



Penerapan AI Generatif untuk Optimasi Rantai Pasok Halal: Studi Kasus pada Industri Logistik Farmasi di Indonesia

Gilang Ramadan^{1*}, Hani Fitriani Azzahra²

¹⁻² Universitas Islam Bandung, Indonesia

Alamat: Jl. Tamansari No.20, Tamansari, Kec. Bandung Wetan, Kota Bandung, Jawa Barat

Email Gilangrmdn@unisba.ac.id^{1}, HaniFitriani@unisba.ac.id²

Korespondensi penulis: Gilangrmdn@unisba.ac.id

Abstract. The pharmaceutical logistics industry in Indonesia faces unique challenges in ensuring halal compliance throughout the supply chain, particularly given the mandatory halal certification requirement effective since October 2024 and the complexity of pharmaceutical raw material sources that may originate from non-halal animals. This study aims to analyze the application of generative AI (GenAI) as an innovative solution for optimizing halal supply chains in the Indonesian pharmaceutical logistics industry, focusing on improving efficiency, transparency, and halal compliance. The research method employs a qualitative case study approach on three main entities: the AI-based Halal Logistics Platform (HLP) from TransTRACK, the halal excipient prediction system using machine learning from Universitas Muslim Indonesia, and the GPOS ecosystem for pharmaceutical supply chain management. Data were collected through literature studies, technical document analysis, and in-depth interviews with industry practitioners. The results indicate that generative AI can be implemented in three key functions: (1) prediction and classification of halal status of pharmaceutical raw materials (excipients) with up to 90% accuracy based on chemical features and source of origin; (2) anomaly detection and risk management through real-time analysis of potential cross-contamination during distribution; and (3) logistics route optimization and demand forecasting integrated with digital halal certification systems. These findings suggest that generative AI implementation not only accelerates the halal certification process from months to days but also enhances transparency and traceability of the halal pharmaceutical supply chain. However, key challenges include industry data readiness, human resource digital literacy, and harmonization of halal standards across institutions. This study contributes to the development of a generative AI-based halal supply chain optimization framework that is adaptive to regulations and industry needs in Indonesia.

Keywords: Generative AI, halal supply chain, pharmaceutical logistics, optimization, Indonesia

Abstrak. Industri logistik farmasi di Indonesia menghadapi tantangan unik dalam memastikan kepatuhan halal sepanjang rantai pasok, terutama mengingat kewajiban sertifikasi halal yang mulai berlaku sejak Oktober 2024 dan kompleksitas sumber bahan baku farmasi yang berpotensi berasal dari hewan non-halal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan AI generatif (GenAI) sebagai solusi inovatif dalam mengoptimalkan rantai pasok halal pada industri logistik farmasi di Indonesia, dengan fokus pada peningkatan efisiensi, transparansi, dan kepatuhan halal. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi kasus kualitatif pada tiga entitas utama: platform Halal Logistics Platform (HLP) berbasis AI dari TransTRACK, sistem prediksi eksipien halal menggunakan machine learning dari Universitas Muslim Indonesia, serta ekosistem GPOS untuk manajemen rantai pasok farmasi. Data dikumpulkan melalui studi literatur, analisis dokumen teknis, dan wawancara mendalam dengan praktisi industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI generatif dapat diimplementasikan dalam tiga fungsi kunci: (1) prediksi dan klasifikasi status kehalalan bahan baku farmasi (eksipien) dengan akurasi mencapai 90% berdasarkan fitur kimia dan sumber asal; (2) deteksi anomali dan manajemen risiko melalui analisis real-time terhadap potensi kontaminasi silang selama proses distribusi; serta (3) optimalisasi rute logistik dan peramalan permintaan yang terintegrasi dengan sistem sertifikasi halal digital. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan AI generatif tidak hanya mampu mempercepat proses sertifikasi halal dari yang sebelumnya memakan waktu berbulan-bulan menjadi hitungan hari, tetapi juga meningkatkan transparansi dan ketertelusuran (traceability) rantai pasok farmasi halal. Namun demikian, tantangan utama yang dihadapi meliputi kesiapan data industri, literasi digital sumber daya manusia, serta harmonisasi standar halal antar-lembaga. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kerangka kerja optimasi rantai pasok halal berbasis AI generatif yang adaptif terhadap regulasi dan kebutuhan industri farmasi di Indonesia.

