN LIMBAH
KELAPA SAWIT DI PT PERKEBUNAN
NUSANTARA IV REGIONAL VII BEKRI**

Nama Mahasiswa : **Dean Artashevi**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2214131006**


Program Studi : **Agribisnis**

Fakultas : **Pertanian**

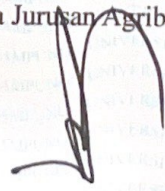


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Zainal Abidin, M.E.S.
NIP 19610921198703100


Lina Marlina, S.P., M.Si.
NIP 198303232008122002

2. Ketua Jurusan Agribisnis


Dr. Teguh Endaryanto, S.P., M.Si.
NIP 196910031994031004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Ir. Zainal Abidin, M.E.S.**

Sekretaris : **Lina Marlina, S.P., M.Si.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Fembriarti Erry Prasmatiwi, M.P.**

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP.196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Maret 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dean Artashevi
NPM : 2214131006
Program Studi : Agribisnis
Jurusan : Agribisnis
Fakultas : Pertanian
Alamat : Dusun III Goras Jaya, RT 015 / RW 003, Goras Jaya,
Bekri, Lampung Tengah, Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dari sumbernya dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandarlampung, 3 Maret 2026
Penulis,



Dean Artashevi
NPM 2214131006

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada tanggal 28 Desember 2003 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Bapak Iswanto dan Ibu Pipit Nuraeni. Pendidikan Taman Kanak-kanak diselesaikan di TK Harapan Bunda pada tahun 2010, Sekolah Dasar di SDN 2 Sinar Banten pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Bangun Rejo pada tahun 2019, dan Sekolah Menengah Atas di SMAS YP Unila Bandar Lampung pada tahun 2022. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri.

Selama masa perkuliahan, penulis mengikuti Praktik Pengenalan Pertanian di Desa Rejo Agung, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran pada tahun 2023. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata pada tahun 2024 melalui konversi Modul Nusantara Program Pertukaran Mahasiswa Merdeka Batch 4 di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Penulis melaksanakan Praktik Umum pada tahun 2025 di *Head Office* PT Perkebunan Nusantara IV Regional II, Kota Medan.

Penulis juga aktif dalam kegiatan akademik dan organisasi. Penulis pernah menjadi Asisten Dosen Ekonomi Mikro pada semester genap 2024/2025, Asisten Dosen Ekonomi Makro pada semester ganjil 2025/2026, serta Asisten Dosen Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan pada semester ganjil 2025/2026. Penulis menjabat sebagai Koordinator Minat dan Bakat

Forum Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian periode 2023/2024 dan Kepala Divisi Pengembangan Akademik dan Profesi Himpunan Mahasiswa Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2024/2025. Penulis juga pernah menjadi *Liaison Officer* tim delegasi Universitas Jember pada Jambore Koperasi Nasional 2023. Penulis meraih Juara I Kompetisi Bahasa Indonesia Olimpiade Nasional Sumpah Pemuda tahun 2025 dan Juara III Lomba Esai Forum Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung tahun 2024.

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkah, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Valuasi Ekonomi dan Penerapan Ekonomi Sirkular Dalam Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit di PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri”**. Proses penyusunan skripsi ini berjalan dengan baik berkat dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Teguh Endaryanto, S.P., M.Si., sebagai Ketua Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Novi Rosanti, S.P., M.E.P., sebagai Ketua Program Studi Agribisnis sekaligus Dosen Pembimbing Akademik atas arahan dan pendampingan yang diberikan sejak awal perkuliahan hingga penyelesaian studi.
4. Prof. Dr. Ir. Zainal Abidin, M.E.S., sebagai Dosen Pembimbing Pertama atas waktu, bimbingan, dan arahan yang diberikan dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Lina Marlina, S.P., M.Si., sebagai Dosen Pembimbing Kedua atas waktu, bimbingan, dan arahan yang diberikan dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Ir. Fembriarti Erry Prasmatiwi, M.P., sebagai Dosen Pembahas atas saran dan masukan yang diberikan untuk penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Iswanto, Ibu Pipit Nuraeni, dan Rista Alicia, yang selalu menjadi alasan untuk melangkah dan kembali bagi penulis.

8. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Agribisnis atas ilmu yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
9. Pihak PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri, khususnya Pak Anggi, Pak Noveri, Pak Franata, atas kesempatan dan informasi yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
10. Raditya Sahril, Natasya Wilson, Putu Narendra, Armayati Primadani, Rafael Pandiangan, Marsyah Gafur, atas dukungan yang tetap terasa hangat meski terpisah kota bahkan pulau.
11. Ragil Bangkit Prasajo, Ahmanda Camelia, Aidila Fitri Yana, Aldi Prasetyo, Chika Putri, Ahmad Fadhel, Larasati Kartika, Jovanca Imtinan, Rifaldy Simanungkalit, Veland Gecha, Vera Amelia, atas kebersamaan, masukan serta dukungan yang diberikan.
12. Karina Pramay Shella dan Faiza Rachmawati, atas kesediaannya memberikan ruang berbagi cerita sejak masa sekolah menengah.
13. Bang Andre Bintang Sembiring dan Bang Raihan Abdurrasyid, atas arahan, berbagi pengalaman, dan kesediaannya membantu menjawab berbagai pertanyaan penulis selama masa perkuliahan.
14. Adik-adik Agribisnis B 2024, atas keceriaan dan suasana menyenangkan yang telah diberikan kepada penulis.
15. Almamater dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Harapan penulis, semoga karya ini dapat memberikan manfaat. Mohon maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan selama proses penulisan skripsi ini.

Bandar Lampung, 3 Maret 2026
Penulis,

Dean Artashevi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN	8
A. Tinjauan Pustaka	8
1. Ekonomi Sirkular	8
2. Prinsip – Prinsip Ekonomi Sirkular	13
3. <i>Zero Waste</i>	15
4. Limbah.....	16
5. Industri Pengolahan Kelapa Sawit	19
6. Limbah Industri Pengolahan Kelapa Sawit	22
7. Valuasi Ekonomi.....	24
8. Analisis Nilai Ekonomi	26
9. Metode <i>Market Price</i>	29
10. Metode <i>Benefit Transfer</i>	31
11. Persepsi.....	33
B. Penelitian Terdahulu.....	34
C. Kerangka Pemikiran.....	38
III. METODE PENELITIAN.....	41
A. Metode Penelitian	41
B. Konsep Dasar dan Batasan Operasional	42
C. Lokasi Penelitian dan Waktu Pengumpulan Data	49
D. Responden.....	51
E. Jenis dan Metode Pengumpulan Data	53
F. Metode Analisis Data	55
1. Analisis Praktik Penerapan Prinsip Ekonomi Sirkular.....	55
2. Analisis Nilai Ekonomi Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit...	56

3. Analisis Persepsi Masyarakat	60
IV. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN	69
A. Gambaran Umum Kabupaten Lampung Tengah.....	69
B. Gambaran Umum Kecamatan Bekri	70
C. Gambaran Umum PT. Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri.....	71
1. Sejarah Perusahaan	71
2. Visi dan Misi Perusahaan	72
3. Nilai-Nilai dan Budaya Perusahaan	73
4. Lokasi dan Tata Letak Perusahaan	73
5. Ketenagakerjaan dan Struktur Organisasi Perusahaan	76
6. Kapasitas Produksi dan Potensi Limbah Pabrik.....	80
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	82
A. Karakteristik Responden	82
1. Karakteristik Responden Pihak Internal Perusahaan.....	82
2. Karakteristik Responden Pihak Eksternal (Masyarakat).....	83
B. Proses Kegiatan Utama	86
1. Proses Pengolahan Kelapa Sawit menjadi CPO.....	88
2. Proses Pengolahan Inti Sawit menjadi PKO	91
3. Kegiatan Penunjang.....	93
C. Proses Pengolahan Limbah Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	95
1. Limbah Padat.....	96
2. Limbah Cair	100
D. Analisis Praktik Penerapan Prinsip Ekonomi Sirkular pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	105
1. <i>Reduce</i> (Mengurangi)	106
2. <i>Reuse</i> (Menggunkan Kembali)	107
3. <i>Recycle</i> (Mendaur Ulang).....	107
4. <i>Replace</i> (Mengganti)	108
5. <i>Replant</i> (Menanam Kembali)	109
E. Analisis Nilai Ekonomi Limbah Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	110
1. Analisis Nilai Guna Langsung (<i>Direct Use Value</i>).....	112
2. Analisis Nilai Guna Tidak Langsung (<i>Indirect Use Value</i>)...	114
3. Total Nilai Ekonomi Limbah.....	118
F. Analisis Persepsi Masyarakat Terhadap Keberadaan dan Dampak Limbah yang Dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	122
1. Aspek Sosial.....	124
2. Aspek Ekonomi	126
3. Aspek Lingkungan	128
G. Rekomendasi Kebijakan Bisnis dan Pengelolaan Limbah Berkbasis Ekonomi Sirkular yang Berkelanjutan	132

VI. KESIMPULAN	136
A. Kesimpulan.....	136
B. Saran	137
DAFTAR PUSTAKA.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Produksi kelapa sawit Provinsi Lampung tahun 2019-2023	2
2. Nama-nama perusahaan pengolahan kelapa sawit di Kabupaten Lampung.....	4
3. Batasan operasional variabel yang berhubungan dengan analisis	46
4. Pernyataan terkait persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah	61
5. Skor pengukuran dalam penelitian	62
6. Hasil uji validitas dan reabilitas pernyataan terkait persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah	64
7. Kategori tingkat persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah	66
8. Matriks analisis data penelitian	68
9. Luas daerah menurut desa/kelurahan di Kecamatan Bekri	71
10. Karakteristik responden pihak internal perusahaan.....	83
11. Karakteristik responden pihak eksternal (masyarakat).....	84
12. Usia responden pihak eksternal (masyarakat)	85
13. Produksi CPO dan PKO PTPN IV Regional VII Bekri periode 2024....	94
14. Produksi limbah padat PTPN IV Regional VII Bekri periode 2024	97
15. Debit limbah cair PTPN IV Regional VII Bekri periode 2024	101
16. Spesifikasi kolam anaerob IPAL PTPN IV Regional VII Bekri.....	102
17. Ringkasan volume dan pemanfaatan hasil pengolahan TBS PTPN IV Regional VII Bekri tahun 2024	105
18. Klasifikasi limbah dan pendekatan valuasi ekonomi	111

19. Penerimaan bungkil inti sawit PTPN IV Regional VII Bekri	112
20. Biaya pengolahan bungkil inti sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	112
21. Produktivitas lahan PTPN IV Regional VII Bekri	117
22. Ringkasan nilai ekonomi limbah kelapa sawit PTPN IV Regional VII Bekri Tahun 2024.....	119
23. Ringkasan nilai ekonomi limbah berdasarkan prinsip 5R.....	120
24. Skor pernyataan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	123
25. Kategori persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	130
26. Perhitungan penyesuaian konsep <i>time value of money</i> limbah padat...	163
27. Perhitungan penyesuaian nilai guna tidak langsung limbah padat berdasarkan UMK	164
28. Produksi CPO dan inti sawit PTPN IV Regional VII Bekri.....	165
29. Produksi PKO dan bungkil inti sawit PTPN IV Regional Bekri.....	171
30. Lahan afdelling III PTPN IV regional VII Bekri	174
31. Skor persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah...	176

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir ekonomi linear	8
2. Bagan alir ekonomi sirkular	9
3. Prinsip 9R pada ekonomi sirkular	11
4. Proses pengolahan CPO dan PKO.....	20
5. Kerangka nilai ekonomi total	27
6. Bagan alir pemikiran	40
7. Tata letak rumah penduduk terhadap pabrik	50
8. Peta penggunaan lahan Kecamatan Bekri	74
9. Tata letak fasilitas pabrik PTPN IV Regional VII Bekri	75
10. Struktur organisasi PTPN IV Regional VII Bekri	77
11. Bagan alir proses pengolahan TBS menjadi CPO dan PKO di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	87
12. Limbah padat Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	100
13. Limbah cair berupa palm oil mill effluent (POME).....	101
14. Diagram layang persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah	131
15. Pengisian tandan buah segar ke dalam lori.....	178
16. Mesin hopper pada pabrik pengolahan inti sawit.....	178
17. Pengolahan tandan kosong menggunakan bunch press.....	178
18. Bungkil inti sawit yang siap didistribusikan.....	178
19. Foto bersama responden internal perusahaan (krani).....	179
20. Pabrik pengolahan inti sawit	179
21. Pabrik pengolahan kelapa sawit	179

22. PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri	179
23. Sungai Way Tipo	180
24. Pemukiman penduduk Desa Sinar Banten	180
25. Jembatan untuk menyeberangi Way Tipo.....	180
26. Foto bersama responden eksternal (masyarakat).....	180
27. Foto bersama responden eksternal (masyarakat).....	181
28. Foto bersama responden eksternal (masyarakat).....	181
29. Foto bersama responden eksternal (masyarakat).....	181
30. Foto bersama responden eksternal (masyarakat).....	181

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Subsektor perkebunan di Indonesia memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan ekonomi yang berfungsi sebagai penyedia bahan baku industri, sumber devisa, dan penyerap tenaga kerja (Situmeang *et al.*, 2024). Peran tersebut tercermin dalam kontribusi sektor pertanian terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Data Badan Pusat Statistik (2023) menunjukkan bahwa sektor pertanian menyumbang 12,53% terhadap PDB, dengan subsektor tanaman perkebunan sebagai penyumbang terbesar sebesar 3,88%. Komoditas unggulan yang dihasilkan antara lain karet, kopi, kakao, tebu, dan kelapa sawit. Komoditas kelapa sawit menjadi penopang utama perekonomian Indonesia karena memiliki nilai ekonomi dan volume produksi yang tinggi (Ximenes *et al.*, 2022). Hal tersebut menegaskan bahwa subsektor perkebunan, terutama kelapa sawit, menjadi tulang punggung ekonomi nasional yang tidak dapat diabaikan.

Kelapa sawit menjadi komoditas unggulan yang menempatkan Indonesia sebagai produsen terbesar dunia (Sulaiman *et al.*, 2024). Luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 15,9 juta hektar dan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) mencapai 47 juta ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan (2024), ekspor CPO dan produk turunannya mencapai 26,1 juta ton dengan nilai devisa sebesar USD 22,7 miliar pada tahun 2023. Posisi ini menegaskan peran vital industri kelapa sawit terhadap perekonomian nasional. Provinsi Lampung menjadi salah satu sentra penghasil kelapa sawit di Indonesia. Data produksi kelapa sawit Provinsi Lampung tahun 2020-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi kelapa sawit Provinsi Lampung tahun 2019-2023

No	Kabupaten/Kota	Produksi Kelapa Sawit (Ton TBS)				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Lampung Barat	17	19	23	25	46
2	Tanggamus	41	43	20	7	5
3	Lampung Selatan	11.640	10.521	9.977	9.918	9.701
4	Lampung Timur	7.920	7.128	6.923	6.944	7.262
5	Lampung Tengah	43.503	43.095	43.149	43.148	43.153
6	Lampung Utara	4.663	4.750	5.672	4.713	4.403
7	Way Kanan	26.664	27.665	27.681	26.923	26.923
8	Tulang Bawang	46.612	46.807	47.140	48.062	48.062
9	Pesawaran	681	681	643	633	633
10	Pringsewu	834	817	818	910	910
11	Mesuji	41.356	36.987	37.151	42.679	44.651
12	Tulang Bawang Barat	4.096	4.111	4.027	3.364	3.441
13	Pesisir Barat	15.169	14.865	15.451	15.760	20.201
14	Bandar Lampung	150	150	97	18	18
15	Metro	-	-	-	-	-
Jumlah		203.346	197.639	198.771	203.104	209.309

Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Lampung, 2025

Berdasarkan Tabel 1, produksi kelapa sawit di Provinsi Lampung meningkat dari 203.346 ton pada 2019 menjadi 209.309 ton pada 2023. Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2023 mencatat produksi kelapa sawit mencapai 43.153 ton tandan buah segar (TBS), menjadikannya salah satu daerah dengan kontribusi terbesar di Provinsi Lampung dengan porsi 20,6% dari total produksi provinsi. Besarnya produksi memperlihatkan potensi ekonomi daerah, sekaligus menimbulkan tantangan pengelolaan limbah yang signifikan. Setiap ton tandan buah segar (TBS) menghasilkan 23% tandan kosong (tankos), 13% serat (*fiber*), 6,5% cangkang, dan 50% limbah cair (Arista *et al.*, 2024). Estimasi dari total produksi Provinsi Lampung sebesar 209.309 ton TBS, menghasilkan 48.141,07 ton tankos, 27.210,17 ton *fiber*, 13.605,085 ton cangkang, dan 104.654,50 m³ limbah cair setiap tahun. Kabupaten Lampung Tengah dengan produksi 43.153 ton menghasilkan 9.925,19 ton tankos, 5.609,89 ton *fiber*, 2.804,945 ton cangkang, dan 21.576,50 m³ limbah cair per tahun atau setara dengan 109,36 ton limbah padat dan cair per hari. Angka tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produksi kelapa sawit berbanding lurus dengan peningkatan limbah industri, sehingga diperlukan sistem pengelolaan yang berorientasi pada keberlanjutan (Resdati *et al.*, 2024).

Industri kelapa sawit menghasilkan limbah yang terbagi menjadi limbah padat dan cair. Limbah padat meliputi tankos, *fiber*, dan cangkang, sedangkan limbah cair dikenal sebagai *palm oil mill effluent* (POME) (Arista *et al.*, 2024). Setiap ton TBS menghasilkan 0,5 hingga 0,7 m³ POME (Azzahro *et al.*, 2022). Kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) POME berkisar antara 25.000–65.000 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) mencapai 50.000–100.000 mg/L (Dewi dan Lamona, 2025). Nilai tersebut jauh di atas ambang batas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Kadar BOD dan COD yang tinggi tanpa pengolahan dapat menimbulkan pencemaran air yang serius dan berdampak negatif pada kesehatan masyarakat sekitar.

Kajian oleh Nadhifah & Putri (2024) menyebutkan bahwa pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair kelapa sawit menimbulkan eksternalitas negatif bagi masyarakat sekitar. Bau menyengat dari kolam limbah mengurangi kenyamanan lingkungan dan kualitas udara. Pencemaran air sungai menimbulkan risiko penyakit berbasis lingkungan. Sunjaya & Yudhistira (2025) menambahkan bahwa manfaat ekonomi industri seringkali tidak seimbang dengan biaya sosial yang harus ditanggung masyarakat sekitar berupa gangguan kenyamanan dan potensi penyakit. Ketidakseimbangan antara manfaat ekonomi dan beban sosial menunjukkan bahwa pengelolaan limbah merupakan aspek penting dari keberlanjutan industri sawit.

Pengelolaan limbah yang tidak tepat menyebabkan tekanan lingkungan semakin besar di daerah sentra produksi (Ayilara *et al.*, 2020). Kabupaten Lampung Tengah sebagai sentra produksi kelapa sawit menghadapi peningkatan volume limbah sejalan dengan kapasitas produksi pabrik. Peningkatan ini memunculkan persoalan lingkungan berupa pencemaran air dan udara. Permasalahan tersebut membutuhkan solusi yang mampu menekan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi (Rame *et al.*, 2024). Riset oleh Siagian *et al.* (2024) menunjukkan bahwa penerapan konsep ekonomi sirkular di industri pengolahan kelapa sawit dapat mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai ekonomi.

Konsep ekonomi sirkular menjadi solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan (Yunisvita *et al.*, 2025). Ekonomi sirkular menekankan pemanfaatan sumber daya melalui prinsip *reduce, reuse, recycle, replace*, dan *replant*. Limbah padat dapat dijadikan pupuk organik atau bahan bakar boiler, sedangkan limbah cair dapat diolah menjadi *land application*. Konsep ini tidak hanya menekan eksternalitas negatif, tetapi juga menciptakan nilai tambah (Kirchherr *et al.*, 2023). Penerapan ekonomi sirkular pada industri pengolahan kelapa sawit dapat menurunkan emisi karbon dan meningkatkan keuntungan perusahaan melalui pemanfaatan limbah sebagai energi alternatif.

Industri pengolahan kelapa sawit di Lampung Tengah terdiri dari perusahaan swasta dan BUMN. Keberadaan industri ini memberikan kontribusi terhadap perekonomian daerah, namun juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Terdapat empat pabrik pengolahan utama, termasuk dua unit PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV) Regional VII. Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri (2021) memaparkan bahwa keberadaan pabrik-pabrik ini memperkuat posisi Lampung Tengah dalam rantai pasok nasional sekaligus menjadikannya fokus utama dalam penerapan ekonomi sirkular. Industri-industri pengolahan kelapa sawit di Kabupaten Lampung Tengah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nama-nama perusahaan pengolahan kelapa sawit di Kabupaten Lampung Tengah, 2024

No	Nama Perusahaan	Komoditi	Alamat
1	PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Padang Ratu	Kelapa Sawit	Desa Karang Sari, Kec. Padang Ratu
2	PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri	Kelapa Sawit	Desa Sinar Banten, Kec. Bekri
3	PT Gunung Aji Jaya	Kelapa Sawit	Desa Gunung Haji, Kec. Pubian
4	PT Bumi Sentosa Abadi	Kelapa Sawit	Desa Negara Aji Tua, Kec. Anak Tuha

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2024

Berdasarkan Tabel 2, PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV) Regional VII Bekri merupakan salah satu perusahaan dengan komoditi kelapa sawit yang beroperasi di Kabupaten Lampung Tengah. PTPN IV Regional VII Bekri menjalankan dua kegiatan utama, yaitu kegiatan budidaya kelapa sawit dan kegiatan pengolahan

tandan buah segar (TBS) menjadi CPO dan PKO. Fokus pembahasan dalam penelitian ini dibatasi pada unit pengolahan, khususnya pada pengelolaan limbah hasil proses pengolahan TBS menjadi CPO di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Pabrik ini memiliki kapasitas produksi mencapai 40 ton TBS per jam atau sekitar 960 ton per hari, yang menghasilkan limbah padat dan cair sekitar 888 ton per hari. Penanganan limbah di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain pemanfaatan limbah cair (POME) untuk *land application*, pengepresan tandan kosong (tankos) menjadi pupuk organik, serta pemanfaatan cangkang dan *fiber* sebagai bahan bakar boiler. Menurut Widiastuti (2020), pemanfaatan limbah cair kelapa sawit melalui sistem *land application* terbukti mampu menurunkan potensi pencemaran air sekaligus meningkatkan kesuburan tanah di sekitar area pabrik, yang pada akhirnya memberikan manfaat bagi keberlanjutan operasional pabrik.

Penerapan konsep ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri membawa berbagai manfaat sosial dan ekonomi. Bau limbah cair yang sebelumnya menyengat akibat pengelolaan yang belum optimal kini berkurang setelah diterapkannya sistem kolam dan *land application*, sehingga kenyamanan masyarakat sekitar meningkat. Pemanfaatan tankos, cangkang, dan *fiber* juga memberikan nilai ekonomi tambahan serta menekan biaya bahan bakar. Seluruh aktivitas ini mendukung efisiensi energi pabrik sekaligus memberikan pendapatan tambahan bagi perusahaan (Siagian *et al.*, 2024). Penerapan ekonomi sirkular di industri pengolahan kelapa sawit dapat memperkuat hubungan antara perusahaan dengan masyarakat melalui praktik pengelolaan limbah yang lebih bertanggung jawab.

Manfaat lingkungan dari penerapan sistem ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri memberikan dampak positif yang signifikan. Kualitas tanah, air, dan udara di sekitar pabrik menjadi lebih terjaga karena limbah cair tidak lagi menjadi sumber pencemaran, melainkan dimanfaatkan sebagai bahan penyubur tanah melalui *land application*. Pemanfaatan tankos sebagai pupuk organik meningkatkan kesuburan dan menjaga kelembapan tanah, sedangkan penggunaan *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler

mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Bungkil inti sawit turut memberikan nilai ekonomi tambahan tanpa menghasilkan residu berbahaya, dan limbah B3 seperti oli bekas maupun limbah bahan kimia dikelola oleh Perusahaan Pengelola Limbah (PPL) untuk meminimalkan risiko pencemaran. Penelitian oleh Yaro *et al.* (2022), menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular pada pengolahan kelapa sawit dapat menekan emisi karbon hingga lebih dari 50%. Penelitian oleh Farhani *et al.* (2025) membuktikan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efisiensi biaya hingga 30%.

Penelitian ini secara khusus difokuskan untuk menganalisis penerapan ekonomi sirkular pada sistem pengelolaan limbah di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Analisis dilakukan untuk menilai sejauh mana penerapan prinsip ekonomi sirkular mampu menghasilkan nilai ekonomi dari berbagai jenis limbah yang dimanfaatkan kembali oleh perusahaan. Penelitian ini juga bertujuan menggambarkan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan industri, meliputi bagaimana masyarakat merasakan manfaat, dampak, serta kondisi lingkungan terkait keberadaan limbah tersebut. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran keterkaitan antara efektivitas pemanfaatan limbah dan tingkat penerimaan masyarakat terhadap aktivitas industri pengolahan kelapa sawit di Desa Sinar Banten, Kecamatan Bekri.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri?
2. Bagaimana nilai ekonomi dari pengelolaan limbah kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri?
3. Bagaimana persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan adalah:

1. Menganalisis praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.
2. Menganalisis nilai ekonomi pengelolaan limbah kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.
3. Menganalisis persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak, yaitu:

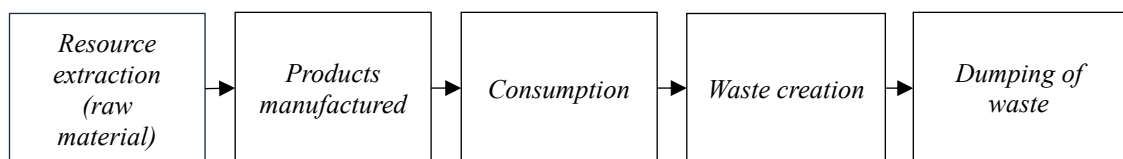
1. Bagi perusahaan, diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai penerapan ekonomi sirkular serta gambaran persepsi masyarakat terhadap limbah yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi pengelolaan limbah dan peningkatan hubungan dengan masyarakat.
2. Bagi pemerintah, diharapkan dapat menjadi masukan dalam penyusunan dan penguatan kebijakan terkait pengelolaan limbah kelapa sawit yang berkelanjutan dan berorientasi pada efisiensi sumber daya.
3. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat menjadi referensi untuk studi mengenai nilai ekonomi limbah, persepsi masyarakat, maupun penerapan ekonomi sirkular pada sektor perkebunan dan industri pengolahan kelapa sawit.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Tinjauan Pustaka

1. Ekonomi Sirkular

Model produksi konvensional yang digunakan selama ini bersifat linear dengan pola *take–make–dispose* (Chirumalla *et al.*, 2024). Sistem ekonomi linear menempatkan sumber daya alam sebagai bahan baku utama untuk menghasilkan produk, kemudian dikonsumsi oleh masyarakat, dan berakhir menjadi limbah tanpa proses pemulihan nilai material. Menurut Velenturf & Purnell (2021), pola seperti ini menyebabkan meningkatnya eksploitasi sumber daya alam serta penumpukan limbah yang menimbulkan pencemaran lingkungan. Sistem ekonomi linear tidak mendukung keberlanjutan jangka panjang karena setiap proses hanya berlangsung satu arah tanpa siklus penggunaan kembali sumber daya. Bagan alir sistem ekonomi linear dapat dilihat pada Gambar 1.

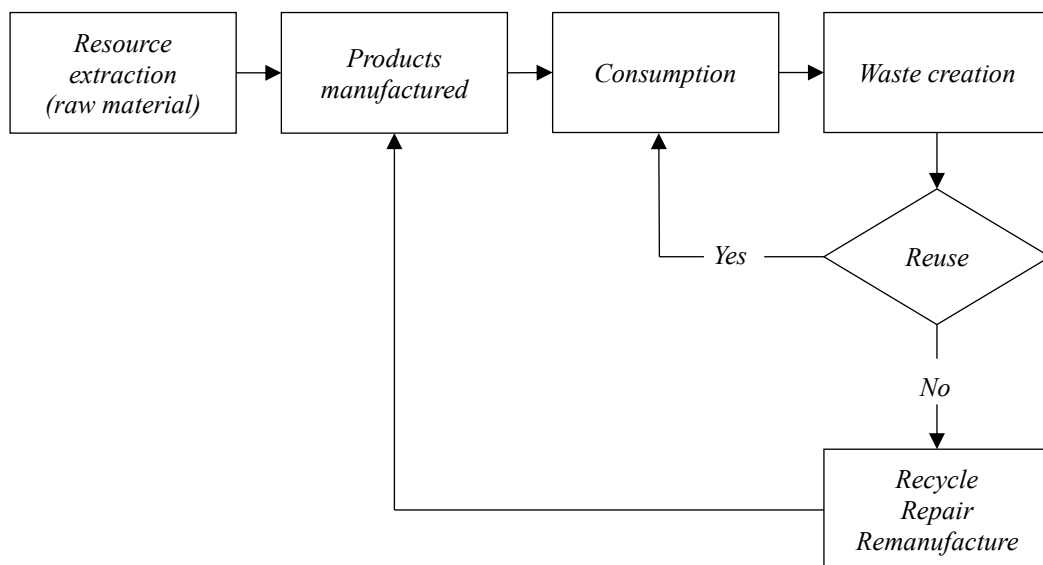


Gambar 1. Bagan alir ekonomi linear
Sumber: Upadhayay & Alqassimi, 2018

Berdasarkan Gambar 1, alur sistem ekonomi linear dimulai dari ekstraksi sumber daya alam sebagai bahan baku, dilanjutkan ke tahap produksi, konsumsi, penciptaan limbah, hingga pembuangan. Pola tersebut bersifat terbuka karena tidak ada upaya untuk mengembalikan limbah menjadi bagian dari produksi.

Setiap tahap menghasilkan dampak lingkungan yang semakin besar akibat meningkatnya volume limbah dan menurunnya ketersediaan sumber daya alam. Struktur ekonomi linear seperti ini akhirnya menimbulkan ketidakseimbangan antara aktivitas ekonomi dan kapasitas ekologi sehingga hambatan terbesar dalam mendorong pembangunan berkelanjutan (Ni *et al.*, 2023).

