

# Produksi Pangan Halal Berkelanjutan: *Review* Pengelolaan Limbah Dan Efisiensi Energi

## *Sustainable Halal Food Production: A Review of Waste Management and Energy Efficiency*

Anni Rohimah<sup>1</sup>, Raden Hernadi<sup>2</sup>, Sartono<sup>3</sup>, Abdul Rouf Fitriyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah A.R. Fachruddin

<sup>1</sup>annirohimah@unimar.ac.id, [2hernadinf@gmail.com](mailto:2hernadinf@gmail.com)\*, [sartonocatania@gmail.com](mailto:sartonocatania@gmail.com),  
[masroufku@gmail.com](mailto:masroufku@gmail.com)

### **Abstract**

*This literature review analyzes research on waste management, energy efficiency, and sustainable resources in clean halal production to address the gap in integrating sustainability with halal ethical standards. The literature review evaluates waste management practices, compares improvements in energy efficiency, identifies sustainable resource strategies, compares technological innovations, and analyzes governance frameworks in halal production systems. The analysis was conducted on multidisciplinary studies from Southeast Asia, the Middle East, and globally. The primary focus is on qualitative, conceptual, and case study methodologies. The analysis shows strong alignment between halal ethical principles and sustainability goals, but empirical validation and operational implementation remain limited. Technological innovations such as AI, blockchain, and IoT improve waste reduction and energy optimization, but face adoption barriers, including cost and regulations. Waste valorization and circular economy approaches demonstrate environmental and economic benefits, albeit limited. Governance frameworks emphasize Islamic ethics and ESG criteria, but face inconsistent standards and limited stakeholder collaboration. Sustainable halal production integration still requires further development. This review emphasizes the importance of scalable, evidence-based strategies to promote sustainability in the halal industry, providing policymakers and stakeholders with guidance on aligning halal integrity with global environmental goals.*

**Keywords:** *clean production, food, halal*

### **Abstrak**

*Literature review* ini menganalisis penelitian tentang pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi halal yang bersih untuk mengatasi kesenjangan dalam mengintegrasikan keberlanjutan dengan standar etika halal. *Literature review* mengevaluasi praktik pengelolaan limbah, membandingkan peningkatan efisiensi energi, mengidentifikasi strategi sumber daya berkelanjutan, membandingkan inovasi teknologi, dan menganalisis kerangka kerja tata kelola dalam sistem produksi halal. Analisis dilakukan terhadap studi multidisiplin dari Asia Tenggara, Timur Tengah, dan global. Fokus utama adalah metodologi kualitatif, konseptual, dan studi kasus. Hasil analisis menunjukkan keselarasan yang kuat antara prinsip etika halal dengan tujuan keberlanjutan, namun validasi empiris dan implementasi operasional masih terbatas. Inovasi teknologi seperti AI, blockchain, dan IoT meningkatkan pengurangan limbah dan optimasi energi, namun menghadapi hambatan adopsi termasuk biaya dan peraturan. Pendekatan valorisasi limbah dan ekonomi sirkular menunjukkan manfaat lingkungan dan ekonomi walaupun masih terbatas. Kerangka kerja tata kelola menekankan etika Islam dan kriteria ESG, namun menghadapi standar yang tidak konsisten dan kolaborasi pemangku kepentingan yang terbatas. Produksi halal berkelanjutan mengintegrasikan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut. Tinjauan ini menekankan pentingnya strategi yang dapat diskalakan dan didasarkan pada bukti empiris untuk mendorong keberlanjutan di industri halal, memberikan informasi kepada pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan tentang cara menyelaraskan integritas halal dengan tujuan lingkungan global.

**Kata kunci:** produksi bersih, makanan, halal

## Pendahuluan

Salah satu penentu daya saing adalah keberadaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM), salah satunya adalah UMKM makanan halal [1]. Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2014 mengatur tentang Kewajiban sertifikasi halal, khususnya produk yang masuk, beredar dan diperdagangkan di wilayah Indonesia. Sistem Jaminan Produk Halal atau SJPH merupakan sistem terintegrasi mulai bahan, proses produksi, produk, personel, dan prosedur penjaminan memenuhi persyaratan halal [2]. Sertifikasi halal bermanfaat dalam meningkatkan daya saing produk [3]. Pelaku UMKM yang produknya sudah berlabel halal akan mendapat benefit terkait perluasan pemasaran produk [4]. Sosialisasi halal tidak hanya dilakukan kepada pelaku usaha, tetapi kepada masyarakat umum, termasuk siswa sekolah [5]. Penelitian tentang pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi bersih produk halal sangat penting karena adanya sistem pangan yang bertanggung jawab dan ramah lingkungan. Industri halal, termasuk UMKM halal yang mentaati ketentuan Islam, berkembang pesat sehingga memerlukan integrasi dengan kerangka kerja keberlanjutan untuk mengatasi tantangan lingkungan dan sosial [6]. Penerapan prinsip keberlanjutan diantaranya dalam rantai pasok [7].

