

**USULAN DESAIN DENGAN PENDEKATAN SIRKULAR
EKONOMI MENUJU KEBERLANJUTAN (SUSTAINABILITY)
PADA RUMAH PEMOTONGAN AYAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Rusyd Zulfikar rahman
No. Mahasiswa : 21522244

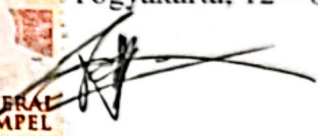
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, 12 - 01 - 2026


(Rusyd Zulfikar Rahman)

21522244

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 04/Ka.Lab.Datmin/70/Lab.Datmin/I/2026

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama : Rusyd Zulfikar Rahman

No. Mhs : 21522244

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Taufiq Imawan, S.T., M.M., IPM., Asean.Eng.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "USULAN DESAIN DENGAN PENDEKATAN SIRKULAR EKONOMI MENUJU KEBERLANJUTAN (SUSTAINABILITY) PADA RUMAH PEMOTONGAN AYAM" di Laboratorium Data Mining, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 1 Agustus 2025 sampai dengan tanggal 30 Oktober 2025

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta 12 Januari 2026

Kepala Laboratorium
Data Mining

Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
USULAN DESAIN DENGAN PENDEKATAN SIRKULAR EKONOMI MENUJU
KEBERLANJUTAN (SUSTAINABILITY) PADA RUMAH PEMOTONGAN
AYAM



Disusun Oleh :

Nama : Rusyd Zulfikar Rahman

No. Mahasiswa : 21522244

Yogyakarta, 12 Januari 2026

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Taufiq Imawan, S.T., M.M., IPM., ASEAN Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
USULAN DESAIN DENGAN PENDEKATAN Sirkular EKONOMI MENUJU
KEBERLANJUTAN (SUSTAINABILITY) PADA RUMAH PEMOTONGAN
AYAM

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Rusyd Zulfikar Rahman

No. Mahasiswa : 21522244

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
 memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 - 01 - 2026

Tim Penguji

Dr. Ir. Taufiq Imawan, S.T., M.M., IPM., ASEAN Eng
 Ketua

Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T
 Anggota I

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T
 Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.,

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, penulis mempersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada Ayah dan Ibu tercinta atas doa, kasih sayang, serta dukungan yang tiada henti, kepada keluarga yang senantiasa memberikan semangat, kepada dosen pembimbing dan para dosen Program Studi Teknik Industri atas bimbingan dan ilmu yang diberikan, serta kepada teman-teman dan seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini

MOTTO

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”
(Q.S Al-Insyirah: 5)

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”
(Q.S Al-Insyirah: 6)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk menerapkan serta mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan ke dalam permasalahan nyata di lapangan. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi berbagai kendala dan kesulitan, baik yang bersifat teknis maupun nonteknis. Namun, berkat bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, seluruh proses Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Taufiq Imawan, S.T., M.M., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak Saiful selaku Pembimbing Lapangan sekaligus Pemilik UD. Saiful Boiler yang telah memberikan kesempatan dan bantuan selama pelaksanaan penelitian.
5. Seluruh karyawan UD. Saiful Boiler yang telah menerima dan membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.
6. Ayah, Ibu, Adik, serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan perhatian, semangat, nasihat, dan doa selama proses penyusunan Tugas Akhir ini berlangsung.
7. Teman-teman seperjuangan penelitian zero waste (Tegar, Abel, Farid, dan Rio) yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan laporan ini. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

ABSTRAK

Rumah Pemotongan Ayam (RPA) merupakan sistem agroindustri yang menghasilkan limbah samping berupa bulu, jeroan tidak layak konsumsi, dan darah ayam dalam jumlah signifikan. Pengelolaan limbah RPA umumnya masih bersifat linear, sehingga menyebabkan pemborosan sumber daya dan potensi pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem pengelolaan limbah RPA berbasis Material Flow Analysis (MFA) dan konsep circular economy dari perspektif Teknik Industri untuk mendukung penerapan zero waste. Metode penelitian menggunakan MFA untuk memetakan aliran material pada sistem ekonomi linear dan ekonomi circular. Hasil analisis menunjukkan bahwa RPA menghasilkan limbah berupa bulu ayam sebesar 120 kg/hari, jeroan sebesar 160 kg/hari, dan darah ayam sekitar 200 ml per ekor. Pada sistem ekonomi circular, limbah bulu dan jeroan dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ikan lele, sedangkan limbah darah ayam dimanfaatkan sebagai nutrisi budidaya cacing sutera sehingga tidak menghasilkan residu akhir. Evaluasi kinerja ekonomi menunjukkan bahwa dengan input pakan 280 kg/hari dan nilai Feed Conversion Ratio (FCR) sebesar 1,2, diperoleh produksi ikan lele sebesar 21.000 kg per siklus pemeliharaan. Sistem ini menghasilkan pendapatan sebesar Rp302.400.000 dengan keuntungan bersih Rp186.445.000 per siklus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan sistem dan analisis aliran material dalam Teknik Industri mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan nilai ekonomi pada rumah pemotongan ayam.

Kata kunci: Material Flow Analysis, Circular Economy, Zero Waste.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Literatur.....	4
2.2 Landasan Teori	21
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	25
3.2 Jenis Penelitian	25
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA ATAU PEMBANGUNAN SISTEM.....	28
4.1 Pengumpulan Data.....	28
4.1.1 Profil perusahaan	28
4.1.2 Alur proses produksi	29
4.1.3 Kapasitas limbah bulu dan jeroan	30
4.2 Pengolahan Data	31
4.2.1 Alur diagram linear ekonomi.....	31
4.2.2 Diagram circular economy.....	33
4.2.3 Perhitungan Keuangan Sistem Circular Economy.....	33
BAB V PEMBAHASAN ATAU PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN	38
BAB VI PENUTUP.....	40
6.1 Kesimpulan.....	40
6.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	10
Tabel 4. 1 Perhitungan Biaya Operasional	34
Tabel 4. 2 Jadwal Panen	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Alur proses produksi.....	29
Gambar 4. 2 Alur Diagram linear ekonomi	31
Gambar 4. 3 Diagram <i>circular economy</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri saat ini sangat pesat. Lahirnya industri baru pasti membawa dampak, baik bagi lingkungan hidup maupun lingkungan sosial. Bagi lingkungan sosial, industri baru berdampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat. Sedangkan bagi lingkungan hidup, industri membawa dampak negatif seperti pencemaran yang diakibatkan dari limbah produksi. Peningkatan aktivitas proses produksi tanpa disadari menimbulkan dampak negatif yang cukup kompleks, misalnya masalah lingkungan yang diakibatkan pengelolaan limbah industri yang tidak baik dari perusahaan (Putri et al., 2025). Sampah dan limbah seringkali dipandang sebagai titik akhir suatu produk dari proses produksi, sekaligus menjadi masalah sosial dan lingkungan. Sampah dan limbah hasil produksi dipandang seolah tak berharga dan harus dibuang (Sari et al., 2025).

Industri peternakan unggas, khususnya rumah pemotongan ayam (RPA), merupakan salah satu sektor penting dalam rantai pasok pangan di Indonesia. Seiring meningkatnya konsumsi daging ayam, aktivitas di RPA juga semakin meningkat, sehingga menghasilkan berbagai jenis limbah seperti bulu, jeroan, darah, dan sisa potongan ayam (Swamilaksita & Sukandar, 2023). Pembuangan limbah di area terbuka dan badan air dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan penyakit yang dampaknya dapat dirasakan oleh masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar rumah pemotongan (Gading et al., 2021). Keberadaan limbah bagi lingkungan tentu tidak diharapkan karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, merusak sumber daya alam, menurunkan kualitas hidup, dan dinilai tidak memiliki nilai ekonomis.

Sebagian besar RPA di Indonesia masih menerapkan pendekatan ekonomi linier (Rosyidi et al., 2024), yaitu ambil-pakai-buang, yang sudah tidak relevan dalam menghadapi tantangan keberlanjutan dan keterbatasan sumber daya. Pengelolaan limbah rumah pemotongan ayam (RPA) berbasis ekonomi sirkular akan memanfaatkan limbah seperti bulu, jeroan, darah, dan sisa potongan ayam untuk diubah menjadi produk yang menjadi nilai tambah secara ekonomi dan juga tidak menimbulkan dampak bagi

lingkungan. Konsep ekonomi sirkular yang diperkenalkan pada tahun 1990 bertujuan untuk strategi pembangunan berkelanjutan dan diusulkan untuk mengatasi masalah degradasi lingkungan dan kelangkaan sumber daya. Berbeda dengan model ekonomi linier, pembangunan ekonomi model sirkular adalah cara yang paling berhasil untuk menghemat sumber daya dan bahan, dengan demikian pertumbuhan ekonomi akan terjadi secara terus menerus.

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan di RPA diketahui bahwa RPA masih menerapkan sistem ekonomi linier, hal tersebut dapat dilihat dari limbah yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah yang ada pada RPA meliputi darah, bulu, dan jeroan. Dari hasil observasi diperoleh data limbah pada RPA sebagai berikut.

Hari ke-	Jumlah ayam perhari (ekor)	Jumlah Limbah Bulu (kg)	Jumlah Limbah Jeroan (kg)	Jumlah Limbah Darah (liter)
1	1080	129.6	172.8	216
2	950	114	152	190
3	850	102	136	170
4	1000	120	160	200
5	915	109.8	146.4	183
6	1120	134.4	179.2	224
7	1085	130.2	173.6	217
Total	7000	840	1120	1400
Rata-rata	1000	120	160	200

Selain itu lokasi RPA berada pada pemukiman yang padat penduduk dan juga letaknya dekat dengan sungai. Sehingga limbah hanya dibiarkan mengalir melalui sungai tersebut. Jika hal itu masih terus berlanjut maka akan menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat sekitar seperti menimbulkan bau yang tidak sedap. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu mengimplementasikan ekonomi sirkular yang akan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan. Pendekatan sirkular ekonomi berfokus pada pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, di mana komponen material digunakan kembali, dibagi, diperbaiki, diperbarui, diproduksi ulang, dan didaur ulang untuk menciptakan sistem aliran materi tertutup, serta meminimalkan penggunaan sumber daya alam.