Konsep ekonomi sirkular muncul sebagai respons terhadap keterbatasan model linear yang tidak efisien dalam memanfaatkan sumber daya (Kirchherr *et al.*, 2023). Pendekatan ini menekankan pembentukan sistem produksi dan konsumsi yang tertutup di mana limbah dapat kembali dimanfaatkan ke dalam rantai nilai ekonomi. Siklus yang terbentuk melibatkan proses penggunaan kembali, perbaikan, daur ulang, dan perancangan ulang untuk memperpanjang umur pakai suatu produk. Menurut Velenturf & Purnell (2021), prinsip tersebut menjadikan setiap material tetap bernilai dan tidak langsung berakhir sebagai limbah. Bagan alir sistem ekonomi sirkular dapat dilihat pada Gambar 2.



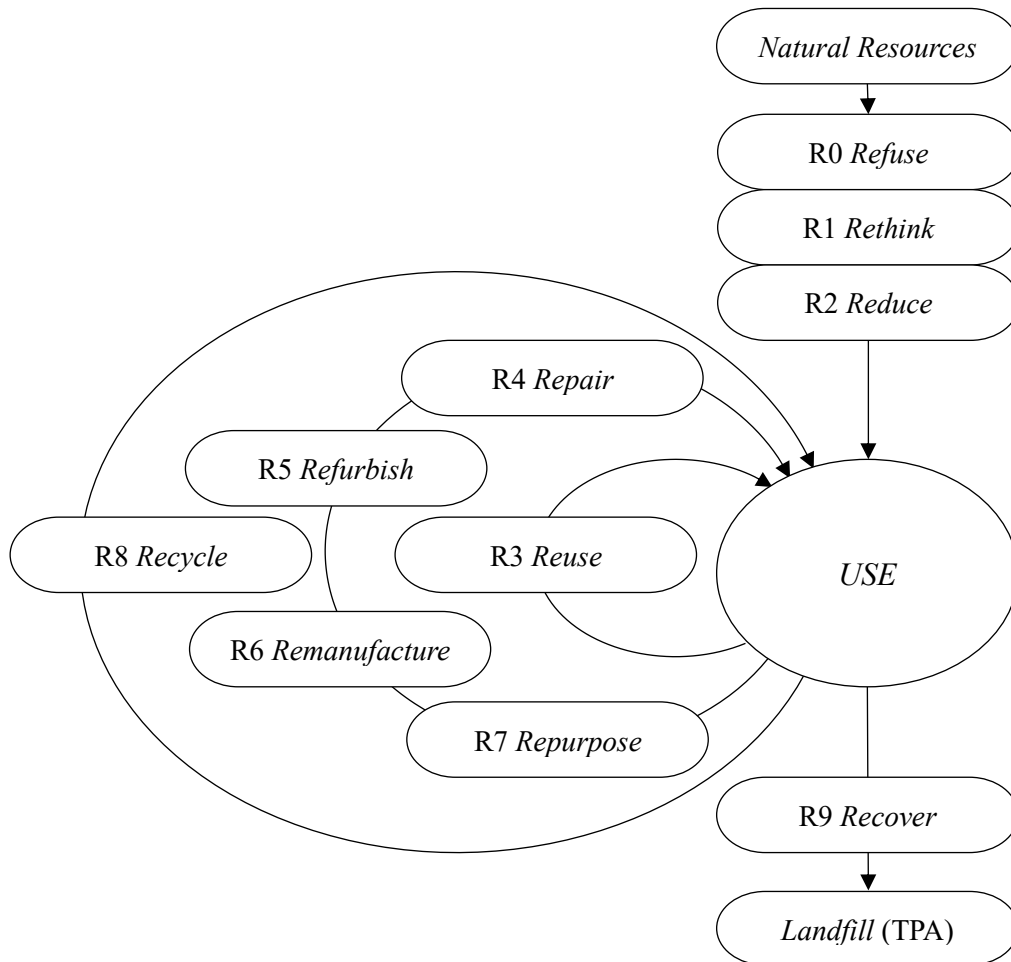
Gambar 2. Bagan alir ekonomi sirkular
Sumber: Upadhayay & Alqassimi, 2018

Berdasarkan Gambar 2, sistem ekonomi sirkular berupa siklus tertutup mulai dari proses produksi, konsumsi, dan pengelolaan limbah. Produk yang telah digunakan diproses kembali melalui tahapan *reuse*, *repair*, *recycle*, atau *remanufacture* untuk dikembalikan menjadi bahan baku pada proses produksi

berikutnya. Sistem ekonomi sirkular mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya alam baru dan menekan volume limbah yang dihasilkan. Sistem sirkular menciptakan efisiensi tinggi serta menyeimbangkan kebutuhan ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan (Islam *et al.*, 2024).

Ekonomi sirkular merupakan sebuah pendekatan pembangunan yang berupaya memutus rantai ekonomi linear yang selama ini didominasi oleh pola *take-make-consume and dispose* (Kirchherr *et al.*, 2023). Model linear terbukti menimbulkan tekanan besar terhadap lingkungan karena menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan meningkatkan eksploitasi sumber daya alam. Sistem sirkular hadir dengan menawarkan pola produksi dan konsumsi yang menekankan keberlanjutan, efisiensi, serta pemanfaatan kembali material agar nilainya tetap terjaga selama mungkin dalam siklus ekonomi (Masruroh *et al.*, 2022). Ekonomi sirkular berfokus pada pengurangan limbah dan penciptaan nilai tambah seperti proses desain ulang, penggunaan ulang, perbaikan, daur ulang, dan pemulihan energi (Reike *et al.*, 2018). Penelitian oleh Farhani *et al.* (2025) menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular meningkatkan efisiensi biaya hingga 30%. Paradigma ini tidak hanya sekadar strategi pengelolaan limbah, melainkan transformasi menyeluruh dalam cara suatu sistem ekonomi berjalan.

Prinsip dalam pengelolaan limbah dikenal luas dengan konsep 4R bahkan berkembang menjadi 5R, yaitu *reduce, reuse, recycle, replace, dan replant* (Nanda *et al.*, 2025). Prinsip pengelolaan limbah dalam ekonomi sirkular telah berkembang menjadi 9R yang lebih komprehensif (Islam *et al.*, 2024). Setiap tahapan dalam prinsip ini dirancang untuk mempertahankan nilai material agar tetap berada dalam siklus ekonomi selama mungkin. Prinsip 9R menggambarkan upaya sistematis dalam meminimalkan limbah serta mengoptimalkan sumber daya. Kementerian PPN/Bappenas (2021) menegaskan bahwa penerapan prinsip-prinsip tersebut mampu menciptakan keseimbangan antara kepentingan ekonomi, sosial, dan lingkungan, sekaligus mendorong transisi menuju ekonomi rendah karbon. Kerangka prinsip 9R yang digunakan sebagai panduan dalam implementasi ekonomi sirkular di berbagai sektor industri dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prinsip 9R pada ekonomi sirkular
Sumber: Kementerian PPN/Bappenas, 2024

Berdasarkan Gambar 3, prinsip 9R menunjukkan urutan logis dari pencegahan hingga pemulihan material dalam suatu sistem ekonomi. *Refuse* menekankan penolakan terhadap penggunaan produk yang tidak ramah lingkungan, sedangkan *rethink* mengajak pelaku usaha untuk mendesain ulang proses produksi agar lebih efisien dan berkelanjutan. Tahapan *reduce*, *reuse*, dan *repair* berfokus pada pengurangan konsumsi sumber daya melalui pemanfaatan dan perbaikan produk agar memiliki umur pakai yang lebih panjang. Prinsip *refurbish*, *remanufacture*, *repurpose*, *recycle*, dan *recover* menutup siklus dengan mengubah limbah menjadi produk baru atau energi yang masih bernilai ekonomi. Menurut Kementerian PPN/Bappenas (2024), struktur 9R tersebut mencerminkan paradigma transformatif yang menempatkan keberlanjutan sebagai inti dari aktivitas ekonomi modern sesuai arah kebijakan pembangunan hijau nasional.

Manfaat dari penerapan ekonomi sirkular tidak hanya terbatas pada efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga berdampak pada penciptaan lapangan kerja baru dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Efisiensi penggunaan sumber daya dapat dicapai melalui optimalisasi proses produksi dan pengurangan limbah. Menurut Zhang (2024), sistem ekonomi sirkular diyakini menjadi salah satu solusi strategis untuk menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan krisis energi. Penelitian Sahrani *et al.* (2024), menyatakan bahwa negara-negara di Asia Tenggara seperti Thailand, Filipina, Indonesia, Singapura dan Malaysia mulai melakukan sistem ekonomi sirkular pada sektor pengelolaan sampah. Upaya ini bertujuan mengurangi volume sampah sekaligus menciptakan sistem pengelolaan yang berkelanjutan. Implementasi model sirkular di kawasan tersebut juga mendorong integrasi aspek sosial, ekonomi, dan ekologi ke dalam sistem produksi nasional. Model sirkular juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan dengan mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi ke dalam sistem produksi.

Kajian oleh Ezeudu & Ezeudu (2019) menjelaskan bahwa implementasi ekonomi sirkular di sektor industri menunjukkan variasi sesuai dengan karakteristik bahan baku dan produk yang dihasilkan. Industri manufaktur telah banyak mengadopsi sistem daur ulang logam dan plastik untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku baru. Industri pangan mulai menerapkan pendekatan *zero waste* dengan memanfaatkan limbah organik menjadi produk samping seperti pakan ternak atau pupuk. Studi Damayani *et al.* (2025), membuktikan bahwa pemanfaatan limbah organik berbasis *land application* mampu meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular tidak hanya mengurangi dampak negatif, tetapi juga menghasilkan nilai ekonomi yang nyata.

Penerapan konsep ekonomi sirkular semakin relevan untuk industri perkebunan kelapa sawit yang memiliki volume limbah cukup besar. Limbah seperti tandan kosong kelapa sawit, serat, cangkang, bungkil, dan limbah cair (POME) dapat diolah menjadi sumber daya baru yang bernilai ekonomi (Islam *et al.*, 2024). Menurut Kementerian PPN/Bappenas (2022), sistem pengolahan berbasis sirkular

mampu menurunkan menurunkan emisi CO₂ hingga 29% dibandingkan sistem konvensional. Ekonomi sirkular menjadi strategi penting dalam memastikan bahwa industri pengolahan kelapa sawit tidak hanya menghasilkan produk utama berupa CPO, tetapi juga mampu memberikan nilai tambah dari hasil samping sekaligus mengurangi eksternalitas negatif bagi masyarakat dan lingkungan.

2. Prinsip – Prinsip Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular merupakan pendekatan pengelolaan sumber daya yang bertujuan mempertahankan nilai material tetap berada dalam siklus produksi selama mungkin (Pomoni *et al.*, 2024). Konsep ini berkembang dari model prinsip dasar 3R menjadi model prinsip 4R, 5R, dan bahkan 9R sesuai kebutuhan sektor industri. Setiap model mencerminkan tingkat kedalaman pengelolaan limbah dan penghematan sumber daya yang ingin dicapai oleh suatu kegiatan produksi (Kirchherr *et al.*, 2017). Pemilihan model tertentu perlu mempertimbangkan karakteristik proses produksi, jenis limbah, serta tujuan keberlanjutan yang ingin dicapai. Kesesuaian model menjadi kunci agar penerapannya menghasilkan manfaat ekonomi maupun lingkungan yang optimal. Menurut Ahmad & Hendrasarie (2023), prinsip 5R menjadi kerangka dasar dalam sistem pengolahan limbah industri modern.

Pengolahan limbah industri bertujuan untuk menekan dampak negatif kegiatan produksi terhadap lingkungan dan masyarakat (Singh *et al.*, 2023). Setiap aktivitas industri menghasilkan limbah dengan karakteristik berbeda, baik berupa padat, cair, gas, maupun bahan berbahaya dan beracun (B3). Ketidakteraturan dalam pengelolaan limbah dapat menimbulkan pencemaran udara, air, dan tanah yang merugikan kualitas ekosistem (Islam *et al.*, 2024). Pengolahan limbah diperlukan agar residu yang dihasilkan tidak hanya dipandang sebagai beban, tetapi juga berpotensi dimanfaatkan kembali. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, pengelolaan limbah industri harus berlandaskan prinsip pencegahan pencemaran, pemulihan lingkungan, dan pemanfaatan kembali material.

Pelaksanaan prinsip 5R dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a. *Reduce*

Reduce merupakan upaya mengurangi timbulnya limbah melalui peningkatan efisiensi proses produksi. Pengurangan dilakukan dengan meminimalkan penggunaan energi, air, bahan baku, dan bahan kimia sehingga jumlah limbah yang dihasilkan dapat ditekan sejak awal proses.

b. *Reuse*

Reuse adalah pemanfaatan kembali material sisa proses produksi tanpa melalui pengolahan lanjutan. Material yang masih memenuhi fungsi teknis dapat digunakan kembali sebagai input energi, bahan pendukung produksi, atau komponen utilitas lainnya di dalam pabrik.

c. *Recycle*

Recycle adalah pengolahan limbah menjadi produk baru yang memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Produk hasil daur ulang dapat berupa pupuk organik, energi alternatif, atau bahan baku turunan, tergantung jenis limbah dan teknologi pengolahan yang digunakan.

d. *Replace*

Replace merujuk pada upaya mengganti bahan atau sumber daya yang memiliki dampak lingkungan tinggi dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penggantian dapat dilakukan terhadap bahan kimia, bahan bakar, maupun input produksi lainnya.

e. *Replant*

Replant yaitu pemanfaatan limbah organik untuk mendukung pemulihan ekosistem dan peningkatan kesuburan tanah. Limbah organik digunakan sebagai bahan pengayaan tanah sehingga dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kualitasnya dalam jangka panjang.

Implementasi strategi 5R mampu menurunkan volume limbah serta meningkatkan efisiensi produksi (Setyaningsih *et al.*, 2023). Implementasinya berbeda sesuai dengan karakteristik industri. Sektor tekstil mengolah limbah menjadi biofuel, bioplastik, dan karpet (Tripathi *et al.*, 2024). Industri pangan memanfaatkan limbah organik menjadi kompos dan pupuk cair yang mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia (Multazami *et al.*, 2024). Pengelolaan residu (limbah) di

sektor industri kimia banyak dilakukan melalui sistem *waste-to-energy* (WTE) yang mengubah limbah menjadi energi panas, listrik, atau biofuel (Lisbona *et al.*, 2023). Hasil berbagai implementasi tersebut menunjukkan bahwa efektivitas pengolahan limbah meningkat ketika sistem produksi dirancang secara terintegrasi dengan prinsip keberlanjutan. Prinsip *reduce, reuse, recycle, replace, dan replant* memberikan kerangka bagaimana limbah dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan melalui pilihan pola pengelolaan yang tepat. Kelima prinsip tersebut sangat relevan dalam industri pengolahan kelapa sawit yang menghasilkan beragam jenis limbah, sehingga membutuhkan pendekatan sirkular agar operasional berjalan lebih efisien dan berkelanjutan.

3. *Zero Waste*

Zero waste merupakan sebuah pendekatan strategis terhadap keberlanjutan yang bertujuan untuk menghilangkan limbah melalui konservasi sumber daya dengan cara pencegahan, pengurangan, daur ulang, penggunaan kembali, dan meminimalkan ketergantungan pada tempat pembuangan akhir (TPA) melalui perancangan ulang sistem produksi dan konsumsi (Kaur *et al.*, 2025). Konsep ini berangkat dari kenyataan bahwa sebagian besar sistem ekonomi modern masih beroperasi dengan pola linear yang menghasilkan limbah besar. Menurut Zhou (2024), *zero waste* menekankan pada pencegahan limbah sejak awal proses produksi dengan cara pengurangan sumber limbah. Menurut *Zero Waste International Alliance* (2025), *zero waste* didefinisikan sebagai konservasi semua sumber daya melalui produksi, konsumsi, penggunaan kembali, dan pemulihan produk, kemasan, serta material tanpa membakar, dan tanpa pembuangan ke tanah, air, atau udara yang mengancam kesehatan lingkungan.

Prinsip *zero waste* menekankan pada pengurangan limbah sejak dari sumbernya dengan tujuan untuk meminimalkan timbulan limbah dan memaksimalkan pemanfaatan limbah (Wu *et al.*, 2025). *Zero waste* mendorong penggunaan material yang ramah lingkungan sehingga dapat dikembalikan ke alam. Penelitian oleh Amirulkamar *et al.* (2025) menunjukkan bahwa Swedia merupakan pelopor

penerapan konsep *zero waste* melalui kebijakan *waste to energy* (WTE) yang mengubah limbah menjadi sumber energi alternatif. Sistem pengelolaan limbah di Swedia sangat efisien dengan 99% limbah rumah tangga didaur ulang atau dimanfaatkan kembali sehingga kurang dari 1% limbah berakhir di TPA.

Menurut Almansour & Akrami (2024), implementasi *zero waste* dalam sektor industri memperlihatkan hasil yang beragam sesuai dengan karakteristik produk dan jenis limbah yang dihasilkan. Menurut Alpandari & Prakoso (2021), tujuan dari pengolahan limbah selain untuk mencegah kerusakan lingkungan adalah untuk memastikan tercapainya prinsip *zero waste* melalui pemanfaatan maksimal material yang tersedia. Pemanfaatan limbah menjadi bahan yang bermanfaat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif bagi lingkungan dan mewujudkan industri berwawasan lingkungan

4. Limbah

Limbah merupakan hasil sisa dari suatu kegiatan atau proses produksi yang keberadaannya sering dianggap tidak lagi memiliki nilai guna pada tujuan awalnya. Aktivitas yang dilakukan manusia baik dalam skala rumah tangga maupun industri, menghasilkan limbah yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Islam *et al.*, 2024). Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah mendefinisikan limbah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat, meskipun dalam praktiknya limbah juga dapat berwujud cair maupun gas. Definisi ini memperluas pemahaman bahwa limbah bukan hanya dihasilkan oleh industri, tetapi juga berasal dari sektor pertanian, rumah tangga, maupun kegiatan urban lainnya. Kajian dari (Haniva *et al.*, 2024) menegaskan bahwa pengelolaan limbah harus dipandang sebagai bagian integral dari sistem pembangunan berkelanjutan karena volume dan dampaknya terus meningkat seiring pertumbuhan populasi.

Klasifikasi limbah dapat dilihat dari berbagai aspek, mulai dari bentuk, sifat, hingga sumbernya. Berdasarkan bentuknya, limbah dibedakan menjadi (Matin *et al.*, 2021):

a. Limbah Padat

Limbah padat merupakan sisa dari hasil kegiatan industri yang berbentuk padatan, seperti lumpur atau sampah produksi lainnya. Pembuangan limbah padat secara sembarangan ke perairan berpotensi menimbulkan pencemaran dan memicu kematian organisme akuatik yang hidup di sekitarnya.

b. Limbah Cair

Limbah cair adalah jenis limbah yang paling sering dikaitkan dengan pencemaran air, biasanya dibuang langsung ke sungai, kolam, maupun muara yang menuju laut. Contoh limbah cair mencakup limbah air tahu, kebocoran minyak, kandungan besi, serta sisa bahan kimia dari proses industri.

c. Limbah Gas

Limbah gas berbentuk molekul gas yang dihasilkan dari aktivitas produksi industri. Pembuangan limbah gas yang tidak terkontrol akan mencemari udara sehingga perlu melalui proses penyaringan dan penetralan sebelum dilepas ke atmosfer. Contoh limbah gas antara lain kebocoran gas, asap sisa pembakaran, maupun uap dari proses produksi.

d. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah B3 merupakan sisa buangan yang mengandung senyawa berbahaya dengan tingkat toksisitas tinggi sehingga memerlukan perlakuan khusus dalam pengelolaannya. Limbah ini umumnya berasal dari industri pulp dan kertas, minyak, farmasi, maupun semen.

Berdasarkan sifatnya, terdapat dua jenis limbah, yaitu (Arifin *et al.*, 2023):

a. Limbah Organik

Limbah organik yaitu limbah yang berasal dari makhluk hidup dan mudah terurai dalam waktu kurang dari enam bulan. Contohnya adalah kulit buah, potongan sayur, dan sisa makanan yang dapat terurai secara alami.

b. Limbah Anorganik

Limbah anorganik yaitu limbah yang berasal dari benda tak hidup, tidak bisa terurai dengan baik dan sulit untuk diperbarui. Contohnya botol dan plastik.

Berdasarkan sumbernya, limbah diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu (Sutanto & Rusmanat, 2024):

a. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga merupakan sisa buangan dari aktivitas sehari-hari seperti mencuci, memasak, atau kegiatan domestik lainnya. Pengelolaan yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat.

b. Limbah Industri

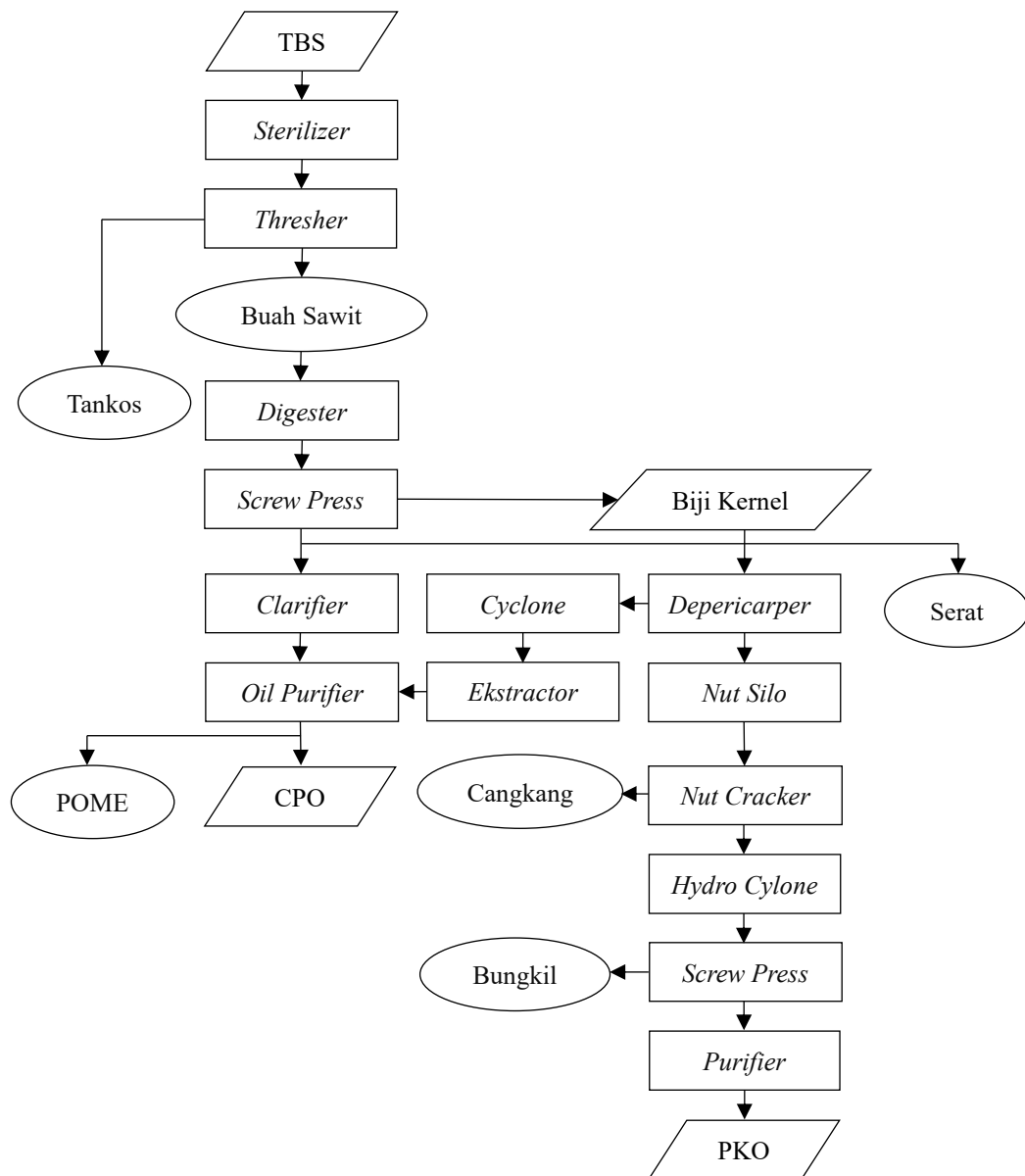
Limbah industri merupakan buangan yang berasal dari proses produksi di sektor industri. Limbah ini membutuhkan penanganan yang lebih kompleks karena kandungannya sering kali berpotensi menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan. Regulasi tentang industri ramah lingkungan diperlukan untuk mengendalikan dampak negatif dari limbah industri.

Menurut Fayshal (2024), keberagaman jenis limbah menuntut adanya sistem pengelolaan yang adaptif, karena kesalahan dalam penanganan dapat memicu dampak serius bagi lingkungan seperti pencemaran udara, kontaminasi air tanah, degradasi tanah, dan kerusakan ekosistem laut yang berdampak pada kesehatan manusia dan keseimbangan ekologi. Limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan kelapa sawit termasuk dalam kategori dengan volume dan kompleksitas tinggi. Penelitian oleh Alpandari & Prakoso (2021), menunjukkan bahwa setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah menghasilkan 75% limbah, berupa limbah padat, cair, dan B3. Limbah padat mencakup tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serat, cangkang, dan bungkil inti sawit. Limbah cair dikenal sebagai *palm oil mill effluent* (POME) yang memiliki kandungan organik tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan bila tidak diolah. Limbah B3 yang dihasilkan contohnya oli bekas dan limbah kimia dari perawatan mesin pabrik. Volume limbah pengolahan kelapa sawit yang lebih tinggi daripada produk utama yang dihasilkan, memerlukan adanya pengolahan yang tepat agar keberadaan industri tidak menimbulkan dampak negatif terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar.

5. Industri Pengolahan Kelapa Sawit

Industri merupakan suatu kegiatan ekonomi yang mengubah bahan mentah atau bahan baku menjadi barang setengah jadi atau barang jadi yang memiliki nilai tambah (Wolok *et al.*, 2023). Kegiatan industri melibatkan rangkaian proses produksi terintegrasi yang melibatkan tenaga kerja, teknologi, peralatan, dan sistem manajerial. Industri berfungsi sebagai sistem yang bertujuan mencapai efisiensi produksi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mendukung keberlanjutan (Khan *et al.*, 2025). Keberadaan industri tidak hanya menghasilkan produk, tetapi juga berkontribusi terhadap pembangunan ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Industri pengolahan kelapa sawit berperan strategis dalam menciptakan nilai tambah dari komoditas perkebunan (Hariyanti *et al.*, 2024). Kegiatan utama industri ini adalah mengubah tandan buah segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO). Keberadaan industri ini menjadi penghubung antara sektor hulu (perkebunan) dan sektor hilir (produk olahan lanjutan), sehingga memperkuat rantai pasok minyak sawit (*Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute*, 2025). Peningkatan kapasitas produksi sangat penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Proses pengolahan CPO dan PKO dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pengolahan CPO dan PKO
 Sumber: Saragih *et al.*, 2018

Berdasarkan Gambar 4, kegiatan produksi pada industri pengolahan kelapa sawit terdiri dari tahapan-tahapan yang saling terhubung dan menghasilkan berbagai jenis limbah. Tandan buah segar (TBS) dari kebun yang masuk ke pabrik ditimbang dan disortasi sebelum menjalani proses sterilisasi menggunakan uap bertekanan untuk menonaktifkan enzim. Setelah perebusan, buah dipisahkan dari tandannya menggunakan *thresher* yang menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong (tankos). Buah yang terlepas kemudian masuk ke *digester* untuk dilumatkan sebelum melalui pengepresan dengan *screw press*. Proses

pengepresan menghasilkan campuran minyak kasar, serat (*fiber*), dan biji sawit (*nut*). Serat menjadi limbah padat yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan minyak kasar dilanjutkan ke proses klarifikasi. Minyak kasar hasil pengepresan dialirkan ke stasiun klarifikasi yang terdiri dari *clarifier* dan *oil purifier* (Hairiyah & Sholikhah, 2023). Tahap klarifikasi dan pemurnian menghasilkan dua keluaran utama yaitu CPO dan limbah cair *palm oil mill effluent* (POME). POME merupakan limbah cair terbesar pada proses produksi.

Pengolahan inti sawit dilakukan pada jalur produksi tersendiri yang dimulai dari pemisahan biji dan serat melalui stasiun *depericarper*. Biji sawit kemudian dikeringkan dalam *nut silo* sebelum dihancurkan dengan *nut cracker*. Proses ini menghasilkan limbah padat berupa cangkang. Inti sawit dipisahkan lebih lanjut menggunakan *hydro cyclone*, kemudian melalui proses pengepresan dengan *screw press* untuk menghasilkan PKO. Limbah padat utama dari jalur kernel adalah bungkil inti sawit (*palm kernel meal*). Seluruh tahapan dalam proses pengolahan PKO memerlukan pengawasan ketat agar hasil produksi memiliki rendemen maksimal serta efisiensi energi dapat terjaga (Saragih *et al.*, 2018). Pengelolaan stasiun produksi yang baik menjadi faktor utama dalam menjaga daya saing industri pengolahan kelapa sawit.

Unit pendukung seperti boiler menghasilkan abu pembakaran dan emisi gas, sementara laboratorium menghasilkan limbah B3 seperti oli bekas dan bahan kimia. Seluruh tahapan produksi tersebut memperlihatkan bahwa industri kelapa sawit menghasilkan aneka limbah yang perlu dikelola secara efektif untuk mendukung keberlanjutan operasional (Siagian *et al.*, 2024). Jenis limbah padat yang dihasilkan antara lain tandan kosong kelapa sawit (TKKS), *fiber*, cangkang, dan bungkil inti sawit, sedangkan limbah cair dikenal sebagai *palm oil mill effluent* (POME). Volume limbah yang tinggi berpotensi menimbulkan dampak lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Menurut Yaro *et al.* (2022), pemanfaatan limbah yang baik mencerminkan penerapan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan limbah yang membantu berkurangnya emisi karbon.

6. Limbah Industri Pengolahan Kelapa Sawit

Industri pengolahan kelapa sawit merupakan sektor agroindustri terbesar di Indonesia yang menghasilkan berbagai produk seperti minyak sawit mentah (*crude palm oil*) dan inti sawit (*palm kernel oil*) (Nadhifah & Putri, 2024). Proses pengolahan kelapa sawit memerlukan sistem pengelolaan limbah yang baik untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan klasifikasi jenis limbah industri menurut Aulia & Suhardono (2024), jenis limbah yang dihasilkan terdiri atas limbah padat dan limbah cair, salah satunya adalah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pengelolaan limbah menjadi aspek penting dalam mendukung keberlanjutan dan penerapan ekonomi sirkular pada industri pengolahan kelapa sawit.