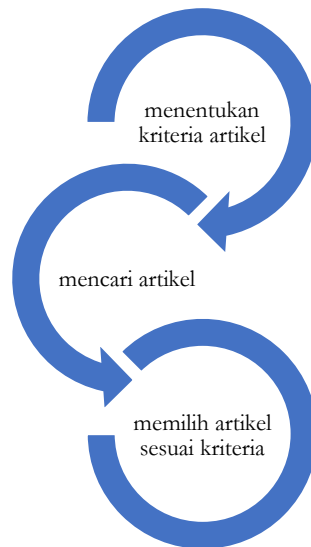
Penelitian terdahulu fokus terhadap kebijakan sertifikasi halal dan integritas rantai pasok, sementara penelitian terkini fokus terhadap produksi dan konsumsi yang bertanggung jawab diantaranya ekonomi hijau, teknologi hemat energi, dan strategi pemanfaatan limbah [8]. Pasar makanan halal diprediksi lebih dari 70% industri makanan global pada tahun 2050, sehingga penting untuk penerapan praktik berkelanjutan [9] (Kismawadi, 2024). Literatur yang ada menunjukkan adanya gap dalam integrasi etika Islam, seperti Maqasid al-Shari'ah, dengan implementasi keberlanjutan, terutama pengurangan limbah dan efisiensi energi dalam produksi halal [10], [11]. Analisis literatur review dilakukan terhadap hasil penelitian mulai dari tahun 2013 hingga 2025. Tema yang dipilih adalah keberlanjutan produksi halal, dan optimasi energi.

Tujuan analisis *literature review* ini adalah melakukan sistesa penelitian dengan tema pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi halal yang bersih untuk mengetahui implementasi "sustainability" diintegrasikan dalam produksi halal. Kesimpulan *literature review* ini dapat memberikan informasi kepada pembuat kebijakan, pemangku kepentingan industri, dan peneliti untuk meningkatkan keberlanjutan produksi halal. Kebaruan *literature review* ini adalah kombinasi produksi bersih dengan pengelolaan limbah dan efisiensi energi dalam produksi pangan halal

## Metode Penelitian

Dalam *literature review* ini, metode yang digunakan adalah metode PRISMA. Langkah-langkah dalam metode PRISMA adalah menentukan kriteria artikel, mencari artikel dan memilih artikel sesuai kriteria. Kriteria artikel yang digunakan adalah pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi bersih makanan halal, dan praktik berkelanjutan dalam produksi makanan halal

Selanjutnya dilakukan pencarian artikel berdasar ketiga kriteria di atas. Dalam tahap ini ditemukan 144 artikel. Pencarian meliputi lokasi dan waktu penelitian, sifat penelitian, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data. Urutan metode PRISMA ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Metode PRISMA

## Hasil dan Pembahasan

Dari artikel yang telah diperoleh, dilakukan pemetaan penelitian dalam tentang pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi halal yang bersih, mengungkapkan pendekatan multidisiplin yang mencakup ilmu lingkungan, etika Islam, manajemen rantai pasok, dan inovasi digital. Artikel penelitian yang didapatkan menggunakan analisis kualitatif, studi kasus, dan kerangka konseptual, lokasi Asia Tenggara, Timur Tengah, dan global.