Untuk menerapkan konsep ekonomi sirkular secara sistematis dan terukur, diperlukan suatu pendekatan analitis yang mampu memetakan aliran material dalam suatu sistem produksi. Material Flow Analysis (MFA) merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi aliran serta akumulasi material dalam suatu sistem berdasarkan prinsip keseimbangan massa. Melalui MFA, dapat diketahui jumlah potensi limbah yang dihasilkan pada setiap tahapan proses, sehingga menjadi dasar yang kuat dalam perencanaan strategi pengelolaan limbah dan pemanfaatan material secara optimal. Dengan memanfaatkan MFA, peluang penerapan ekonomi sirkular dapat diidentifikasi secara nyata, terutama dalam mengurangi residu limbah dan mengarahkan pemanfaatannya kembali ke dalam siklus produksi atau sektor lain yang relevan. Oleh karena itu, pendekatan ini diharapkan mampu mendukung transisi menuju sistem produksi yang berorientasi zero waste, meningkatkan efisiensi sumber daya, serta berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan dan ekonomi dalam jangka panjang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah yang perlu dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana aliran material limbah bulu, jeroan, dan darah ayam pada sistem pengelolaan limbah RPA yang berjalan saat ini?
2. Bagaimana rancangan sistem ekonomi sirkular berbasis MFA dapat diterapkan pada pengelolaan limbah RPA untuk mencapai *zero waste* ?
3. Bagaimana potensi nilai ekonomi yang dihasilkan dari penerapan sistem ekonomi sirkular pada pengelolaan limbah RPA ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian dirumuskan yaitu :

1. Menganalisis aliran material limbah bulu, jeroan, dan darah ayam pada rumah pemotongan ayam (RPA) menggunakan pendekatan *Material Flow Analysis* (MFA).
2. Menyusun rancangan sistem pengelolaan limbah RPA berbasis ekonomi sirkular untuk mendukung pencapaian *zero waste*.
3. Menganalisis potensi nilai ekonomi dari penerapan sistem ekonomi sirkular pada pengelolaan limbah RPA.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi perguruan tinggi yaitu Menyediakan kontribusi akademis dan publikasi penelitian tentang penerapan ekonomi sirkular di sektor peternakan, yang dapat digunakan sebagai referensi pembelajaran dan pengembangan kurikulum Teknik Industri.
2. Bagi Perusahaan yaitu Menyajikan rekomendasi model pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular yang praktis dan aplikatif, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya pembuangan limbah, serta membuka peluang usaha baru dari produk turunan limbah.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan pada penelitian ini :

1. Penelitian difokuskan pada limbah pemotongan ayam berupa bulu, jeroan, dan darah ayam yang dihasilkan oleh rumah pemotongan ayam.
2. Penelitian ini mencakup perancangan model ekonomi sirkular
3. Analisis ekonomi dilakukan secara estimatif, bukan dalam analisis finansial mendalam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian pustaka merupakan sekumpulan penjelasan dari berbagai ilmu pengetahuan yang digunakan sebagai panduan dan informasi dalam melakukan

penelitian. Kajian Literatur atau kajian pustaka berisi deskripsi mengenai bidang atau topik tertentu. Kajian ini sangat berguna bagi peneliti, misalnya untuk memberikan gambaran masalah yang akan diteliti, memberikan dukungan teoritis konseptual bagi peneliti, dan selanjutnya berguna untuk bahan diskusi atau pembahasan dalam penelitian. Berikut ini merupakan kajian literatur yang relevan dengan topik penelitian yang akan di bahas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Satori et al., n.d.) yang berjudul “*Material Flow and Economic Analysis of Wantilan Recycling Center Promoting Circular Economy Principles*”. Penelitian ini menggunakan metode Analisis Aliran Material (MFA) dengan prinsip ekonomi sirkular dan menggunakan pendekatan penelitian tindakan untuk mendesain ulang sistem pengolahan sampah. Hasil studi ini menunjukkan bahwa sistem saat ini hanya mengelola 34% dari total produksi sampah dan hanya 4% yang dapat digunakan kembali dengan penjualan sebesar Rp 97,9 juta pertahun. Dengan pengembangan sistem baru, limbah yang dikelola mencapai 60% dengan potensi ekonomi yang dihasilkan sebesar 1,08 miliar pertahun.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prasetia et al., 2023) dengan judul “Analisis Aliran Material Kegiatan Pengelolaan Sampah Di TPA Tanjungrejo Kudus”. Hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil dari penelitian adalah konsep pengelolaan yang dilakukan menjadi 3 jalur yaitu sampah yang dapat dipilah, sampah yang sulit dipilah, dan sampah yang diolah menjadi pupuk kompos organik. Pengelolaan sampah yang menjadi target dalam Jakstrada Kabupaten Kudus dalam hal penanganan sampah dan berdasar pada perbup No.27 Tahun 2018 adalah target penanganan sampah tahun 2022 adalah sebesar 73%. Dalam hal ini sampah yang dapat diolah adalah sebesar 21.580,53 Ton/Tahun atau sebesar 67,74%. Jadi penanganan sampah pada tahun 2022 sudah hampir mendekati hasil Jakstrada. Hal ini berarti Aliran Material pengelolaan sampah pada TPA Tanjungrejo Kudus menggunakan metode Material Flow Analysis (MFA) yang dapat berkurang atau diolah sebelum masuk ke dalam proses penimbunan metode control landfill pada tahun 2022 adalah sebanyak 21.580,53 Ton/Tahun atau sebesar 67,74%.

Penelitian dengan judul “Analisis Aliran Material Limbah Domestik di Pembangkit Listrik Tenaga Batubara” yang dilakukan oleh (Wicaksono & Bagastyo, n.d.). Metode Material Flow Analysis (MFA) dengan perangkat lunak STAN 2.7.101 digunakan untuk

memetakan aliran limbah dan menghitung potensi pemanfaatan. Hasil menunjukkan bahwa limbah organik seperti daun, sisa makanan, dan kulit buah mencapai lebih dari 85% timbulan dengan Recovery Factor (RF) di atas 70%, mendukung komposting dan biodegradasi menggunakan larva maggot. Model MFA memperkirakan 25 hingga 30% limbah tetap menjadi residu yang dibuang ke TPA. Kombinasi karakteristik limbah, MFA, dan RF menjadi dasar yang kuat untuk strategi pengelolaan limbah yang adaptif dan berkelanjutan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sitepu et al., 2020) dengan judul “Identifikasi Limbah pada Proses Produksi Obat Nyamuk Bakar dengan Menggunakan Material Balance”. Penelitian ini berfokus untuk melakukan perhitungan terhadap limbah yang dihasilkan setiap mesin proses produksi obat nyamuk bakar sehingga dapat dilihat seberapa banyak limbah yang dihasilkan dari setiap proses produksi dengan menggunakan material balance. Material balance menunjukkan analisa kuantitatif terhadap material input, output dan wastes/limbah setiap tahapan proses produksi. Berdasarkan pengamatan lapangan didapatkan sebagian besar limbah produksi dari setiap tahapan proses produksi yang dapat dikumpulkan kembali dan dapat digunakan lagi sebagai bahan pembuatan obat nyamuk bakar.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hadi et al., 2025) yang berjudul “Penerapan Konsep Ekonomi Sirkular Dalam Pengolahan Limbah Cair Menjadi Pupuk Daun dan Pupuk Buah untuk Mendukung Industri Pupuk Berkelanjutan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan penerapan konsep ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah cair industri Monosodium Glutamate (MSG) menjadi produk pupuk daun dan pupuk buah sebagai upaya mendukung industri pupuk yang berkelanjutan. Hasil menunjukkan bahwa B/C Ratio untuk pupuk daun mencapai 425% dan pupuk buah 234%, keduanya jauh di atas ambang kelayakan minimum sebesar 100%. Waktu pengembalian modal hanya 0,96 tahun (11,5 bulan), serta nilai BEP tercapai pada 3 liter pupuk daun (Rp 116.000) dan 2 liter pupuk buah (Rp60.000). Temuan ini membuktikan bahwa pengolahan limbah cair industri menjadi pupuk cair tidak hanya layak secara finansial, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi sumber daya dalam kerangka ekonomi sirkular.

Penelitian dengan judul “Pengembangan Bisnis Peternakan Sapi Potong Berbasis Circular Economy dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Green Economy” yang dilakukan oleh (Widiarta, Suarna, et al., 2025). Hasil kajian menunjukkan bahwa

penerapan sistem integrasi tanaman-ternak (Integrated Crop-Livestock System/ICLS) secara signifikan meningkatkan kinerja ekonomi usaha peternakan, yang ditunjukkan dengan nilai Cost-Benefit Index (CBI) sebesar 1,56 serta diversifikasi pendapatan peternak.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Suryaneta et al., n.d.) yang berjudul “Analisis Potensi Ekonomi Limbah Kertas Itera Untuk Hilirisasi Produk Komersial”. Hasil dari B/C Ratio sebesar 1,48 menunjukkan bahwa setiap Rp 1 biaya yang dikeluarkan dapat menghasilkan Rp 1,48 dalam bentuk manfaat. Karena rasio ini lebih besar dari 1, proyek ini dianggap memiliki nilai tambah finansial dan layak untuk dijalankan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Agustina et al., 2025) dengan judul *“Implementing biogas technology as a liquid waste management strategy in palm oil mills to promote a circular economy: Penerapan teknologi biogas sebagai strategi pengelolaan limbah cair di pabrik kelapa sawit untuk mendorong ekonomi sirkular”*. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk menganalisis pengelolaan limbah cair pada pabrik kelapa sawit dengan menggunakan teknologi biogas untuk mendukung ekonomi sirkular. Observasi langsung dilakukan di dua pabrik kelapa sawit di Provinsi Riau yang menerapkan pengolahan teknologi biogas berbasis POME, yaitu Pabrik Kelapa Sawit LDA dan Pabrik Kelapa Sawit TAN untuk pengumpulan data. Metode deskripsi diterapkan dengan tujuan untuk mempelajari kinerja teknologi biogas dalam pengolahan limbah cair dan perannya dalam ekonomi sirkular. Selain itu analisis massa (MFA) dilakukan untuk menentukan kuantitas limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik minyak sawit dan volume produksi biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam mengurangi dampak lingkungan, khususnya melalui penurunan emisi gas rumah kaca, sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi di kedua pabrik. Strategi pengelolaan limbah ini didasarkan pada prinsip pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pemulihan sesuai dengan konsep ekonomi sirkuler.