Limbah padat dari pengolahan kelapa sawit mencakup tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serat (*fiber*), cangkang (*shell*), dan bungkil inti sawit (Mukhooyaroh *et al.*, 2025). TKKS merupakan limbah padat terbesar dan mengandung unsur hara sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pupuk organik. Serat dan cangkang memiliki nilai kalor tinggi sehingga digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi panas (Donda *et al.*, 2025). Bungkil inti sawit berasal dari proses ekstraksi minyak inti, memiliki nilai ekonomi tinggi karena digunakan sebagai bahan pakan ternak.

Limbah cair atau *palm oil mill effluent* (POME) dihasilkan dari proses klarifikasi, pengepresan, dan sterilisasi buah sawit (Agustina *et al.*, 2025). POME memiliki kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) tinggi sehingga memerlukan pengolahan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Menurut Un (2025), pengolahan limbah cair dilakukan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan. Pemanfaatan biogas ini merupakan salah satu bentuk penerapan ekonomi sirkular karena mengubah limbah menjadi energi bernilai ekonomi.

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berasal dari berbagai aktivitas produksi dan perawatan industri, seperti pemeliharaan alat, pencegahan korosi, serta kegiatan laboratorium. Nurlina (2021) menyebutkan contoh limbah B3 yang dihasilkan antara lain lampu bekas, kain majun terkontaminasi minyak, dan pasir silika hasil *sandblasting*, sedangkan limbah B3 cair berupa oli bekas. Limbah B3 harus dikelola dengan standar ketat sesuai ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa pengelolaan dilakukan melalui kerja sama dengan pihak ketiga berizin. Pengelolaan limbah B3 menjadi bagian penting dalam menjaga keseimbangan antara produktivitas industri dan perlindungan lingkungan.

Pemanfaatan seluruh jenis limbah dari industri kelapa sawit sejalan dengan prinsip *zero waste* yang menekankan upaya pengurangan limbah, penggunaan ulang, serta pendaurulangan material sisa produksi menjadi produk bernilai tambah (Siagian *et al.*, 2024). Pendekatan ini tidak hanya mengurangi tekanan terhadap lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi biaya produksi dan menciptakan peluang ekonomi baru. Pengelolaan limbah secara optimal meningkatkan efisiensi biaya produksi, memperkuat daya saing industri, dan mendukung pembangunan berkelanjutan (Judijanto *et al.*, 2024). Penerapan sistem ini menunjukkan bahwa sektor industri mampu bertransformasi menuju ekonomi sirkular yang berorientasi pada efisiensi sumber daya dan kelestarian lingkungan.

Partnership for Action on Green Economy (2024) menyebutkan bahwa industri pengolahan kelapa sawit menjadi contoh sektor yang relevan dalam penerapan pengolahan limbah berbasis ekonomi sirkular. Berbagai jenis limbah dapat dimanfaatkan menjadi produk bermanfaat, seperti TKKS menjadi pupuk organik, serat dan cangkang sebagai bahan bakar boiler, bungkil inti sawit sebagai bahan pakan ternak, POME sebagai bahan *land application* untuk memperbaiki kualitas tanah, serta limbah B3 yang dikelola secara aman melalui kerjasama dengan pihak ketiga berizin.

Studi oleh Imam *et al.* (2025) menyebutkan bahwa pemanfaatan POME mampu menekan potensi pencemaran sekaligus meningkatkan kualitas tanah. Penelitian oleh Alpendari & Prakoso (2021) membuktikan bahwa pemanfaatan POME sebagai sumber energi berkelanjutan atau bahan bakar biogas secara ekologi dapat berfungsi dalam menurunkan nilai parameter limbah. Parameter limbah tersebut seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* COD serta menurunkan nilai emisi gas metana. Rata-rata penurunan nilai BOD sebesar 86,54%, sedangkan nilai COD sebesar 92%.

Menurut Hermundsdottir & Aspelund (2022), penerapan sistem pengolahan limbah yang efektif berkontribusi besar terhadap upaya industri mendukung keberlanjutan lingkungan melalui integrasi aspek lingkungan dan sosial ke dalam strategi bisnis inti. Unit pengolahan limbah cair menggunakan kolam anaerobik dapat menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Pemanfaatan limbah padat seperti serat dan cangkang sebagai bahan bakar boiler mampu menghemat penggunaan bahan bakar fosil. Pengomposan TKKS sawit dapat diolah menjadi pupuk organik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah (Siagian *et al.*, 2024). Pengelolaan limbah yang terpadu menunjukkan bahwa industri pengolahan kelapa sawit memiliki potensi besar untuk menciptakan efisiensi ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

7. Valuasi Ekonomi

Valuasi ekonomi merupakan pendekatan dalam ilmu ekonomi yang digunakan untuk memberikan nilai kuantitatif terhadap barang dan jasa. Ada dua jenis barang dan jasa yaitu barang dan jasa yang diperdagangkan (*traded goods*) dan barang dan jasa yang tidak diperdagangkan (*non-traded goods*). Barang dan jasa yang diperdagangkan memiliki bentuk fisik yang jelas dan memiliki nilai pasar (*market value*), sedangkan banyak sumber daya alam dan jasa lingkungan yang tidak masuk mekanisme pasar karena tidak dapat diperdagangkan, seperti kualitas udara, air bersih, keanekaragaman hayati, dan keindahan (Yuniar, 2024).

Keberadaan valuasi ekonomi memungkinkan manfaat yang bersifat non-pasar dapat dihitung secara kuantitatif sehingga dapat diperhitungkan dalam kebijakan dan perencanaan pembangunan (Larre *et al.*, 2024). Menurut Onofri & Nunes (2020), valuasi ekonomi berfungsi untuk mengukur nilai manfaat dan biaya dari suatu aktivitas ekonomi sehingga tercipta dasar analisis yang lebih komprehensif dalam pengambilan keputusan.

Tujuan dari valuasi ekonomi tidak hanya berkaitan dengan penentuan nilai finansial, tetapi juga untuk menunjukkan hubungan antara konservasi sumber daya alam dan pembangunan ekonomi (Larre *et al.*, 2024). Aktivitas ekonomi seringkali menimbulkan biaya sosial berupa pencemaran yang tidak tercermin dalam harga pasar (He *et al.*, 2022). Perhitungan valuasi ekonomi memungkinkan biaya sosial tersebut masuk ke dalam perhitungan ekonomi. Valuasi ekonomi berperan penting untuk mencapai efisiensi alokasi sumber daya karena setiap aktivitas ekonomi akan mempertimbangkan biaya sebenarnya, termasuk biaya eksternalitas (Folkens *et al.*, 2020). Sistem ini membantu menciptakan keadilan antar pelaku ekonomi sekaligus mendorong keberlanjutan.

Menurut Selivanov & Hlavackova (2021), metode valuasi ekonomi dibedakan menjadi dua kategori, yaitu metode valuasi berbasis pasar dan metode valuasi berbasis non-pasar. Metode valuasi berbasis pasar dibedakan menjadi dua, yaitu metode valuasi pasar langsung dan metode valuasi pasar tidak langsung. Metode pasar langsung menggunakan harga pasar aktual untuk menilai nilai ekonomi sumber daya alam, seperti *market price method*, *replacement cost*, *damage cost avoided*, dan *production function*. Metode pasar tidak langsung disebut juga *revealed preference methods* menilai nilai jasa ekosistem melalui perilaku masyarakat, misalnya *travel cost method* untuk menilai nilai rekreasi dan *hedonic pricing* untuk menilai pengaruh lingkungan terhadap harga properti. Sementara itu, metode non-pasar disebut juga *stated preference methods* digunakan ketika tidak ada harga pasar, dengan pendekatan seperti *contingent valuation method* (WTP, WTA, WTS), *choice modelling*, dan *Deliberative/Delphi method* yang didasarkan pada preferensi responden atau pendapat ahli. Selain itu, terdapat metode tambahan seperti *benefit transfer*, *shadow pricing*, dan *resource*

rent method yang digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi jasa ekosistem ketika data langsung sulit diperoleh. Clough & Bealing (2018) menyebutkan bahwa pemilihan metode valuasi harus disesuaikan dengan karakteristik objek yang dinilai, apakah berupa barang berwujud, jasa lingkungan, atau manfaat tidak langsung. Keragaman metode ini menunjukkan bahwa valuasi ekonomi memiliki fleksibilitas tinggi untuk berbagai konteks penelitian dan penerapan kebijakan.

Peran sektor sumber daya alam dan lingkungan menunjukkan hasil yang signifikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan (Jiao *et al.*, 2023). Valuasi ekonomi hutan, kawasan konservasi, dan ekosistem perairan telah digunakan untuk menilai manfaat ekologis maupun kerugian akibat degradasi. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas (2021) menyebutkan bahwa nilai ekonomi jasa ekosistem global mencapai 44 triliun dolar, sekitar setengah dari PDB global. Hal tersebut menunjukkan bahwa jasa lingkungan yang selama ini tidak diperhitungkan sebenarnya memiliki kontribusi besar terhadap kesejahteraan manusia. Informasi dari valuasi ekonomi menjadi landasan penting bagi pembuat kebijakan dalam merancang strategi pembangunan yang memperhatikan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

8. Analisis Nilai Ekonomi

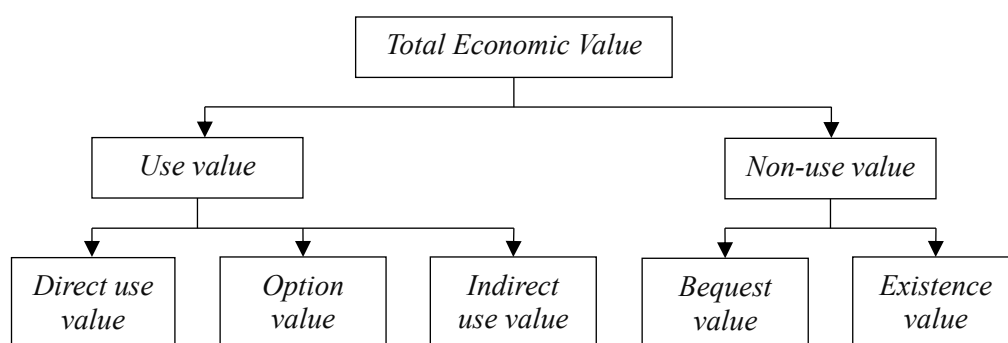
Industri dalam kegiatan produksinya menghasilkan limbah dengan jumlah yang cenderung meningkat seiring dengan kapasitas produksi yang meningkat. Limbah yang tidak dimanfaatkan dengan baik dapat menjadi sumber pencemaran, namun apabila dikelola secara tepat justru mampu memberikan nilai ekonomi bagi perusahaan maupun masyarakat (Hajam *et al.*, 2023). Islam *et al.* (2024) menyebutkan bahwa pemanfaatan limbah tidak hanya berfungsi mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi. Analisis nilai ekonomi merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengetahui besarnya manfaat ekonomi yang diperoleh dari pemanfaatan limbah yang dihasilkan.

a. Penerimaan dan Pendapatan

Peningkatan jumlah produksi akan berbanding lurus dengan peningkatan penerimaan yang diperoleh perusahaan. Penerimaan total (TR) dihitung dengan mengalikan harga produk (P) dengan jumlah produk yang terjual (Q), sehingga $TR = P \times Q$. Pendapatan merupakan selisih antara penerimaan total (TR) dengan total biaya produksi (TC) atau $\pi = TR - TC$ (Soekartawi, 1995). Pendapatan menjadi indikator penting karena semakin tinggi nilainya maka semakin besar kemampuan perusahaan untuk membiayai kegiatan operasional maupun pengembangan usaha.

b. Nilai Ekonomi Total

Nilai ekonomi total (*total economic value*) merupakan suatu pendekatan menyeluruh yang digunakan untuk menilai seluruh manfaat ekonomi yang diperoleh manusia dari sumber daya alam dan ekosistem, baik manfaat yang dapat digunakan secara langsung maupun manfaat yang hanya bernilai karena keberadaannya (Dushin & Yurak, 2019). Nilai ekonomi total secara lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kerangka nilai ekonomi total
Sumber: Munasinghe, 1993

Berdasarkan Gambar 5, nilai ekonomi total (*Total Economic Value/TEV*) mencakup dua komponen utama, yaitu nilai guna (*use value*) dan nilai non-guna (*non-use value*). Nilai guna merupakan nilai yang diperoleh dari pemanfaatan langsung atau tidak langsung terhadap sumber daya alam atau jasa ekosistem, terdiri atas (Efendi *et al.*, 2024):

- (1) Nilai guna langsung (*direct use value*) yaitu nilai dari barang atau jasa yang dikonsumsi atau digunakan secara langsung.
- (2) Nilai guna tidak langsung (*indirect use value*) yaitu nilai dari manfaat ekosistem yang tidak dikonsumsi langsung.
- (3) Nilai pilihan (*option value*) yaitu nilai atas potensi pemanfaatan suatu sumber daya di masa depan, meskipun saat ini belum dimanfaatkan.

Nilai non-guna (*non-use value*) merupakan nilai yang tidak terkait dengan penggunaan langsung maupun tidak langsung sumber daya, tetapi lebih pada aspek eksistensial dan warisan, terdiri atas (Larre *et al.*, 2024):

- (1) Nilai warisan (*bequest value*) yaitu nilai yang diberikan untuk menjaga keberadaan sumber daya alam demi generasi mendatang.
- (2) Nilai keberadaan (*existence value*) yaitu nilai yang timbul dari kepuasan karena mengetahui bahwa suatu spesies atau ekosistem tetap ada, walaupun tidak dimanfaatkan secara langsung.

Secara matematis nilai ekonomi total dirumuskan sebagai berikut (Turmudi *et al.*, 2005):

$$\text{NET} = \text{UV} + \text{NUV} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{NET} = (\text{DUV} + \text{IUV} + \text{OV}) + (\text{EV} + \text{BV}) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- NET = Nilai Ekonomi Total
- UV = Nilai Guna
- NUV = Nilai Bukan Guna
- DUV = Nilai Guna Langsung
- IUV = Nilai Guna Tidak Langsung
- OV = Nilai Pilihan
- EV = Nilai Keberadaan
- BV = Nilai Warisan

c. Nilai Guna Langsung

Nilai guna langsung merupakan nilai yang diperoleh dari pemanfaatan secara langsung terhadap suatu sumber daya alam atau hasil olahan yang memberikan manfaat ekonomi nyata (Luo *et al.*, 2025). Nilai ini mencerminkan besarnya kontribusi sumber daya terhadap peningkatan kesejahteraan ekonomi melalui kegiatan produksi atau perdagangan barang dan jasa yang dihasilkan.

Contohnya yaitu pemanfaatan hasil sampingan seperti limbah industri yang diolah menjadi barang bernilai jual, misalnya pupuk organik (Aini *et al.*, 2023). Nilai guna langsung dihitung berdasarkan total penerimaan yang diperoleh dari hasil produksi dikurangi dengan total biaya produksi yang dikeluarkan selama proses berlangsung, sehingga mencerminkan besarnya keuntungan yang dihasilkan dari aktivitas pemanfaatan tersebut.

d. Nilai Guna Tidak Langsung

Nilai guna tidak langsung merupakan nilai yang berasal dari manfaat tidak langsung suatu kegiatan terhadap lingkungan maupun sistem ekonomi secara keseluruhan (Yao & Wallace, 2024). Menurut Valck & Rolfe (2025), nilai ini menggambarkan kontribusi kegiatan ekonomi terhadap fungsi dan jasa ekosistem, seperti perlindungan pantai, pencegahan erosi, pengurangan tingkat pencemaran, efisiensi penggunaan energi, serta peningkatan kualitas lingkungan akibat adanya pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Nilai guna tidak langsung memiliki pengaruh besar terhadap keberlanjutan usaha dalam jangka panjang karena mampu menjaga stabilitas ekosistem. Nilai guna tidak langsung juga sering digunakan untuk menghitung manfaat ekonomi dari limbah yang dimanfaatkan kembali namun tidak diperdagangkan, seperti pemanfaatan limbah untuk bahan bakar.

9. Metode *Market Price*

Metode *market price* merupakan pendekatan valuasi ekonomi yang menilai suatu barang atau jasa berdasarkan harga pasar yang berlaku. Penilaian dilakukan dengan memanfaatkan data transaksi nyata yang mencerminkan nilai ekonomi suatu komoditas (Selivanov & Hlavackova, 2021). Harga pasar dianggap sebagai indikator nilai ekonomi karena terbentuk dari interaksi penawaran dan permintaan. Mekanisme pasar tersebut memberikan gambaran mengenai nilai yang bersedia dibayar konsumen maupun nilai yang diterima produsen. Penggunaan harga pasar membuat metode ini bersifat langsung dan mudah diimplementasikan dalam berbagai konteks penelitian ekonomi lingkungan.

Metode *market price* digunakan secara luas pada objek valuasi yang memiliki pasar aktif atau telah diperdagangkan secara umum. Peneliti dapat memperoleh nilai ekonomi dengan mengalikan harga satuan komoditas dengan jumlah barang atau jasa yang dimanfaatkan (Aisyah *et al.*, 2024). Pendekatan ini dianggap objektif karena menggunakan data harga aktual sehingga tidak memerlukan asumsi yang kompleks. Data harga yang tersedia secara rutin juga membantu meningkatkan akurasi perhitungan nilai ekonomi. Hasil valuasi dengan metode ini memberikan gambaran nyata mengenai manfaat ekonomi yang diterima masyarakat atau pelaku usaha.

Penerapan metode *market price* sangat relevan untuk menilai nilai ekonomi sumber daya alam maupun hasil samping yang memiliki nilai jual. Penilaian dapat mencakup komoditas utama hingga limbah yang masih dapat dimanfaatkan kembali, misalnya kayu, air, minyak kayu putih, wisata, serapan karbon, hingga produksi oksigen pada sumberdaya hutan (Harini *et al.*, 2024). Sumber daya yang sudah memiliki pasar memungkinkan proses valuasi dilakukan dengan efisien tanpa memerlukan pendekatan preferensi individu. Hasilnya dapat digunakan untuk menilai potensi ekonomi, memperkirakan kontribusi terhadap pendapatan, dan mendukung pengambilan keputusan pengelolaan. Nilai ekonomi yang dihasilkan juga membantu menggambarkan manfaat finansial dari pemanfaatan suatu sumber daya secara optimal.

Limbah kelapa sawit merupakan salah satu contoh objek yang dapat divalusi menggunakan metode *market price*. Limbah seperti bungkil memiliki nilai pasar karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ternak. Nilai jual limbah tersebut mencerminkan potensi ekonomi yang dapat dihitung melalui pendekatan harga pasar. Penggunaan metode ini membantu menggambarkan kontribusi limbah kelapa sawit terhadap peningkatan nilai tambah. Pemanfaatan limbah tersebut juga menunjukkan peluang ekonomi dalam pengelolaan sumber daya yang lebih berkelanjutan.

10. Metode *Benefit Transfer*

Metode *benefit transfer* merupakan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi suatu sumber daya alam atau jasa ekosistem dengan memanfaatkan hasil studi valuasi dari lokasi atau konteks lain yang memiliki karakteristik serupa (Boutwell & Westra, 2013). Menurut Plummer (2009), konsep dasar metode ini berlandaskan pada prinsip bahwa estimasi nilai ekonomi yang diperoleh dari suatu lokasi (*study site*) dapat diterapkan pada lokasi lain (*policy site*) yang memiliki karakteristik serupa dengan melakukan penyesuaian yang tepat. Pendekatan ini digunakan ketika pengumpulan data primer secara langsung di lokasi kebijakan tidak memungkinkan karena keterbatasan waktu, biaya, atau sumberdaya. Nilai ekonomi yang dihasilkan dari proses transfer memberikan perkiraan tentang manfaat yang diterima masyarakat akibat perubahan ekosistem, yang dapat digunakan untuk menilai efektivitas suatu kebijakan atau proyek konservasi. Penerapan metode ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai besarnya manfaat ekonomi dari suatu layanan ekosistem, tetapi juga membantu memahami implikasi ekonomi dari perubahan kondisi lingkungan dan dalam menentukan alokasi sumberdaya secara lebih efisien.

Pendekatan *benefit transfer* secara umum terbagi menjadi dua bentuk utama, yaitu *value transfer* dan *function transfer* (Newbold *et al.*, 2019). Boutwell & Westra (2013) menjelaskan bahwa *value transfer* dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata atau nilai tunggal dari studi sumber dan langsung diterapkan pada lokasi kebijakan yang dianggap memiliki kemiripan karakteristik. Sementara itu, *function transfer* dilakukan dengan mentransfer fungsi valuasi atau model ekonomi dari studi referensi, kemudian menyesuaikannya dengan karakteristik sosial ekonomi, lingkungan, serta demografis lokasi penerapan. Perkembangan metode *benefit transfer* mendorong lahirnya penggunaan *meta-analysis* yang menggabungkan banyak hasil studi valuasi menjadi suatu fungsi umum (Amuakwa-Mensah *et al.*, 2018). Integrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) semakin memperkuat pendekatan ini dengan memberikan gambaran spasial tentang distribusi nilai ekonomi di suatu wilayah (Kochanek *et al.*, 2025).

Penerapan metode *Benefit Transfer* memerlukan penyesuaian nilai agar mencerminkan kondisi ekonomi di wilayah studi (Smith *et al.*, 2000). Beberapa pendekatan yang umum digunakan dalam proses penyesuaian tersebut antara lain:

- a. *Income per Capita Adjustment*: menyesuaikan nilai berdasarkan perbedaan tingkat pendapatan per kapita antara lokasi referensi dan lokasi studi, karena tingkat pendapatan memengaruhi kemampuan serta kemauan masyarakat untuk membayar (Permana & Kusumawardani, 2021).
- b. *GDP Deflator Adjustment*: memperhitungkan perbedaan tingkat inflasi antarperiode dengan menggunakan rasio indeks *GDP deflator*, sehingga nilai ekonomi yang diperoleh mencerminkan harga riil pada waktu analisis (Robhati & Kusumawardani, 2016).
- c. *Purchasing Power Parity (PPP) Adjustment*: menyesuaikan nilai berdasarkan paritas daya beli antarwilayah yang berlandaskan pada prinsip *the law of one price*, di mana nilai ekonomi dinyatakan dalam dolar AS lalu dikonversi kembali ke mata uang lokal sesuai daya beli masyarakat (Hafidh, 2005).
- d. *Upah Minimum Kota (UMK) Adjustment*: menggunakan perbandingan upah minimum sebagai indikator tingkat kesejahteraan dan kemampuan ekonomi masyarakat di wilayah tertentu, sehingga hasil valuasi lebih merefleksikan kondisi ekonomi lokal (Osmaleli, 2014).

Keandalan hasil metode *benefit transfer* sangat bergantung pada kesesuaian antara lokasi sumber dan lokasi penerapan (Lam-Gonzalez *et al.*, 2022). Faktor kesamaan jenis ekosistem, kondisi sosial ekonomi, serta tujuan valuasi perlu diperhatikan agar kesalahan transfer dapat diminimalkan. Metode *benefit transfer* berperan penting dalam analisis ekonomi sumberdaya alam karena mampu menyediakan estimasi nilai manfaat lingkungan secara efisien. Pemanfaatan *benefit transfer* secara ilmiah akan membantu mewujudkan kebijakan pengelolaan lingkungan yang berorientasi pada keberlanjutan jangka panjang.

Penelitian sebelumnya telah menyediakan basis nilai ekonomi dari berbagai jenis limbah yang dihasilkan dalam proses pengolahan TBS menjadi CPO dan PKO, sehingga nilai tersebut dapat ditransfer ke konteks penelitian. Limbah padat seperti tankos, *fiber*, dan cangkang telah dinilai memiliki nilai ekonomi melalui

pemanfaatannya sebagai pupuk organik dan bahan bakar boiler. Studi oleh Afifah *et al.* (2016) menunjukkan bahwa tankos memiliki nilai ekonomi Rp28,16/kg, sedangkan serat dan cangkang bernilai Rp154,99/kg dan Rp495,50/kg. Informasi nilai dari penelitian tersebut menjadi dasar yang ditransfer dalam metode *benefit transfer* untuk memperoleh estimasi nilai ekonomi limbah pada lokasi penelitian.

11. Persepsi

Persepsi merupakan proses yang dialami seseorang dalam memilih, mengorganisasi, dan menafsirkan informasi untuk membentuk pandangan terhadap suatu objek atau fenomena (Kotler & Keller, 2016). Schiffman & Wisenblit (2019) menjelaskan bahwa persepsi adalah proses pemilihan, pengorganisasian, dan pengolahan citra menjadi pandangan yang bermakna dan koheren, di mana setiap individu dapat menafsirkan hal yang sama secara berbeda karena dipengaruhi oleh kebutuhan, nilai, serta harapan masing-masing. Menurut Sumarwan (2011), persepsi muncul dari sensasi, yaitu tanggapan awal terhadap rangsangan yang kemudian diolah menjadi pemaknaan tertentu. Schiffman & Wisenblit (2019) menambahkan bahwa persepsi terdiri atas tiga komponen utama, yaitu seleksi, organisasi, dan interpretasi terhadap rangsangan, yang bekerja secara berurutan untuk membantu individu membentuk respons terhadap objek.

Menurut Verkuyten (2025), persepsi masyarakat menggambarkan pandangan sekelompok individu terhadap suatu objek, kebijakan, atau fenomena sosial yang muncul di lingkungan tempat mereka hidup. Persepsi masyarakat terbentuk dari interaksi sosial dan dipengaruhi oleh tingkat pendidikan, kondisi ekonomi, pengalaman, serta nilai-nilai budaya yang dianut (Dieckmann *et al.*, 2021). Masyarakat yang memiliki pengetahuan memadai cenderung menunjukkan persepsi yang lebih rasional terhadap suatu isu. Tingkat keterbukaan informasi juga berperan penting dalam membentuk cara pandang masyarakat terhadap perubahan sosial dan lingkungan di sekitarnya (Liu, 2024). Pemahaman mengenai persepsi masyarakat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan agar program yang dijalankan dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat.

Menurut Ernawati (2019), persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah mencerminkan sejauh mana masyarakat memahami dan menilai kegiatan pengelolaan limbah yang dilakukan untuk menghasilkan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan. Pemanfaatan limbah berpotensi memberikan nilai ekonomi tambahan sekaligus mengurangi pencemaran (Islam *et al.*, 2024). Tingkat pemahaman masyarakat mengenai pengelolaan limbah sangat menentukan cara pandang mereka terhadap praktik tersebut. Persepsi yang positif mendorong masyarakat untuk lebih aktif berpartisipasi dalam upaya pengelolaan limbah, sedangkan persepsi negatif dapat menjadi hambatan dalam penerapannya.

B. Penelitian Terdahulu

Penulis mencantumkan beberapa penelitian yang berkaitan dengan ekonomi sirkular, nilai ekonomi limbah, dan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah sebagai dasar referensi dalam penelitian ini. Telaah penelitian terdahulu dilakukan untuk mengidentifikasi persamaan serta perbedaan penelitian sebelumnya. Sejumlah penelitian menyoroti strategi penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam memanfaatkan limbah industri, sementara penelitian lainnya lebih berfokus pada perhitungan nilai ekonomi atau persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah. Ruang lingkup penelitian disusun secara lebih komprehensif karena mencakup tiga aspek sekaligus, yaitu penerapan prinsip ekonomi sirkular, analisis nilai ekonomi limbah, dan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit. Belum ditemukan penelitian yang menggabungkan ketiga aspek tersebut.

Perbedaan lain terletak pada metode valuasi ekonomi yang digunakan yaitu *market price* dan *benefit transfer*. Belum ditemukan penelitian terkait valuasi ekonomi limbah dengan menggunakan metode *benefit transfer*. Lokasi penelitian yang dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri memiliki karakteristik dan sistem pemanfaatan limbah yang tentu berbeda dengan lokasi penelitian lainnya. Telaah penelitian terdahulu memberikan referensi yang berkaitan dengan judul yang telah diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian oleh Agustina *et al.* (2025) tentang *Implementing Biogas Technology as a Liquid Waste Management Strategy in Palm Oil Mills to Promote a Circular Economy*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan *palm oil mill effluent* (POME) menjadi energi terbarukan yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBg) maupun sebagai bahan bakar boiler (*co-firing*) mampu menekan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan efisiensi energi. Pengolahan limbah didasarkan pada prinsip *reduce, reuse, recycle*, dan *recovery* sesuai dengan konsep ekonomi sirkular.
2. Penelitian oleh Yulistika *et al.* (2023) tentang Potensi Penerapan Konsep Ekonomi Sirkular untuk Pengembangan Industri Tahu yang Berkelanjutan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular yang dilakukan industri tahu adalah *reduce* dan *recycle* penggunaan air, serta *repurpose* ampas tahu dan limbah cair menjadi produk pangan, pakan ternak, pupuk, dan biogas. Penerapan tersebut menciptakan pendapatan tambahan sekaligus mengurangi pencemaran.
3. Penelitian oleh Putri *et al.* (2022) tentang Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Pupuk Menuju Ekonomi Sirkular (UMKM Olahan Pisang di Indonesia). Bentuk penerapan ekonomi sirkular yang dilakukan adalah mengolah limbah kulit pisang menjadi pupuk organik cair. Pemanfaatan limbah tersebut mengurangi pencemaran dan meningkatkan produktivitas tanaman, serta berpotensi menjadi peluang bisnis bernilai jual tinggi.
4. Penelitian oleh Hisyam *et al.* (2025) tentang Penerapan Ekonomi Sirkular dalam Proses Pengelolaan Sampah oleh Bank Sampah Mekar Sari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bank Sampah Mekar Sari tidak hanya menjadi tempat pengumpulan sampah, tetapi juga menjalankan fungsi edukasi dan pemberdayaan warga dalam mengelola sampah secara berkelanjutan. Praktik yang dijalankan seperti pemilahan sejak dari rumah, kerja sama dengan mitra pengelola daur ulang, dan pemanfaatan ulang material bekas, mencerminkan penerapan prinsip ekonomi sirkular. Bank Sampah Mekar Sari melakukan kolaborasi dengan masyarakat, pemerintah, dan sektor swasta guna terbentuknya ekosistem pengelolaan sampah yang partisipatif.