Tabel 1. Analisis *Literature Review*

Penulis (tahun)	Efektivitas Penanganan Limbah	Efisiensi Energi	Kepatuhan dan Etika
(Asmadi & Saimy, 2025)	Menekankan pengurangan limbah dan pengadaan etis dalam logistik halal.	Optimasi energi dalam rantai pasok	Keselarasan yang kuat dengan etika Islam dan ESG
(Anwar et al., 2025)	Adopsi sebagian dalam pengurangan limbah dan energi terbarukan	Penggunaan energi terbarukan, namun adopsi yang tidak merata	Tantangan tata kelola akibat kesenjangan kebijakan dan sumber daya
(Fageh, 2022)	Mengusulkan pengelolaan limbah yang sesuai dengan Maqasid Syariah	Mendorong penggunaan energi terbarukan dalam industri	Mengintegrasikan prinsip-prinsip ekonomi Islam dengan keberlanjutan
(Syahputra et al., 2025)	Menerapkan pengelolaan limbah tetapi tidak memiliki sistem akuntansi lingkungan formal	Inisiatif efisiensi energi ada tetapi tidak terstruktur	Menyoroti kesenjangan dalam pelaporan lingkungan berbasis syariah
(Aung et al., 2024)	Pengurangan limbah ditekankan dalam produksi etis	Efisiensi energi terkait dengan konsumsi berkelanjutan	Tanggung jawab etis dan sosial menjadi inti tata kelola
(Zarid, 2025)	Green HACCP secara efektif mengurangi limbah dan penggunaan air	Menghitung penghematan energi melalui Green HACCP	Menyelaraskan keamanan pangan dengan tujuan keberlanjutan
(Nwabekee et al., 2024)	Pengurangan limbah melalui <i>circular economy</i> di FMCG	Penerapan energi terbarukan di manufaktur	Tata kelola mencakup regulasi dan <i>stakeholder</i>
(Kosseva, 2013)	Pengolahan limbah biodegradable melalui fermentasi anaerobik	Konversi energi dari limbah menjadi biogas	Prinsip ekologi industri mendasari tata kelola
(Lin et al., 2013)	Memanfaatkan limbah makanan untuk bahan kimia dan bahan bakar	Pemulihan energi dari pemanfaatan limbah	Pengaruh regulasi terhadap daur ulang limbah

Penulis (tahun)	Efektivitas Penanganan Limbah	Efisiensi Energi	Kepatuhan dan Etika
(Suwanmanee et al., 2013)	LCA limbah kemasan berbasis bio	Dampak e tergantung sumber energi	Dampak lingkungan dipertimbangkan dalam tata kelola
(Susiang, 2025)	Integrates Halalan Tayyiban with green chemistry for waste	Green chemistry enhances energy efficiency	Strong ethical framework based on Islamic principles
(Ghalih & Chang, 2025)	Waste management integrated into halal supply chain decisions	Energy efficiency linked to green logistics	Governance aligned with SDGs and Islamic ethics
(Abdalla et al., 2023)	Aimengoptimalkan limbah padat di sektor makanan halal	AI meningkatkan efisiensi energi	Etika dalam penggunaan AI
(Putri, 2025)	Manajemen limbah terkait transparansi sertifikasi halal	Tidak fokus dalam efisiensi energi	Pemerintah menekankan ESG dan halal
(Ghalih & Chang, 2024)	Pengurangan limbah adalah bagian halal supply chain	Efisiensi energi melalui <i>green logistics</i>	Tata kelola mengintegrasikan ESG dan SDGs
(Shompa et al., 2024)	Prinsip pengelolaan limbah sesuai Maqasid al- Shari'ah	Efisiensi energi berkaitan dengan praktek etika	Etika tata kelola berdasar Maqasid
(Anisah, 2024)	Penekanan reduksi limbah ke konsep green halal	Efisiensi energi adalah bagian dari halal	Komitmen dan tantangan tata kelola
(Ash-Shidiqie et al., 2024)	Aplikasi mendukung pasokan hasil pertanian halal	Hemat energi dengan minimalisir limbah	Tata kelola pendukung halal berkelanjutan
(Sulaiman, 2024)	Limbah industri pangan untuk pakan ternak	Efisiensi energi tersirat dalam limbah makanan	Etika terkait standar halal
(Wardiani, 2025)	Manajemen halal terkait dengan industri pakaian halal	Efisiensi energi di produksi	Tata kelola peraturan dan tantangan sumber daya
(Ghalih et al., 2024)	Manajemen halal terkait dengan rantai pasok halal	Efisiensi energi terkait integrasi ESG	Tata kelola kuat terkait ESG dan SDGs
(Hasanah, 2025)	Manajemen limbah ditekankan terhadap rumah penyembelihan	Efisiensi energi di proses higienis	Tata kelolaintegrasi ESG dan halal
(Femdika et al., 2025)	Pengurangan limbah dalam	Efisiensi energi di era industri 4.0	Tata kelola sertifikasi dan standar
(Wibisono et al., 2025)	Pengelolaan limbah pangan secara efektif mengurangi limbah.	Efisiensi energi melalui teknologi daur ulang	Tata kelola pendukung halal dan standar
(Fu & Zhang, 2025)	Daur ulang hijau meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah energi	Penggunaan energi berkurang melalui proses ramah lingkungan	Pemerintahan mendorong pembangunan berkelanjutan
(Tariq et al., 2025)	Ekonomi sirkular mengurangi limbah dalam industri makanan	Efisiensi energi ditingkatkan melalui ERP dan energi terbarukan	Tata kelola selaras dengan tujuan keberlanjutan global
(Šerifović et al., 2022)	Belalang sebagai protein halal berkelanjutan mengurangi limbah	Efisiensi energi dalam produksi protein alternatif	Pemerintahan mengintegrasikan keamanan halal dan keberlanjutan