Penelitian dengan judul *“Material Flow Analysis of Plastic Waste for Circular Economy Potential: A Case Study of Wijaya Kusuma and Sidomakmur Waste Banks in Metro City”* yang dilakukan oleh (Alifa et al., 2024). Analisis penelitian ini menggunakan metode Analisis Aliran Material (MFA) untuk meninjau aliran material limbah plastik di bank sampah dan efektivitas bank sampah. Dengan menghancurkan dan mendaur ulang menjadi plastik berbentuk pelet, BSI Wijaya Kusuma mampu mengurangi limbah sebesar

88,4%, yang membantu mempromosikan ekonomi sirkular. BSI Sidomakmur, di sisi lain, menunjukkan sedikit keahlian teknologi dengan menggunakan mesin pemadat dan mengandalkan kemitraan eksternal untuk mendaur ulang lebih lanjut meskipun mencapai pengurangan sebesar 96,4%. Bahkan dengan pencapaian di tingkat fasilitas ini, efek agregat dari kedua bank sampah tersebut hanya berkontribusi 1,2% terhadap pengurangan limbah plastik secara keseluruhan di Metro City.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Budihardjo et al., 2023) dengan judul “*Using Material Flow Analysis (MFA) for Waste Management Planning in Batang Regency*”. Dalam perencanaan pengelolaan sampah ini, pengembangan teknologi sampah juga dapat digunakan sebagai solusi bagaimana mengelola sampah secara efektif dan efisien. Salah satu cara untuk menentukan teknologi yang akan digunakan adalah dengan menggunakan metode Analisis Aliran Material (MFA). Metode MFA ini adalah metode yang menggunakan perangkat lunak STAN untuk menentukan alur kritis sistem pengelolaan sampah daerah Kabupaten Batang dengan memperhatikan hasil masukan berupa sampah dan proses yang terjadi sehingga nantinya akan menghasilkan keluaran berupa banyak dan apa, atau dapat dikatakan mengetahui kondisi di lapangan. Dengan menerapkan MFA/SFA sebagai contoh di wilayah Kabupaten Batang, kita dapat melihat perbedaan besar antara kondisi yang ada dan kondisi setelah perencanaan. Volume masukan sampah yang masuk adalah 2.168,3 m³/hari, dan massa sampah yang dihasilkan akan mencapai 675,92 ton/hari pada tahun 2032. Kemudian aliran sampah dibagi menjadi sampah campuran dan sampah anorganik. Sampah anorganik dikumpulkan ke bank sampah dan memiliki residu sebesar 14,25% yang diangkut ke tempat pembuangan akhir. Sementara itu, pengumpulan langsung oleh individu mengangkut sampah campuran sebesar 7,89% langsung ke tempat pembuangan akhir, pengumpulan tidak langsung oleh pengendara sepeda motor roda tiga sebesar 77,94%, dan pengumpulan langsung oleh masyarakat sebesar 14,17%. Sampah yang diangkut dengan sepeda motor roda tiga dikumpulkan ke kontainer transfer sebesar 35,14% dan ke depot transfer sebesar 64,86%. Sampah dari kontainer diangkut menggunakan truk pengangkut, sedangkan sampah dari depot transfer diangkut menggunakan truk sampah. Sebelum masuk ke tempat pembuangan akhir, 49% sampah campuran diproses melalui teknologi pengomposan tumpukan, menghasilkan 29,59% kompos. Sisa sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir adalah 50,68%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Deshpande et al., 2020) yang berjudul “*Using Material Flow Analysis (MFA) to generate the evidence on plastic waste management from commercial fishing gears in Norway*”. Penelitian ini menggunakan MFA untuk mengukur beban tahunan plastik yang berkembang melalui siklus hidup perikanan komersial di Norwegia. Studi ini selanjutnya mengungkap kondisi pengelolaan limbah plastik dari praktik penangkapan ikan komersial di Norwegia. MFA statis menunjukkan bahwa terlepas dari upaya pembersihan darat dan laut lokal, diperkirakan 300 ton plastik terakumulasi setiap tahun sebagai ALDFG di ekosistem laut hanya dari penangkapan ikan komersial saja. Pengakuan Lebih lanjut, model tersebut melaporkan bahwa pada tahun 2017, sekitar 55% limbah FG yang dikumpulkan dikirim untuk didaur ulang lebih lanjut di luar Norwegia karena tidak adanya daur ulang industri. Menyusul larangan impor limbah oleh Tiongkok baru-baru ini, ada kebutuhan untuk menetapkan cara alternatif untuk menangani limbah FG yang sudah habis masa pakainya guna menghindari penumpukan limbah dalam system.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Bahtiar & Kamelia, 2024) dengan judul “*Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah Organik Menggunakan Lalat Tentara Hitam*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penyerapan sampah dari kegiatan usaha budi daya larva ini mencapai 430,7 ton/thn, dengan jumlah total kebutuhan luas lahan untuk budi daya yang seharusnya seluas 137.855 m². Hasil kelayakan finansial usaha memperlihatkan bahwa Unit Tunas dan Balaraja layak dijalankan karena telah memenuhi kriteria kelayakan $NPV > 0$, $Net\ B/C > 1$, $IRR > \text{tingkat bunga}$, dan $PP > \text{umur proyek}$. Efisiensi usaha membuktikan bahwa kegiatan usaha perikanan dan peternakan yang terintegrasi ke budi daya larva BSF lebih efisien pada pengeluaran biaya pakan komersial yang digunakan serta memberikan keuntungan yang lebih besar dalam usahanya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Widiarta, Qamara, et al., 2025) yang berjudul “*Studi Sosial Ekonomi Pengelolaan Limbah Sapi Potong sebagai Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dalam Kerangka Circular economy*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi AD dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, khususnya metana, sebesar 80% dan menyediakan sumber energi alternatif yang signifikan bagi peternak. Pupuk organik yang dihasilkan dari residu AD terbukti meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan hasil pertanian. Penerapan prinsip

ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah memberikan manfaat lingkungan yang signifikan, meningkatkan kesejahteraan ekonomi peternak dan keberlanjutan sektor peternakan secara keseluruhan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Purwati et al., 2023) dengan judul “Potensi Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Pengolahan Limbah Popok Bayi”. Hasil analisis menunjukkan bahwa saat ini, kegiatan ekonomi sirkular ini belum menghasilkan keuntungan yang cukup untuk menutupi biaya produksi, dengan Rasio Return on Cost(R/C Ratio) sebesar 0,97.

Penelitian dengan judul *“he Assessment of Circular Economy Model Based Material Flow Analysis (MFA) and Life Cycle Assessment (LCA) in the Landfill Site”* yang dilakukan oleh (Pramesti et al., 2025). Pendekatan ekonomi sirkular menekankan pengurangan sampah, penggunaan kembali material, dan daur ulang untuk menciptakan sistem yang lebih berkelanjutan. Strategi implementasi ekonomi sirkular dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan menggunakan metode Analisis Aliran Material (MFA) dan Penilaian Siklus Hidup (LCA) untuk mendapatkan sistem yang optimal. Dengan menerapkan strategi ini, TPA Supit Urang dapat memperpanjang masa operasionalnya dan menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
1	(Satori et al., n.d.)	untuk meneliti potensi sampah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya di satu sisi dan mengurangi potensi polusi di sisi lain.	✓				Hasil studi ini menunjukkan bahwa sistem saat ini hanya mengelola 34% dari total produksi sampah dan hanya 4% yang dapat digunakan kembali dengan penjualan sebesar Rp 97,9 juta pertahun. Dengan pengembangan sistem baru, limbah yang dikelola mencapai 60% dengan potensi ekonomi yang

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
							dihasilkan sebesar 1,08 miliar pertahun.
2	(Prasetia et al., 2023)	untuk mempelajari konsep alur pengelolaan sampah yang terdapat di TPA Tanjungrejo Kabupaten Kudus dan mengetahui dan mempelajari konsep pengelolaan sampah yang menjadi target Jakstrada Kabupaten Kudus untuk pengelolaan sampah.	✓				hasil dari penelitian adalah konsep pengelolaan yang dilakukan menjadi 3 jalur yaitu sampah yang dapat dipilah, sampah yang sulit dipilah, dan sampah yang diolah menjadi pupuk kompos organik. Pengelolaan sampah yang menjadi target dalam Jakstrada Kabupaten Kudus dalam hal penanganan sampah dan berdasar pada perbup No.27 Tahun 2018 adalah target penanganan sampah tahun 2022 adalah sebesar 73%. Dalam hal ini sampah yang dapat diolah adalah sebesar 21.580,53 Ton/Tahun atau sebesar 67,74%. Hasil menunjukkan bahwa limbah organik seperti daun, sisa makanan, dan kulit buah mencapai lebih dari 85% timbuan dengan Recovery Factor (RF) di atas 70%,
3	(Wicaksono & Bagastyo, n.d.).	untuk menganalisis sistem pengelolaan limbah padat non-B3 yang tergolong sebagai sampah domestik di	✓				

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
		lingkungan PLTU.					mendukung komposting dan biodegradasi menggunakan larva maggot. Model MFA memperkirakan 25 hingga 30% limbah tetap menjadi residu yang dibuang ke TPA.
4	(Sitepu et al., 2020)	untuk melakukan perhitungan terhadap limbah yang dihasilkan setiap mesin proses produksi obat nyamuk bakar sehingga dapat dilihat seberapa banyak limbah yang dihasilkan dari setiap proses produksi dengan menggunakan material balance.			✓		Material balance menunjukkan analisa kuantitatif terhadap material input, output dan wastes/limbah setiap tahapan proses produksi. Berdasarkan pengamatan dilapangan didapatkan sebagian besar limbah produksi dari setiap tahapan proses produksi yang dapat dikumpulkan kembali dan dapat digunakan lagi sebagai bahan pembuatan obat nyamuk bakar.
5	(Hadi et al., 2025)	untuk mengevaluasi kelayakan penerapan konsep ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah cair industri Monosodium Glutamate (MSG) menjadi		✓			Hasil menunjukkan bahwa B/C Ratio untuk pupuk daun mencapai 425% dan pupuk buah 234%, keduanya jauh di atas ambang kelayakan minimum sebesar 100%. Waktu pengembalian

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
		produk pupuk daun dan pupuk buah sebagai upaya mendukung industri pupuk yang berkelanjutan					modal hanya 0,96 tahun (11,5 bulan), serta nilai BEP tercapai pada 3 liter pupuk daun (Rp 116.000) dan 2 liter pupuk buah (Rp60.000). Temuan ini membuktikan bahwa pengolahan limbah cair industri menjadi pupuk cair tidak hanya layak secara finansial, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi sumber daya dalam kerangka ekonomi sirkular.
6	(Widiarta et al., 2025)	untuk mengkaji model pengembangan usaha peternakan sapi potong berbasis ekonomi sirkular serta menganalisis kontribusinya terhadap ketahanan pangan dan ekonomi hijau, khususnya di wilayah penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN).		✓			Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem integrasi tanaman-ternak (Integrated Crop-Livestock System/ICLS) secara signifikan meningkatkan kinerja ekonomi usaha peternakan, yang ditunjukkan dengan nilai Cost-Benefit Index (CBI) sebesar 1,56 serta diversifikasi pendapatan peternak.
7	(Suryaneta et al., n.d.)	untuk penilaian komprehensif terhadap biaya yang terkait dengan		✓			B/C Ratio sebesar 1,48 menunjukkan bahwa setiap Rp 1 biaya yang dikeluarkan dapat

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
8	(Agustina et al., 2025)	pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan limbah kertas, serta potensi pendapatan yang dihasilkan dari penjualan produk komersial yang dihasilkan.					menghasilkan Rp 1,48 dalam bentuk manfaat. Karena rasio ini lebih besar dari 1, proyek ini dianggap memiliki nilai tambah finansial dan layak untuk dijalankan
		menganalisis strategi pengelolaan limbah cair yang efektif melalui studi kasus di dua pabrik kelapa sawit di Provinsi Riau	✓				Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam mengurangi dampak lingkungan, khususnya melalui penurunan emisi gas rumah kaca, sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi di kedua pabrik. Strategi pengelolaan limbah ini didasarkan pada prinsip pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pemulihan sesuai dengan konsep ekonomi sirkuler.
9	(Alifa et al., 2024)	menggunakan Analisis Aliran Material (MFA) untuk menilai efektivitas dua bank sampah pusat di Kota Metropolitan:	✓				Dengan menghancurkan dan mendaur ulang menjadi plastik berbentuk pelet, BSI Wijaya Kusuma mampu mengurangi limbah sebesar 88,4%,