5. Penelitian oleh Afifah *et al.* (2016) tentang Analisis Nilai Ekonomi Limbah Industri Kelapa Sawit di PT. Sandabi Indah Lestari Kabupaten Bengkulu Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT. Sandabi Indah Lestari menghasilkan limbah padat yang terdiri dari limbah janjang kosong, serabut, cangkang dan solid. Limbah cair terdiri dari *sludge oil* dan *condensate*, sedangkan polutan berupa padat, cair dan uap. Penjualan limbah menghasilkan nilai guna langsung sebesar Rp350.186.914,47/bulan dan nilai guna tidak langsung sebesar Rp167.954.040/bulan.
6. Penelitian oleh Marini *et al.* (2022) tentang Analisis Ekonomi Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) sebagai Bahan Bakar Boiler (Studi Kasus PT. Medco Papua Hijau Selaras). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar boiler tercatat 5.189,34 kg/jam *fiber* dan 1.735,08 kg/jam cangkang. Energi listrik sebesar 1 kWh memerlukan 6,63 kg *fiber* dan 2,22 kg cangkang. Biaya penggunaan kombinasi *fiber*, cangkang, dan solar mencapai Rp32.050.425,00/hari sedangkan penggunaan solar saja Rp9.912.300,00 per hari. Pemanfaatan *fiber* dan cangkang menyebabkan pengeluaran riil pabrik hanya sebesar Rp3.469.305,00 per hari untuk solar.
7. Penelitian oleh Febian *et al.* (2020) tentang Nilai Ekonomi Lingkungan Pemanfaatan Limbah Cair dan Limbah Tankos Hasil Pengolahan Industri Kelapa Sawit PT. Musirawas Citraharpindo. Hasil penelitian menunjukan bahwa periode tahun 2017, limbah cair *sludge* yang dihasilkan mencapai 76.933,92 ton untuk lahan seluas 460 hektar, sedangkan limbah padat tankos mencapai 100.350,46 ton untuk lahan 2.867,16 hektar. Analisis menunjukkan pemanfaatan limbah sebagai pengurang penggunaan pupuk (urea, RP, MOP, kieserite) memberikan nilai ekonomi Rp46.644.327,00 untuk *sludge* dan Rp 1.784.059.650,00 untuk tankos. Total nilai ekonomi lingkungan dari pemanfaatan kedua limbah ini sebesar Rp1.830.703.977,00 pada tahun 2017.
8. Penelitian oleh Iswahyudi *et al.* (2024) tentang Pengaruh *Land Application* Terhadap Jumlah Produksi Buah Kelapa Sawit di PT. Citra Putra Kebun Asri Jorong Estate. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair pabrik kelapa sawit di PT. CPKA memberikan dampak positif terhadap peningkatan produksi kelapa sawit. Hasil produksi kelapa sawit dengan aplikasi limbah

cair pabrik, yaitu sebesar 16,73 ton/ha pada tahun 2015, 11,79 ton/ha pada tahun 2016, 18,65 ton/ha pada tahun 2017, 29,46 ton/ha pada tahun 2018, dan 26,26 ton/ha pada tahun 2019. Angka-angka tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan produksi kelapa sawit tanpa aplikasi limbah cair pabrik, yaitu 15,67 ton/ha pada tahun 2015, 10,38 ton/ha pada tahun 2016, 15,72 ton/ha pada tahun 2017, 25,92 ton/ha pada tahun 2018, dan 25,11 ton/ha pada tahun 2019.

9. Penelitian oleh Sulistyaningrum *et al.* (2020) tentang Persepsi Masyarakat Terhadap Perkebunan Kelapa Sawit dan Pabrik CPO PT. Djuandasawit Lestari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada aspek ekonomi masyarakat menilai perusahaan memberikan kontribusi positif dengan skor rata-rata 4,25 (sangat setuju), seperti penggunaan tenaga kerja lokal, peningkatan pendapatan masyarakat, dan dukungan terhadap usaha sampingan serta program kemitraan/plasma. Persepsi masyarakat terhadap aspek lingkungan cenderung negatif dengan skor rata-rata 2,33 (tidak setuju), terutama terkait dampak mobilisasi kendaraan, kualitas udara dan air, serta kebisingan dan debu. Sementara itu, persepsi masyarakat dari aspek sosial bersifat positif dengan skor rata-rata 3,47 (setuju), menilai perusahaan aktif dalam kegiatan sosial, program kesehatan, musyawarah konflik, dan bantuan CSR. Secara keseluruhan, skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,35 menunjukkan bahwa masyarakat kurang setuju terhadap keberadaan perusahaan, yang berarti masih ada kekhawatiran terkait dampak lingkungan meskipun aspek ekonomi dan sosial dianggap cukup positif.
10. Penelitian oleh Shaskia & Yunita (2021) tentang Persepsi Masyarakat terhadap Dampak Limbah Tahu di Sekitar Sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 90% masyarakat menilai limbah tahu mengganggu estetika dan menimbulkan bau menyengat. Nilai rata-rata persepsi masyarakat terhadap dampak limbah tahu mencapai 78,56%, yang termasuk kategori “mengganggu”. Secara rinci 99,7% masyarakat merasa limbah tahu mengganggu estetika lingkungan sungai dan 99,4% masyarakat menilai bau dari limbah tahu sangat mengganggu. Masyarakat menilai air sungai menjadi keruh, berbau, dan berubah warna menjadi hijau kehitaman,

menandakan pencemaran. Masyarakat juga memahami bahwa limbah tahu berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan, namun masih ada pelaku usaha yang belum menyadari dampaknya. Penelitian merekomendasikan pembangunan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dan pemanfaatan limbah tahu sebagai pupuk organik atau bahan baku lain untuk mengurangi pencemaran.

C. Kerangka Pemikiran

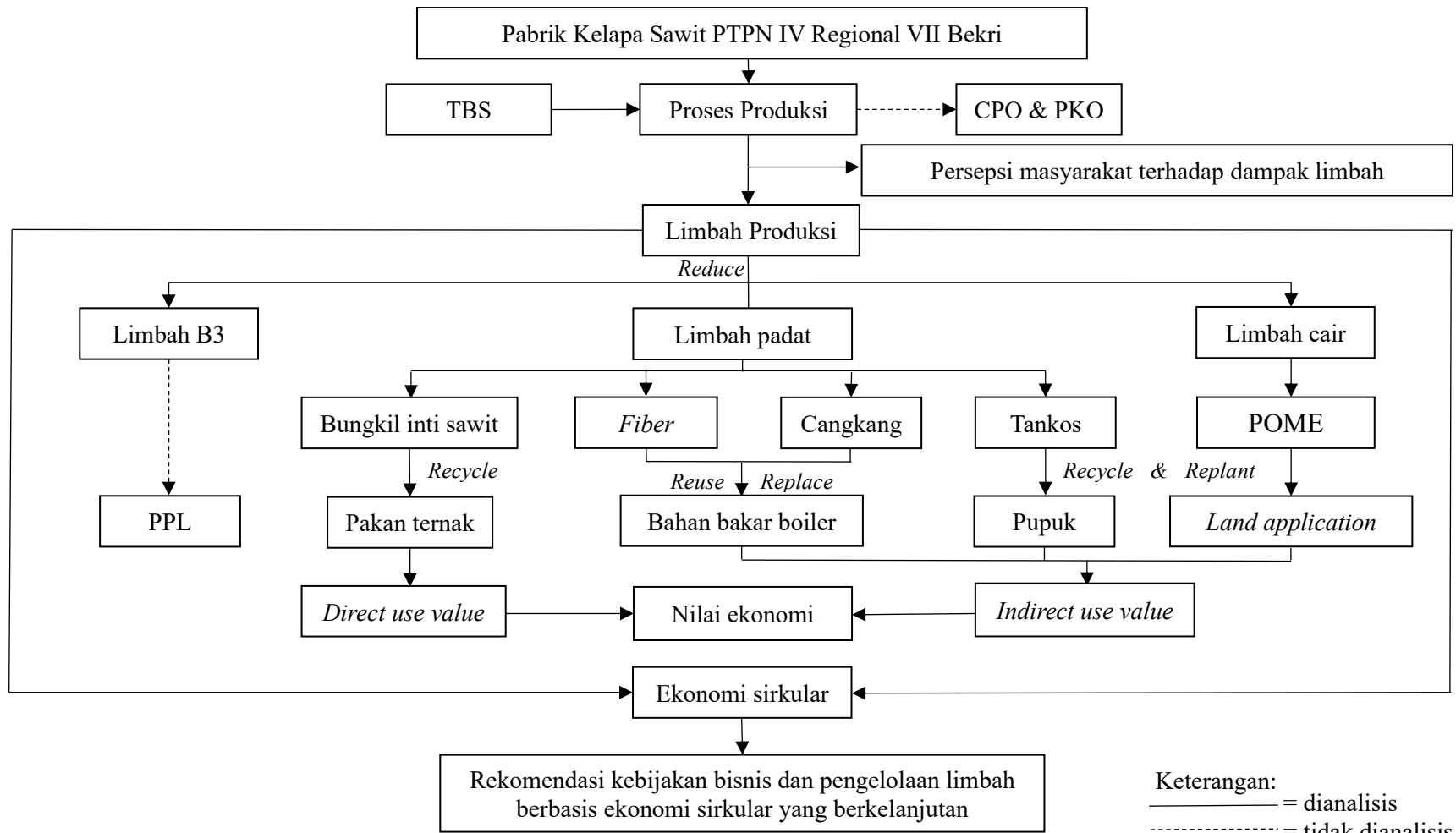
PT Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri menjalankan kegiatan budidaya kelapa sawit dan pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi *crude palm oil* (CPO) serta *palm kernel oil* (PKO) yang menghasilkan berbagai jenis limbah produksi. Fokus penelitian diarahkan pada unit pengolahan karena proses ini menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong (tankos), *fiber*, cangkang, dan bungkil inti, limbah cair berupa *palm oil mill effluent* (POME), serta limbah B3 berupa oli dan solar bekas. Limbah yang dihasilkan memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan apabila tidak dikelola secara optimal. Pendekatan ekonomi sirkular digunakan sebagai kerangka untuk mengubah limbah produksi menjadi sumber daya yang bernilai ekonomi sekaligus menekan risiko pencemaran lingkungan.

Penerapan ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri dilakukan melalui prinsip 5R: *reduce*, *reuse*, *recycle*, *replace*, dan *replant*. *Reduce* tercermin dalam efisiensi sumber daya dan pengendalian proses produksi untuk menekan timbulan limbah sejak sumbernya. *Reuse* diterapkan melalui pemanfaatan *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler tanpa pengolahan lanjutan. *Recycle* diwujudkan melalui pengolahan tankos menjadi pupuk dan bungkil inti sawit menjadi pakan ternak. *Replace* dilakukan dengan substitusi bahan bakar fosil menggunakan biomassa internal pabrik untuk menurunkan biaya energi. *Replant* diterapkan melalui pemanfaatan tankos dan aplikasi POME pada lahan, yang meningkatkan kesuburan tanah.

Nilai ekonomi pengelolaan limbah kelapa sawit terdiri atas nilai guna langsung dan nilai guna tidak langsung. Nilai guna langsung diperoleh dari limbah yang memiliki nilai pasar dan diperdagangkan secara komersial, seperti bungkil inti sawit yang dihitung menggunakan metode *market price*. Nilai guna tidak langsung mencakup manfaat ekonomi yang tidak melalui mekanisme pasar, seperti penghematan biaya bahan bakar dari pemanfaatan *fiber* dan cangkang, pengurangan biaya pupuk akibat penggunaan tankos, serta peningkatan produktivitas lahan melalui aplikasi POME. Estimasi nilai guna tidak langsung dilakukan menggunakan metode *benefit transfer* yang disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian. Nilai ekonomi POME dihitung berdasarkan selisih produktivitas lahan yang menerima aplikasi POME dan lahan tanpa aplikasi yang kemudian dikalikan dengan harga TBS.

Persepsi masyarakat terhadap dampak dan keberadaan limbah mencerminkan penilaian terhadap limbah padat, limbah cair, dan limbah B3 yang dihasilkan pabrik, baik dari sisi kebermanfaatan maupun dampak lingkungan yang dirasakan. Penilaian masyarakat meliputi persepsi terhadap bau, kualitas air, kebersihan lingkungan, serta dampak ekonomi lokal seperti peluang usaha. Persepsi masyarakat sebagai informasi pendukung dalam menilai efektivitas pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular. Informasi persepsi ini digunakan untuk memastikan bahwa pemanfaatan limbah tidak hanya bernilai ekonomi dan ramah lingkungan, tetapi juga dapat diterima secara sosial.

Integrasi antara penerapan prinsip ekonomi sirkular, nilai ekonomi pengelolaan limbah, dan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan pabrik menjadi dasar dalam perumusan rekomendasi kebijakan bisnis dan pengelolaan limbah. Rekomendasi yang dihasilkan diarahkan pada penguatan praktik ekonomi sirkular yang efisien, bernilai tambah, dan berkelanjutan. Kebijakan bisnis yang dirumuskan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial secara terpadu. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kinerja pengelolaan limbah sekaligus memperkuat legitimasi sosial perusahaan di tingkat lokal. Uraian kerangka pemikiran tersebut secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan alir pemikiran

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus dan survei. Penelitian dilakukan secara mendalam untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai penerapan ekonomi sirkular, nilai ekonomi limbah, serta persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Pendekatan studi kasus digunakan karena mampu memberikan gambaran rinci mengenai praktik penerapan prinsip 5R (*reduce, reuse, recycle, replace, dan replant*) dalam sistem pengelolaan limbah pada unit pengolahan. Gerring (2006) menjelaskan bahwa studi kasus merupakan metode penelitian yang dilakukan secara intensif terhadap suatu unit tunggal atau objek tertentu dalam jangka waktu tertentu untuk memperoleh data yang akurat, mendalam, dan kontekstual. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memahami aktivitas dan proses pengelolaan limbah secara langsung berdasarkan kondisi aktual di pabrik.

Metode survei digunakan untuk mengumpulkan data mengenai persepsi masyarakat terhadap keberadaan limbah pabrik, baik manfaat maupun dampaknya bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Pengukuran persepsi dilakukan menggunakan instrumen kuesioner berskala *likert* dengan lima tingkat penilaian, mulai dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju. Setiap indikator persepsi mencerminkan penilaian masyarakat terhadap keberadaan limbah, pemanfaatan limbah, dan dampaknya bagi lingkungan sekitar. Hasil kuesioner dianalisis menggunakan *rating scale* untuk mengelompokkan tingkat persepsi masyarakat ke dalam kategori sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, atau sangat tinggi.

B. Konsep Dasar dan Batasan Operasional

Konsep dasar dan batasan operasional merupakan penjelasan mengenai pengertian variabel yang digunakan dalam penelitian untuk mempermudah proses analisis sesuai tujuan penelitian. Konsep dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri adalah unit usaha milik PTPN IV Regional VII yang berfokus pada kegiatan pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi *crude palm oil* (CPO) dan *palm kernel oil* (PKO).

Proses produksi adalah serangkaian kegiatan pengolahan TBS hingga menjadi CPO dan PKO. Proses ini juga menghasilkan berbagai jenis limbah padat, cair, dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Limbah produksi adalah sisa atau buangan yang dihasilkan dari kegiatan proses produksi di pabrik kelapa sawit yang meliputi limbah padat, cair, dan limbah B3.

Limbah padat adalah sisa produksi yang berbentuk padatan berupa tandan kosong (tankos), cangkang, *fiber*, dan bungkil inti sawit. Limbah ini dimanfaatkan kembali untuk berbagai tujuan, yaitu pupuk organik, bahan bakar boiler, dan pakan ternak.

Limbah cair adalah sisa hasil pencucian dan pengolahan minyak sawit yang mengandung bahan organik tinggi berupa *palm oil mill effluent* (POME). Limbah cair ini dikelola dan digunakan sebagai sistem *land application* agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman dan memperbaiki struktur tanah.

Limbah B3 adalah limbah bahan berbahaya dan beracun yang berasal dari kegiatan industri, berupa sisa oli, solar, dan kain majun bekas. Limbah B3 dikelola secara khusus melalui kerja sama dengan Perusahaan Pengelola Limbah (PPL) yang memiliki izin resmi agar tidak mencemari lingkungan.

Bungkil inti sawit adalah hasil samping dari proses ekstraksi minyak inti sawit yang berbentuk padat dan dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ternak setelah proses pengempaan.

Tandan kosong (tankos) adalah limbah padat hasil proses perebusan TBS yang dipress menjadi pupuk organik untuk memperbaiki kesuburan tanah di perkebunan.

Fiber (serat) adalah sisa hasil pengolahan buah kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan bakar boiler pengganti bahan bakar fosil dalam proses produksi di pabrik.

Cangkang adalah limbah padat dari biji sawit yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler karena memiliki nilai kalor tinggi dan ramah lingkungan.

POME (*Palm Oil Mill Effluent*) adalah limbah cair dari proses pengolahan minyak sawit yang dimanfaatkan kembali melalui sistem *land application* untuk menekan pencemaran dan meningkatkan kesuburan tanah.

Bahan bakar boiler adalah energi yang digunakan dalam proses produksi, di mana *fiber* dan cangkang sawit sering dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

PPL (Perusahaan Pengelola Limbah) adalah pihak ketiga yang memiliki izin resmi dari pemerintah untuk menangani dan memproses limbah B3 agar aman bagi lingkungan.

Pakan ternak adalah produk hasil pemanfaatan bungkil inti sawit yang dipress dan dijual sebagai bahan pakan hewan ternak.

Pupuk organik adalah hasil press tankos yang digunakan untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman kelapa sawit di kebun.

Bahan bakar boiler adalah sumber energi dari *fiber* dan cangkang yang digunakan dalam proses produksi sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Land application adalah teknik pemanfaatan limbah cair dengan cara mengalirkannya ke lahan perkebunan setelah melalui proses pengolahan.

Ekonomi sirkular merupakan suatu konsep pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan melalui prinsip 5R (*reduce, reuse, recycle, replace, dan replant*) sehingga nilai guna barang dan limbah dapat dipertahankan dalam siklus produksi.

Reduce adalah upaya mengurangi timbulan limbah padat dan cair dari proses pengolahan kelapa sawit melalui efisiensi penggunaan bahan bakar, air proses, dan bahan kimia. Prinsip *reduce* pada Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan melalui pengurangan POME yang dibuang dan pengurangan limbah padat yang tidak dimanfaatkan.

Reuse adalah kegiatan memanfaatkan kembali limbah tanpa mengubah bentuknya. Prinsip *reuse* pada Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan pada pemanfaatan *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler pengganti bahan bakar fosil.

Recycle adalah proses mengolah limbah menjadi produk baru yang bernilai ekonomi. Prinsip *recycle* pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan melalui pengolahan tankos menjadi pupuk organik, pengolahan bungkil inti menjadi pakan ternak, serta pemanfaatan POME untuk *land application*.

Replace adalah tindakan mengganti bahan baku atau sumber energi tertentu dengan bahan dari limbah yang lebih ramah lingkungan. Prinsip *replace* pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan melalui penggantian bahan bakar fosil dengan *fiber* dan cangkang serta penggantian pupuk kimia dengan pupuk organik dari tankos.

Replant adalah pemanfaatan limbah untuk mendukung rehabilitasi ekologis berupa peremajaan tanaman dan pemulihan lahan. Prinsip *replant* pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan melalui penggunaan tankos sebagai bahan organik dan POME sebagai nutrisi tanah untuk mendukung kegiatan *replanting* di area kebun.

Nilai ekonomi limbah adalah total manfaat ekonomi yang diperoleh dari seluruh bentuk pemanfaatan limbah, baik yang bersifat langsung maupun tidak langsung.

Nilai guna langsung merupakan nilai ekonomi yang diperoleh dari limbah yang memiliki nilai pasar berupa bungkil inti sawit. Nilai ini dihitung menggunakan metode *market price* dengan mengalikan harga jual bungkil inti sawit dengan jumlah produksi yang dihasilkan setelah dikurangi biaya produksi.

Nilai guna tidak langsung merupakan nilai ekonomi dari limbah yang tidak diperdagangkan tetapi memberikan manfaat substitusi, berupa *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar, tankos sebagai pengganti pupuk, dan POME melalui *land application*. Nilai ini dihitung dengan metode *benefit transfer* untuk *fiber*, cangkang, dan tankos, sedangkan nilai POME diperoleh dari selisih produktivitas lahan yang diaplikasikan dan tidak diaplikasikan, kemudian dikalikan dengan harga TBS.

Persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah merupakan pandangan, sikap, dan tingkat penerimaan masyarakat terhadap keberadaan limbah yang dihasilkan perusahaan beserta manfaat maupun dampaknya bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Pengukuran dilakukan menggunakan skala *likert* berdasarkan indikator sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk menilai bagaimana masyarakat merasakan, memahami, dan menilai pengaruh limbah terhadap kondisi di sekitar tempat tinggal mereka.

Batasan operasional variabel terkait dengan penelitian valuasi ekonomi limbah dan persepsi masyarakat terhadap penerapan ekonomi sirkular pada pengelolaan limbah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Batasan operasional variabel yang berhubungan dengan analisis

No	Variabel	Definisi	Satuan/Pengukuran
1	Limbah padat	Sisa hasil pengolahan berupa tankos, <i>fiber</i> , cangkang, dan bungkil inti sawit yang dimanfaatkan kembali	kg/bulan
2	Limbah cair	Sisa hasil pengolahan berupa POME yang dimanfaatkan untuk <i>land application</i>	m ³ /bulan
3	Biaya pengolahan limbah	Biaya yang digunakan untuk pengumpulan, transportasi, dan pemrosesan hasil produksi	Rupiah/tahun
4	Biaya tenaga kerja	Biaya yang mencakup pembayaran gaji bulanan, tunjangan, dan biaya sosial bagi tenaga kerja	Rupiah/tahun
5	Premi pengolahan	Biaya berupa insentif tambahan yang diberikan kepada tenaga kerja berdasarkan jumlah produksi yang diolah selama periode tertentu	Rupiah/tahun
6	Pemakaian bahan-bahan pengolahan	Biaya untuk pembelian bahan penunjang proses produksi atau pengolahan limbah	Rupiah/tahun
7	Biaya bahan bakar/pelumas	Biaya untuk bahan bakar dan pelumas yang digunakan dalam mesin produksi atau pengolahan	Rupiah/tahun
8	Biaya listrik pengolahan	Biaya untuk konsumsi listrik mesin produksi, pompa, <i>blower</i> , dan peralatan pengolahan limbah	Rupiah/tahun
9	Biaya pemeliharaan bangunan	Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan bangunan pabrik agar tetap berfungsi optimal	Rupiah/tahun

Tabel 3. Lanjutan

No	Variabel	Definisi	Satuan/Pengukuran
10	Biaya pemeliharaan mesin	Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan dan perbaikan mesin, alat serta sarana pengolahan agar tetap berfungsi optimal	Rupiah/tahun
11	Biaya pengepakan	Biaya yang timbul karena produk memerlukan pengemasan	Rupiah/tahun
12	Biaya overhead pabrik	Biaya yang mencakup pengeluaran tidak langsung berupa administrasi, pengawasan, dan fasilitas pendukung	Rupiah/tahun
13	Biaya penyusutan	Biaya yang timbul akibat penyusutan aset dan peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan	Rupiah/tahun
14	Penerimaan	Jumlah total yang diterima dari hasil penjualan limbah bernilai jual berupa bungkil inti sawit	Rupiah/tahun
15	Pendapatan	Selisih antara penerimaan dengan total biaya pengolahan	Rupiah/tahun
16	Nilai guna langsung	Nilai ekonomi yang diperoleh dari hasil penjualan limbah yang memiliki nilai pasar berupa bungkil inti sawit	Rupiah/tahun
17	Nilai guna tidak langsung	Nilai ekonomi dari pemanfaatan limbah yang tidak dijual tetapi memberikan manfaat substitusi seperti bahan bakar boiler dari <i>fiber</i> dan cangkang, pupuk organik dari tankos, dan <i>land application</i> dari POME	Rupiah/tahun

Tabel 3. Lanjutan

No	Variabel	Definisi	Satuan/Pengukuran
18	Persepsi terhadap aspek sosial	<p>Pandangan masyarakat terhadap keberadaan limbah pabrik dan dampaknya terhadap kondisi sosial di sekitar tempat tinggal.</p> <p>Indikator:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Keberadaan pabrik dan kondisi limbahnya memengaruhi rasa aman masyarakat. 2. Pabrik memberikan informasi yang cukup kepada warga mengenai keberadaan limbah. 3. Keberadaan limbah memengaruhi kenyamanan masyarakat. 4. Aktivitas perusahaan terkait kebersihan lingkungan membantu kondisi sosial masyarakat. 5. Masyarakat merasa pendapatnya mengenai keberadaan limbah diperhatikan oleh pabrik. 	<p>Sangat setuju (5) Setuju (4) Netral (3) Tidak setuju (2) Sangat tidak setuju (1)</p>
19	Persepsi terhadap aspek ekonomi	<p>Pandangan masyarakat terhadap manfaat atau dampak ekonomi yang timbul dari keberadaan limbah di lingkungan sekitar.</p> <p>Indikator:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Keberadaan limbah membuka peluang usaha bagi masyarakat. 2. Masyarakat memperoleh peluang usaha dari pemanfaatan limbah. 3. Keberadaan limbah tidak menimbulkan biaya tambahan bagi masyarakat. 4. Keberadaan pabrik meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar. 5. Pemanfaatan limbah memberi kontribusi terhadap ekonomi lokal. 	<p>Sangat setuju (5) Setuju (4) Netral (3) Tidak setuju (2) Sangat tidak setuju (1)</p>

Tabel 3. Lanjutan

No	Variabel	Definisi	Satuan/Pengukuran
20	Persepsi terhadap aspek lingkungan	Pandangan masyarakat terhadap dampak limbah pabrik terhadap kualitas lingkungan sekitar. Indikator: 1. Limbah pabrik tidak menimbulkan bau atau pencemaran yang mengganggu. 2. Air di lingkungan sekitar pabrik tidak tercemar akibat limbah produksi. 3. Keberadaan limbah padat memengaruhi kebersihan lingkungan. 4. Limbah dimanfaatkan menjadi produk yang ramah lingkungan (pupuk, kompos). 5. Keberadaan limbah tidak mengganggu keberlanjutan ekosistem sekitar.	Sangat setuju (5) Setuju (4) Netral (3) Tidak setuju (2) Sangat tidak setuju (1)

C. Lokasi Penelitian dan Waktu Pengumpulan Data

Lokasi penelitian ditetapkan secara sengaja (*purposive*) di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri yang beroperasi di Desa Sinar Banten, Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah. Penetapan lokasi ini dilakukan berdasarkan tiga pertimbangan utama. Pertama, industri tersebut merupakan salah satu unit pengolahan kelapa sawit berskala besar dengan kapasitas produksi 40 ton TBS/jam. Data tahun 2024 menunjukkan bahwa jumlah TBS yang diolah mencapai 139.324,17 ton. Berdasarkan data pengolahan, proporsi limbah yang dihasilkan dalam setiap ton TBS, yaitu 21,99% tandan kosong (30.651,06 ton), 12,99% *fiber* (18.111,99 ton), 6,99% cangkang (9.752,61 ton), dan debit limbah cair yang dihasilkan mencapai 83.593,80 m³ selama satu tahun. Proporsi ini menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan sangat signifikan dari total TBS yang diolah sehingga menarik untuk dianalisis dari sisi ekonomi sirkular dan nilai ekonominya.

Kedua, Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri merupakan pabrik yang telah menerapkan konsep ekonomi sirkular melalui pendekatan 5R (*reduce, reuse, recycle, replace, dan replant*). Penerapannya meliputi *reuse* dan *replace* yaitu *fiber* dan *cangkang* yang digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menggantikan bahan bakar fosil. *Recycle* dan *replant* yaitu tankos yang diproses menjadi pupuk organik dan diaplikasikan ke lahan serta POME yang dimanfaatkan melalui sistem *land application* untuk perbaikan kesuburan tanah. *Recycle* yaitu bungkil inti sawit yang dijual sebagai bahan baku pakan ternak. Prinsip *reduce* diterapkan melalui efisiensi proses produksi.

Ketiga, lokasi pabrik berdekatan dengan permukiman masyarakat, yaitu warga Desa Sinar Banten yang berada di sekitar kawasan industri. Kedekatan geografis ini memungkinkan masyarakat merasakan secara langsung manfaat ataupun dampak dari aktivitas pengelolaan limbah, sehingga sangat relevan untuk dikaji persepsinya. Kondisi ini memungkinkan penelitian menangkap hubungan antara aktivitas industri, pemanfaatan limbah, serta penerimaan masyarakat terhadap keberadaan pabrik. Tata letak rumah penduduk terhadap pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tata letak rumah penduduk terhadap pabrik

Berdasarkan Gambar 7, lokasi pabrik berdekatan dengan pemukiman masyarakat Desa Sinar Banten. Pemukiman penduduk berada di sisi timur dan timur laut pabrik, dipisahkan oleh akses jalan utama dan sebagian dengan rel kereta api. Sebelah selatan pabrik terdapat Sungai Way Tipo, yang menjadi salah satu referensi dalam melihat potensi dampak lingkungan industri. Fasilitas umum seperti sekolah dasar berada di sisi barat dan area kebun kelapa sawit mengelilingi bagian utara serta selatan pabrik. Kedekatan spasial ini memperkuat relevansi penelitian karena masyarakat berada dalam radius yang dapat merasakan secara langsung keberadaan limbah yang dihasilkan dari kegiatan perusahaan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2025 di pabrik dan pemukiman sekitar. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi di area produksi, wawancara dengan bagian limbah dan tanaman, serta penyebaran kuesioner kepada masyarakat. Data yang diperoleh menjadi dasar analisis penerapan ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri.

D. Responden

Responden dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu pihak internal perusahaan dan masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik. Pembagian ini bertujuan untuk memperoleh informasi teknis mengenai praktik pengelolaan limbah dalam penerapan prinsip ekonomi sirkular di perusahaan serta menggambarkan persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah terhadap lingkungan sekitar. Kelompok responden internal terdiri dari krani bagian limbah, krani bagian akuntansi dan keuangan, serta krani bagian tanaman. Krani bagian limbah memberikan informasi teknis terkait pengelolaan limbah, krani bagian akuntansi dan keuangan menyediakan data mengenai pencatatan aliran bahan dan *output* produksi serta biaya-biaya pengolahan, sedangkan krani bagian tanaman berkaitan dengan pengelolaan limbah cair di lapangan. Penetapan responden dilakukan dengan metode *purposive sampling* karena setiap jabatan memiliki peran teknis yang relevan dengan pembentukan limbah serta penerapan prinsip 5R pada sistem ekonomi sirkular.

Responden dari masyarakat ditetapkan untuk memperoleh gambaran mengenai persepsi masyarakat terhadap keberadaan limbah pabrik dan dampaknya terhadap lingkungan, kenyamanan, dan aktivitas sosial ekonomi masyarakat sekitar.