Penulis (tahun)	Efektivitas Penanganan Limbah	Efisiensi Energi	Kepatuhan dan Etika
(Muhammad et al., 2023)	Solusi rantai pasok meningkatkan pengelolaan limbah di Malaysia	Efisiensi energi terkait konversi limbah menjadi energi	Tata kelola melibatkan kebijakan dan keterlibatan stakeholder
(Sulaiman, 2023)	Konsep nol limbah diterapkan di limbah industri makanan halal	Efisiensi energi yang terkandung dalam reduksi limbah	Pemerintahan mendukung ekonomi sirkular dan SDG
(Bangar et al., 2024)	Upcycling limbah makanan mengurangi penimbunan di tempat pembuangan akhir dan menambah nilai	Penghematan energi melalui konversi limbah inovatif	Pemerintahan menekankan kebijakan dan kolaborasi
(García- García et al., 2024)	Peningkatan pengelolaan limbah di berbagai sektor pangan	Efisiensi energi melalui fermentasi anaerobik direkomendasikan	Tata kelola memerlukan konsistensi regulasi
(Cervera et al., 2024)	IoT dan blockchain mencegah pemborosan makanan dalam rantai pasokan	Efisiensi energi ditingkatkan melalui pemantauan digital	Tata kelola mendukung transparansi dan kolaborasi
(Kismawadi, 2024)	Pengurangan limbah terkait dengan industri makanan halal berkelanjutan	Efisiensi energi merupakan bagian dari produksi berkelanjutan	Tata kelola mengatasi dampak budaya dan ekosistem
(Tseng et al., 2022)	Indikator pengelolaan limbah produk halal dan non-halal	Efisiensi energi dievaluasi melalui metode berbasis data	Tata kelola integrasi nilai dan standar Islam
(Abdullah et al., 2018)	Rantai pasok halal ramah lingkungan mendorong pengurangan limbah	Efisiensi energi terkait dengan praktik ramah lingkungan	Tata kelola mendukung ekosistem halal ramah lingkungan
(Otoni et al., 2021)	Pemanfaatan limbah agroindustri mengurangi limbah	Penghematan energi melalui produksi bioplastik	Pemerintahan yang selaras dengan bioekonomi sirkular
(Peydayesh et al., 2022)	Limbah protein diubah menjadi bahan berkelanjutan	Efisiensi energi dalam teknologi bioplastik dan energi	Pemerintahan mendukung tujuan lingkungan dan etika
(Srisowmeya et al., 2021)	Penguraian anaerobik mengoptimalkan pengolahan limbah makanan	Efisiensi energi sangat penting dalam proses penguraian	Pengelolaan mencakup stabilitas proses dan regulasi
(Turcan, 2025)	Teknologi digital memastikan kualitas dan mengurangi limbah	Efisiensi energi ditingkatkan oleh AI dan IoT	Tata kelola mendukung transparansi dan nol limbah
(Busari & Sitiris, 2021)	Standar industri halal yang terkait dengan SDGs	Efisiensi energi sebagai bagian dari SDGs	Tantangan tata kelola dalam standarisasi dan kebijakan
(Coppola et al., 2020)	Kolagen laut dari limbah mendukung strategi nol limbah	Penghematan energi melalui proses ekstraksi berkelanjutan	Tata kelola yang selaras dengan nol limbah dan keberlanjutan
(Msomi & Olarewaju, 2024)	Pengelolaan limbah dan Analisis Siklus Hidup (LCA) meningkatkan keberlanjutan bisnis	Efisiensi energi melalui optimasi sumber daya	Tata kelola mengatasi tantangan regulasi dan keuangan