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
		Bank Sampah Induk (BSI).					yang membantu mempromosikan ekonomi sirkular. BSI Sidomakmur, di sisi lain, menunjukkan sedikit keahlian teknologi dengan menggunakan mesin pemadat dan mengandalkan kemitraan eksternal untuk mendaur ulang lebih lanjut meskipun mencapai pengurangan sebesar 96,4%. Bahkan dengan pencapaian di tingkat fasilitas ini, efek agregat dari kedua bank sampah tersebut hanya berkontribusi 1,2% terhadap pengurangan limbah plastik secara keseluruhan di Metro City.
10	(Budihardjo et al., 2023)	untuk menentukan alur kritis sistem pengelolaan sampah daerah Kabupaten Batang dengan memperhatikan hasil masukan berupa sampah dan proses yang terjadi sehingga nantinya akan menghasilkan keluaran berapa	✓				Dengan menerapkan MFA/SFA sebagai contoh di wilayah Kabupaten Batang, kita dapat melihat perbedaan besar antara kondisi yang ada dan kondisi setelah perencanaan. Volume masukan sampah yang masuk adalah 2.168,3 m3/hari,

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
		banyak dan apa, atau dapat dikatakan mengetahui kondisi di lapangan.					<p>dan massa sampah yang dihasilkan akan mencapai 675,92 ton/hari pada tahun 2032. Kemudian aliran sampah dibagi menjadi sampah campuran dan sampah anorganik. Sampah anorganik dikumpulkan ke bank sampah dan memiliki residu sebesar 14,25% yang diangkut ke tempat pembuangan akhir. Sementara itu, pengumpulan langsung oleh individu mengangkut sampah campuran sebesar 7,89% langsung ke tempat pembuangan akhir, pengumpulan tidak langsung oleh pengendara sepeda motor roda tiga sebesar 77,94%, dan pengumpulan langsung oleh masyarakat sebesar 14,17%. Sampah yang diangkut dengan sepeda motor roda tiga dikumpulkan ke kontainer transfer sebesar 35,14% dan ke depot transfer sebesar 64,86%. Sampah dari kontainer diangkut</p>

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
11	(Deshpande et al., 2020)	mengetahui seberapa besar jumlah plastik dari alat tangkap perikanan yang hilang, terbuang, dan dikelola, serta bagaimana aliran plastik tersebut dari awal penggunaan sampai menjadi limbah, agar bisa menjadi dasar pengelolaan limbah perikanan yang lebih ramah lingkungan dan mendukung ekonomi sirkular.	✓				<p>menggunakan truk pengangkut, sedangkan sampah dari depot transfer diangkut menggunakan truk sampah. Sebelum masuk ke tempat pembuangan akhir, 49% sampah campuran diproses melalui teknologi pengomposan tumpukan, menghasilkan 29,59% kompos. Sisa sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir adalah 50,68%.</p> <p>Studi ini selanjutnya mengungkap kondisi pengelolaan limbah plastik dari praktik penangkapan ikan komersial di Norwegia. MFA statis menunjukkan bahwa terlepas dari upaya pembersihan darat dan laut lokal, diperkirakan 300 ton plastik terakumulasi setiap tahun sebagai ALDFG di ekosistem laut hanya dari penangkapan ikan komersial saja. Pengakuan Lebih lanjut, model tersebut melaporkan bahwa</p>

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
							pada tahun 2017, sekitar 55% limbah FG yang dikumpulkan dikirim untuk didaur ulang lebih lanjut di luar Norwegia karena tidak adanya daur ulang industri. Menyusul larangan impor limbah oleh Tiongkok baru-baru ini, ada kebutuhan untuk menetapkan cara alternatif untuk menangani limbah FG yang sudah habis masa pakainya guna menghindari penumpukan limbah dalam system.
12	(Bahtiar & Kamelia, 2024)	(1) mengidentifikasi jumlah penyerapan sampah organik dengan usaha budi daya larva BSF, (2) menganalisis kelayakan finansial budi dayanya di unit usaha Budi Daya Maggot BSF di Balaraja dan di Tunas, (3) menganalisis efisiensi usaha di bidang peternakan dan perikanan		✓			Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penyerapan sampah dari kegiatan usaha budi daya larva ini mencapai 430,7 ton/thn, dengan jumlah total kebutuhan luas lahan untuk budi daya yang seharusnya seluas 137.855 m ² . Hasil kelayakan finansial usaha memperlihatkan bahwa Unit Tunas dan Balaraja layak dijalankan karena telah memenuhi

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
		melalui sistem ekonomi sirkular dalam penggunaan pakanlarva BSF					kriteria kelayakan NPV > 0, Net B/C > 1, IRR > tingkat bunga, dan PP > umur proyek. Efisiensi usaha membuktikan bahwa kegiatan usaha perikanan dan peternakan yang terintegrasi ke budi daya larva BSF lebih efisien pada pengeluaran biaya pakan komersial yang digunakan serta memberikan keuntungan yang lebih besar dalam usahanya.
13	(Widiarta, Qamara, et al., 2025)	mengkaji optimalisasi pengelolaan limbah sapi potong melalui penerapan prinsip ekonomi sirkular untuk menghasilkan energi terbarukan dan pupuk organik sebagai kontribusi terhadap keberlanjutan industri peternakan.		✓			Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi AD dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, khususnya metana, sebesar 80% dan menyediakan sumber energi alternatif yang signifikan bagi peternak. Pupuk organik yang dihasilkan dari residu AD terbukti meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan hasil pertanian. Penerapan prinsip

No	Penulis Tahun	Tujuan	Metode				Hasil
			MFA	CBA	MB	LCA	
							ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah memberikan manfaat lingkungan yang signifikan, meningkatkan kesejahteraan ekonomi peternak dan keberlanjutan sektor peternakan secara keseluruhan.
14	(Purwati et al., 2023)	untuk mengeksplorasi potensi implementasi ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah popok bayi sebagai langkah menuju keberlanjutan lingkungan.		✓			Hasil analisis menunjukkan bahwa saat ini, kegiatan ekonomi sirkular ini belum menghasilkan keuntungan yang cukup untuk menutupi biaya produksi, dengan Rasio Return on Cost(R/C Ratio) sebesar 0,97
15	(Pramesti et al., 2025)	untuk membantu pengelola sampah di TPA Supit Urang dalam mempraktikkan pengelolaan sampah yang efisien dan ramah lingkungan dengan mengevaluasi aliran sampah dan dampaknya terhadap lingkungan	✓			✓	Dengan menerapkan strategi ini, TPA Supit Urang dapat memperpanjang masa operasionalnya dan menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan pada rumah pemotongan ayam (RPA) untuk menganalisis pengelolaan limbah menggunakan pendekatan ekonomi sirkular melalui metode Material Flow Analysis (MFA). MFA digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan aliran material mulai dari input berupa ayam hidup hingga output berupa produk utama dan limbah yang dihasilkan, seperti darah, bulu, dan jeroan. Hasil pemetaan MFA menunjukkan bahwa limbah organik merupakan aliran material terbesar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Setelah diketahui jenis dan jumlah limbah, penelitian dilanjutkan dengan pemanfaatan limbah sebagai upaya peningkatan nilai tambah ekonomi. Tahap selanjutnya, yang menjadi pembeda penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, adalah dilakukan analisis kelayakan ekonomi terhadap pemanfaatan limbah menggunakan metode Cost Benefit Analysis (CBA). CBA digunakan untuk membandingkan total biaya dan manfaat dari pemanfaatan limbah. Sehingga dapat diketahui apakah pemanfaatan limbah layak secara ekonomi. Kedua metode tersebut cocok digunakan pada penelitian ini karena kedua metode ini saling melengkapi dalam menganalisis permasalahan limbah pada rumah pemotongan ayam (RPA) serta memberikan gambaran bagi pengelola RPA dalam mengambil keputusan, karena tidak hanya mengetahui besarnya limbah, tetapi juga memahami biaya dan manfaat dari pengelolaan limbah rumah potong ayam.

2.2 Landasan Teori

1. Sirkular Ekonomi

Ekonomi sirkular adalah pendekatan yang berfokus pada pengurangan limbah dan pemanfaatan optimal terhadap sumber daya yang tersedia (Oktavilia et al., 2024). Model ini berbeda dengan sistem ekonomi linier tradisional yang mengandalkan pola *ambil–gunakan–buang (take–make–dispose)*. Dalam praktik ekonomi sirkular, limbah, emisi, dan energi yang terbuang ditekan seminimal mungkin dengan cara menutup siklus produksi dan konsumsi. Hal ini dilakukan melalui upaya memperpanjang masa guna produk, perbaikan desain, perawatan, penggunaan kembali, remanufaktur, daur ulang ke bentuk awal (*recycling*), serta daur ulang menjadi produk baru (*upcycling*) (Sitinjak, 2024). Dengan penerapan konsep ini, timbulan sampah dapat dikurangi secara signifikan melalui inovasi yang ramah lingkungan, serta perencanaan proses yang teliti dalam setiap tahap sistem. Penerapan ekonomi sirkular turut memperkuat ketahanan lingkungan,

meningkatkan kesejahteraan sosial, mengurangi kerusakan ekosistem, dan menciptakan nilai tambah dari produk baru. Hal ini juga mendukung pertumbuhan ekonomi hijau yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Pada dasarnya, ekonomi sirkular berpijak pada prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) untuk mencapai efisiensi produksi dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal, sekaligus menekan eksploitasi lingkungan, pencemaran, dan emisi. Model ini dianggap lebih unggul daripada sistem linier (produksi–konsumsi–pembuangan), karena bertujuan untuk memaksimalkan potensi material dan memulihkan sumber daya yang sudah mencapai akhir daur hidupnya melalui penerapan teknologi ramah lingkungan. Tahapan utama dalam siklus ekonomi sirkular mencakup

a. Produksi

Tahapan ini mencakup proses pengolahan bahan baku menjadi produk jadi. Dalam tahap ini, perusahaan diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan energi, serta meminimalkan limbah. Pendekatan desain berkelanjutan penting diterapkan agar produk akhir mudah didaur ulang atau terurai secara alami setelah digunakan.

b. Penggunaan

Pada tahap ini, peran konsumen sangat penting dalam merawat dan memperpanjang masa pakai produk. Konsumen diharapkan menggunakan barang secara bijak, memperbaiki jika rusak, serta memaksimalkan manfaat produk sebelum menggantinya. Selain itu, model bisnis berbasis layanan seperti sistem sewa atau langganan juga menjadi alternatif untuk memperkuat peran produsen dalam perawatan dan pembaruan produk.

c. Daur ulang

Tahapan ini mencakup proses pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan material bekas menjadi bahan baku baru untuk produk baru atau produk yang sama. Proses daur ulang dapat menggunakan metode mekanis seperti penghancuran dan pelelehan, maupun metode kimia yang menguraikan material ke bentuk bahan dasar. Tujuannya adalah memperpanjang umur material, mengurangi permintaan bahan baku baru, dan menurunkan dampak terhadap lingkungan.