Populasi penelitian adalah seluruh rumah tangga di sekitar Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri, yaitu di RT 1 sampai RT 5 Desa Sinar Banten dengan total 145 rumah tangga. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan (e) sebesar 10 persen untuk memperoleh sampel yang representatif tanpa melakukan survei pada seluruh populasi. Rumus Slovin yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = tingkat kesalahan yang ditoleransi

Berdasarkan perhitungan:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

$$n = \frac{145}{1 + 145(0,1)^2}$$

$$n = \frac{145}{1 + 1,45}$$

$$n = \frac{145}{2,45}$$

$$n = 59,18$$

Jumlah sampel dibulatkan menjadi 60 responden. Jumlah tersebut dianggap proporsional untuk mewakili lima RT di Desa Sinar Banten. Pemilihan sampel dilakukan menggunakan *simple random sampling*, sehingga setiap rumah tangga memiliki peluang yang sama untuk menjadi responden. Pendekatan acak sederhana dinilai tepat karena limbah cair (POME) tidak langsung dialirkan ke sungai melainkan diolah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah cair hasil olahan IPAL memiliki dua jalur pemanfaatan, yaitu sebagian diaplikasikan pada lahan melalui sistem *land application* dan sebagian lainnya

dialirkan ke Sungai Way Tipo setelah memenuhi baku mutu lingkungan sesuai ketentuan yang berlaku. Kondisi tersebut menyebabkan tingkat paparan limbah di seluruh wilayah permukiman relatif serupa. Kriteria responden ditetapkan pada masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri dan berpotensi merasakan dampak kegiatan perusahaan terhadap lingkungan, dengan syarat lama tinggal minimal ≥ 3 tahun agar responden memahami kondisi lingkungan, perubahan sosial, serta dinamika ekonomi lokal yang berkaitan dengan keberadaan pabrik.

E. Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lapangan melalui observasi, wawancara, serta penyebaran kuesioner kepada responden dari pihak internal Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri dan masyarakat Desa Sinar Banten, Kecamatan Bekri. Data primer mencakup informasi mengenai praktik pengelolaan limbah dalam penerapan prinsip ekonomi sirkular, volume limbah yang dihasilkan, harga pasar limbah, serta persepsi masyarakat terhadap keberadaan limbah dan dampaknya terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber resmi seperti buku, jurnal ilmiah, penelitian terdahulu, dan data dari instansi terkait, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian PPN/Bappenas, serta Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Penggunaan data sekunder bertujuan memperkuat analisis melalui dukungan teori, pembandingan empiris, serta dasar perhitungan nilai ekonomi dalam proses valuasi limbah. Salah satu data sekunder kunci berasal dari penelitian Afifah *et al.* (2016) yang dipilih sebagai rujukan utama dalam metode *benefit transfer*. Lokasi penelitian tersebut berada di Bengkulu Utara, yang memiliki karakteristik agroekologi dan sistem budidaya yang paling mendekati kondisi Lampung Tengah, sehingga nilai ekonomi yang ditransfer menjadi lebih relevan dan dapat dipertanggungjawabkan dibanding penelitian lainnya.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik, yaitu:

1. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran faktual mengenai penerapan prinsip ekonomi sirkular serta alur pengelolaan limbah pada unit pengolahan. Observasi mencakup pemanfaatan tankos, *fiber*, cangkang, dan limbah cair (POME) serta kondisi lingkungan dan sosial masyarakat di sekitar pabrik. Catatan lapangan serta dokumentasi visual digunakan untuk menilai efektivitas penerapan prinsip 5R serta kesesuaian proses pengelolaan limbah dengan standar keberlanjutan yang diterapkan perusahaan.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan krani bagian limbah, krani bagian akuntansi dan keuangan, serta krani bagian tanaman untuk memperoleh informasi mengenai proses teknis pengelolaan limbah, pencatatan aliran material dan biaya pengolahannya, serta pengelolaan limbah cair di lapangan. Informasi dari ketiga posisi tersebut menjadi dasar dalam memahami bagaimana limbah terbentuk, bagaimana limbah dicatat, serta bagaimana potensi ekonomi sirkular diterapkan di perusahaan. Wawancara juga dilakukan dengan masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri untuk mengetahui persepsi mereka terhadap keberadaan limbah serta dampaknya terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Instrumen wawancara menggunakan kuesioner berskala *likert* lima tingkat, dan hasilnya dianalisis menggunakan metode *rating scale* untuk menentukan kategori tingkat persepsi masyarakat.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperkuat landasan teori serta mendukung analisis melalui hasil penelitian terdahulu terkait ekonomi sirkular, nilai ekonomi limbah, serta persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah. Literatur yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar penyusunan indikator penelitian serta sebagai referensi dalam perhitungan manfaat tidak langsung pada valuasi ekonomi limbah. Penelitian Afifah *et al.* (2016) digunakan sebagai sumber nilai *benefit transfer* karena kesesuaian karakteristik wilayah penelitian dengan Lampung Tengah, sehingga adaptasi nilai ekonomi yang digunakan menjadi lebih relevan secara metodologis.

F. Metode Analisis Data

Analisis kualitatif digunakan untuk menggambarkan praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri secara menyeluruh berdasarkan hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi dengan menekankan pada proses pengelolaan dan pemanfaatan limbah. Analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung nilai ekonomi limbah serta menilai persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah melalui pendekatan skala *likert* dan *rating scale*. Menurut Sugiyono (2015), metode penelitian kualitatif adalah metode yang digunakan untuk memahami fenomena pada kondisi ilmiah, sedangkan metode kuantitatif menggunakan data berupa angka. Penelitian ini menggabungkan kedua pendekatan tersebut agar mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai penerapan ekonomi sirkular, nilai ekonomi limbah, serta persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh pabrik.

1. Analisis Praktik Penerapan Prinsip Ekonomi Sirkular

Tujuan pertama dijawab dengan melakukan analisis deskriptif kualitatif yang menggambarkan praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular melalui model 5R (*reduce, reuse, recycle, replace, dan replant*) pada pengelolaan limbah di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan konsep ekonomi sirkular memiliki variasi model, seperti 3R, 5R, hingga 9R (Dasnoer & Khaidir, 2024). Penelitian ini secara khusus menggunakan pendekatan 5R, karena model ini paling sesuai dengan praktik operasional dan sistem pengelolaan limbah yang diterapkan di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Setiap prinsip 5R dianalisis dengan pendekatan yang berbeda sesuai karakteristik limbah dan bentuk pemanfaatannya, yaitu:

- a. *Reduce* dianalisis melalui observasi langsung dan wawancara terkait proses produksi untuk melihat efisiensi sumberdaya yang dilakukan pabrik.
- b. *Reuse* dianalisis melalui observasi langsung dan wawancara mengenai penggunaan kembali *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler.

- c. *Recycle* dianalisis melalui observasi langsung dan wawancara terkait pengolahan tankos menjadi pupuk, bungkil inti menjadi pakan ternak, dan pemanfaatan POME.
- d. *Replace* dianalisis melalui observasi langsung dan wawancara untuk menilai substitusi bahan bakar fosil dengan biomassa internal pabrik.
- e. *Replant* dianalisis melalui observasi langsung dan wawancara mengenai penggunaan tankos dan POME dalam mendukung kesuburan tanah.

Data penelitian diperoleh melalui wawancara, observasi lapangan, dan telaah dokumen perusahaan yang berkaitan dengan aktivitas pengelolaan limbah . Analisis ini bertujuan untuk menjawab tujuan pertama penelitian, yaitu menganalisis praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam mendukung efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan. Hasil analisis disajikan secara deskriptif guna menunjukkan praktik keberlanjutan yang telah dilakukan perusahaan berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

2. Analisis Nilai Ekonomi Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit

Penelitian ini menganalisis nilai ekonomi dalam kerangka 5R, namun tidak seluruh prinsip menghasilkan nilai yang dapat dikuantifikasi. Valuasi ekonomi diterapkan pada *reuse*, *recycle*, *replace*, dan *replant* karena memberikan manfaat ekonomi terukur. Prinsip *reduce* tetap diterapkan dalam sistem 5R, tetapi bersifat preventif dan tidak menghasilkan nilai ekonomi yang dapat dihitung secara langsung. Keterkaitan prinsip 5R dengan manfaat ekonomi sebagai berikut:

- *Reduce*: upaya menekan volume limbah tanpa menghasilkan nilai ekonomi yang dapat dikuantifikasi.
- *Reuse*: pemanfaatan *fiber* dan cangkang sebagai bahan bakar boiler → nilai substitusi energi.
- *Recycle*: tankos diolah menjadi pupuk organik, bungkil inti dijual sebagai bahan baku pakan ternak, dan POME dimanfaatkan untuk *land application* → menghasilkan nilai pasar atau nilai ekologis.

- *Replace*: penggunaan *fiber* dan cangkang menggantikan bahan bakar fosil
→ penghematan biaya energi.
- *Replant*: pemanfaatan tankos dan POME untuk meningkatkan kesuburan tanah
→ peningkatan produktivitas.

a. Nilai Guna Langsung (*Direct Use Value/DUV*)

Nilai guna langsung diperoleh dari hasil penjualan limbah yang memiliki nilai pasar (Warer *et al.*, 2024). Limbah yang memenuhi kategori ini hanya bungkil inti sawit yang dihasilkan dari proses pengepresan inti sawit dan dipasarkan sebagai bahan baku pakan ternak. Nilai ekonomi dihitung menggunakan pendekatan harga pasar (*market price*), yaitu dengan mengalikan jumlah bungkil yang dijual dengan harga pasar, kemudian dikurangi dengan biaya produksi. Nilai guna langsung dihitung menggunakan rumus berikut (United Nations Environment Programme, 2007):

$$DUV = \sum (P_i \times Q_i) - C_i \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- DUV = nilai guna langsung (Rp/tahun)
- P_i = harga limbah ke-i (Rp/ton)
- Q_i = produksi limbah ke-i (ton/tahun)
- C_i = biaya produksi (Rp/tahun)

b. Nilai Guna Tidak Langsung (*Indirect Use Value/IUV*)

Nilai guna tidak langsung diperoleh dari manfaat ekonomi limbah yang tidak dijual tetapi dimanfaatkan kembali oleh perusahaan untuk mendukung kegiatan operasional dan pengelolaan lingkungan (Perdana *et al.*, 2021).

Limbah yang termasuk dalam kategori nilai guna tidak langsung pada penelitian ini meliputi tandan kosong (tankos), *fiber*, cangkang, serta *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Limbah-limbah tersebut memberikan manfaat ekonomi yang berbeda, yaitu:

- Tankos: substitusi pupuk organik
- *Fiber* dan cangkang: substitusi bahan bakar boiler
- POME: peningkatan kesuburan tanah yang meningkatkan produktivitas

Tankos, *fiber*, dan cangkang tidak memiliki harga pasar langsung karena seluruh pemanfaatannya dilakukan secara internal. Oleh karena itu, nilai ekonomi ketiga jenis limbah tersebut dihitung menggunakan metode *benefit transfer*. Metode *benefit transfer* merupakan teknik valuasi ekonomi dengan mentransfer hasil valuasi dari penelitian terdahulu ke lokasi penelitian dengan karakteristik yang relatif serupa (Boutwell & Westra, 2013). Nilai referensi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian Afifah *et al.* (2016):

- Tankos : Rp 28.160,00/ton
- *Fiber* : Rp154.990,00/ton
- Cangkang : Rp495.500,00/ton

Penyesuaian nilai dilakukan menggunakan *adjustment model* agar hasil valuasi relevan terhadap perbedaan kondisi waktu dan wilayah. Metode *benefit transfer* memiliki empat pendekatan, yaitu *Income per Capita Adjustment*, *GDP Deflator Adjustment*, *Purchasing Power Parity Adjustment*, dan *Upah Minimum Kota (UMK) Adjustment*. Penelitian ini menggunakan pendekatan UMK karena upah minimum lebih mampu merepresentasikan daya beli dan tingkat kesejahteraan masyarakat lokal dibandingkan indikator makro lainnya.

Sebelum dilakukan penyesuaian antarwilayah, nilai referensi terlebih dahulu disesuaikan berdasarkan perbedaan waktu menggunakan konsep *time value of money* menggunakan metode bunga majemuk (*compound interest*). Tingkat suku bunga yang digunakan merupakan suku bunga pinjaman modal kerja kelompok bank persero. Menurut Departemen Penelitian dan Pengaturan Perbankan (2019), suku bunga pinjaman modal kerja sesuai dalam merepresentasikan biaya modal operasional perusahaan perkebunan dan pengolahan kelapa sawit yang bersifat produktif dan berkelanjutan. Pemilihan bank persero didasarkan pada perannya sebagai penyedia pembiayaan utama sektor agribisnis nasional (Ronga *et al.*, 2015). Tingkat suku bunga yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rata-rata suku bunga pinjaman modal kerja kelompok bank persero selama periode 2016–2024. Penggunaan rata-rata periode tersebut bertujuan untuk memperoleh tingkat bunga yang

lebih stabil dan representatif terhadap fluktuasi tahunan, sehingga nilainya dianggap konstan dalam seluruh periode analisis. Tahun dasar (t_0) ditetapkan pada tahun 2016. Jumlah periode (n) dihitung berdasarkan banyaknya periode waktu, sehingga merepresentasikan total tahun penggantian bunga secara kumulatif (Wang, 2024). Rumus perhitungan *future value* yang digunakan dalam penyesuaian nilai referensi adalah sebagai berikut (Drake & Fabozzi, 2009):

$$FV = PV (1+r)^n \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- FV = *future value* di lokasi referensi (Rp)
 PV = *present value* di lokasi referensi (Rp)
 r = tingkat suku bunga (%)
 n = banyaknya periode waktu (tahun)

Nilai yang telah disesuaikan berdasarkan konsep *time value of money* selanjutnya dihitung menggunakan pendekatan UMK untuk menyesuaikan perbedaan kondisi sosial ekonomi antarwilayah. Rumus perhitungan nilai guna tidak langsung di lokasi penelitian adalah sebagai berikut (Osmaleli, 2014):

$$IUV_{lokasi} = IUV_{ref} \times M \times \left(\frac{UMK_{lokasi}}{UMK_{ref}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- IUV_{lokasi} = nilai guna tidak langsung di lokasi penelitian (Rp/tahun)
 IUV_{ref} = nilai guna tidak langsung di lokasi referensi (Rp/ton)
 UMK_{lokasi} = Upah Minimum Kota di lokasi penelitian (Rp/bulan)
 UMK_{ref} = Upah Minimum Kota di lokasi referensi (Rp/bulan)
 M = volume limbah (ton/tahun)

Perhitungan nilai guna tidak langsung untuk limbah POME dilakukan menggunakan pendekatan *market price*. Nilai ekonomi POME diukur berdasarkan selisih produktivitas lahan yang diaplikasikan POME dan lahan yang tidak diaplikasikan POME. Selanjutnya nilai tersebut dikalikan dengan harga TBS dan total produksi TBS pada lahan dengan aplikasi POME. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$IUV_{pome} = (\text{Produktivitas}_{la} - \text{Produktivitas}_{non-la}) \times P_{TBS} \times Q_{TBS-la} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

IUV_{pome}	= nilai guna tidak langsung POME (Rp/tahun)
$\text{Produktivitas}_{la}$	= produktivitas lahan dengan <i>land application</i> (ton/ha)
$\text{Produktivitas}_{non-la}$	= produktivitas lahan tanpa <i>land application</i> (ton/ha)
P_{TBS}	= harga TBS (Rp/ton)
Q_{TBS-la}	= Produksi TBS lahan dengan <i>land application</i> (ton)

Total nilai guna tidak langsung diperoleh dengan menjumlahkan seluruh manfaat ekonomi dari pemanfaatan limbah tankos, *fiber*, cangkang, dan POME. Perhitungan total nilai guna tidak langsung sebagai berikut:

$$IUV = IUV_{tankos} + IUV_{fiber} + IUV_{cangkang} + IUV_{POME} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

IUV	= <i>indirect use value</i> (Rp/tahun)
IUV_{tankos}	= <i>indirect use value</i> tandan kosong (Rp/tahun)
IUV_{fiber}	= <i>indirect use value</i> tandan kosong (Rp/tahun)
$IUV_{cangkang}$	= <i>indirect use value</i> tandan kosong (Rp/tahun)
IUV_{POME}	= <i>indirect use value</i> POME (Rp/tahun)

Nilai ekonomi limbah kelapa sawit dihitung dari penjumlahan nilai guna langsung dan nilai guna tidak langsung sebagai berikut:

$$\text{Nilai Ekonomi Limbah} = DUV + IUV \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

DUV	= <i>direct use value</i> (Rp/tahun)
IUV	= <i>indirect use value</i> (Rp/tahun)

3. Analisis Persepsi Masyarakat

Tujuan ketiga dijawab dengan melakukan analisis deskriptif kuantitatif terhadap persepsi masyarakat mengenai keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Persepsi masyarakat diukur menggunakan kuesioner berskala *likert* yang disusun berdasarkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Hasil penilaian kemudian dikonversi menggunakan *rating scale* untuk menentukan kategori persepsi masyarakat (Hasibuan *et al.*, 2025). Instrumen pertanyaan disusun berdasarkan penelitian terdahulu dan hasil pra-survei lokasi, sehingga pernyataan yang digunakan

mencerminkan bagaimana masyarakat merasakan keberadaan limbah, manfaatnya, atau dampak yang mungkin timbul dari aktivitas industri. Pendekatan ini digunakan karena masyarakat tidak memiliki akses dan pengetahuan teknis mengenai proses penanganan limbah di dalam pabrik. Oleh sebab itu, persepsi tidak diarahkan pada bagaimana limbah ditangani perusahaan, tetapi pada bagaimana masyarakat melihat, merasakan, dan menilai dampak limbah tersebut dalam konteks kehidupan sosial-ekonomi dan lingkungan tempat tinggal mereka.

a. Pernyataan Persepsi Masyarakat

Konsep keberlanjutan dalam pengelolaan limbah maupun sistem produksi bersifat multidimensional. Aspek lingkungan hanyalah salah satu dimensi dari keberlanjutan, karena faktor sosial dan ekonomi juga memiliki peran penting dalam menciptakan sistem yang berkelanjutan secara menyeluruh (Hartmann *et al.*, 2021). Instrumen disusun untuk menggambarkan penilaian masyarakat mengenai limbah industri, baik dari segi manfaat maupun potensi dampaknya. Setiap aspek terdiri dari lima pernyataan dengan lima tingkat penilaian. Pernyataan terkait persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pernyataan terkait persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah

Pernyataan	Skor				
	1	2	3	4	5
Aspek Sosial					
1 Keberadaan pabrik dan kondisi limbahnya memengaruhi rasa aman masyarakat.					
2 Pabrik memberikan informasi yang cukup kepada warga mengenai keberadaan limbah.					
3 Keberadaan limbah memengaruhi kenyamanan masyarakat tinggal di sekitar pabrik.					
4 Aktivitas perusahaan terkait kebersihan lingkungan membantu kondisi sosial masyarakat.					
5 Masyarakat merasa pendapatnya mengenai keberadaan limbah diperhatikan oleh pihak pabrik.					

Tabel 4. Lanjutan

	Pernyataan	Skor				
		1	2	3	4	5
Aspek Ekonomi						
1	Keberadaan limbah membuka peluang usaha atau kegiatan ekonomi bagi masyarakat.					
2	Masyarakat memperoleh manfaat ekonomi dari pemanfaatan limbah.					
3	Keberadaan limbah tidak menimbulkan biaya tambahan bagi masyarakat.					
4	Keberadaan pabrik meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar.					
5	Pemanfaatan limbah industri berkontribusi terhadap ekonomi lokal.					
Aspek Lingkungan						
1	Limbah pabrik tidak menimbulkan bau atau pencemaran yang mengganggu.					
2	Air di lingkungan sekitar tidak tercemar akibat limbah produksi.					
3	Keberadaan limbah padat memengaruhi kebersihan lingkungan.					
4	Limbah dimanfaatkan menjadi produk yang ramah lingkungan (pupuk, kompos, bahan bakar).					
5	Keberadaan limbah tidak mengganggu keberlanjutan ekosistem sekitar.					

b. Skala Likert

Skala *likert* digunakan untuk menghitung sikap, partisipasi, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial. Pengukuran persepsi pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif menggunakan kuesioner berskala *likert* (Sarwono, 2006). Skor pengukuran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Skor pengukuran dalam penelitian

Simbol	Keterangan	Skor
SS	Sangat Setuju	5
S	Setuju	4
N	Netral	3
TS	Tidak Setuju	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

Sumber: Sarwono, 2006

c. Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dan reliabilitas digunakan untuk menguji kelayakan alat ukur dalam penelitian, yaitu instrumen penelitian yang digunakan untuk mengukur persepsi masyarakat terhadap limbah. Instrumen penelitian dalam analisis persepsi berupa daftar pertanyaan. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap butir pertanyaan mampu mengukur konstruk yang dimaksud secara tepat dan konsisten. Instrumen yang tidak valid atau tidak reliabel berpotensi menghasilkan data yang bias dan tidak mencerminkan kondisi sebenarnya.

Menurut Sufren & Natanael (2013), uji validitas menunjukkan tingkat keabsahan suatu alat ukur, yaitu sejauh mana butir pertanyaan dalam instrumen penelitian mampu mengukur variabel yang diteliti. Validitas butir pertanyaan diuji menggunakan korelasi *Pearson Product Moment* dengan membandingkan nilai r-hitung terhadap r-tabel. Suatu butir pertanyaan dinyatakan valid apabila nilai r-hitung > r-tabel pada tingkat signifikansi yang ditentukan. Nilai r-hitung dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- r = Koefisien validitas butir pertanyaan
- n = Jumlah responden
- X = Skor yang diperoleh subjek dari setiap item
- Y = Skor total dari seluruh item
- $\sum X$ = Jumlah skor X
- $\sum Y$ = Jumlah skor Y
- $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat masing-masing X
- $\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat masing-masing Y

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui tingkat konsistensi instrumen penelitian dalam mengukur persepsi masyarakat. Instrumen yang reliabel akan menghasilkan nilai pengukuran yang relatif stabil apabila digunakan berulang kali pada kondisi yang sama. Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan metode *Cronbach's Alpha* dengan bantuan aplikasi SPSS.

Menurut Sufren & Natanael (2013), suatu instrumen dikatakan reliabel apabila memiliki nilai *Cronbach's Alpha* (α) > 0,60. Rumus reliabilitas yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \times \left\{ 1 - \frac{\sum Si}{St} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

r_{11} = Koefisien reliabilitas instrumen

K = Jumlah butir pertanyaan

$\sum Si$ = Jumlah varians butir

S_t = Varians total

Kaidah pengambilan keputusan:

(a) Jika $r_{11} > r$ tabel, maka instrumen penelitian dinyatakan reliabel.

(b) Jika $r_{11} < r$ tabel maka instrumen penelitian dinyatakan tidak reliabel.

Nilai r-tabel dalam penelitian ini sebesar 0,3610 dengan jumlah responden sebanyak 30 orang pada tingkat signifikansi 0,05. Suatu butir pertanyaan dinyatakan valid apabila nilai r-hitung > r-tabel dan dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* > 0,60. Hasil uji validitas dan reliabilitas terhadap butir pertanyaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji validitas dan reliabilitas pernyataan terkait persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah

	Pernyataan	r-hitung	Keterangan
Aspek Sosial			
1	Keberadaan pabrik dan kondisi limbahnya memengaruhi rasa aman masyarakat.	0,957**	Valid
2	Pabrik memberikan informasi yang cukup kepada warga mengenai keberadaan limbah.	0,790**	Valid
3	Keberadaan limbah memengaruhi kenyamanan masyarakat tinggal di sekitar pabrik.	0,835**	Valid
4	Aktivitas perusahaan terkait kebersihan lingkungan membantu kondisi sosial masyarakat.	0,796**	Valid
5	Masyarakat merasa pendapatnya mengenai keberadaan limbah diperhatikan oleh pihak pabrik.	0,940**	Valid
	<i>Cronbach Alpha</i>	0,916	Reliabel

Tabel 6. Lanjutan

	Pernyataan	r-hitung	Keterangan
Aspek Ekonomi			
1	Keberadaan limbah membuka peluang usaha atau kegiatan ekonomi bagi masyarakat.	0,854**	Valid
2	Masyarakat memperoleh manfaat ekonomi dari pemanfaatan limbah.	0,826**	Valid
3	Keberadaan limbah tidak menimbulkan biaya tambahan bagi masyarakat.	0,908**	Valid
4	Keberadaan pabrik meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar.	0,777**	Valid
5	Pemanfaatan limbah industri berkontribusi terhadap ekonomi lokal.	0,895**	Valid
	<i>Cronbach Alpha</i>	0,901	Reliabel
Aspek Lingkungan			
1	Limbah pabrik tidak menimbulkan bau atau pencemaran yang mengganggu.	0,922**	Valid
2	Air di lingkungan sekitar tidak tercemar akibat limbah produksi.	0,883**	Valid
3	Keberadaan limbah padat memengaruhi kebersihan lingkungan.	0,726**	Valid
4	Limbah dimanfaatkan menjadi produk yang ramah lingkungan (pupuk, kompos, bahan bakar).	0,743**	Valid
5	Keberadaan limbah tidak mengganggu keberlanjutan ekosistem sekitar.	0,952**	Valid
	<i>Cronbach Alpha</i>	0,902	Reliabel

Keterangan:

** : sangat nyata pada taraf kepercayaan 99% ($\alpha=0,01$)

Berdasarkan Tabel 6, seluruh butir pertanyaan memiliki nilai r-hitung > r-tabel sebesar 0,3610. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa setiap butir pertanyaan mampu mengukur konstruk persepsi masyarakat secara tepat. Nilai *Cronbach's Alpha* pada aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan masing-masing berada > 0,60, yang menunjukkan konsistensi instrumen berada pada kategori baik. Instrumen penelitian dinyatakan valid dan reliabel sehingga layak digunakan untuk mengukur persepsi masyarakat terhadap limbah.

d. *Rating Scale*

Rating scale digunakan untuk menentukan kategori tingkat persepsi masyarakat berdasarkan hasil pengukuran dari seluruh responden (Wardana *et al.*, 2025). Perhitungan ini dilakukan untuk mengelompokkan hasil skor total ke dalam lima kategori persepsi. Setiap aspek persepsi terdiri atas lima butir pernyataan dengan lima pilihan jawaban pada skala *likert*, mulai dari skor 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju). Jumlah responden dalam penelitian sebanyak 60 orang. Langkah perhitungan *rating scale* dimulai dari penentuan skor minimum dan maksimum, serta penetapan jarak interval antar kategori. Rumus yang digunakan untuk menentukan jarak interval (I) sebagai dasar pengelompokan kategori adalah (Simamora, 2000):

$$I = \frac{\text{skor maksimum} - \text{skor minimum}}{\text{jumlah kategori}} \dots\dots\dots(10)$$

Berdasarkan rumus, maka dapat dihitung:

$$I = \frac{(60 \times 25) - (60 \times 5)}{5}$$

$$I = \frac{1.500 - 300}{5}$$

$$I = 240$$

Nilai tersebut menjadi dasar untuk menentukan batas rentang skor setiap kategori persepsi masyarakat yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kategori tingkat persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah

Rentang Skor	Kategori Persepsi
300 – 539	Sangat rendah
540 – 779	Rendah
780 – 1.019	Sedang
1.020 – 1.259	Tinggi
1.260 – 1.500	Sangat tinggi

Kategori tingkat persepsi masyarakat ditentukan berdasarkan total skor yang diperoleh dari seluruh responden. *Rating scale* digunakan untuk mengubah data kuantitatif hasil kuesioner menjadi bentuk kualitatif untuk memudahkan interpretasi.

Matriks analisis data disusun untuk memberikan gambaran yang sistematis mengenai keterkaitan antara tujuan penelitian, jenis data yang dibutuhkan, serta metode analisis yang digunakan. Matriks ini juga berfungsi sebagai pedoman dalam proses pengumpulan dan pengolahan data agar tetap konsisten dengan pendekatan metodologis yang telah ditetapkan. Setiap komponen dalam matriks disusun berdasarkan karakteristik data kualitatif dan kuantitatif yang digunakan dalam penelitian. Matriks analisis data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Matriks analisis data penelitian

Tujuan Penelitian	Analisis	Data yang Dibutuhkan	Metode Analisis Data
Menganalisis praktik penerapan prinsip ekonomi sirkular pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	Implementasi prinsip 5R (<i>reduce reuse, recycle, replace, dan replant</i>) dalam pengelolaan limbah	<ul style="list-style-type: none"> • Wawancara dengan pihak pabrik • Observasi lapangan terkait pengelolaan limbah • Dokumen perusahaan mengenai proses produksi 	Analisis deskriptif kualitatif
Menghitung nilai ekonomi limbah kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	Nilai ekonomi limbah yang terdiri dari nilai guna langsung (DUV) dan nilai guna tidak langsung (IUV)	<p>DUV: bungkil inti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volume produksi • Harga Jual • Biaya produksi <p>IUV: tankos, <i>fiber</i>, cangkang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volume limbah • Nilai referensi • Suku bunga pinjaman modal kerja • UMK Lampung Tengah • UMK Bengkulu Utara <p>IUV: limbah cair (POME)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produksi lahan • Luas lahan • Huga TBS 	<p>Analisis kuantitatif DUV dengan metode <i>market price</i></p> <p>Analisis kuantitatif DUV dengan metode <i>benefit transfer</i> melalui penyesuaian <i>time value of money</i> dan UMK</p> <p>Analisis kuantitatif IUV dengan metode <i>market price</i> menggunakan pendekatan selisih produktivitas</p>
Menganalisis persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri	Persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah industri dari aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil uji validitas dan reabilitas instrumen • Jawaban kuesioner masyarakat • Skor jawaban <i>skala likert</i> 	Analisis deskriptif kuantitatif menggunakan <i>skala likert</i> kemudian <i>rating scale</i>

IV. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

A. Gambaran Umum Kabupaten Lampung Tengah

Kabupaten Lampung Tengah merupakan salah satu wilayah administratif di Provinsi Lampung yang memiliki peran strategis dalam aktivitas pemerintahan dan perekonomian regional. Pembentukan Kabupaten Lampung Tengah berdasarkan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 1999 yang memisahkannya dari wilayah Lampung Timur dan Kota Metro sehingga daerah ini memiliki ruang administratif yang lebih terarah. Kabupaten Lampung Tengah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki peran penting dalam sektor pertanian dan perkebunan, khususnya komoditas kelapa sawit. Aktivitas industri kelapa sawit di wilayah ini menjadi latar belakang utama dalam kajian pengelolaan limbah dan penerapan ekonomi sirkular.