Penulis (tahun)	Efektivitas Penanganan Limbah	Efisiensi Energi	Kepatuhan dan Etika
(Vertakova & Plotnikov, 2019)	Sampah sebagai sumber energi meningkatkan keberlanjutan	Efisiensi energi melalui depolimerisasi termal katalitik	Pemerintahan perlu perubahan institusional dan perilaku
(Arifin et al., 2021)	Pemanfaatan limbah merupakan bagian integral dari sistem Halalan Toyayiban	Efisiensi energi terkait dengan produksi etis	Pemerintahan berdasarkan prinsip Al-Qur'an dan etika
(Bansode, 2024)	Pengurangan limbah dalam operasi <i>polygrain</i>	Efisiensi energi dalam metode pengolahan	Tata kelola menangani <i>trade-off</i> dan kepatuhan
(Sulaiman et al., 2022)	Sampah makanan didaur ulang menjadi pupuk organik halal	Efisiensi energi yang terkandung di proses kompos	Pemerintahan mendukung ekonomi sirkular dan lingkungan
(Alfarizi & Hanum, 2023)	Transformasi digital mendukung UMKM halalberkelanjutan	Efisiensi energi terkait dengan ekonomi sirkular	Tata kelola gintegrasi ekonomi digital dan sirkular
(Bachtiar et al., 2024)	Kerangka kerja pelacakan meningkatkan pengelolaan limbah	Efisiensi energi didukung secara tidak langsung	Tata kelola menangani otoritas dan kolaborasi
(Taner, 2024)	Teknologi mengurangi limbah makanan di seluruh rantai pasok	Efisiensi energi melalui pertanian presisi dan teknologi cerdas	Pemerintahan menekankan kolaborasi antar pemangku kepentingan

### Efektivitas Pengelolaan Limbah:

Lebih dari 30 penelitian menyimpulkan bahwa pengurangan limbah dan pemanfaatan kembali limbah merupakan inti dari produksi halal yang berkelanjutan. Pendekatan yang digunakan antara lain *zero waste*, kompos, dan fermentasi anaerobik. Sebagian penelitian menekankan integrasi kerangka etika Islam seperti Maqasid al-Shari'ah dan Halalan Tayyiban untuk mengarahkan praktik pengelolaan limbah, tantangan dalam menerapkan akuntansi dan kerangka regulasi yang konsisten, menunjukkan kesenjangan antara praktik dan peraturan.

### Peningkatan Efisiensi Energi:

Sekitar 25 studi menyimpulkan penghematan energi yang signifikan melalui penerapan energi terbarukan, *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) hijau, dan teknologi konversi limbah menjadi energi. Efisiensi energi berkaitan dengan strategi pengelolaan limbah, misalnya produksi biogas dari limbah makanan dan optimasi energi dalam proses produksi. Beberapa penelitian menemukan adopsi teknologi efisiensi energi akibat keterbatasan sumber daya dan tantangan regulasi.

### Tata Kelola dan Keselarasan Etika:

Sekitar 25 penelitian menekankan kerangka kerja tata kelola yang menyelaraskan produksi halal dengan etika Islam, kriteria ESG, dan tujuan keberlanjutan global. Jenis tantangan yang dihadapi antara lain peraturan yang tidak konsisten, standarisasi yang kurang sesuai, dan panduan teknis yang terbatas. Maqasid al-Shari'ah dan Halalan Tayyiban sebagai kerangka etika yang berisi prinsip dasar untuk tata kelola industri halal berkelanjutan.

*Literatur review* bertema pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi bersih halal menunjukkan kolaborasi interdisipliner yang tinggi integrasi kerangka etika Islam dengan paradigma keberlanjutan kontemporer. Beberapa penelitian mengamati keselarasan prinsip-prinsip halal dengan pengelolaan lingkungan dan tanggung jawab sosial, fokus terhadap potensi industri halal untuk berkontribusi pada SDGs. Di sisi lain, terdapat *gap* yang signifikan, terutama dalam implementasi praktis kerangka kerja terintegrasi, dan model standar dalam tata kelola. Metodologi yang beragam mulai dari studi

kasus, kualitatif dan kerangka konseptual. Data mengenai efektivitas skala besar dan kelayakan ekonomi masih terbatas. Selain itu, tantangan seperti peraturan yang tidak konsisten, keterbatasan sumber daya, dan kompleksitas keterlibatan stakeholder.

### Tinjauan Kronologis Literatur

*Literatur review* tentang pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan sumber daya berkelanjutan dalam produksi bersih halal telah berkembang secara signifikan dari konsep dasar menuju integrasi teknologi dan kerangka etika. Penelitian awal fokus pada prinsip produksi hijau, ekologi industri, dan pemanfaatan awal limbah makanan, sementara penelitian terbaru fokus pada penggabungan standar etika Islam dengan keberlanjutan lingkungan. Data analisis tinjauan kronologis literatur mulai dari 2013 hingga 2025 ditampilkan dalam tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Analisis berdasar Tahun Penelitian**