Ekonomi sirkular sebagai jembatan antara aspek lingkungan dan ekonomi yang sering kali dianggap bertentangan. Model ini mendorong integrasi berbagai kepentingan untuk menciptakan nilai ekonomi tanpa mengorbankan aspek sosial dan ekologi. Jika dulu limbah padat dianggap tidak berguna, kini mulai dipandang sebagai sumber bahan alternatif yang dapat menggantikan bahan baku dari alam. Pengelolaan limbah padat yang dulunya mengikuti sistem linier (*ambil–gunakan–buang*), kini mulai bergeser ke arah *circular resource management* atau pengelolaan sumber daya secara melingkar. Pendekatan ini bertujuan untuk memperpanjang umur pakai produk, mengurangi timbunan limbah, dan mengembalikan material ke siklus produksi atau konsumsi melalui proses daur ulang. Sistem yang tertutup ini akan efektif jika mampu mencegah terjadinya kebocoran sumber daya dari siklus tersebut.

2. Ekonomi berkelanjutan

Ekonomi bisnis berkelanjutan dan ekonomi sirkular merupakan dua pendekatan yang saling berkaitan dan saling menguatkan. Ekonomi bisnis berkelanjutan menitikberatkan pada penciptaan nilai jangka panjang bagi seluruh pemangku kepentingan melalui pelaksanaan kegiatan bisnis yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan (Darmawan et al., 2023). Sementara itu, ekonomi sirkular menekankan pada optimalisasi nilai dari sumber daya yang digunakan serta pengurangan limbah dengan cara memperpanjang siklus hidup produk dan material.

Penerapan ekonomi sirkular memerlukan sistem pengelolaan limbah yang baik, baik oleh produsen maupun konsumen. Tujuan utama dari ekonomi sirkular adalah mengubah paradigma pengelolaan limbah menjadi pendekatan pengelolaan sumber daya. Dengan kata lain, bahan mentah yang sebelumnya diambil langsung dari alam kini dapat diperoleh melalui proses daur ulang dan pengolahan limbah.

Keberadaan industri pengolahan limbah menjadi sangat penting untuk dikembangkan. Selain berfungsi sebagai solusi pengelolaan limbah, industri ini juga mampu menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat. Lebih dari itu, industri pengolahan limbah berperan dalam mendukung ekonomi berkelanjutan dan membuka peluang kolaborasi dengan pelaku industri besar dalam menangani limbah mereka secara lebih bertanggung jawab. Dengan demikian, penerapan

model ekonomi sirkular diharapkan dapat membawa dampak positif tidak hanya terhadap lingkungan, tetapi juga terhadap kesejahteraan masyarakat sekitar.

3. Material Flow Diagram

Analisis Aliran Material adalah metode sistematis yang digunakan untuk memetakan aliran material dalam suatu sistem dari tahap input, proses, hingga output, termasuk limbah atau produk sampingan (Rimantho & Noor, 2019). Tujuan utama MFA adalah untuk mengetahui jumlah, arah, dan distribusi material, sehingga memungkinkan identifikasi efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, dan pemanfaatan material secara optimal.

Proses MFA biasanya dimulai dengan penentuan batas sistem, yaitu area atau proses yang akan dianalisis, diikuti dengan pengumpulan data kuantitatif mengenai semua material yang masuk dan keluar dari sistem tersebut. Data yang diperoleh kemudian divisualisasikan melalui diagram aliran material, yang menampilkan hubungan antara input, proses, output, dan limbah. Dengan demikian, MFA membantu para peneliti atau praktisi untuk memahami pola penggunaan material, mengevaluasi efisiensi, serta merencanakan strategi pengelolaan material yang lebih efektif.

Metode ini sering digunakan dalam konteks manajemen sumber daya, pengelolaan limbah, dan penerapan prinsip ekonomi sirkular, karena memberikan gambaran yang jelas mengenai pergerakan material dan memungkinkan identifikasi potensi pemanfaatan ulang atau daur ulang material. MFA juga berperan sebagai alat perencanaan strategis untuk meningkatkan keberlanjutan operasional dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Dengan demikian, Material Flow Analysis tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi aliran material, tetapi juga sebagai instrumen penting dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya secara efisien dan berkelanjutan, sehingga mendukung pencapaian tujuan lingkungan dan ekonomi secara bersamaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di UD. Saiful Boiler, sebuah rumah pemotongan ayam yang berlokasi di Tegal Krapyak RT 02 pangguharjo sewon Bantul. UD. Saiful Boiler memotong sekitar 1000 ekor ayam per hari, sehingga menghasilkan limbah berupa bulu, jeroan, dan darah dalam jumlah yang signifikan. Objek penelitian difokuskan pada pengelolaan limbah-limbah tersebut dengan pendekatan circular ekonomi.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian ini bertujuan untuk memahami kondisi eksisting pengelolaan limbah dan merancang usulan model ekonomi sirkular yang aplikatif dan berkelanjutan.

3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni - Agustus. Tahapan meliputi observasi lapangan, wawancara, pengumpulan data sekunder, analisis data, dan penyusunan laporan.

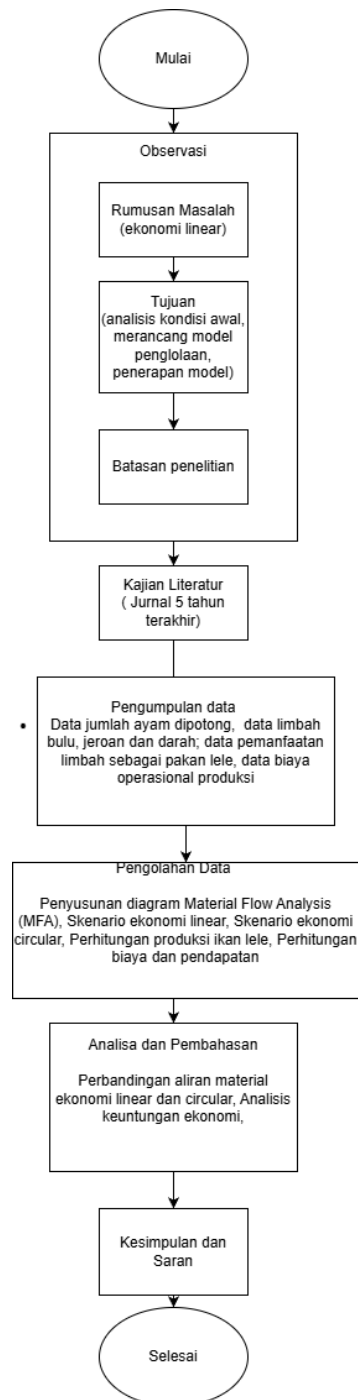
3.4 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui beberapa cara, yaitu:

1. Observasi langsung: Mengamati proses pemotongan ayam dan pengelolaan limbah di lokasi RPA.
2. Wawancara: Dilakukan terhadap pemilik atau staf operasional untuk mengetahui alur kerja dan volume limbah.
3. Studi literatur: Mengkaji referensi terkait ekonomi sirkular, pengelolaan limbah peternakan, dan studi-studi terdahulu yang relevan.
4. Dokumentasi dan pencatatan: mencatat data-data kuantitatif maupun visual dari lokasi penelitian

3.5 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian:



Gambar 5.1 Alur penelitian

1. Observasi Awal

Observasi awal dilakukan di Rumah Pemotongan Ayam (RPA) untuk mengetahui kondisi eksisting proses pemotongan ayam dan sistem pengelolaan limbah. Pada tahap ini diidentifikasi jenis limbah yang dihasilkan, yaitu bulu ayam, jeroan tidak layak konsumsi, dan darah ayam, serta pola pengelolaan limbah yang masih bersifat ekonomi linear.

2. Perumusan Penelitian

Berdasarkan hasil observasi, dirumuskan permasalahan penelitian yang berkaitan dengan belum optimalnya pengelolaan limbah RPA. Selanjutnya ditetapkan tujuan penelitian, yaitu menganalisis kondisi awal pengelolaan limbah, merancang model pengelolaan limbah berbasis circular economy, dan menganalisis manfaat ekonomi dari model yang diusulkan. Pada tahap ini juga ditentukan batasan penelitian untuk memperjelas ruang lingkup kajian.

3. Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan dengan menelaah jurnal ilmiah lima tahun terakhir yang berkaitan dengan Material Flow Analysis (MFA), circular economy, zero waste, dan pemanfaatan limbah rumah pemotongan ayam. Kajian ini digunakan sebagai landasan teoritis dalam penyusunan model penelitian.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah ayam yang dipotong, jumlah limbah yang dihasilkan (bulu, jeroan, dan darah), serta data pemanfaatan limbah sebagai pakan ikan lele dan media budidaya cacing sutera. Selain itu, dikumpulkan data biaya operasional dan produksi.

5. Pengolahan Data

Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menyusun diagram Material Flow Analysis (MFA) untuk dua skenario, yaitu ekonomi linear dan ekonomi circular. Pada tahap ini juga dilakukan perhitungan produksi ikan lele, kebutuhan pakan, biaya produksi, dan pendapatan.

6. Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan dilakukan dengan membandingkan hasil pemetaan aliran material dan kinerja ekonomi antara sistem ekonomi linear dan ekonomi circular. Analisis difokuskan pada efisiensi pemanfaatan limbah, potensi pengurangan limbah akhir, serta peningkatan nilai ekonomi dari penerapan konsep circular economy

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA ATAU PEMBANGUNAN SISTEM

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil perusahaan

UD. Saiful Boiler merupakan usaha kecil menengah yang bergerak di bidang pemotongan ayam boiler dan telah berdiri sejak tahun 2006. Berlokasi di Tegal Krapyak, Panggunharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, usaha ini didirikan oleh Bapak Saiful dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan daging ayam yang segar dan berkualitas. Sejak awal berdirinya, UD. Saiful Boiler tumbuh menjadi salah satu rumah potong unggas (RPU) yang dipercaya oleh masyarakat sekitar karena komitmennya dalam menjaga kualitas produk serta pelayanan yang baik. Dengan pengalaman lebih dari satu dekade, usaha ini terus berupaya menyesuaikan diri terhadap perkembangan industri pangan yang semakin ketat dalam hal kebersihan, keamanan, dan kehalalan.