Kabupaten Lampung Tengah memiliki luas wilayah 4.559,57 km² dan terbagi ke dalam 28 kecamatan dengan karakteristik wilayah yang beragam, sebagian besar berupa dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 46 meter di atas permukaan laut. Karakteristik ini menjadikan Lampung Tengah cocok untuk sektor pertanian dan perkebunan yang merupakan mata pencaharian penting di wilayah tersebut. Pusat pemerintahan Kabupaten Lampung Tengah berada di Kecamatan Gunung Sugih. Letak kabupaten yang berada pada jalur strategis di Provinsi Lampung mendukung perkembangan sektor perkebunan dan industri pengolahan hasil pertanian. Kondisi tersebut menjadi salah satu faktor berkembangnya pabrik pengolahan kelapa sawit di beberapa kecamatan, termasuk Kecamatan Bekri.

B. Gambaran Umum Kecamatan Bekri

Kecamatan Bekri merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Lampung Tengah yang menjadi lokasi penelitian ini. Kecamatan ini memiliki posisi yang relatif dekat dengan pusat pemerintahan kabupaten, yaitu sekitar 22 km dari Kecamatan Gunung Sugih, sehingga aksesibilitas menuju wilayah Bekri tergolong baik. Luas wilayah Kecamatan Bekri sekitar 98,38 km² dengan kondisi topografi yang didominasi oleh dataran rendah. Karakteristik wilayah tersebut mendukung aktivitas pertanian dan perkebunan yang masih menjadi mata pencaharian utama masyarakat setempat. Keberadaan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri menjadikan kecamatan ini sebagai lokasi yang relevan untuk kajian pengelolaan limbah industri.

Secara administratif, Kecamatan Bekri terdiri dari beberapa kecamatan di sekitarnya yang membentuk struktur ruang wilayah, sebagai berikut:

1. Bagian utara berbatasan dengan Kecamatan Anak Tuha
2. Bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesawaran
3. Bagian timur berbatasan dengan Kecamatan Bumi Ratu Nuban
4. Bagian barat berbatasan dengan Kecamatan Bangun Rejo

Kecamatan Bekri terdiri dari 8 desa/kelurahan yang menjadi unit administratif pemerintahan paling dekat dengan masyarakat. Setiap desa/kelurahan memiliki luas wilayah yang berbeda sehingga pemanfaatan lahan dan kegiatan ekonomi masyarakat tidak selalu sama antarwilayah. Keberadaan desa-desa ini menjadi penting dalam penelitian karena sebagian masyarakatnya berada di sekitar area pabrik dan berinteraksi langsung dengan aktivitas pengelolaan limbah. Fokus penelitian diarahkan pada masyarakat yang berada di wilayah Kecamatan Bekri, khususnya Desa Sinar Banten sebagai desa yang berdekatan dengan Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri. Pendekatan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih spesifik terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan di lokasi penelitian. Desa/kelurahan yang terletak di Kecamatan Bekri dan luas wilayahnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Luas daerah menurut desa/kelurahan di Kecamatan Bekri

No	Desa/Kelurahan	Luas Area (km ²)
1	Kedatuan	2,96
2	Binjai Agung	12,73
3	Rengas	2,73
4	Kesumadadi	11,09
5	Goras Jaya	11,69
6	Sinar Banten	42,91
7	Kesuma Jaya	10,14
8	Bangun Sari	4,13
Bekri		98,38

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah, 2024

C. Gambaran Umum PT. Perkebunan Nusantara IV Regional VII Bekri

1. Sejarah Perusahaan

Perkebunan Bekri mulai beroperasi sejak tahun 1916 pada masa pemerintahan kolonial Belanda dengan nama *Landbouw Maatschappij Bekri*. Kegiatan pengolahan kelapa sawit berkembang dengan dibangunnya pabrik kelapa sawit menggunakan teknologi *hand press* pada tahun 1923. Perubahan kepemilikan terjadi beberapa kali seiring dinamika politik, termasuk masa pendudukan Jepang dan pengambilalihan oleh Pemerintah Indonesia pascakemerdekaan. Proses nasionalisasi pada tahun 1958 menandai masuknya perkebunan ini sebagai aset negara dan bagian dari perusahaan perkebunan milik pemerintah.

Restrukturisasi kelembagaan terus berlangsung hingga perusahaan berganti nama dan bentuk organisasi sesuai kebijakan pemerintah. Perusahaan kemudian menjadi bagian dari PT Perkebunan Nusantara VII dengan wilayah operasional di Provinsi Lampung. Transformasi lanjutan pada tahun 2023 menempatkan unit Bekri ke dalam subholding *PalmCo* di bawah PT Perkebunan Nusantara IV. Perubahan tersebut bertujuan memperkuat sinergi pengelolaan komoditas kelapa sawit secara nasional. Unit Bekri saat ini berfungsi sebagai salah satu pusat produksi kelapa sawit yang terintegrasi.

PTPN IV Regional VII Bekri merupakan unit usaha yang beroperasi di Kabupaten Lampung Tengah. Kegiatan utama unit ini berfokus pada pengelolaan perkebunan dan pengolahan kelapa sawit. Bahan baku berupa TBS diolah menjadi CPO dan PKO. Proses produksi tersebut menghasilkan berbagai jenis limbah yang memerlukan pengelolaan terpadu. PTPN IV Regional VII Bekri memiliki luas wilayah lebih dari empat ribu hektar yang terdiri atas lahan kebun, kawasan pabrik, perkantoran, dan lahan tidak produktif. Aktivitas operasional mencakup kegiatan budidaya, panen, pengangkutan, serta pengolahan hasil. Kegiatan pengolahan menghasilkan limbah cair, limbah bahan berbahaya dan beracun, serta limbah padat berupa serat, cangkang, tandan kosong, dan bungkil.

2. Visi dan Misi Perusahaan

a. Visi

Menjadi perusahaan agribisnis berbasis karet, kelapa sawit, teh, dan tebu yang tangguh serta berkarakter global.

b. Misi

- (1) Menjalankan usaha perkebunan karet, kelapa sawit, teh, dan tebu dengan menggunakan teknologi budidaya dan proses pengolahan yang efektif serta ramah lingkungan.
- (2) Menghasilkan produksi bahan baku dan bahan jadi untuk industri yang bermutu tinggi untuk pasar domestik dan pasar ekspor.
- (3) Mewujudkan daya saing produk yang dihasilkan melalui tata kelola usaha yang efektif guna menumbuhkembangkan perusahaan.
- (4) Mengembangkan usaha industri yang terintegrasi dengan bisnis inti (karet, kelapa sawit, teh dan tebu) dengan menggunakan teknologi terbaru.
- (5) Melakukan pengembangan bisnis berdasarkan potensi sumberdaya yang dimiliki perusahaan.
- (6) Memelihara keseimbangan kepentingan *stakeholders* untuk menciptakan lingkungan bisnis yang kondusif.

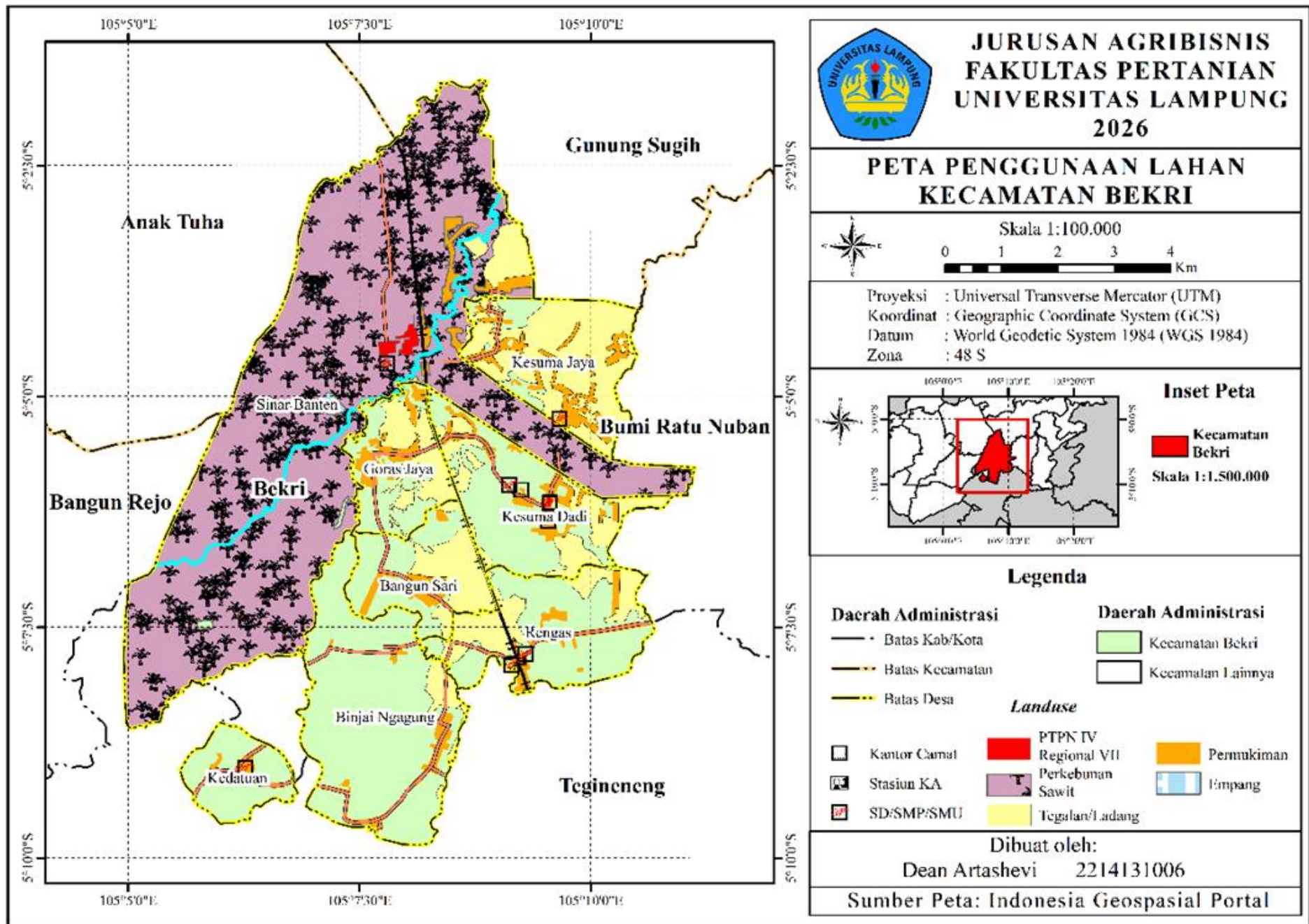
3. Nilai-Nilai dan Budaya Perusahaan

PTPN IV Regional VII Bekri menjadikan nilai AKHLAK sebagai landasan budaya kerja seluruh karyawan. Nilai tersebut mencerminkan komitmen perusahaan terhadap integritas, profesionalisme, dan kerja sama. Penerapan nilai AKHLAK diarahkan untuk membangun lingkungan kerja yang produktif dan beretika. Nilai ini menjadi pedoman dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan tugas sehari-hari. Makna dari setiap nilai AKHLAK mencerminkan identitas perusahaan yang terdiri dari:

- a. Nilai Amanah diwujudkan melalui tanggung jawab dan kejujuran.
- b. Nilai Kompeten tercermin dari peningkatan kapasitas kinerja SDM.
- c. Nilai Harmonis menekankan hubungan kerja yang saling menghargai.
- d. Nilai Loyal menuntut setiap individu untuk berdedikasi tinggi.
- e. Nilai Adaptif mendorong karyawan untuk terbuka terhadap perubahan.
- f. Nilai Kolaboratif mengajarkan pentingnya kerja sama tim.

4. Lokasi dan Tata Letak Perusahaan

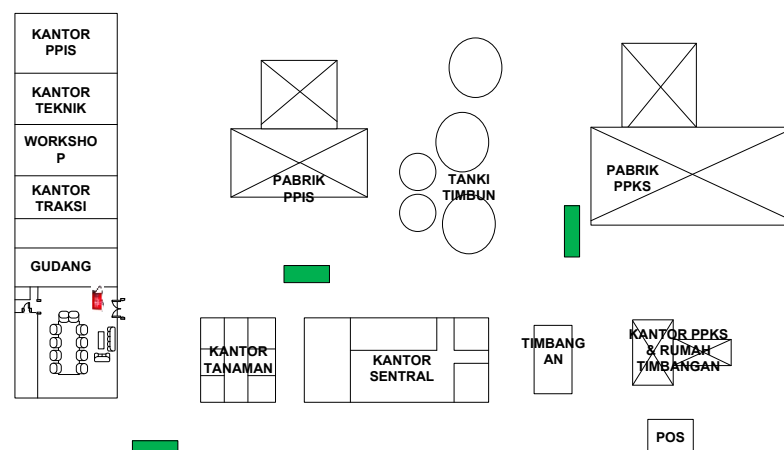
Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional VII Bekri berlokasi di Desa Sinar Banten Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah. Wilayah sekitar pabrik didominasi oleh aktivitas pertanian dan perkebunan masyarakat. Kondisi geografis tersebut mendukung keberlangsungan operasional perusahaan. Keberadaan permukiman dan aliran sungai di sekitar area pabrik memerlukan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Peta penggunaan lahan Kecamatan Bekri dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta penggunaan lahan Kecamatan Bekri

Berdasarkan Gambar 8, wilayah Kecamatan Bekri didominasi oleh penggunaan lahan perkebunan kelapa sawit yang tersebar hampir di seluruh bagian wilayah, terutama pada bagian barat hingga utara kecamatan. Area perkebunan sawit tersebut merupakan lahan operasional PTPN IV Regional VII Bekri yang menjadi aktivitas utama pemanfaatan lahan di wilayah penelitian. Keberadaan PTPN IV Regional VII Bekri pada peta terletak di Desa Sinar Banten. Lokasi pabrik berada relatif dekat dengan jaringan jalan utama dan aliran sungai. Pemukiman masyarakat Desa Sinar Banten berada pada radius yang relatif dekat dengan kawasan pabrik. Jarak rumah penduduk ke lokasi pabrik berkisar antara 300–1.000 meter, sedangkan jarak ke Sungai Way Tipu berada pada kisaran 200–500 meter. Area kebun kelapa sawit mengelilingi permukiman masyarakat pada sisi utara dan selatan pabrik. Kedekatan lokasi ini menyebabkan masyarakat berpotensi merasakan secara langsung dampak maupun manfaat dari aktivitas pengelolaan limbah yang dilakukan perusahaan.

Tata letak kawasan pabrik dirancang untuk mendukung efisiensi proses produksi dan distribusi. Fasilitas produksi, perkantoran, gudang, dan sarana pendukung ditempatkan sesuai fungsi operasional. Jalur transportasi internal menghubungkan seluruh aktivitas pengolahan dan pengangkutan. Pengaturan ruang tersebut mencerminkan sistem manajemen industri yang terstruktur. Tata letak fasilitas pabrik PTPN IV Regional VII Bekri dapat dilihat pada Gambar 9.



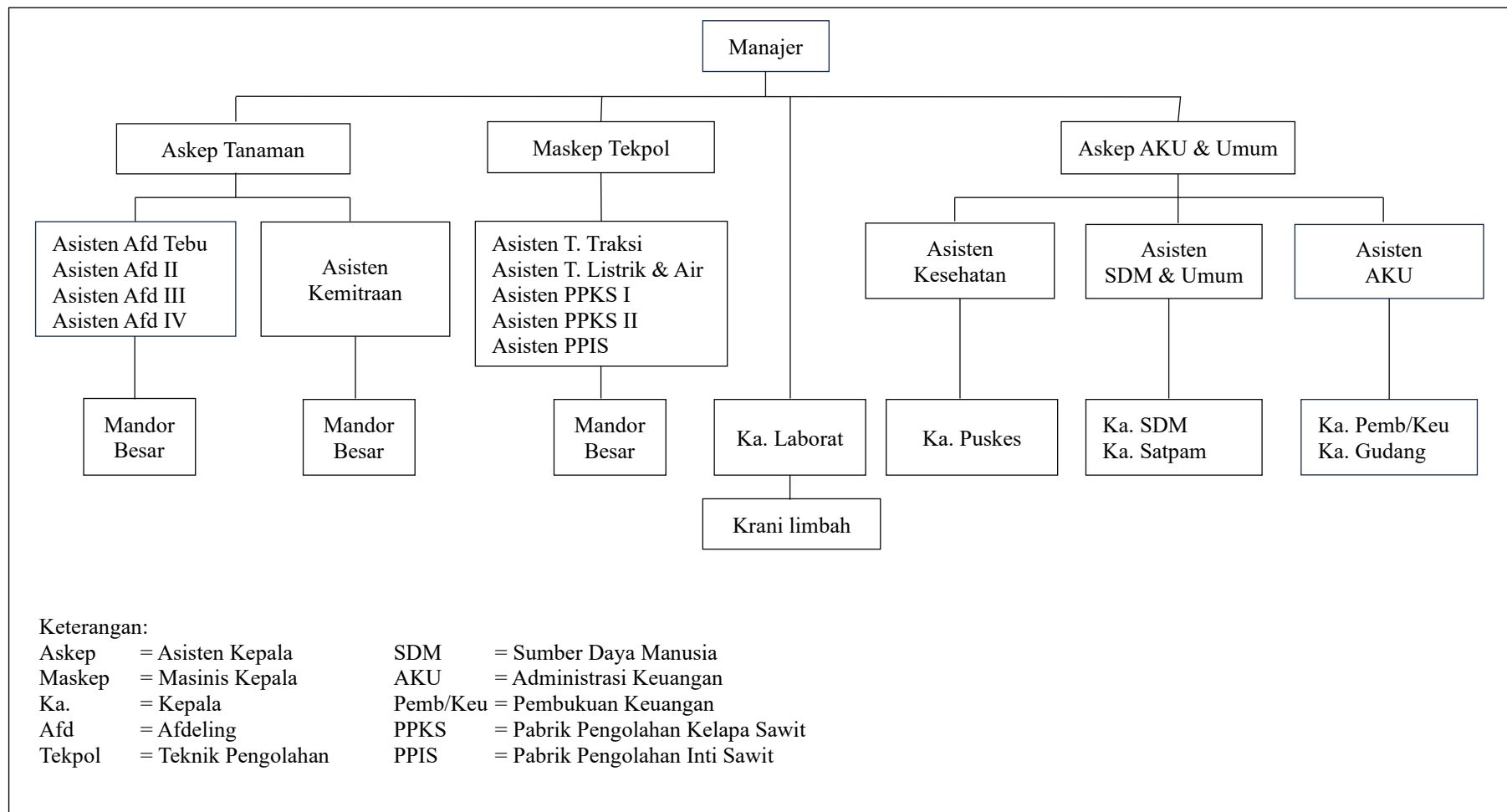
Gambar 9. Tata letak fasilitas pabrik PTPN IV Regional VII Bekri

Berdasarkan Gambar 9, susunan fasilitas utama seperti kantor PPIS (Pabrik Pengolahan Inti Sawit), teknik, traksi, gudang, serta *workshop* yang berada di satu klaster. Pabrik PPIS dan pabrik PPKS (Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit) terlihat berada pada zona produksi yang dipisahkan dari area administrasi untuk menjaga kelancaran kegiatan operasional. Penempatan kantor tanaman, kantor sentral, dan fasilitas lainnya memperlihatkan hubungan kerja antarunit yang saling mendukung. Struktur tata letak tersebut mencerminkan pola manajemen ruang yang sesuai dengan standar industri kelapa sawit.

5. Ketenagakerjaan dan Struktur Organisasi Perusahaan

PTPN IV Regional VII Unit Bekri memiliki jumlah karyawan sebanyak 261 orang yang terdiri atas beberapa kategori berdasarkan status kepegawaian. Karyawan pimpinan (karpim) berjumlah 13 orang yang memiliki peran strategis dalam pengambilan keputusan. Karyawan pelaksana (karpel) berjumlah 118 orang yang terlibat langsung dalam kegiatan operasional perusahaan. Karyawan non-golongan berjumlah 79 orang yang menjalankan fungsi pendukung operasional. Karyawan dengan status Perjanjian Kerja Waktu Tertentu (PKWT) berjumlah 51 orang yang membantu pelaksanaan kegiatan teknis dan administratif. Tenaga kerja borongan yang bertugas dalam kegiatan panen tandan buah segar tidak termasuk dalam jumlah tersebut karena memiliki sistem kerja yang berbeda.

Struktur organisasi PTPN IV Regional VII Bekri dirancang untuk mendukung operasional perkebunan dan pabrik pengolahan kelapa sawit secara terpadu. Kepemimpinan unit berada di bawah tanggung jawab seorang manajer yang membawahi tiga bidang utama, yaitu bidang tanaman, bidang teknik dan pengolahan, serta bidang administrasi, keuangan, dan umum. Pengelolaan limbah perusahaan secara struktural dan fungsional berada dalam lingkup bidang teknik dan pengolahan, dengan dukungan unit laboratorium sebagai pengendali mutu dan pemantauan lingkungan. Struktur organisasi PTPN IV Regional VII Bekri dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur organisasi PTPN IV Regional VII Bekri

a. Manajer

Manajer merupakan pimpinan tertinggi unit kerja yang bertanggung jawab atas seluruh kegiatan operasional perusahaan sesuai dengan kebijakan PTPN IV. Manajer mengoordinasikan pelaksanaan kegiatan di bidang tanaman, teknik dan pengolahan, serta administrasi, keuangan, dan umum. Manajer bertanggung jawab dalam penyusunan rencana kerja dan anggaran, pengelolaan aset perusahaan, serta pengendalian kinerja unit secara menyeluruh. Seluruh aktivitas pengelolaan limbah, baik limbah padat, limbah cair, maupun limbah B3, berada di bawah tanggung jawab manajer secara struktural sebagai bagian dari pengendalian operasional dan kepatuhan lingkungan unit kerja.

b. Asisten Kepala Tanaman

Asisten Kepala Tanaman membawahi kegiatan operasional di bidang tanaman yang terdiri atas Asisten Afdeling I, II, III, dan IV, serta Asisten Kemitraan. Jabatan ini bertanggung jawab atas kegiatan budidaya, pemeliharaan, dan panen tanaman kelapa sawit guna menjamin ketersediaan bahan baku tandan buah segar bagi pabrik. Asisten Kepala Tanaman tidak bertanggung jawab langsung terhadap pengelolaan limbah pabrik. Keterlibatan bidang tanaman dalam pengelolaan limbah hanya bersifat pemanfaatan lanjutan, seperti aplikasi limbah cair (POME) atau tandan kosong ke lahan perkebunan, yang pelaksanaan teknis dan pengendaliannya tetap berada di bawah koordinasi bidang teknik dan pengolahan.

c. Masinis Kepala Teknik dan Pengolahan

Masinis Kepala Teknik dan Pengolahan merupakan pihak yang bertanggung jawab utama terhadap pengelolaan limbah di PTPN IV Regional VII Bekri. Jabatan ini membawahi Asisten Teknik Traksi, Asisten Teknik Listrik dan Air, Asisten PPKS I, Asisten PPKS II, serta Asisten PPIS. Pengelolaan limbah padat, limbah cair, dan limbah B3 merupakan bagian integral dari kegiatan teknis dan pengolahan yang berada dalam lingkup tugas Maskep Tekpol.

Asisten PPKS (Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit) bertanggung jawab terhadap proses produksi CPO dan kernel yang menghasilkan limbah padat seperti *fiber* dan cangkang, serta limbah cair berupa POME. Asisten PPIS (Pengolahan Inti Sawit) bertanggung jawab terhadap pengolahan inti sawit dan pengelolaan limbah bungkil inti sawit yang dihasilkan dari proses tersebut. Seluruh kegiatan pengelolaan limbah pabrik dikoordinasikan oleh Maskep Tekpol dan dilaksanakan dengan dukungan mandor besar serta tenaga teknis operasional.

d. Laboratorium

Unit laboratorium berada di bawah koordinasi bidang teknik dan pengolahan dan berfungsi sebagai unit pendukung pengelolaan limbah. Laboratorium bertugas melakukan pengujian dan pemantauan kualitas limbah, terutama limbah cair POME, untuk memastikan kesesuaian dengan baku mutu lingkungan sebelum dan selama pengolahan serta aplikasi ke lahan. Laboratorium tidak berperan sebagai pelaksana teknis utama pengelolaan limbah, melainkan sebagai pengendali mutu dan penyedia data teknis bagi pengambilan keputusan oleh bidang teknik dan pengolahan. Fungsi laboratorium diperkuat dengan keberadaan krani limbah yang membantu pencatatan dan administrasi pengelolaan limbah.

e. Asisten Kepala AKU dan Umum

Asisten Kepala AKU dan Umum bertanggung jawab atas pengelolaan administrasi, keuangan, sumber daya manusia, dan urusan umum. Jabatan ini membawahi Asisten SDM dan Umum, Asisten AKU, serta Asisten Kesehatan. Peran bidang AKU dan Umum dalam pengelolaan limbah bersifat administratif dan pendukung, seperti pengelolaan dokumen perizinan lingkungan, pencatatan biaya pengelolaan limbah, serta administrasi tenaga kerja. Bidang ini tidak terlibat langsung dalam kegiatan teknis pengolahan limbah.

6. Kapasitas Produksi dan Potensi Limbah Pabrik

PTPN IV Regional VII Bekri merupakan unit pengolahan yang memiliki peran strategis dalam sistem produksi kelapa sawit karena didukung oleh kapasitas terpasang yang relatif besar serta pasokan bahan baku yang berkelanjutan. Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PPKS) memiliki kapasitas terpasang sebesar 40 ton tandan buah segar per jam, sedangkan Pabrik Pengolahan Inti Sawit (PPIS) memiliki kapasitas terpasang sebesar 50 ton inti sawit per hari. Kapasitas tersebut memungkinkan pabrik menjalankan kegiatan pengolahan secara kontinu dengan tingkat intensitas produksi harian yang relatif stabil. Karakteristik kapasitas dan sistem pengolahan tersebut menjadi faktor utama yang menentukan volume produksi minyak sawit serta pembentukan limbah selama proses berlangsung. Keberadaan dua unit pabrik menyebabkan karakter limbah yang dihasilkan tidak hanya berasal dari pengolahan tandan buah segar, tetapi juga dari pengolahan lanjutan inti sawit.

Bahan baku TBS yang diolah pada unit PPKS tidak hanya berasal dari Unit Bekri, tetapi juga dari kebun lain yang berada dalam satu induk pengelolaan, yaitu Unit Rejo Sari dan Unit Padang Ratu. Pasokan TBS juga diperoleh dari kebun mitra serta kebun Jawa Barat sebagai bagian dari kerja sama penyediaan bahan baku. Bahan baku inti sawit yang diolah pada unit PPIS berasal dari hasil pengolahan internal Unit Bekri serta pasokan dari luar unit, yaitu Unit Suli dan Unit Tasa. Keberagaman sumber bahan baku tersebut menyebabkan volume pengolahan bersifat dinamis. Kondisi ini berimplikasi langsung terhadap variasi volume produksi dan potensi limbah yang dihasilkan oleh pabrik.

Berdasarkan data tahun 2024, total tandan buah segar yang diolah di PPKS PTPN IV Regional VII Bekri mencapai 139.324 ton. Volume tersebut menghasilkan *crude palm oil* sebesar 27.295 ton dengan rendemen rata-rata 19,59 persen serta produksi inti sawit sebesar 5.480 ton dengan rendemen 3,93 persen terhadap TBS olah. Pengolahan inti sawit pada unit PPIS menghasilkan palm kernel oil sebesar 1.946 ton dengan rendemen rata-rata 36,47 persen yang mencerminkan kinerja ekstraksi minyak inti sawit yang cukup optimal. Proses pengolahan tandan buah

segar menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong sebesar 21,99 persen, *fiber* sebesar 12,99 persen, dan cangkang sebesar 6,99 persen dari total TBS yang diolah. Pengolahan inti sawit menghasilkan bungkil inti sawit sebesar 59,24 persen dari total inti sawit yang diolah, sedangkan limbah cair berupa *palm oil mill effluent* dihasilkan dengan debit tahunan mencapai 83.593,80 meter kubik. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa limbah merupakan output yang tidak terpisahkan dari sistem produksi pabrik kelapa sawit.

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Praktik ekonomi sirkular di PTPN IV Regional VII Bekri diterapkan melalui prinsip 5R. *Reduce* mengurangi timbulan limbah tanpa nilai ekonomi terukur. *Reuse* dan *replace* memanfaatkan *fiber* (Rp6.142.752.828,50) dan cangkang (Rp10.574.448.071,42) sebagai bahan bakar boiler sekaligus menggantikan energi fosil. *Recycle* dan *replant* mengubah tankos (Rp1.888.736.361,31) dan POME (Rp2.293.825.923,96) menjadi pupuk dan aplikasi lahan untuk produktivitas kebun, sedangkan bungkil inti sawit (Rp2.536.841.229,10) dijual sebagai pakan ternak. Praktik ini menunjukkan pergeseran dari sistem linear ke sistem sirkular yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.
2. Nilai ekonomi limbah sebesar Rp23.436.604.414,30 per tahun. Nilai tersebut terdiri atas nilai guna langsung sebesar Rp2.536.841.229,10 per tahun dari penjualan bungkil inti sawit, serta nilai guna tidak langsung sebesar Rp20.899.763.185,20 per tahun yang berasal dari pemanfaatan tankos, *fiber*, cangkang, dan limbah cair POME. Nilai ekonomi tersebut diperoleh menggunakan metode harga pasar untuk nilai guna langsung, serta metode *benefit transfer* dan selisih produktivitas untuk nilai guna tidak langsung.
3. Persepsi masyarakat terhadap keberadaan dan dampak limbah berada pada kategori sedang hingga tinggi. Penilaian tertinggi pada aspek lingkungan (72,07 persen) dan sosial (70,27 persen), masyarakat merasakan dampak lingkungan yang terkendali dan hubungan sosial yang baik dengan perusahaan. Penilaian terendah pada aspek ekonomi (63,40 persen) karena manfaat ekonomi limbah masih lebih banyak dirasakan secara internal oleh perusahaan.

B. Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi perusahaan PTPN IV Regional VII Bekri disarankan untuk terus meningkatkan pengelolaan limbah secara menyeluruh. Limbah seperti POME dan tandan kosong yang diaplikasikan ke lahan belum secara langsung mengurangi biaya pupuk karena dosis pupuk tetap sama, sehingga manfaat yang diperoleh lebih pada peningkatan produktivitas tanaman. Perusahaan dapat memanfaatkan hal ini untuk mengoptimalkan hasil produksi dengan tetap menerapkan prinsip ekonomi sirkular yang mendukung keberlanjutan lingkungan.
2. Bagi pemerintah diharapkan dapat memperkuat dukungan terhadap penerapan ekonomi sirkular di industri kelapa sawit melalui kebijakan yang mendorong pengelolaan limbah secara berkelanjutan dan berstandar. Dukungan tersebut dapat mencakup pemberian insentif bagi perusahaan yang menerapkan praktik ramah lingkungan, termasuk sertifikasi karbon dan program verifikasi keberlanjutan, serta penyediaan pelatihan dan pendampingan kepada pelaku industri untuk memaksimalkan manfaat ekonomi dan ekologi dari limbah.
3. Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode valuasi ekonomi yang lebih komprehensif khususnya untuk prinsip *reduce*, yang belum sepenuhnya dapat diukur dalam bentuk moneter. Pendekatan ini penting untuk menangkap manfaat efisiensi energi, pengurangan limbah, dan kontribusi ekologis jangka panjang, sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai nilai ekonomi dan lingkungan dari penerapan prinsip ekonomi sirkular.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, S., Sriyoto, & Sumantri, B. (2016). Analisis nilai ekonomi limbah industri kelapa sawit di PT. Sandabi Indah Lestari Kabupaten Bengkulu Utara). *AGRISEP*, 15(2), 189–202.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31186/jagrisep.15.2.189-202>
- Agustina, L., Suprihatin, Indrasti, N. S., & Prasetya, H. (2025). Implementing biogas technology as a liquid waste management strategy in palm oil mills to promote a circular economy. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 30(2), 167–177.
<https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTHP/article/view/10454>
- Ahmad, S., & Hendrasarie, N. (2023). Pelatihan penerapan 5R (reuse, reduce, recycle, replace, replant) dan pengembangan bank sampah pada Dusun Kembang, Desa Kembang Belor, Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto Jawa Timur. *Jurnal Abdimas Madani dan Lestari (JAMALI)*, 5(1), 70–79.
<https://doi.org/10.20885/jamali.vol5.iss1.art8>
- Aini, N., Hermanto, D., & Wijanarko, P. (2023). Management of organic waste into liquid fertilizer and compost welcoming the blue economy of Rancabungur. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 13(2), 327–331. <https://doi.org/10.29244/jpsl.13.2.327-331>
- Aisyah, S., Khasanah, S., Wulandari, S., Mubedi, Zakaria, R., & Masda, A. P. (2024). Valuasi ekonomi budidaya ikan gurame di Desa Beji (menggunakan teknik perhitungan biaya pencegahan dan biaya produktivitas). *e-Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan*, 13(1), 164–170.
<https://doi.org/10.22437/jesl.v13i3.30715>
- Almansour, M., & Akrami, M. (2024). Towards zero waste: an in-depth analysis of national policies, strategies, and case studies in waste minimisation. *Sustainability*, 16(22), 1–26. <https://doi.org/10.3390/su162210105>
- Alpandari, H., & Prakoso, T. (2021). Tindakan pengembalian limbah pabrik kelapa sawit sebagai upaya memaksimalkan zero waste. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*, 2(2), 48–58.
<https://doi.org/10.31938/agrisintech.v2i2.349>
- Amirulkamar, S., Safirussalim, Mulya, S. M., & Zhukaira, I. (2025).

Implementation of waste reduction policies and swedish zero waste management in Indonesia to realize responsible consumption and production SDGs. *Sibatik Journal*, 4(4), 425–436. <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/SIBATIK/article/view/2629/1137>

- Amuakwa-Mensah, F., Barenbold, R., & Riemer, O. (2018). Deriving a benefit transfer function for threatened and endangered species in interaction with their level of charisma. *Environments - MDPI*, 5(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/environments5020031>
- Andini, A. T., Hasibuan, C. K., & Hermaliya, D. (2025). Sosialisasi pengolahan limbah organik menjadi ecoenzym. *Jurnal Komprehensif*, 3(2), 538–543. <https://ejournal.edutechjaya.com/index.php/komprehensif/article/view/1632/1388>
- Angga, M. A., Nuraeni, N., & Ilsan, M. (2021). Dampak keberadaan perusahaan kelapa sawit terhadap kondisi sosial, ekonomi dan lingkungan masyarakat (studi kasus perusahaan kelapa sawit di Desa Tobadak, Kecamatan Tobadak, Kabupaten Mamuju Tengah). *Wiratani: Jurnal Ilmiah Agribisnis*, 4(1), 60–69. <https://doi.org/10.33096/wiratani.v4i1.135>
- Arif, M. A., Abdullah, E. M. R., Abdullah, I., & Zainal. (2021). Manajemen pengolahan air limbah industri di Kawasan Industri Medan. *Jurnal Insitusi Politeknik Ganesha Medan Juripol*, 4(2), 468–477. <https://doi.org/10.33395/juripol.v4i2.238>
- Arifin, F., Habiburrahman, M., & Gusti, W. R. (2023). Classification of organic and inorganic waste types based on neural networks. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 8(1), 78–85. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v8i1.53284>
- Arista, N. I. D., Natalia, C. E., Sinaga, I. L., Lestari, W., Undari, D., Andryan, R., Putri, A. H., & Alimatul, M. M. (2024). The potential of circular economy in the oil palm plantation to industry. *Journal of Sustainability, Society, and Eco-Welfare*, 1(2), 94–110. <https://doi.org/10.61511/jssew.v1i2.2024.311>
- As'ari, F., Yunaidi, & Panjaitan, M. D. (2025). Analisis efisiensi kinerja water tube boiler berbasis kapasitas olah di PKS PT Mulia Sawit Agro Lestari (MSAL). *Jurnal Teknologi Perkebunan dan Pengelolaan Sumberdaya Lahan*, 2(1), 52–59. <http://dx.doi.org/10.26418/plt.v15i2.98678>
- Astutik, R. P., Septian, P. D., Andini, I. N., Fitriya, N. I., & Radianto, D. O. (2024). Pengembangan teknologi ramah lingkungan untuk pengolahan limbah padat menuju produksi bebas limbah. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 83–96. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.250%0APengembangan>
- Aulia, A. N. A., & Suhardono, S. (2024). Analysis of the management of hazardous and toxic waste (B3) in a dairy processing company. *Journal of*

Geography Science and Education, 6(1), 1–10.
<https://doi.org/10.32585/jgse.v6i1.4987>

Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*, 12(11), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su12114456>

Azzahro, H. U., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2022). Penerapan produksi bersih pada industri kelapa sawit di PT Yz. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.1>

Badan Pusat Statistik. (2023). *Indikator Pertanian*.
<https://www.bps.go.id/id/publication/2024/10/14/8a17b449f72bcd692f99c4ec/indikator-pertanian-2023.html>

Badan Pusat Statistik Indonesia. (2024). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. In *Badan Pusat Statistik* (Vol. 17).
<https://www.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/d5dcb42ab730df1be4339c34/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2023.html>

Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah. (2024). *Kecamatan Bekri dalam Angka*.
<https://lampungtengahkab.bps.go.id/id/publication/2024/09/26/4ed5532f6289be59c1c56538/kecamatan-bekri-dalam-angka-2024.html>

Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. (2024). Direktori Perusahaan Perkebunan Provinsi Lampung. In *Quality* (Nomor March).
<https://lampung.bps.go.id/id/publication/2024/12/09/6bea436cc26e06bd551773a9/direktori-perusahaan-perkebunan-provinsi-lampung-2024.html>

Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri. (2021). *Peran Sektor Industri dalam Percepatan Pemulihan Ekonomi Nasional*. Kementerian Perindustrian. <https://media.neliti.com/media/publications/453583-none-49f9c837.pdf>

Batubara, S. F., Ulina, E. S., Chairuman, N., Tobing, J. M., Aryati, V., Manurung, E. D., Purba, H. F., & Parhusip, D. (2024). Evaluasi status hara makro nitrogen, fosfor dan kalium di lahan sawah irigasi Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Jurnal Agrikultura*, 35(1), 59–70.
<https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.50844>

Boutwell, J. L., & Westra, J. V. (2013). Benefit transfer: a review of methodologies and challenges. *Resources*, 2(4), 517–527.
<https://doi.org/10.3390/resources2040517>

Budiman, S. B., Firman, A., & Wiyatna, M. F. (2023). Analisis dampak keberadaan Rumah Potong Hewan Meat Business Center di Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Sosial Bisnis Peternakan*, 5(2), 45–59. <https://doi.org/10.24198/jsbp>

- Chirumalla, K., Balestrucci, F., Sannö, A., & Oghazi, P. (2024). The transition from a linear to a circular economy through a multi-level readiness framework: an explorative study in the heavy-duty vehicle manufacturing industry. *Journal of Innovation and Knowledge*, 9(4), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100539>
- Clough, P., & Bealing, M. (2018). *What's the use of non-use values: Non-Use Values and the Investment Statement*. New Zealand Institute of Research Economic Research. <https://www.treasury.govt.nz/sites/default/files/2018-08/LSF-whats-the-use-of-non-use-values.pdf>
- Conti, C., Guarino, M., & Bacenetti, J. (2020). Measurements techniques and models to assess odor annoyance: a review. *Environment International*, 134(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105261>
- Damalante, S. G., Hatu, R. A., Tamu, Y., & Bumulo, S. (2025). Analisis dampak sosial dan ekonomi pada masyarakat sekitar PT . Pani Gold Project. *Sosiologi Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(4), 241–250. <https://ejurnal.fis.ung.ac.id/index.php/sjppm/article/view/284/57>
- Damayani, E., Aththorick, T. A., & Akoeb, E. N. (2025). Efektifitas pemanfaatan limbah cair menggunakan metode aplikasi lahan. *JGG: Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*, 14(2), 161–175. <https://doi.org/https://doi.org/10.21009/jgg.142.05>
- Darmawan, F., Suswatiningsih, T. E., & Dewi, C. W. A. (2022). Manajemen pengadaan bahan baku tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit (studi kasus di PT Katingan Indah Utama Kotawaringin Timur Kalimantan Tengah). *Jurnal Agrifitia*, 2(2), 95–109. 10.55180/aft.v2i2.285
- Dasnoer, H., & Khaidir, A. (2024). Implementation of modern waste management model circular economy 9R in waste management by Padang City Environment Services. *Proceedings of the 4th International Conference on Humanities Education, Law, and Social Science (ICHELS)*, 373–378. <https://doi.org/10.5220/0013416700004654>
- Departemen Penelitian dan Pengaturan Perbankan. (2019). *Kredit/Pembiayaan Perkebunan dan Industri Kelapa Sawit*. Otoritas Jasa Keuangan. <https://ojk.go.id/sustainable-finance/id/publikasi/panduan/Documents/BukuKreditPembiayaanPerkebunanDanIndustriKelapaSawit.pdf>
- Dewi, S. S., & Lamona, A. (2025). Pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap kesehatan lingkungan di PT Incasi Raya Group. *Jurnal Kesehatan Lentera' Aisyiyah*, 8(1), 30–37. <https://doi.org/https://jurnal.politasumbar.ac.id/index.php/jl/article/view/236/184>
- Dieckmann, N. F., Gregory, R., Satterfield, T., Mayorga, M., & Slovic, P. (2021). Characterizing public perceptions of social and cultural impacts in policy

decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States (PNAS)*, 118(24), 3–10. <https://doi.org/10.1073/pnas.2020491118>

Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. (2023). *Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. https://proper.menlhk.go.id/propercms/uploads/magazine/docs/publikasi/magazineBuku_PROPER_2022-2023-dikompresi.pdf

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2024). Analisis Kinerja Perdagangan Kelapa Sawit. In *Direktorat Jenderal Perkebunan*. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/1F_Analisis_Kinerja_Perdagangan_Kelapa_Sawit_2024_-_publish.pdf

Donda, Wibowo, B., & Tarigan, K. (2025). Estimation of boiler water tube efficiency using shell and fiber fuel at PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa, Teknologi Proses dan Sains Kimia (REPROKIMIA)*, 4(1), 1–6. <https://akses.ptki.ac.id/jurnal/index.php/reprokimia/article/view/227/126>

Drake, P. P., & Fabozzi, F. J. (2009). *Foundations and Applications of the Time Value of Money*. John Wiley & Sons, Inc. https://pocketbook.de/en/downloadable/download/sample/sample_id/8039240/?bookId=ODkyOTkzNw==

Dushin, A. V., & Yurak, V. V. (2019). Total economic value concept: essence, evolution and author's approach. *Atlantis Press*, 47(1), 91–97. <https://doi.org/10.2991/iscfec-18.2019.21>

Efendi, E., Lahay, A. F., & Susanti, O. (2024). Economic valuation of mangrove ecosystem in Sari Ringgung, Pesawaran Regency, Lampung Province. *ECSoFiM Journal of Economic and Social of Fisheries and Marine*, 11(2), 194–208. <https://doi.org/10.21776/ub.ecsofim.2024.011.02.04>

Ernawati. (2019). Community perception on waste in Koto Tangah. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 3(2), 186–190. <https://www.neliti.com/publications/325198/community-perception-on-waste-in-koto-tangah-district>

Ezeudu, O. B., & Ezeudu, T. S. (2019). Implementation of circular economy principles in industrial solid waste management: case studies from a developing economy (Nigeria). *Recycling*, 4(4), 2–18. <https://doi.org/10.3390/recycling4040042>

Fajar, M. I., Nadiroh, & Muzani. (2018). Kebijakan pengelolaan limbah padat bukan berasal dari bahan berbahaya dan beracun melalui re-use atau recycling untuk kelestarian lingkungan hidup. *Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*, 7(2), 148–159. doi.org/10.21009/jgg.072.05

- Farhani, A., Fitri, A., & Sormin, R. D. (2025). Analisis penerapan ekonomi sirkular dan inovasi hijau UMKM: studi kasus Kabupaten Pesawaran. *MDP Student Conference*, 4(2), 928–935. <https://doi.org/10.35957/mdp-sc.v4i2.11219>
- Fatkhullah, M., Mulyani, I., Dewi, A. S., Habib, M. A. F., & Reihan, A. (2023). Strategi komunikasi dalam mengatasi perubahan iklim melalui pelibatan masyarakat. *Jurnal Komunikasi Pembangunan*, 21(3), 17–33. <https://doi.org/10.46937/21202341909>
- Fayshal, M. A. (2024). Current practices of plastic waste management, environmental impacts, and potential alternatives for reducing pollution and improving management. *Heliyon*, 10(23), e40838. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40838>
- Fazri, M., Rizal, K., Sepriani, Y., & Zamzami, L. F. (2024). Analisis pupuk organik limbah cair kelapa sawit (LCKS) di Desa Air Merah Kecamatan Kampung Rakyat. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(2), 617–623. <http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v26i2.4619>
- Febian, A., Biyatmoko, D., Akbar, A. R. M., & Lilimantik, E. (2020). Nilai ekonomi lingkungan pemanfaatan limbah cair dan limbah tankos hasil pengolahan industri kelapa sawit PT. Musirawas Citraharpindo. *EnviroScienteeae*, 16(3), 351–357. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/es/article/view/9676/6716>
- Firmansyah, G., & Mirwan, M. (2025). Status kinerja pengolahan lingkungan hidup (SKPL) limbah B3 industri besi PT X, Kota Sidoarjo. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(1), 85–96. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i1.720>
- Fitri, D. L., Rosariawari, F., & Sari, A. P. (2025). Analisis deskriptif performa instalasi pengolahan air limbah (IPAL) berdasarkan parameter BOD, COD dan TSS pada industri pengalengan bekicot. *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, 3(2), 1–11. <https://doi.org/10.61132/manufaktur.v3i2.831>
- Fitri, D. S., Faozan, R. G., Nurkhasanah, S., & Noviarita, H. (2025). Pengaruh pengembangan sektor industri terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Jurnal Rumpun Manajemen dan Ekonomi*, 2(1), 204–215. <https://doi.org/10.61722/jrme.v2i1.3432>
- Folkens, L., Wiedemer, V., & Schneider, P. (2020). Monetary valuation and internalization of externalities in German agriculture using the example of nitrate pollution: a case-study. *Sustainability*, 12(16), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12166681>
- Gerring, J. (2006). *Case Study Research Principles and Practices*. Cambridge University Press. <https://www.ocw.upj.ac.id/files/Slide-PSG301-Case-study->

Research.pdf

- Gurning, H. K., Uktoro, A. I., & Dharmawati, N. D. (2025). Analisa TBS olah terhadap kuantitas dan kualitas CPO produksi. *Agrofortech*, 3(2), 1250–1255. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/2051/1224>
- Gusri, L., Putri, P. A., Manab, A., & Rabiula, A. (2025). Potensi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit sebagai upaya meningkatkan efisiensi energi di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Ecocentrism*, 5(2), 119–130. <https://doi.org/10.36733/jeco.v5i2.12914>
- Hafidh, A. A. (2005). Analisis Purchasing Power Parity Indonesia menggunakan pendekatan error correction model. *Jurnal Ekonomi dan Pendidikan*, 2(2), 122–135. <https://doi.org/10.21831/jep.v2i2.639>
- Hairiyah, N., & Sholikhah, M. (2023). Perbaikan kualitas kadar air dan kadar kotoran crude palm oil (CPO) pada mesin purifier menggunakan kaizen di PT ACL. *Agrointek Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(2), 458–465. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i2.13165>
- Hajam, Y. A., Kumar, R., & Kumar, A. (2023). Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development. *Environmental Challenges*, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100747>
- Haniva, R., Butar, S. B., & Ambarita, N. (2024). Waste management in schools as part of sustainable development. *Journal of Sustainability, Society, and Eco-Welfare (JSSEW)*, 1(2), 126–148. <https://doi.org/10.61511/jssew.v1i2.2024.325>
- Harahap, A. E., Khoirunnisa, & Handoko, J. (2020). Sifat fisik dan nutrient pellet dengan perbedaan komposisi formulasi ransum yang ditambahkan berbagai level molases. *Jurnal Ilmu Ternak*, 20(2), 138–145. <https://doi.org/10.24198/jit.v20i2.29829>
- Harahap, M. R., Agustania, A. A., & Agustiar, S. (2020). Analisis kadar air dan minyak dalam sampel press fiber dan kadar asam lemak pada CPO (crude palm oil) di PMKS PT. X. *Jurnal AMINA*, 2(3), 100–105. <https://journal.ar-raniry.ac.id/index.php/amina/article/view/1183/796>
- Harianja, N. Y., Azhar, S., & Pitriani. (2018). Analisis pengaruh pengaplikasian limbah pabrik kelapa sawit terhadap peningkatan pendapatan perusahaan. *Jurnal Agri Sains*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.36355/jas.v2i1.178>
- Harini, R., Ariani, R. D., Ayu, G. F., & Zayyin, M. (2024). Valuasi ekonomi kawasan hutan di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). *Jurnal Hut Trop*, 8(1), 85–98. <http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v8i1.13341>
- Haris, M., Supriyanto, G., & Hermantoro. (2023). Pengaruh tekanan press dan umur screw terhadap kehilangan minyak kelapa sawit (oil losses) di stasiun

- press. *Agrofortech*, 1(1), 654–662.
<https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/433/371>
- Hariyanti, F., Syahza, A., Zulkarnain, & Nofrizal. (2024). Economic transformation based on leading commodities through sustainable development of the oil palm industry. *Heliyon*, 10(4), 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25674>
- Harlianingtyas, I., Cahyaningrum, D. G., Hartatie, D., & Adnyani, N. N. P. (2025). Pengolahan buah kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO) untuk meningkatkan nilai tambah pada tefa pembibitan Politeknik Negeri Jember. *Journal of Community Development*, 5(3), 814–821.
<https://comdev.pubmedia.id/index.php/comdev/article/view/1454/247>
- Hartmann, C., Lazzarini, G., Funk, A., & Siegrist, M. (2021). Measuring consumers' knowledge of the environmental impact of foods. *Appetite*, 167(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105622>
- Hasibuan, A. Z., & Handini, A. S. (2024). Sistem pengangkutan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di PT Salim Ivomas Pratama. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 15(1), 55–68.
https://journal.poltekcwe.ac.id/index.php/jurnal_citrawidyaedukasi/article/view/309/283
- Hasibuan, F. R., Hariyadi, S., & Pratiwi, N. T. M. (2025). The Community Perception of Waste Management on The Belawan Coast, North Sumatra. *Habitus Aquatica*, 6(1), 17–26. <https://doi.org/10.29244/6.1.17>
- Haudiyen, V., Noviana, G., & Andayani, N. (2025). Pengaruh aplikasi by product terhadap produktivitas kelapa sawit di PT. Inti Indosawit Subur Kebun Sei Lala, Kec . Ukui , Kab. Pelalawan, Riau , Indonesia. *Agrofortech*, 3(1), 212–219. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/1827/1053>
- He, C., He, S., Mu, E., & Peng, J. (2022). Environmental economic geography: recent advances and innovative development. *Geography and Sustainability*, 3(2), 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.05.002>
- Hendra, & Fahlevi, A. H. (2024). Implementation of good corporate governance (GCG) principles in PDAM Tirta Ogan, Ogan Ilir District. *IAPA International Conference 2024*, 1(1), 187–195.
<https://doi.org/10.23920/jphp.v1i2.292.1>
- Hermundsdottir, F., & Aspelund, A. (2022). Competitive sustainable manufacturing - sustainability strategies, environmental and social innovations, and their effects on firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 370(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133474>
- Hibatullah, M., Priyambada, Suhartanto, E., & J. (2023). Analisis pengoptimalan pengutipan kehilangan minyak (oil losses) di janjang kosong dengan metode

pencacahan menggunakan alat bunch press. *Agrofortech*, 1(1), 647–653.
<https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/339/369>

Hidayat, A., Adam, A., & Alim, A. (2025). Perubahan sosial dan budaya dalam praktik pengolahan air limbah domestik (studi kualitatif di Kawasan Industri JOB Tomori Kabupaten Banggai). *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(9), 5707–5727. <https://doi.org/10.56338/jks.v8i9.8089>

Hidayatullah, M. S., Tamrin, Oktafri, & Warji. (2023). Rancang bangun dan uji kinerja alat pemisah kernel sawit dari cangkangnya dengan menggunakan larutan garam. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2), 281–286. <https://dx.doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7482>

Hikmawan, O., Naufa, M., & Asyiqin, N. (2020). Pengaruh penambahan tanah liat pada meisahan inti dan cangkang sawit. *Jurnal Teknik dan Teknologi*, 15(30), 14–22. <https://www.neliti.com/id/publications/449798/pengaruh-penambahan-tanah-liat-pada-pemisahan-inti-dan-cangkang-sawit>

Hisyam, C. J., Seruni, M. P., Nainggolan, A. C., Putra, A. A. H. P., Kinanti, C. A., Darmawan, G. S., Pratama, R. A., & Rodja, Z. (2025). Penerapan ekonomi sirkular dalam proses pengelolaan sampah oleh Bank Sampah Mekar Sari. *Aktivisme : Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik dan Sosial Indonesia*, 2(3), 280–289. <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/aktivisme.v2i3.1113>

Humaedi, S., Santoso, B., Harsen, F., & Kamal, M. (2023). Analisis indeks kepuasan masyarakat pada kualitas pelayanan program Sentra Industri Bukit Asam (SIBA) Bokashi PT Bukit Asam, Tbk. (PTBA). *Focus : Jurnal Pekerjaan Sosial*, 6(1), 21–36. <https://doi.org/10.24198/focus.v6i1.46565>

Imam, S. S., Sani, S., Mujahid, M., & Adnan, R. (2025). Valuable resources recovery from palm oil mill effluent (POME): a short review on sustainable wealth reclamation. *Waste Management Bulletin*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.12.002>

Islam, N. F., Gogoi, B., Saikia, R., Yousaf, B., Narayan, M., & Sarma, H. (2024). Encouraging circular economy and sustainable environmental practices by addressing waste management and biomass energy production. *Regional Sustainability*, 5(4), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.regSus.2024.100174>

Iswahyudi, H., Safitri, M., Lukmana, M., & Indriani. (2024). Pengaruh land application terhadap jumlah produksi buah kelapa sawit di PT Citra Putra Kebun Asri Jorong Estate. *EnviroScienteeae*, 20(2), 246–252. <https://dx.doi.org/10.20527/es.v20i2.19430>

Jamilatun, S., Rhomadoni, F. R., Astuti, E., Wardhana, B. S., Idris, M., Auliasari, P. A., & 1. (2025). Peran manajemen energi terhadap efisiensi konsumsi listrik rumah tangga di Indonesia. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1(1), 1–12. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/27602/12124>

- Jannah, M., Buwono, S., & Anasi, P. T. (2023). Deskripsi pemanfaatan limbah industri di PT Fajar Saudara Kusuma Desa Sebawi Kabupaten Sambas. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 12(2), 465–472. <https://doi.org/10.26418/jppk.v12i2.62268>
- Jiao, L., Xie, B., & Lu, S. (2023). Understanding the economy of natural resources: fundamental role of natural resources in sustainable development. *Resources Policy*, 86(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104237>
- Judijanto, L., Arini, R. E., & Novitasari, S. A. (2024). The effect of environmental awareness, waste management, and palm oil processing technology on the reputation of palm oil companies in Kalimantan. *West Science Social and Humanities Studies*, 2(11), 1778–1791. <https://doi.org/10.58812/wsshs.v2i11.1421>
- Karimuna, S. R., Julia, F., Putri, A., Yankes, C. P., Lestari, B., Ernis, Putri, G. E., Wahyuni, S., Karamoi, Angraeni, M., Annaba, M. F., Hibi, W. O. S. I. I., Syawal, M., Kadepa, A., Himboro, R. A. R., Safar, Y. P., Alfaiga, Y., Fernila, A. R., & Asdar, A. R. (2025). Pemberdayaan masyarakat melalui edukasi pengelolaan limbah industri di Pabrik Roti Jordan Bakery Kendari Sulawesi Tenggara. *Panggung Kebaikan: Jurnal Pengabdian Sosial*, 2(2), 66–76. <https://doi.org/10.62951/panggungkebaikan.v2i2.1427>
- Kaur, A., Thyberg, K. L., & Tonjes, D. J. (2025). Zero-waste program success: a systems approach to indicators at the micro, meso, and macro levels. *Sustainability*, 17(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su17083644>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2021a). *Manfaat Ekonomi, Sosial dan Lingkungan dari Ekonomi Sirkular di Indonesia*. <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2021/02/Ringkasan-Eksekutif-Manfaat-Ekonomi-Sosial-dan-Lingkungan-dari-Ekonomi-Sirkular-di-Indonesia.pdf>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2021b). The economic, social, and environmental benefits of a circular economy in Indonesia. In *Ministry of National Planning and Development Indonesia*. <https://www.undp.org/indonesia/publications/economic-social-and-environmental-benefits-circular-economy-indonesia>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2022). *The future is circular: Langkah Nyata Inisiatif Ekonomi Sirkular di Indonesia*. <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2022/08/The-Future-is-Circular.pdf>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2024). *Circular Economy Indonesia 2025 – 2045*. Kementerian PPN/Bappenas. <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2025/06/ranes-en.pdf>
- Khan, M. I., Yasmeen, T., Khan, M., Hadi, N. U., Asif, M., Farooq, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2025). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability:

- pathways and prospects. *Sustainable Production and Consumption*, 54(1), 149–189. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.012>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy : An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127(April), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): an analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 194(1), 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Kochanek, A., Generowicz, A., & Załona, T. (2025). The role of geographic information systems in environmental management and the development of renewable energy sources—a review approach. *Energies*, 18(17), 1–34. <https://doi.org/10.3390/en18174740>
- Komalawati, Romdon, A. S., & Hidayat, Y. (2023). Pengetahuan dan persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan dan konservasi air tanah di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 22(1), 14–27. <https://doi.org/10.54911/litbang.v22i1.294>
- Kotler & Keller. (2016). *Marketing Management*. Pearson Education.
- Kristianto, A. H., Siahaan, S. V. br, & Vuspitasari, B. K. (2022). Potensi pengembangan ekonomi sirkular kerakyatan dan solusi permasalahan sampah tidak terkelola. *Jurnal Maneksi*, 11(1), 231–236. <https://doi.org/10.31959/jm.v11i1.1069>
- Lam-Gonzalez, Y. E., Garcia, C., Hernandez, M. M. G., & León, C. J. (2022). Benefit transfer of climate change adaptation policies in island tourist destinations. *Tourism Management*, 90(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104471>
- Larre, A. A., Ricardo, R., Puspitawati, E., & Pambudi, A. (2024). Economic valuation on the development plan of the flower garden area using contingent valuation method. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 14(2), 201–209. <https://doi.org/10.29244/jpsl.14.2.201>
- Lisbona, P., Pascual, S., & Pérez, V. (2023). Waste to energy: trends and perspectives. *Chemical Engineering Journal Advances*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.100494>
- Liu, N. (2024). Influence and mechanisms of perceived information disclosure in shaping public attitudes towards waste disposal facilities: evidence from China. *Ecological Indicators*, 166(1), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112514>
- Luo, H., Sun, G., Zhou, W., Lian, J., Sun, Y., & Hu, Y. (2025). Promoting rural

revitalization via natural resource value realization in national parks: a case study of Baishanzu National Park. *Land*, 14(2), 1–25.
<https://doi.org/10.3390/land14020298>