Tahun	Arah Penelitian	Deskripsi
2013–2017	Dasar-dasar Produksi Hijau dan Pemanfaatan Limbah Makanan	Penelitian awal menetapkan prinsip-prinsip ekologi industri dan strategi produksi hijau, dengan fokus pada pemikiran siklus hidup dan pengolahan limbah biodegradable melalui fermentasi anaerobik. Penelitian tersebut mengeksplorasi potensi limbah makanan sebagai sumber daya berharga untuk bahan kimia, bahan bakar, dan bahan baku, dengan penekanan pada pengurangan limbah dan alternatif kemasan berkelanjutan. Karya-karya dasar ini menjadi landasan untuk penerapan teknologi efisiensi energi dan konversi limbah dalam industri terkait pangan.
2018–2019	Pendekatan Hijau Halal dan Pembangunan Berkelanjutan Terintegrasi	Periode ini menandai kemajuan konseptual dalam mengintegrasikan praktik hijau dengan rantai pasok halal, menyoroti kebutuhan akan pembangunan berkelanjutan yang selaras dengan standar halal. Penelitian mengkaji kesiapan industri halal dalam mengadopsi praktik hijau, dengan penekanan pada kolaborasi pemasok dan keseragaman regulasi. Selain itu, pendekatan terintegrasi yang menghubungkan pengelolaan limbah dan efisiensi energi muncul, mendorong solusi inovatif konversi limbah menjadi energi dan reformasi institusional untuk meningkatkan hasil lingkungan.
2020–2021	Pemanfaatan Sumber Daya Alternatif dan Integrasi Kerangka Etika	Penelitian di era ini fokus pada daur ulang limbah agri-pangan menjadi bioplastik dan bahan canggih, menyoroti pemanfaatan limbah protein pangan untuk teknologi berkelanjutan. Penelitian juga mengeksplorasi ekstraksi kolagen laut dari biomassa yang kurang dimanfaatkan dalam strategi nol limbah. Secara bersamaan, penelitian juga membahas keselarasan sistem pangan halal dengan konsep Halalan Tayyiban dan tujuan pembangunan berkelanjutan, dengan penekanan pada pertimbangan etis dan siklus hidup yang komprehensif dalam produksi dan pengelolaan limbah.
2022–2023	Inovasi Teknologi dan Kecerdasan Buatan dalam Pengelolaan Limbah Halal	Perkembangan teknologi digital, kecerdasan buatan (AI), dan aplikasi Industri 4.0 menjadi semakin penting dalam mengoptimalkan rantai pasok halal dan pengelolaan limbah. Penelitian menyoroti optimasi pengelolaan limbah berbasis AI, integrasi blockchain untuk transparansi, dan kerangka kerja pelacakan digital dalam industri halal. Studi kasus dari Malaysia dan Brunei menunjukkan pendekatan praktis dalam pengolahan limbah makanan, implementasi nol limbah, dan perluasan sertifikasi halal untuk mencakup dimensi keberlanjutan.
2024–2025	Integrasi Lanjutan ESG, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dan Teknologi Digital dalam Produksi Halal Bersih	Produksi Literatur terkini menekankan kerangka kerja komprehensif yang mengintegrasikan prinsip-prinsip ESG, SDGs, dan nilai-nilai etika Islam dalam logistik dan rantai pasok halal. Terdapat fokus yang meningkat pada pengadaan berkelanjutan, efisiensi energi, sistem HACCP hijau, dan model ekonomi sirkular yang didukung oleh teknologi AI, IoT, dan blockchain. Studi mengusulkan model sistemik untuk halal hijau di berbagai sektor termasuk makanan, farmasi, dan tekstil, yang mencakup aspek tata kelola.

### Implikasi Teoretis

Integrasi kerangka etika Islam seperti Maqasid al-Shari'ah dan Halalan Tayyiban dengan prinsip-prinsip keberlanjutan memperluas pemahaman teoritis dengan menjembatani etika agama dan pengelolaan

lingkungan, mengusulkan model holistik untuk produksi halal berkelanjutan yang melampaui paradigma pengelolaan lingkungan konvensional. Sintesis prinsip ESG dalam rantai pasok halal mendukung dan memperluas teori-teori yang ada tentang tanggung jawab sosial korporat dengan mengintegrasikan nilai-nilai Islam ke dalam kerangka lingkungan, sosial, dan tata kelola, sehingga memperkaya konseptualisasi manajemen rantai pasok etis dalam konteks halal.

Penerapan teknologi digital seperti AI, blockchain, dan IoT dalam produksi halal yang bersih menantang teori rantai pasok tradisional dengan memperkenalkan mekanisme dinamis, berbasis data untuk pelacakan, pengurangan limbah, dan efisiensi energi, menunjukkan pergeseran menuju rantai pasok halal yang cerdas dan berkelanjutan. Konseptualisasi kerangka kerja keberlanjutan rantai pasok halal dan hijau berkontribusi pada diskursus teoretis dengan menekankan sinergi antara integritas halal dan keberlanjutan lingkungan, menyoroti kebutuhan akan model terintegrasi yang mengatasi kepatuhan agama dan dampak ekologi.