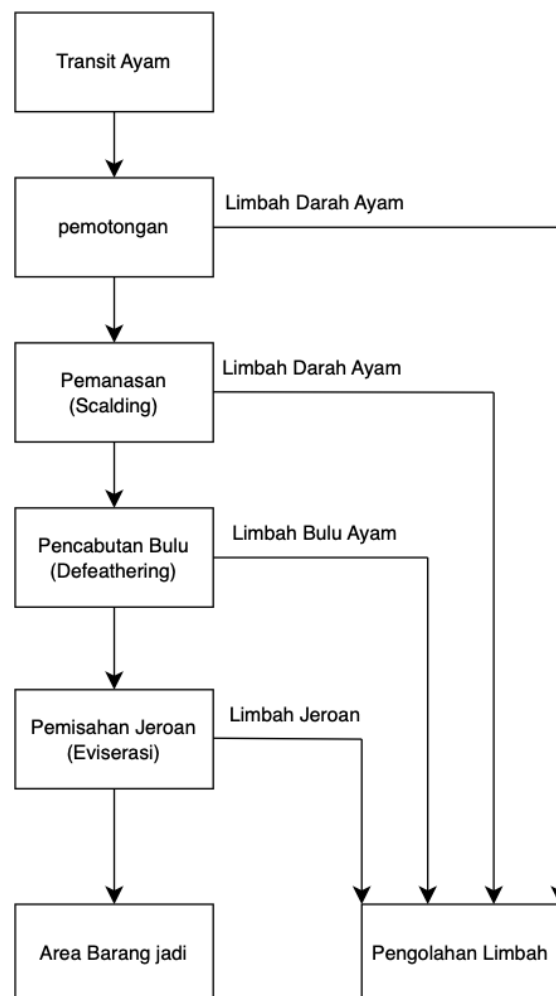
Setiap harinya, UD. Saiful Boiler mampu memproduksi sekitar 1,2 hingga 1,5 ton ayam potong. Proses produksi dilakukan dengan tahapan yang sistematis, mulai dari penyembelihan ayam hidup, pembersihan, pencabutan bulu, pemisahan bagian tubuh, hingga pengemasan dan distribusi. Semua kegiatan tersebut dijalankan dengan memperhatikan aspek kebersihan dan kehalalan agar produk yang dihasilkan benar-benar aman dan layak dikonsumsi. Dengan proses yang rapi dan tenaga kerja yang terampil, UD. Saiful Boiler berhasil mempertahankan kualitas daging ayam yang segar, bersih, dan siap didistribusikan ke berbagai pelanggan setiap harinya.

Sebagai pelaku usaha lokal, UD. Saiful Boiler memegang peranan penting dalam menjaga ketersediaan daging ayam di wilayah Bantul dan sekitarnya. Permintaan daging ayam yang terus meningkat membuat keberadaan usaha ini sangat membantu masyarakat, terutama para pedagang, rumah makan, dan pasar tradisional. Melalui kegiatan produksinya, UD. Saiful Boiler tidak hanya menyediakan kebutuhan pangan harian, tetapi juga ikut mendorong perputaran ekonomi masyarakat sekitar dengan membuka lapangan pekerjaan dan menjalin kerja sama dengan berbagai pihak.

Ke depan, UD. Saiful Boiler berkomitmen untuk terus berbenah dan meningkatkan kualitasnya. Salah satu langkah yang sedang diupayakan adalah memperbaiki tata letak

fasilitas produksi agar lebih efisien, nyaman bagi pekerja, serta sesuai dengan standar halal MUI dan prinsip ergonomi. Selain itu, perusahaan juga berencana untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah agar kegiatan produksi tetap ramah lingkungan. Dengan semangat untuk terus berkembang dan berinovasi, UD. Saiful Boiler berharap dapat menjadi contoh bagi usaha kecil menengah lain dalam mengelola bisnis yang berkelanjutan, berkualitas, dan berorientasi pada kepuasan konsumen.

4.1.2 Alur proses produksi



Gambar 4. 1 Alur proses produksi

Berdasarkan gambar diagram diatas menunjukkan alur proses produksi di rumah potong ayam (RPA) yang menjelaskan tahapan utama dalam kegiatan pemotongan ayam serta arah limbah yang dihasilkan dari setiap proses. Berikut merupakan penjelasan dari gambar diatas:

1. Transit Ayam

Tahap pertama adalah tempat penampungan ayam hidup sebelum disembelih. Fungsinya untuk memastikan ayam dalam kondisi siap dipotong sesuai prosedur yang berlaku.

2. Pemotongan

Proses penyembelihan dilakukan sesuai dengan ketentuan halal. Pada tahap ini dihasilkan limbah darah ayam, yang selanjutnya dialirkan menuju bagian pengolahan limbah.

3. Pemanasan (Scalding)

Setelah ayam dipotong, karkas dimasukkan ke dalam air panas agar bulu mudah dilepaskan. Proses ini masih menghasilkan sisa darah ayam yang terbawa dari tahap sebelumnya.

4. Pencabutan Bulu (Defeathering)

Pada tahap ini ayam yang telah melalui proses pemanasan akan dicabut bulunya menggunakan mesin defeathering. Limbah yang dihasilkan berupa bulu ayam, kemudian dikirim ke bagian pengolahan limbah.

5. Pemisahan Jeroan (Eviserasi)

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan organ dalam ayam dari karkas. Limbah yang dihasilkan berupa jeroan yang tidak digunakan, dan dialirkan menuju pengolahan limbah.

6. Area Barang Jadi

Setelah semua proses selesai, karkas ayam yang sudah bersih tanpa bulu dan jeroan menjadi produk akhir yang siap untuk tahap selanjutnya seperti pendinginan atau pengemasan.

7. Pengolahan Limbah

Seluruh limbah yang dihasilkan dari tiap tahap mulai dari darah, bulu, hingga jeroan dikumpulkan di area ini untuk diolah agar tidak mencemari lingkungan. Selain itu, limbah akan diolah kembali menjadi barang yang bernilai ekonomis.

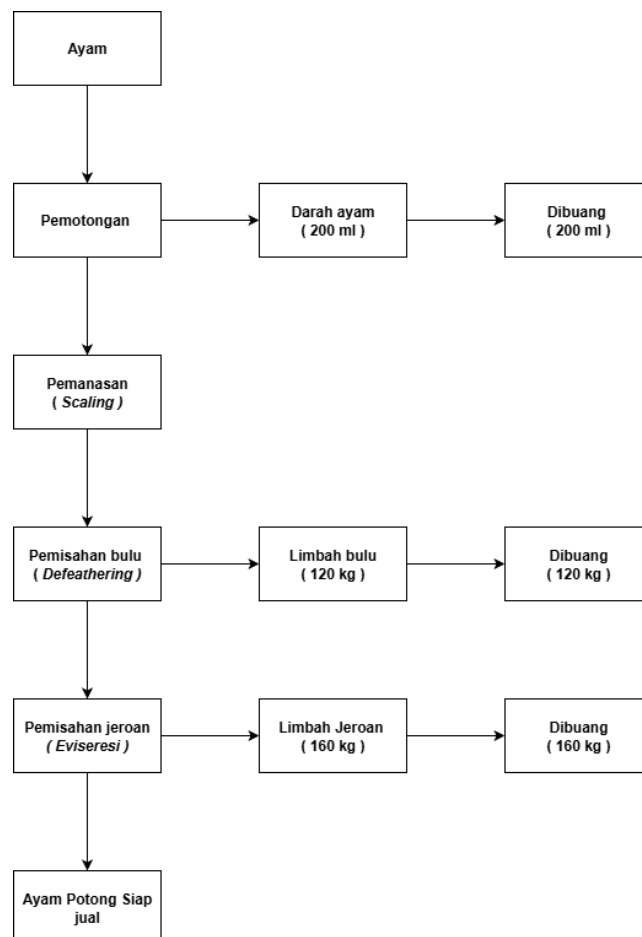
4.1.3 Kapasitas limbah bulu dan jeroan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil observasi pada UD. Saiful Boiler, dengan hasil kapasitas produksi mencapai maksimal 1000 ekor per hari, maka dihasilkan produk bersih karkas ayam sebanyak 1.5 ton, sehingga didapatkan limbah dari bulu sebanyak 120kg dengan jumlah bulu yang didapatkan dari per ekor ayam sebesar 6% dan limbah jeroan

sebanyak 160kg dengan jumlah jeroan tidak layak konsumsi yang didapatkan dari per ekor ayam sebesar 8%.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Alur diagram linear ekonomi



Gambar 4. 2 Alur Diagram linear ekonomi

Total limbah padat dan cair : 280 kg/hari dan 200 ml/hari

Dimanfaatkan: 0 kg dan 0 ml

Residu akhir: 280 kg/hari dan 200 ml

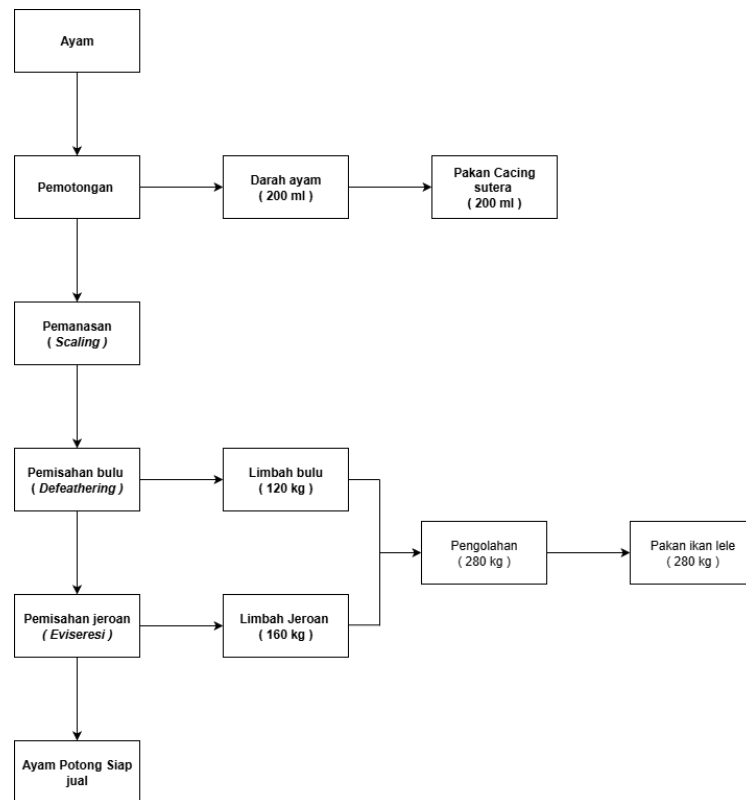
Efisiensi pemanfaatan material = 0%

Dari diagram diatas distem ekonomi linear pada rumah pemotongan ayam (RPA) masih menerapkan pola pengelolaan limbah konvensional dengan prinsip *take-make-dispose*. Dalam sistem ini, proses pemotongan ayam dengan kapasitas produksi 1.000 ekor per hari menghasilkan produk utama berupa daging ayam serta limbah samping berupa bulu ayam, jeroan ayam, dan darah ayam. Limbah bulu dan

jeroan termasuk limbah padat dan semi padat, sedangkan darah ayam merupakan limbah cair dengan volume sekitar 200 ml per ekor atau setara ± 200 liter per hari. Pada sistem linear, seluruh limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan atau Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa adanya pengolahan atau pemanfaatan lebih lanjut. Akibatnya, seluruh aliran limbah keluar dari sistem sebagai residu yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan tidak memberikan nilai tambah ekonomi.