- Mahdi, Sufitrayati, Yana, S., Nengsih, R., Hanum, F., & Susanti. (2024). Keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan dari energi terbarukan: tinjauan komprehensif terhadap praktik terbaik. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 9127–9136. <https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/417/310>
- Mangalisu, A., Armayanti, A. K., Syamsuryadi, B., Fattah, A. H., & Khaeruddin. (2022). Pemanfaatan limbah ternak sapi sebagai pupuk organik untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia. *Media Kontak Tani Ternak*, 4(1), 14–20. 1024198/mkttv4i1.38106
- Marini, L. F., Sarungallo, P., Pramanagara, R. O., & Budi, H. A. S. (2022). Analisis ekonomi pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit (PKS) sebagai bahan bakar boiler (studi kasus PT. Medco Papua Hijau Selaras). *Igya Ser Hanjop: Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 4(1), 53–65.
<https://doi.org/10.47039/ish.4.2022.53-65>
- Martiyah, Roziqin, & Rosdiana. (2020). Penegakan hukum terhadap pencemaran limbah cair pabrik kelapa sawit di Kabupaten Penajam Paser Utara berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Jurnal Lex Suprema*, 2(1), 147–167.
<https://doi.org/10.12345/lexsuprema.v2i1.247>
- Masruroh, N., Fardian, I., Febriyanti, N., Muflihin, M. D., Supriyanti, S. S., Nurul, P. Y., Islami, Ilmiah, D., Anas, A. T., Panggiarti, E. K., Honggowati, S., Arifah, S., Aziz, A., Mualimin, J., Wusqo, U., Sujono, R. I., Layli, M., Amrina, D. H., Bayu, ... Dahlan, R. (2022). *Ekonomi Sirkular dan Pembangunan Berkelanjutan*. Jejak Pustaka.
- Matin, H. H. A., Febrian, A. R., Sholekha, A. M., Kinanthi, A., Rizky, F. A., Amalia, B. W., Sholichah, D. M., & Dhinanti, Y. T. W. (2021). Hazardous and toxic waste management analysis at UNS Hospital Indonesia. *Waste Technology (WasTech)*, 9(2), 29–36.
<https://dx.doi.org/10.14710/wastech.9.2.29-36>
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. In *Political Science* (Vol. 52, Nomor 2). <https://doi.org/10.1177/003231870005200207>
- Meutia, S. (2023). Analisis Nilai Ekonomi Limbah Industri Pengolahan Kelapa Sawit Di Pt. Bumi Sama Ganda. *Jurnal Industri Samudra*, 4(1), 13–19.
<https://doi.org/10.55377/jis.v4i1.8518>
- Mukhoyyaroh, Q., Nugraheni, L. S., Mila, I. R., Maelani, R., & Sari, I. A. (2025). Analysis of processing empty oil palm fruit bunch waste (EFB) into organic fertilizer and organic mulch. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 17(2),

79–86. <https://doi.org/10.25134/quagga.v17i2.369>

Multazami, A. R., Khasanah, L. N., Amalia, M. N., Refiani, M., & Aryani, D. I. (2024). Utilization of organic waste into compost fertilizer: a wise solution to manage waste in Gebanganom Village, Kendal Regency. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen dan Ekonomi*, 3(1), 80–85. <https://doi.org/10.59024/semnas.v3i1.433>

Munasinghe, M. (1993). *Environmental Economics and Sustainable Development*. The International Bank for Reconstruction and Development. <http://documents.worldbank.org/curated/en/638101468740429035/Environmental-economics-and-sustainable-development>

Munif, F. H., Supriyanto, G., & Purboseno, S. (2024). Analisis pengaruh tekanan mesin screw press terhadap presentase broken nut. *Agricultural Engineering Innovation Journal*, 2(1), 51–61. <https://doi.org/10.55180/aei.v2i1.765>

Muslih, G., & Iswarini, H. (2022). Analisis manajemen produksi agribisnis pabrik kelapa sawit PT Buluh Cawang Plantation Dabuk Rejo Kecamatan Lempung Kabupaten Ogan Kommering Ilir. *SOCIETA*, 11(1), 50–59. <https://doi.org/10.32502/jsct.v11i1.4718>

Muzdalifah, & Ruqayyah, S. (2025). Optimalisasi limbah pertanian untuk produk olahan inovatif di Kabupaten Bima sebagai upaya peningkatan nilai ekonomi. *UNITY: Journal of Community Service*, 1(2), 40–44. <https://doi.org/10.70716/unity.v1i2.114>

Nadhifah, R. U. H., & Putri, E. I. K. (2024). Internalization of environmental externalities: processing palm waste into renewable energy. *International Journal of Oil Palm*, 7(2), 11–18. <https://doi.org/10.35876/ijop.v7i2.122>

Nainggolan, M., Sofitra, M., & Budiman, R. (2025). Pengendalian kualitas crude palm oil (CPO) di PKS Parindu PT Perkebunan Nusantara IV Regional V. *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 9(2), 167–181. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/93403/75676605668>

Nanda, M., Elvina, Anggraini, R., Lauchan, A. M., & Purba, S. (2025). Application of the 5R method in waste management on Jl. Starban, Medan Polonia. *Hearty: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 13(1), 229–233. <https://doi.org/10.32832/hearty.v13i1.17186>

Nanda, M. F., Maulanah, S., Hidayah, T. N., Maulana, A., Taufiqurrahman, & Radianto, D. O. (2024). Analisis pentingnya pengelolaan limbah terhadap kehidupan sosial bermasyarakat. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 97–107. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.255>

Newbold, S., Simpson, R. D., Massey, D. M., Heberling, M. T., Wheeler, W.,

- Corona, J., & Hewitt, J. (2019). Benefit transfer challenges: perspective from U.S. practitioners. *Environ Resour Econ*, 69(4), 467–481. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0207-7>.Benefit
- Ni, J., Zheng, X., Zheng, Y., Zhang, Y., & Li, H. (2023). Coupling coordination development of the ecological–economic system in Hangzhou, China. *Sustainability*, 15(24), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su152416570>
- Ningrum, E. P., Sumarmo, Nursyamsi, S. E., & Siregar, N. (2024). Faktor terkait kesenjangan ekonomi dan kesejahteraan. *Jurnal Riset-Akuntansi dan Keuangan*, 7(2), 116–126. <https://doi.org/10.36815/prive.v7i2.3480>
- Ningsih, T., Sibuea, I. L., & Dongoran, M. S. (2020). Kajian manajemen mutu dalam pencapaian rendemen CPO (crude palm oil) (studi kasus PT Bakrie Sumatera Plantation TBK Kisaran palm oil mill). *AGRO FABRICA Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet*, 2(2), 66–76. <https://doi.org/10.47199/jaf.v2i2.129>
- Nugraha, I., & Priyambada, G. S. (2023). Pengaruh lama waktu penaikan setiap puncak kehilangan minyak (oil losses) pada air rebusan di PKS Adolina Sumatera Utara. *Agrofortech*, 1(3), 2040–2050. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/797/603>
- Nurhajawarsi, & Haryanti, T. (2023). Analisis kualitas air sumur Kawasan Industri Bantaeng (KIBA). *Sebatik*, 27(1), 43–51. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i1.2258>
- Nurlina. (2021). Toxic and hazardous waste (B3) management at PT. PAL Indonesia (Persero). *Indonesian Journal of Public Health*, 16(3), 449–460. <https://doi.org/10.20473/ijph.v16i3.2021.449-460>
- Onofri, L., & Nunes, P. A. L. D. (2020). Economic valuation for policy support in the context of ecosystem-based adaptation to climate change: an indicator, integrated based approach. *Heliyon*, 6(8), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04650>
- Osmaleli. (2014). *Analisis Ekonomi dan Kebijakan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berkelanjutan di Desa Pabean Udik, Kabupaten Indramayu* [Institut Pertanian Bogor]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/73119>
- Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute. (2025). *Bagaimana Proses Pengolahan Kelapa Sawit?* <https://palmoilina.asia/sawit-hub/proses-pengolahan-kelapa-sawit/>
- Partnership for Action on Green Economy (PAGE). (2024). *Green and Inclusive Recovery through Circular Economy in Palm Oil Industry*. United Nations Development Programme. <https://un-pageindonesia.org/en/publication/read/consolidated-policy-paper-green-and->

inclusive-recovery-through-circular-economy-in-palm-oil-industry-available-in-english-only

- Pelawi, F. K., Dharmawati, N. D., & Hermantoro. (2024). Analisis perbandingan jumlah rotor terhadap efisiensi ripple mill. *Agrofortech*, 2(3), 1607–1617. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/1541/954>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.* (2021). <https://www.regulasip.id/book/18777/read>
- Peraturan Menteri Negara BUMN. (2011). *Peraturan Menteri Negara BUMN Nomor PER — 01 /MBU/2011 Tentang Penerapan Tata Kelola Perusahaan yang Baik (Good Corporate Governance) pada Badan Usaha Milik Negara.* <https://www.regulasip.id/book/9603/read>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup regulasip.* (2021). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Perdana, T. A., Putra, F. I. F. S., & Budiantoro, R. A. (2021). The study of mangrove ecosystems' services valuation in Semarang City. *Journal of Indonesian Economy and Business*, 36(3), 255–271. <https://doi.org/10.22146/jieb.v36i3.1395>
- Permana, A. W., & Kusumawardani, D. (2021). Estimation of water requirements and value of water in agricultural sector in East Java: the case of rice plant. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 6(2), 215–234. <https://doi.org/10.20473/jiet.v6i2.31142>
- Plummer, M. L. (2009). Assessing benefit transfer for the valuation of ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 38–45. <https://doi.org/10.1890/080091>
- Pomoni, D. I., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Vasiliadis, L. (2024). Circular economy : A multilevel approach for natural resources and wastes under an agri-food perspective. *Water-Energy Nexus*, 7(1), 103–123. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2023.12.003>
- Prayogi, I. M., Fatati, & Sulaksana, I. (2025). Analisis minat peternak terhadap usaha ternak sapi potong di Kecamatan Senyerang Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Buletin Peternakan Tropis*, 6(2), 178–188. <https://doi.org/10.31186/bpt.6.2>
- Purba, D. G., Purba, D., Saragih, D. R., Silalahi, E., Naibaho, G., Simbolon, J., Damanik, M. M. C., Saragih, T. A., Damanik, W., & Varanti, Y. (2024). Analisis dampak pencemaran limbah industri PT. Boss terhadap kehidupan masyarakat di Bandar Maruhur. *Intellektika: Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(4),

87–97. <https://doi.org/10.59841/intellektika.v2i4.1279>

- Purnomo, G. M., Zefanya, A., Hartanto, Y., Santoso, H., & Indarto, A. (2024). Pernacangan dan simulasi proses limbah pengolahan kelapa sawit dengan anaerobic digester dan aerobic bio-oxidation. *Jurnal Integrasi Proses*, 13(1), 1–6. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/22208/12313>
- Putri, A., Purisky Redaputri, A., & Rinova, D. (2022). Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai pupuk menuju ekonomi sirkular (UMKM olahan pisang di Indonesia). *Jurnal Pengabdian UMKM (JPU)*, 1(2), 104–109. <https://doi.org/10.36448/jpu.v1i2.20>
- Putri, B., Hudaidah, S., & Kesuma, W. I. (2018). Pemanfaatan bungkil inti sawit sebagai media pertumbuhan cacing sutra. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 6(2), 729–738. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/bdpi/article/view/2122/1873>
- Putri, D. A., & Sipayung, E. S. N. (2025). Pengaruh kinerja lingkungan, biaya lingkungan, dan sertifikasi ISO 14001 terhadap profitabilitas pada perusahaan indeks kompas 100 periode 2021-2023. *Jurnal Madani: Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Humaniora*, 8(2), 100–111. <https://doi.org/10.33753/madani.v8i2.435>
- Putri, D. L., & Sulistinah. (2020). Dampak perubahan pekerjaan terhadap kondisi sosial ekonomi pekerja pabrik sarung tangan di Kecamatan Nganjuk Kabupaten Nganjuk. *Swara Bhumi*, 5(9), 97–103. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/31748>
- Putri, H. H., & Syafira, F. T. S. (2024). Pengelolaan limbah industri kimia untuk keberlanjutan lingkungan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(12), 290–295. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12522776>
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal berbasis masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 1–11. <https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/7231/4478>
- Rahardja, I. B., Abinanda, E., & Siregar, A. L. (2022). Water tube boiler pabrik kelapa sawit kapasitas 45 ton/jam. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 14(1), 39–54. https://journal.poltekcwe.ac.id/index.php/jurnal_citrawidyaedukasi/article/view/269/244
- Rahmadani, Raharjo, S. T., & Resnawaty, R. (2018). Fungsi corporate social responsibility (CSR) dalam pengembangan dan pemberdayaan masyarakat. *Social Work Jurnal*, 8(2), 203–210. <https://doi.org/10.24198/share.v8i2.20081>
- Rahmadsyah, Hasanah, M., Fisyahri, A. Al, & Siregar, I. (2022). Unjuk kerja

mesin digester pada proses perontokan buah sawit di pabrik pengolahan kelapa sawit. *Jurnal Laminar*, 4(2), 1–6.

<https://jurnal.una.ac.id/index.php/laminar/article/view/4770/3268>

Rahmi, C., Noor, M. A., Mulasih, S., Lesmana, A. S., Syahreza, A., Nurdin, Tohiroh, & Saefullah, A. (2024). Menghidupkan prinsip 3R: reuse, reduce, dan recycle untuk masa depan yang berkelanjutan di Kelompok Wanita Tani Garuda 12 Cipayung, Ciputat. *JCRE: Journal of Community Research and Engagement*, 1(1), 104–112.

<https://jurnal.stieganessa.ac.id/index.php/jcre/article/view/43/34>

Ramdan, M. F., Zahra, A., & Widya, A. R. (2025). Pengelolaan limbah dan dampak lingkungan pada pabrik kimia dan rumah sakit: studi literatur mengenai hubungan produk dan limbah dengan pendekatan input- proses- output. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 8(1), 2961–2971.

<https://doi.org/10.31004/jrpp.v8i1.43171>

Rame, R., Purwanto, P., & Sudarno, S. (2024). Industry 5.0 and sustainability: an overview of emerging trends and challenges for a green future. *Innovation and Green Development*, 3(4), 1–20.

<https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100173>

Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? — exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation & Recycling*, 135(1), 246–264.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>

Resdati, Asriwandari, H., Marnelly, T. R., Hidir, A., & Yusuf, Y. (2024). The society's effort in increasing the economy through the palm oil waste.

Journal of Research in Science Education, 10(5), 2824–2831.

<https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.5931>

Ridwan, R. E., Teguh, I., Yuhri, F., Aprilianti, L., Fadhlillah, D. F., & Adiansah, W. (2025). Dampak program CSR jam pasir sebagai inovasi sosial PT Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java terhadap masyarakat pesisir di Desa Sukajaya Karawang. *Responsive: Jurnal Pemikiran Dan Penelitian Bidang Administrasi, Sosial, Humaniora Dan Kebijakan Publik*, 8(3), 524–536. <https://doi.org/10.24198/responsive.v8i3.66930>

Riyadi, L. (2022). Pengaruh penggunaan cangkang buah kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar terhadap karakteristik marshall campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC). *Dinamika Teknik Sipil*, 15(2), 62–70.

<https://journals.ums.ac.id/index.php/DTS/article/view/18718/7986>

Robhati, H., & Kusumawardani, D. (2016). Estimasi biaya ekonomi deforestasi di Indonesia tahun 2011-2013. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 1(2), 34–50.

<https://doi.org/10.20473/jiet.v1i2.3251>

- Rokilah, Jannah, A. W., Leonardo, D., & Suryani, P. S. (2025). Model pengelolaan sampah berkelanjutan untuk pencegahan dampak lingkungan pada drainase dan sumber air. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 469–477. <https://doi.org/10.30656/senama.v2i.139>
- Ronga, O. B., Pangemanan, L. R. J., Rumagit, G. A. J., & Mandei, J. R. (2015). Pembiayaan PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk Cabang Tondano terhadap sektor pertanian di Kabupaten Minahasa. *Cocos Journal*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.35791/cocos.v6i1.6580>
- Rosmaida, E., & Triadi, I. (2024). Pelaksanaan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) di Indonesia dalam rangka penegakan hukum lingkungan hidup. *Amandemen: Jurnal Ilmu Pertahanan, Politik dan Hukum Indonesia*, 1(2), 47–65. <https://doi.org/10.62383/amandemen.v1i2.128>
- Rosmiati. (2023). Pengaruh penambahan air delusi terhadap pengenceran dan penyaringan minyak pada vibro separator di PT XYX. *Jurnal Reprokimia*, 1(1), 1–8. <https://akses.ptki.ac.id/jurnal/index.php/reprokimia/article/view/123/72>
- Rosmiati, Kurnia, D., & Lumbantoruan, S. (2024). Perhitungan oil losses pada ampas press di proses pengepresan unit screw press PT . XYZ. *Jurnal Vokasi Teknik (JuVoTek)*, 2(1), 1–5. <https://mentech.id/jurnal/index.php/juvotek/article/view/20/34>
- Sahrani, S., Hotimah, O., Habibah, S., & Sabitha, T. (2024). Implementasi ekonomi sirkular pada sektor pengelolaan sampah di Kawasan Asia Tenggara. *Jurnal Geografi*, 20(1), 101–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.35508/jgeo.v20i1.16952>
- Saleh, T. W., Istifadah, N., & Hartati, S. (2023). Pemanfaatan limbah padi dan buah kelapa untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. *Jurnal Agrikultura*, 34(1), 133–143. <https://jurnal.unpad.ac.id/agrikultura/article/view/44952>
- Saputra, R. H., Noviana, L., & Febrina, L. (2025). Evaluasi instalasi pengolahan air limbah PT Indorama Polychem Indonesia terhadap aspek teknis dan kinerja. *Seminar Nasional Pariwisata dan Kewirausahaan (SNPK)*, 4(1), 1075–1086. <https://doi.org/10.36441/snpk.vol4.2025.434>
- Saputri, J. A., Hidayat, N., Riduan, M., Ayu, Y. P., & Kahar, A. (2024). Kajian neraca massa dan penentuan kehilangan minyak (oil losses) pada bak kondensat unit perebusan alat screw pressing pabrik kelapa sawit. *Jurnal Chemurgy*, 7(1), 33–39. <http://dx.doi.org/10.30872/cmg.v7i1.10858>
- Saragih, V. D., Melaca, K. M., Darmawan, R., & Hendrianie, N. (2018). Pra desain pabrik CPO (crude palm oil) dan PKO (palm kernel oil) dari buah kelapa sawit. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 181–183. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28817>

- Sari, D. I., Ferayanti, & Wahyuni, S. S. (2025). Pengaruh upah minimum kota, pendapatan per kapita, pendidikan, dan kesehatan terhadap tingkat partisipasi angkatan kerja (studi kasus: perkotaan di Provinsi Aceh). *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Kewirausahaan*, 5(2), 92–103. <https://doi.org/10.51903/50s9kq67>
- Sari, D. N., Nururrahmah, & Humaerah, S. T. A. (2025). Persepsi masyarakat terhadap peningkatan kualitas lingkungan dengan pemanfaatan limbah sagu. *Jurnal Chemica*, 26(2), 71–85. <https://doi.org/10.35580/chemica.v26i2.80483>
- Sari, N., Yancik, Y., & Ridho, A. (2025). Pengaruh lingkungan kerja dan disiplin kerja terhadap produktivitas kerja di PT. Korma Jaya Utama. *Journal of Innovative and Creativity*, 5(2), 11895–11916. <https://joecy.org/index.php/joecy/article/view/3003/2920>
- Sari, U., Rusdiantini, S., Novianti, S., & Maulidiah. (2025). Ekonomi sirkular dalam industri manufaktur: strategi untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi. *Jurnal Ekonomi & Bisnis*, 13(2), 230–239. <https://e-journalppmunsa.ac.id/index.php/jeb/article/view/2119/1902>
- Sarwono, J. (2006). Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif. In *Graha Ilmu*. Graha Ilmu. <https://grahailmu.co.id/previewpdf/979-756-146-1-200.pdf>
- Schiffman, L., & Wisenblit, J. (2019). *Consumer Behavior*. Pearson Education.
- Selivanov, E., & Hlaváčková, P. (2021). Methods for monetary valuation of ecosystem services: a scoping review. *Journal of Forest Science*, 67(11), 499–511. <https://doi.org/10.17221/96/2021-JFS>
- Setyaningsih, Y. D., Hilmi, E., Andreas, R., Suyanto, E., & Nasihuddin, A. A. (2023). Strategi pengelolaan sampah berkelanjutan pada industri rokok menggunakan konsep 5R (reduce, reuse, recycle, recovery, and repair). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 200–209. <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.200-209>
- Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Persepsi masyarakat terhadap dampak limbah tahu di sekitar sungai. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(2), 59–68. <https://doi.org/10.37598/tameh.v10i2.153>
- Siagian, U. W. R., Wenten, I. G., & Khoiruddin, K. (2024). Circular economy approaches in the palm oil industry: enhancing profitability through waste reduction and product diversification. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56(1), 25–49. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2024.56.1.3>
- Sianipar, S. J., Siregar, M. I. H. M., & Darmadi, H. (2025). Besarnya tegangan puntir yang terjadi terhadap poros thresher pada proses pembantingan tandan buah rebus di unit thresher. *Jurnal Mekanika, Industri, Listrik dan Otomasi*,

2(2), 44–65. <https://akses.ptki.ac.id/jurnal/index.php/j-milo/article/view/242/143>

Simamora, B. (2000). *Panduan Riset Perilaku Konsumen*. Gramedia Pustaka.

Singh, B. J., Chakraborty, A., & Sehgal, R. (2023). A systematic review of industrial wastewater management: evaluating challenges and enablers. *Journal of Environmental Management*, 348(1), 1–34. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119230>

Siregar, E. S. P., Mirnandaulia, M., Aulia, M. A., Pardede, E., & Barus, A. (2024). Sistem pengolahan limbah cair pada kolam fat fit dan kualitas kandungan minyak yang dapat diolah kembali di PMKS Tahunan Ganda. *Jurnal AGROTRISTEK*, 3(2), 17–22. <https://akses.ptki.ac.id/jurnal/index.php/agrotristek/article/view/181/103>

Sitorus, S., & Alam, N. T. (2024). Analisis pencemaran lingkungan akibat limbah pabrik. *Jurnal Kajian Ilmiah Interdisipliner*, 8(6), 1252–1260. <https://sejurnal.com/pub/index.php/jkii/article/view/3289/3829>

Situmeang, R., Lina, S. M., Hisan, N. R., & Vaulina, S. (2024). Peran subsektor perkebunan terhadap pertumbuhan ekonomi di Provinsi Riau. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis dan Akuakultur*, 4(1), 51–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.25299/jaaa.2024.16446>

Smith, V. K., Houtven, G. L. Van, Pattanayak, S., & Bingham, T. H. (2000). *Improving the Practice of Benefits Transfer: A Preference Calibration Approach*. United States Environmental Protection Agency under. https://doi.org/10.1007/1-4020-5405-x_13

Soekartawi. (1995). *Analisis Usahatani*. UI Press.

Sufren, & Natanael, Y. (2013). *Mahir Menggunakan SPSS secara Otodidak*. Elex Media Komputindo.

Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sulaiman, A. A., Amruddin, A., Bahrin, A. H., Yuna, K., & Keela, M. (2024). New challenges and opportunities of Indonesian crude palm oil in international trade. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 39(1), 94–106. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v39i1.81957>

Sulasmi, S., Hasanbasri, M., & Rustamaji. (2022). Identifikasi dampak industri semen yang merugikan masyarakat. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS)*, 7(1), 280–289. <https://proceedings.ums.ac.id/snpbs/article/view/1770/1824>

Sulistyaningrum, E., Wiryono, W., & Senoaji, G. (2020). Persepsi masyarakat terhadap perkebunan kelapa sawit dan pabrik CPO PT. Djuandasawit Lestari. *NATURALIS – Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan*

Lingkungan, 9(1), 119–126.
<https://ejournal.unib.ac.id/naturalis/article/view/12236>

Sumarwan, U. (2011). *Perilaku Konsumen*. Ghalia Indonesia.

Sunjaya, E., & Yudhistira, M. H. (2025). The health impacts from living near economic industrial park in Sumatra. *International Journal of Economic Development Research (IJEDR)*, 6(1), 341–349.
<https://journal.yrpiiku.com/index.php/ijedr/article/download/6362/3849/36839>

Suprianto, S., & Nusantara, R. W. (2024). Identifikasi hambatan pemanfaatan limbah cangkang dan serabut sawit sebagai bahan bakar biomassa di Pabrik Kelapa Sawit Sambas. *Jurnal Pedontropika: Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 10(1), 39–48.
<http://dx.doi.org/10.26418/pedontropika.v10i1.71636%0AIdentifikasi>

Susanto, J. P., Santoso, A. D., & Suwedi, N. (2020). Perhitungan potensi limbah padat kelapa sawit untuk sumber energi terbaharukan dengan metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 165–172.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2046>

Sutanto, R. H., & Rusmanat, Y. (2024). Environmental education innovation: transforming household waste for sustainable living. *KIRANA : Social Science Journal*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.61579/kirana.v1i1.81>

Tarigan, R. K., & Nasution, R. A. F. (2025). Pengaruh kecepatan putaran terhadap efisiensi pemecahan biji pada ripple mill PT. X PKS. *Jurnal Vokasi Teknik (JuVoTek)*, 3(2), 1–7.
<https://mentech.id/jurnal/index.php/juvotek/article/view/98/119>

Tripathi, M., Sharma, M., Bala, S., Thakur, V. K., Singh, A., Dashora, K., Hart, P., & Gupta, V. K. (2024). Recent technologies for transforming textile waste into value-added products: a review. *Current Research in Biotechnology*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2024.100225>

Turmudi, Airlangga, B., Setiapermana, D., Murni, H. N. C., Rudianto, E., Triswanto, A., Sameko, Darmawan, I., Apriani, A. T., Soleman, M. K., Nahib, I., Dewi, R. S., & Hidayatullah, T. (2005). *Pedoman Penyusunan Neraca dan Valuasi Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut*. Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut Bakosurtanal.

Un, C. (2025). Assessing biogas from wastewater treatment plants for sustainable transportation fuel: a detailed analysis of energy potential and emission reductions. *Gases*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/gases5010006>

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. (2008). <https://www.regulasip.id/book/1254/read>

United Nations Environment Programme. (2007). *Guidelines for Conducting*

Economic Valuation of Coastal Ecosystem Goods and Services. In *United Nations Environment Programme*. United Nations Environment Programme This. <https://www.ais.unwater.org/ais/aiscm/getprojectdoc.php?docid=3543>

- Upadhayay, S., & Alqassimi, O. (2018). Transition from linear to circular economy. *Westcliff International Journal of Applied Research (WIJAR)*, 2(2), 62–74. <https://doi.org/10.47670/wuwijar201822oasu>
- Utama, I., Daulay, H. B., & Tutuarima, T. (2017). Analisis strategi manajemen pengelolaan limbah padat di pabrik pengolahan kelapa sawit PT Perkebunan Nusantara VII Unit Talo Pino Kecamatan Pring Baru Kabupaten Seluma. *Jurnal Agroindustri*, 7(1), 20–26. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.7.1.20-26>
- Valck, J. De, & Rolfe, J. (2025). Use or non-use? a deep dive into the amenity and ecological benefits of the Great Barrier Reef. *Marine Policy*, 180(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106804>
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27(1), 1437–1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>
- Verkuyten, M. (2025). “Ours”: understanding collective psychological ownership. *Journal of Psychology*, 159(6), 389–418. <https://doi.org/10.1080/00223980.2024.2414286>
- Wang, S. (2024). *Mathematics of Finance*. Fanshawe College Pressbooks. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/financemath/>
- Wardana, H. W., Muthmainnah, M., Molo, H., & Ariandi, R. (2025). Community perceptions and preferences toward tourism village development in Kojadoi Village, East Alok Subdistrict, Sikka Regency, East Nusa Tenggara Province. *Jurnal Wasian*, 10(2), 25–32. <https://doi.org/10.62142/zc8v1a74>
- Warer, J. Y., Wurarah, R. N., Allo, A. G., & Parinussa, S. M. (2024). Sustainable innovation: economic valuation of wood waste for sustainable development at PT Wapoga Mutiara Industries. *EcoProfit: Sustainable and Environment Business*, 2(1), 47–57. <https://doi.org/10.61511/ecoprofit.v2i1.2024.1000>
- Widiastuti, L. (2020). The impact of palm oil mill effluent treatment using land application. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(7), 21–29. <https://doi.org/10.34218/IJARET.11.7.2020.0>
- Wijaya, M. F., Suliawati, & Harahap, B. (2022). Pengaruh suhu terhadap kadar air pada inti sawit di kernel silo pada stasiun kernel dengan metode rancangan acak lengkap. *Buletin Utama Teknik*, 17(2), 197–133. <https://doi.org/10.30743/but.v17i2.4964>
- Wijayanti, P. A., & Purnomo, Y. S. (2025). Evaluasi kinerja STP berdasarkan

parameter kualitas dan debit buangan limbah domestik di PT PLN Nusantara Power UP Gresik. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(2), 94–105. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i2.819>

- Wolok, E., Yapanto, L. M., Lopian, A. L. C. P., Wolok, T., & Aneta, A. (2023). Manufacturing industry strategy in increasing the acceleration of economic growth in Indonesia. *International Journal of Professional Business Review*, 8(4), 1–10. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i4.1927>
- Wu, C., Tan, T., Zhang, J., Wang, Y., Liu, H., & Du, M. (2025). Exploration and results analysis of the construction paths of “zero-waste park” in Nanjing’s typical chemical industrial park. *Circular Economy*, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2025.100144>
- Ximenes, L., Nurmalina, R., & Rifin, A. (2022). The analysis of competition for Indonesian Palm Oil derivative products in the Italian Market. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 19(3), 437–451. <https://doi.org/10.17358/jma.19.3.437>
- Yao, R. T., & Wallace, L. (2024). A systematic review of non-market ecosystem service values for biosecurity protection. *Ecosystem Services*, 67(1), 11. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101628>
- Yaro, N. S. A., Sutanto, M. H., Habib, N. Z., Napiyah, M., Usman, A., Jagaba, A. H., & Al-Sabaeei, A. M. (2022). Application and circular economy prospects of palm oil waste for eco-friendly asphalt pavement industry: a review. *Journal of Road Engineering*, 2(4), 309–331. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2022.10.001>
- Yulistika, E., Suprihatin, & Purwoko. (2023). Potensi penerapan konsep ekonomi sirkular untuk pengembangan industri tahu yang berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 33(3), 254–266. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2023.33.3.254>
- Yuniar, F. P. (2024). Metode valuasi ekonomi dalam pengambilan kebijakan lingkungan di sektor pertambangan. *Journal of Economic, Business & Accounting Research (JEMBAR)*, 1(2), 160–172. <https://doi.org/10.61511/jembar.v1i2.2024.504>
- Yunisvita, Y., Selvaratnam, D. P., Robiani, B., Rohima, S., Bashir, A., Apriani, D., & Yarsah, W. N. (2025). Circular economy in the concept of waste management : implementation of community-based environmental management. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 6(2), 247–257. <https://doi.org/10.33394/jpu.v6i2.14337>
- Zero Waste International Alliance. (2025). *Zero Waste Hierarchy of Highest and Best Use 8.1*. <https://zwia.org/zwh/>
- Zesha, R., Nurhasanah, N., & Maulana, S. (2025). Optimalisasi pengelolaan

limbah cair tahu melalui produksi nata de soya dengan pendekatan GVSM. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1(1), 1–10.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/27639/12142>

Zhang, Y. (2024). Circular economy innovations: balancing fossil fuel impact on green economic development. *Heliyon*, 10(18), 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36708>

Zhou, Y. (2024). Analysis of zero-waste city policy in China: based on three-dimensional framework. *Sustainability*, 16(24), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/su162411027>