Pemanfaatan limbah makanan dan industri menjadi produk bernilai tambah dalam sistem produksi halal mendukung teori ekonomi sirkular dan pemikiran siklus hidup, menguatkan potensi efisiensi sumber daya berkelanjutan dan pengurangan limbah dalam industri terkait makanan. Perluasan sistem manajemen keamanan pangan melalui kerangka kerja Green HACCP memperkenalkan pendekatan teoretis baru yang mengintegrasikan penghormatan terhadap lingkungan ke dalam paradigma keamanan pangan tradisional, sejalan dengan tujuan produksi berkelanjutan di industri pangan halal.

### Implikasi Praktis

Pihak-pihak terkait di industri dapat memanfaatkan integrasi prinsip ESG dan *Maqasid al-Shari'ah* untuk mengembangkan strategi keberlanjutan komprehensif yang memastikan kepatuhan halal sambil meningkatkan kinerja lingkungan dan sosial, sehingga meningkatkan daya saing pasar dan kepercayaan konsumen. Pembuat kebijakan didorong untuk mendukung pengembangan kerangka kerja keberlanjutan halal yang terstandarisasi dan sistem sertifikasi yang mengintegrasikan akuntansi lingkungan dan alat pelacakan digital, memfasilitasi harmonisasi regulasi dan mendorong pertumbuhan pasar halal global.

Adopsi teknologi digital canggih seperti manajemen limbah berbasis AI, *blockchain* untuk transparansi rantai pasok, dan IoT untuk pemantauan energi

menawarkan jalur praktis untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi limbah, dan meningkatkan jaminan kualitas dalam produksi halal yang bersih. Implementasi prinsip ekonomi sirkular melalui inisiatif pemanfaatan limbah dan daur ulang dapat mengurangi jejak lingkungan dan menciptakan nilai ekonomi dalam industri halal, mendorong pola produksi dan konsumsi berkelanjutan yang sejalan dengan tujuan keberlanjutan global.

Industri halal dan pelaku rantai pasok harus memprioritaskan peningkatan efisiensi energi dan integrasi energi terbarukan, didukung oleh strategi produksi hijau inovatif dan pendekatan Green HACCP, untuk mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan. Upaya kolaboratif antara pemerintah, pelaku industri, dan komunitas sangat penting untuk mengatasi hambatan seperti keterbatasan sumber daya, ketidakkonsistenan regulasi, dan kesadaran pemangku kepentingan, sehingga memungkinkan implementasi yang efektif dari praktik pemasokan berkelanjutan, pengelolaan limbah, dan efisiensi energi dalam produksi halal yang bersih.

Penelitian yang ada secara keseluruhan menyoroti integrasi yang kokoh dan terus berkembang antara pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan prinsip-prinsip etika Islam serta paradigma keberlanjutan kontemporer. Studi-studi secara konsisten menekankan bahwa menyelaraskan praktik produksi halal dengan tuntutan etika seperti *Maqasid al-Shari'ah* dan *Halalan Tayyiban* tidak hanya memperkuat landasan moral tetapi juga meningkatkan pengelolaan lingkungan dan tanggung jawab sosial. Penyelarasan ini mendorong strategi pengurangan dan pemanfaatan limbah yang mengadopsi pendekatan ekonomi sirkular, termasuk fermentasi anaerobik, kompos, dan daur ulang limbah makanan dan industri menjadi produk bernilai tambah, sehingga meningkatkan efisiensi sumber daya dan mengurangi jejak lingkungan.

Efisiensi energi muncul sebagai dimensi kritis yang erat terkait dengan pengelolaan limbah, di mana adopsi energi terbarukan, sistem HACCP hijau, dan teknologi konversi limbah menjadi energi menghasilkan manfaat lingkungan dan ekonomi yang terukur. Namun, literatur menunjukkan adopsi yang tidak merata di berbagai wilayah dan sektor akibat keterbatasan modal dan perbedaan regulasi, menunjukkan kebutuhan akan solusi yang lebih skalabel dan sensitif terhadap konteks. Praktik pengadaan berkelanjutan semakin terintegrasi dengan sertifikasi halal dan kriteria lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG), didukung oleh inovasi teknologi yang meningkatkan transparansi dan traceabilitas rantai pasok.