Berdasarkan hasil Material Flow Analysis (MFA), sistem ekonomi linear ini dikategorikan sebagai *open-loop system*, di mana aliran material tidak kembali ke dalam siklus produksi. Limbah bulu dan jeroan yang mencapai total 280 kg per hari serta limbah darah sebanyak ± 200 liter per hari seluruhnya berakhir sebagai limbah akhir. Tidak terdapat aliran material yang dimanfaatkan kembali, sehingga efisiensi pemanfaatan material pada sistem ini adalah 0%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem linear sangat tidak efisien dari sisi pemanfaatan sumber daya, karena seluruh limbah yang sebenarnya masih memiliki potensi ekonomi justru menjadi beban lingkungan. Limbah darah yang dibuang secara langsung juga memiliki risiko pencemaran air yang tinggi. Oleh karena itu perlu diterapkan sistem ekonomi sirkular penerapan sistem ekonomi sirkular (*circular economy*) pada RPA mengubah pengelolaan limbah menjadi sistem tertutup (*closed-loop system*). Dalam sistem ini, limbah dimanfaatkan berdasarkan karakteristik fisik dan potensi nutrisinya.

4.2.2 Diagram circular economy



Gambar 4. 3 Diagram *circular economy*

Output bernilai: 280 kg pakan lele/hari dan 200 ml darah pakan casut

Residu akhir: 0 kg

Efisiensi pemanfaatan material padat = $(280/280) \times 100\% = 100\%$

Efisiensi pemanfaatan material Cair = $(200 \text{ ml}/200 \text{ ml}) \times 100\%$

Berdasarkan Material Flow Analysis (MFA), seluruh limbah (280 kg/hari) berhasil dikonversi menjadi produk bernilai berupa pakan lele. Dan 200 ml limbah darah menjadi pakan cacing sutera Artinya, tidak ada aliran material yang keluar dari sistem sebagai limbah atau residu, sehingga sistem ini telah mencapai zero waste. Efisiensi pemanfaatan material mencapai 100%, dan seluruh aliran material kembali masuk ke rantai ekonomi melalui proses pemanfaatan ulang

4.2.3 Perhitungan Keuangan Sistem Circular Economy

1. Produksi ikan per hari:

Produksi ikan per hari = Pakan harian ÷ FCR

Produksi ikan per hari = $280 \text{ kg} \div 1,2$

Produksi ikan per hari = 233,3 kg/hari

Produksi ikan siklus (3 bulan):

Produksi ikan per siklus = Produksi per hari $\times$ Lama pemeliharaan

Produksi ikan per siklus = 233,3 kg $\times$ 90 hari

Produksi ikan per siklus = 21.000 kg

2. Perhitungan Produksi Ikan

Produksi ikan per hari:

Produksi ikan per hari = Pakan harian $\div$ FCR

= 280 kg $\div$ 1,2

= 233,3 kg/hari

Produksi ikan per siklus (3 bulan):

Produksi ikan per siklus = Produksi per hari $\times$ Lama pemeliharaan

= 233,3 kg $\times$ 90 hari

= 21.000 kg

3. Perhitungan Jumlah Ikan

Jumlah ikan panen:

Jumlah ikan panen = Total produksi $\times$ Jumlah ikan per kg

= 21.000 kg $\times$ 10 ekor

= 210.000 ekor

Jumlah bibit awal:

Jumlah bibit = Jumlah ikan panen $\div$ Survival rate

= 210.000 ekor $\times$ 0,9

= 189.000 ekor

4. Perhitungan Biaya Bibit

Biaya bibit:

Biaya bibit = Jumlah bibit $\times$ Harga bibit

= 210.000 ekor $\times$ Rp350

= Rp73.500.000

5. Perhitungan Biaya Operasional

Tabel 4. 1 Perhitungan Biaya Operasional

Komponen	Biaya
Biaya obat-obatan	Rp 25.000
Biaya gaji (1 org $\times$ Rp2.000.000/bulan $\times$ 3 bulan)	Rp 6.000.000
Biaya listrik	Rp 40.000
Total biaya operasional (10 kolam)	Rp 6.065.000

Biaya operasional untuk 70 kolam:

$$\begin{aligned}\text{Biaya operasional} &= \text{Biaya 10 kolam} \times \text{Jumlah kelompok kolam} \\ &= \text{Rp}6.065.000 \times 7 \\ &= \text{Rp}42.455.000\end{aligned}$$

6. Total Biaya Produksi

Total biaya produksi:

$$\begin{aligned}\text{Total biaya produksi} &= \text{Biaya bibit} + \text{Biaya operasional} \\ &= \text{Rp}73.500.000 + \text{Rp}42.455.000 \\ &= \text{Rp}115.955.000\end{aligned}$$

7. Perhitungan Pendapatan

Pendapatan usaha:

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan} &= \text{Total produksi} \times \text{Harga jual} \\ &= 21.000 \text{ kg} \times 0.9 \times \text{Rp}16.000 \\ &= \text{Rp}302.400.000\end{aligned}$$

8. Perhitungan Keuntungan

Keuntungan bersih:

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan} &= \text{Pendapatan} - \text{Total biaya produksi} \\ &= \text{Rp}302.400.000 - \text{Rp}115.955.000 \\ &= \text{Rp}186.445.000\end{aligned}$$

Keuntungan per bulan:

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan per bulan} &= \text{Keuntungan per siklus} \div 3 \\ &= \text{Rp}186.445.000 \div 3 \\ &= \text{Rp}62.148.333\end{aligned}$$

9. Perhitungan Kebutuhan Kolam

Jumlah kolam:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kolam} &= \text{Total produksi} \div \text{Produksi per kolam} \\ &= 21.000 \text{ kg} \div 300 \text{ kg} \\ &= 70 \text{ kolam}\end{aligned}$$

Bibit per kolam:

$$\begin{aligned}\text{Bibit per kolam} &= \text{Jumlah bibit} \div \text{Jumlah kolam} \\ &= 210.000 \text{ ekor} \div 70 \\ &= 3.000 \text{ ekor/kolam}\end{aligned}$$

Ikan panen per kolam:

$$\begin{aligned}\text{Ikan panen per kolam} &= \text{Jumlah ikan panen} \div \text{Jumlah kolam} \\ &= 210.000 \text{ ekor} \times 0,9 \div 70 \\ &= 2700 \text{ ekor/kolam}\end{aligned}$$

10. Benefit Cost Ratio (B/C)

$$B/C = \text{Benefit} \div \text{Cost}$$

$$\begin{aligned}&= \text{Rp}302.400.000 \div \text{Rp}115.955.000 \\ &= \mathbf{2,61}\end{aligned}$$

Kriteria keputusan:

$B/C > 1 \rightarrow$ usaha layak secara ekonomi

11. Keuntungan per kolam

$$\text{Pendapatan per kolam} = 270 \times \text{Rp}16.000 = \text{Rp}4.320.000$$

Pendapatan per kolam:

$$\text{Pendapatan per kolam} = 270 \times \text{Rp}16.000 = \text{Rp}4.320.000$$

Biaya produksi per kolam:

$$\text{Biaya per kolam} = \text{Rp}115.955.000 \div 70 = \mathbf{\text{Rp}1.656.500}$$

Keuntungan per kolam:

$$\text{Keuntungan per kolam} = \text{Rp}4.320.000 - \text{Rp}1.656.500 = \mathbf{\text{Rp}2.663.500}$$

12. Jadwal panen

Berikut merupakan jadwal panen ikan lele

Tabel 4. 2 Jadwal Panen

Panen ke	Hari ke	Jumlah Kolam
1	3	2
2	6	2
3	9	3
4	12	2
5	15	2
6	18	3
7	21	2
8	24	2
9	27	3
10	30	2
11	33	2

Panen ke	Hari ke	Jumlah Kolam
12	36	3
13	39	2
14	42	2
15	45	3
16	48	2
17	51	2
18	54	3
19	57	2
20	60	2
21	63	3
22	66	2
23	69	2
24	72	3
25	75	2
26	78	2
27	81	3
28	84	2
29	87	2
30	90	3

Pemanenan ikan lele dilakukan secara bertahap setiap 3 hari sekali dengan jumlah kolam yang dipanen berkisar antara 2 hingga 3 kolam per periode. Pola pemanenan ini diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan yang dihasilkan dari sistem zero waste. Apabila pemanenan dilakukan sekaligus pada akhir siklus pemeliharaan, maka pada fase awal pemeliharaan, ketika ukuran ikan masih relatif kecil, sebagian pakan berpotensi tidak terserap secara optimal karena kapasitas konsumsi ikan yang masih terbatas. Kondisi tersebut dapat menurunkan efisiensi penggunaan pakan dan berpotensi meningkatkan sisa pakan.

BAB V

PEMBAHASAN ATAU PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *Material Flow Analysis* (MFA), rumah pemotongan ayam (RPA) dengan kapasitas 1.000 ekor per hari menghasilkan limbah utama berupa bulu ayam sebesar 120 kg/hari, jeroan ayam sebesar 160 kg/hari, dan darah ayam sekitar 200 ml per ekor atau setara ± 200 liter per hari. Pada sistem ekonomi linear, seluruh limbah tersebut diarahkan ke pembuangan tanpa pemanfaatan lanjutan, sehingga aliran material berhenti pada tahap akhir sebagai residu. Pola ini menunjukkan rendahnya efisiensi pemanfaatan material, karena sekitar 280 kg limbah padat dan 200 liter limbah cair per hari tidak memberikan nilai tambah dan berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Pada sistem ekonomi sirkular yang diusulkan, diagram aliran limbah mengalami perubahan signifikan. Limbah bulu dan jeroan dengan total 280 kg per hari dialihkan ke proses pengolahan menjadi pakan lele, sementara limbah darah dimanfaatkan sebagai nutrisi untuk budidaya cacing sutera. Perubahan arah aliran ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat aliran limbah yang langsung dibuang ke lingkungan, sehingga secara konseptual sistem telah memenuhi prinsip *zero waste*.

Dari aspek keuangan, perbedaan antara sistem ekonomi linear dan sirkular terlihat jelas pada kontribusi limbah terhadap pendapatan usaha. Pada sistem ekonomi linear, limbah bulu, jeroan, dan darah ayam tidak menghasilkan pendapatan tambahan dan bahkan berpotensi menimbulkan biaya pengelolaan. Dengan asumsi tidak adanya pemanfaatan limbah, nilai ekonomi yang dihasilkan dari aliran limbah pada sistem ini dapat dikatakan mendekati nol, sehingga limbah menjadi faktor yang menurunkan efisiensi ekonomi RPA. Sebaliknya, pada sistem ekonomi sirkular, limbah dimanfaatkan sebagai input utama dalam budidaya ikan lele. Berdasarkan hasil analisis sistem zero waste yang diterapkan, diperoleh ketersediaan pakan alternatif sebesar 280 kg per hari. Dengan nilai Feed Conversion Ratio (FCR) sebesar 1,2, produksi ikan lele teoritis yang dihasilkan adalah sebesar 233,3 kg per hari atau setara dengan 21.000 kg per siklus pemeliharaan selama 3 bulan. Dengan mempertimbangkan tingkat kelangsungan hidup (Survival Rate) ikan lele sebesar 90%, maka produksi ikan lele riil yang dapat dipanen adalah sebesar 18.900 kg. Dengan ukuran panen rata-rata 10 ekor per kilogram, jumlah ikan lele yang dipanen pada akhir siklus pemeliharaan adalah sebanyak 189.000 ekor. Jumlah bibit ikan lele yang ditebar pada awal pemeliharaan ditetapkan sebanyak 210.000 ekor dengan harga

Rp350 per ekor, sehingga total biaya bibit yang dikeluarkan adalah sebesar Rp73.500.000. Biaya operasional dihitung berdasarkan data lapangan untuk 10 kolam sebesar Rp6.065.000 per siklus, sehingga untuk 70 kolam dibutuhkan biaya operasional sebesar Rp42.455.000. Dengan demikian, total biaya produksi yang dikeluarkan dalam satu siklus pemeliharaan adalah sebesar Rp115.955.000. Pendapatan usaha budidaya ikan lele diperoleh dari hasil penjualan ikan lele sebesar 18.900 kg dengan harga jual Rp16.000 per kilogram, sehingga diperoleh pendapatan sebesar Rp302.400.000. Keuntungan bersih yang diperoleh dari usaha budidaya ikan lele berbasis zero waste adalah sebesar Rp186.445.000 per siklus pemeliharaan atau setara dengan Rp62.148.333 per bulan. Nilai Benefit Cost Ratio (B/C) sebesar 2,61 menunjukkan bahwa usaha ini layak secara ekonomi karena nilai B/C lebih besar dari satu, sehingga setiap pengeluaran biaya sebesar Rp1,00 mampu menghasilkan manfaat sebesar Rp2,61. Penerapan jadwal pemanenan ikan lele setiap 3 hari sekali dengan pola panen bertahap dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan yang dihasilkan dari sistem zero waste. Pemanenan yang dilakukan secara bertahap memungkinkan penyesuaian antara jumlah ikan dan jumlah pakan yang tersedia, sehingga daya serap pakan dapat lebih optimal Selain memberikan keuntungan finansial, penerapan sistem zero waste pada budidaya ikan lele juga mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan penerapan konsep ekonomi sirkular.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Aliran material limbah rumah pemotongan ayam (RPA) pada sistem eksisting masih bersifat linear dan belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan hasil *Material Flow Analysis* (MFA), RPA dengan kapasitas 1.000 ekor ayam per hari menghasilkan limbah bulu ayam sebesar 120 kg/hari, limbah jeroan ayam sebesar 160 kg/hari, dan limbah darah ayam sekitar 200 liter/hari. Pada sistem pengelolaan limbah eksisting, seluruh limbah tersebut belum dimanfaatkan dan berpotensi menjadi residu yang menimbulkan dampak lingkungan serta tidak memberikan nilai ekonomi tambahan.
2. Penerapan sistem ekonomi sirkular berbasis MFA mampu mengubah aliran limbah menuju Zero waste. Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah bulu dan jeroan ayam dengan total 280 kg/hari dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan budidaya ikan lele dan Limbah darah ayam dimanfaatkan sebagai nutrisi budidaya cacing sutera. Rancangan sistem ini secara konseptual tidak menghasilkan residu akhir, sehingga mendukung pencapaian prinsip *zero waste* pada rumah pemotongan ayam.
3. Penerapan ekonomi sirkular pada RPA memberikan potensi nilai ekonomi yang lebih baik dibandingkan sistem ekonomi linear. Dengan asumsi konservatif *Feed Conversion Ratio* (FCR) sebesar 1,2 mampu menghasilkan produksi ikan lele riil sebesar 18.900 kg per siklus pemeliharaan selama 3 bulan. Dengan jumlah bibit yang ditebar sebanyak 210.000 ekor dan tingkat kelangsungan hidup (Survival Rate) sebesar 90%, usaha ini menghasilkan pendapatan sebesar Rp302.400.000 dengan total biaya produksi Rp115.955.000, sehingga diperoleh keuntungan bersih sebesar Rp186.445.000. Nilai Benefit Cost Ratio (B/C) sebesar 2,61 menunjukkan bahwa usaha budidaya ikan lele berbasis zero waste layak secara ekonomi.

6.2 Saran

Keterbatasan penelitian ini adalah belum dilakukannya pengujian secara teknis maupun biologis terhadap pakan yang dihasilkan dari pengolahan limbah. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji coba

secara langsung, baik melalui metode eksperimen maupun kerja sama dengan bidang peternakan atau perikanan. Pengujian tersebut dapat meliputi kualitas pakan, pertumbuhan ikan lele, serta aspek keamanan pakan. Dengan adanya pengujian ini, penerapan konsep ekonomi sirkular yang diusulkan akan menjadi lebih kuat dan dapat diterapkan secara nyata

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L., Suprihatin, S., Indrasti, N. S., & Prasetya, H. (2025). Implementing biogas technology as a liquid waste management strategy in palm oil mills to promote a circular economy: Penerapan teknologi biogas sebagai strategi pengelolaan limbah cair di pabrik kelapa sawit untuk mendorong ekonomi sirkular. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 30(2), 167–177.
- Alifa, N. P., Adelia, A., & Mufti, A. A. (2024). Material Flow Analysis of Plastic Waste for Circular Economy Potential: A Case Study of Wijaya Kusuma and Sidomakmur Waste Banks in Metro City. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 5(10).
- Bahtiar, R., & Kamelia, K. (2024). Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah Organik Menggunakan Alat Tentara Hitam. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(1), 68–74.
- Budihardjo, M. A., Sumiyati, S., Sawitri, D. R., Octaviani, Y. N., & Wati, H. R. (2023). Using Material Flow Analysis (MFA) for Waste Management Planning in Batang Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1239(1), 12029.
- Darmawan, A. J., Susilo, R. F. N., & Putri, Y. H. (2023). Konsep ekonomi sirkular dalam model bisnis berkelanjutan untuk membangun gaya hidup hijau masyarakat Indonesia. *Jurnal Imagine*, 3(1), 41–49.
- Deshpande, P. C., Philis, G., Brattebø, H., & Fet, A. M. (2020). Using Material Flow Analysis (MFA) to generate the evidence on plastic waste management from commercial fishing gears in Norway. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 5, 100024.
- Gading, B. M. W. T., Respati, A. N., & Suryanto, E. (2021). Studi Kasus: Permasalahan Limbah di Tempat Pemotongan Hewan (TPH) Amessangeng, Kota Sengkang. *Jurnal Triton*, 12(1), 68–77.
- Hadi, R. Y., Aditya, W., Andrianto, C. P., Suhadi, M. I., Pramasdeka, R. H., Adi, D. B. P., & Hariastuti, N. L. P. (2025). Penerapan ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah cair menjadi pupuk daun dan pupuk buah untuk mendukung industri pupuk berkelanjutan. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 8(02), 258–265.
- Oktavilia, S., Putri, P. I., Wahyuningrum, I. F. S., & Kistanti, N. R. (2024). *Potensi ekonomi sampah*. Penerbit NEM.
- Pramesti, F. C., Sendari, S., Rahmawati, Y., Agung, P. W., Wibowo, D. A., A'ini, Q., Ramadani, B. M. F., Surya, B., & binti Mokthar, N. (2025). The Assessment of Circular Economy Model Based Material Flow Analysis (MFA) and Life Cycle Assessment (LCA) in the Landfill Site. *Journal of Sustainable Energy and Environmental Management*, 1(2), 96–105.
- Prasetia, A. P., Izzhati, D. N., & Tjahyono, R. (2023). Analisis Aliran Material Kegiatan Pengelolaan Sampah Di TPA Tanjungrejo Kudus. *Applied Industrial Engineering Journal*, 7(2), 70–77.
- Purwati, S., Oktyajati, N., & Bila, I. S. (2023). Potensi Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Pengolahan Limbah Popok Bayi. *UNISTEK*, 10(2), 144–152.
- Putri, H. F. S., Abidin, Z., Sari, F., & Endaryanto, T. (2025). Analisis Penerapan Ekonomi Sirkular Pada PT “Xyz.” *Journal of Food System and Agribusiness*, 135–146.
- Rimantho, D., & Noor, E. (2019). Eriyatno dan Effendi H. 2019. Penilaian aliran limbah elektronika di DKI Jakarta menggunakan material flow analysis (MFA). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 120–129.
- Rosyidi, K., Dzikri, A. M., Winata, Y. P., & Rifai, A. K. (2024). Pendampingan Peningkatan Kapasitas Kelompok Usaha RPA Bumi Marem Desa Tunggulwulung

- Pandaan Pasuruan. *Humanist Journal*, 3(3), 83–90.
- Sari, U., Rusdiantini, S., Novianti, S., & Maulidiah, M. (2025). Ekonomi sirkular dalam industri manufaktur: Strategi untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi. *Jurnal Ekonomi & Bisnis*, 13(2), 230–239.
- Satori, M., Hendarsyah, H., Burhanudin, H., Januarita, R., Purnamasari, P., Hernawati, R., Patricia, V. M., & Miftahadi, M. F. (n.d.). Material Flow and Economic Analysis of Wantilan Recycling Center Promoting Circular Economy Principles. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*.
- Sitepu, M. H., Andayani, U., & Alda, T. (2020). Identifikasi Limbah pada Proses Produksi Obat Nyamuk Bakar dengan Menggunakan Material Balance. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 22(2), 50–60.
- Suryaneta, A. H., Kamal, F. S., JS, M. C., Pardede, T., & Triyanti, S. B. (n.d.). *ANALISIS POTENSI EKONOMI LIMBAH KERTAS ITERA UNTUK HILIRISASI PRODUK KOMERSIAL*.
- Swamilaksita, P. D., & Sukandar, D. (2023). *Proyeksi Produksi Daging Ayam Ras untuk Memenuhi Kebutuhan Protein Penduduk di Indonesia*.
- Wicaksono, A. D., & Bagastyo, A. Y. (n.d.). *Analisis Aliran Material Limbah Domestik di Pembangkit Listrik Tenaga Batubara*.
- Widiarta, I. P. G. D., Qamara, C., & Mayulu, H. (2025). Studi Sosial Ekonomi Pengelolaan Limbah Ternak Sapi sebagai Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dalam Kerangka Circular Economy. *FORUM EKONOMI: Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 27(2), 260–273.
- Widiarta, I. P. G. D., Suarna, I. W., Muharram, F., Wijakesuma, M. H., Agung, A. P., & Qamara, C. (2025). Pengembangan Bisnis Peternakan Sapi Potong Berbasis Circular Economy dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Green Economy. *Prosiding Seminar Nasional Tahun 2025*, 7, 39–53.

LAMPIRAN