## Kesimpulan

Pendekatan valorisasi limbah dan ekonomi sirkular menunjukkan manfaat lingkungan dan ekonomi walaupun masih terbatas. Kerangka kerja tata kelola menekankan etika Islam dan kriteria ESG, namun menghadapi standar yang tidak konsisten dan kolaborasi pemangku kepentingan yang terbatas. Produksi halal berkelanjutan mengintegrasikan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut. Tinjauan ini menekankan pentingnya strategi yang dapat diskalakan dan didasarkan pada bukti empiris untuk mendorong keberlanjutan di industri halal, memberikan informasi kepada pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan tentang cara menyelaraskan integritas halal dengan tujuan lingkungan global.

## Daftar Rujukan

- [1] A. Rohimah, R. Saputra, and E. H. Sucipto, "implementation of technometrics and ahp in determining indicators for measuring the technology content of halal food msms in tangerang regency," *Eduvest – J. Univers. Stud.*, vol. 5, no. 4, 2025.
- [2] M. S. A. Munawar, M. Rohmah, Anton Rahmadi, Marwati, and M. Rachmawati, "Penerapan sistem jaminan produk halal pada UMKM untuk meningkatkan daya saing produk," *J. Pembelajaran Pemberdaya. Masy. JP2M*, vol. 4, no. 1, pp. 165–176, Jul. 2023, doi: 10.33474/jp2m.v4i1.19996.
- [3] Syafruddin Pohan, Sofya Rahma Nasution, and Ratna Sari, "Analisis Komunikasi Digital Aplikasi Sihlal pada Pemilik UMKM di Kabupaten Serdang Bedagai," *MUKASI J. Ilmu Komun.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–16, Feb. 2024, doi: 10.54259/mukasi.v3i1.2112.
- [4] S. R. Anandita, M. I. Al-faqih, I. N. Azah, N. Ghusain, W. Mahendri, and K. Fadhli, "Peningkatan Daya Saing Produk Pelaku Industri Makanan Olahan UMKM melalui Pelatihan Sertifikasi Halal dan BPOM," *Jumat Ekon. J. Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 3, pp. 183–187, Dec. 2022, doi: 10.32764/abdimatekon.v3i3.3278.
- [5] N. Rusdiana *et al.*, "Education to enhance halal and healthy food literacy in early childhood at Aisyiyah Bustanul Athfal Panongan 1 Kindergarten," *Community Empower.*, vol. 10, no. 3, pp. 846–854, Mar. 2025, doi: 10.31603/ce.13014.
- [6] A. Syahidah Asmadi and I. Sazrina Saimy, "Integration of ESG Principles in Halal Logistics: Advancing Sustainable Practices in the Islamic Supply Chain," *Int. J. Res. Innov. Soc. Sci.*, vol. VIII, no. XII, pp. 1791–1805, 2025, doi: 10.47772/IJRISS.2024.8120152.
- [7] R. Soesilo, A. Valentine, and S. Sulisty, "Praktik Rantai Pasok Berkelanjutan: Penerapan Milk Run di Industri Plastik," *J. Manaj. Transp. Logist. JMTRANSLOG*, vol. 11, no. 3, p. 217, Nov. 2024, doi: 10.54324/j.mtl.v11i3.1464.
- [8] S. Abdullahi Busari and M. Sitiris, "Standardisation of Halal Industry towards Sustainable Development Goals (SDG) (Penyeragaman Industri Halal ke arah Matlamat Pembangunan yang Mampan (SDG))," *J. Islam Asia E-ISSN 2289-8077*, vol. 18, no. 1, pp. 163–198, Jun. 2021, doi: 10.31436/jia.v18i1.1001.
- [9] M.-L. Tseng *et al.*, "Data-driven on sustainable food supply chain: a comparison on Halal and non-Halal food system," *J. Ind. Prod. Eng.*, vol. 39, no. 6, pp. 430–457, Aug. 2022, doi: 10.1080/21681015.2022.2040622.
- [10] A. Fageh, "BUILDING A SYNERGY BETWEEN THE HALAL INDUSTRY AND THE GREEN INDUSTRY IN THE MAQĀSĪD AL-SHARĪAH REVIEW AS THE BASIS OF ISLAMIC ECONOMICS," *J. Islam. Econ. Laws*, pp. 139–158, Jan. 2022, doi: 10.23917/jisel.v5i1.17034.

- [11] M. I. N. Susiang, "Synergizing Ethos and Eco-Efficiency: Pioneering Sustainable Waste Management through Halalan Tayyiban and Green Chemistry," *KnE Soc. Sci.*, vol. 10, no. 22, pp. 41–50, Sep. 2025, doi: 10.18502/kss.v10i22.19736.