Kata Kunci: AI generatif, rantai pasok halal, logistik farmasi, optimasi, Indonesia

1. LATAR BELAKANG

Industri halal global telah mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan dalam dekade terakhir. Berdasarkan laporan **State of the Global Islamic Economy (SGIE) Report 2023/24**, pengeluaran konsumen Muslim di seluruh dunia mencapai sekitar USD 2,29 triliun pada tahun 2022 di berbagai sektor, termasuk makanan, farmasi, kosmetik, fesyen, perjalanan, dan media. Angka ini menunjukkan besarnya potensi pasar halal yang terus berkembang, sekaligus meningkatkan tuntutan akan jaminan kepatuhan halal dan ketertelusuran (traceability) di seluruh rantai pasok.

Indonesia, sebagai negara dengan populasi Muslim terbesar di dunia, memiliki posisi strategis dalam pengembangan ekosistem halal global. Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen kuat terhadap penguatan jaminan produk halal melalui Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal, yang kemudian diperkuat dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Jaminan Produk Halal. Regulasi ini mewajibkan sertifikasi halal tidak hanya untuk produk jadi, tetapi juga untuk jasa logistik yang bersinggungan erat dengan proses distribusi produk seperti makanan, minuman, kosmetik, dan farmasi, dengan batas waktu kepatuhan pada tanggal 17 Oktober 2024.

Kewajiban sertifikasi halal bagi jasa logistik ini membawa konsekuensi serius bagi industri logistik farmasi di Indonesia. Industri farmasi memiliki karakteristik yang unik dan kompleks dibandingkan sektor lainnya. Bahan baku obat (eksipien) seringkali berasal dari berbagai sumber yang berpotensi mengandung unsur non-halal, seperti gelatin yang berasal dari babi atau bahan hewani lainnya yang tidak disembelih sesuai syariat. Selain itu, proses distribusi obat melibatkan rantai pasok yang panjang dan multipihak, mulai dari produsen bahan baku, pabrik farmasi, distributor besar, gudang penyimpanan, hingga apotek dan rumah sakit. Setiap tahapan dalam rantai tersebut memiliki risiko kontaminasi silang antara produk halal dan non-halal.

Titik kritis kehalalan dalam logistik farmasi menurut Kepala Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH) Muhammad Aqil Irham mencakup beberapa aspek utama. Pertama, potensi kontaminasi selama proses distribusi, di mana produk halal dapat tercampur dengan produk non-halal dalam satu kontainer atau kendaraan pengangkut. Kedua, kebersihan fasilitas penyimpanan dan pengemasan dari najis yang berasal dari hewan, manusia, maupun produk tidak halal. Ketiga, proses pencucian peti kemas atau wadah penyimpanan yang harus menggunakan peralatan bersih dan bebas dari bahan baku non-halal, seperti sikat dengan bulu babi.

Di tengah tantangan tersebut, perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) membuka peluang baru untuk mengoptimalkan rantai pasok halal. AI generatif, sebagai salah satu cabang AI yang mampu menghasilkan konten baru berdasarkan data pelatihan, menawarkan kapabilitas yang lebih maju dibandingkan AI konvensional. Dalam konteks rantai pasok halal, AI generatif dapat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi, seperti prediksi status kehalalan bahan baku berdasarkan fitur kimia dan sumber asal, deteksi anomali untuk mencegah kontaminasi silang, optimalisasi rute distribusi, serta pembangkitan dokumen sertifikasi dan audit trail secara otomatis .

Penerapan AI dalam rantai pasok halal telah mulai diimplementasikan oleh berbagai pihak. TransTRACK, melalui Halal Logistics Platform (HLP), mengintegrasikan teknologi IoT, AI, dan blockchain untuk menciptakan sistem ketertelusuran halal yang transparan dan real-time . Platform ini menyediakan audit trail digital yang lengkap, sistem peringatan otomatis jika terjadi pelanggaran protokol halal, dan dashboard kepatuhan untuk memantau pergerakan barang bersertifikasi halal. Di Malaysia, sistem ini telah diimplementasikan melalui kerja sama dengan PIJ Halal Ventures untuk mendukung Malaysia Halal Industry Master Plan 2030 .

Namun demikian, implementasi AI generatif dalam rantai pasok halal farmasi masih menghadapi sejumlah tantangan. Penelitian menunjukkan bahwa adopsi AI di kalangan usaha kecil dan menengah seringkali terhambat oleh kesenjangan kapasitas sumber daya manusia, keterbatasan literasi data, serta tantangan integrasi proses . Dalam konteks logistik halal, faktor kesiapan infrastruktur, ketersediaan tenaga ahli yang menguasai prinsip syariah dan manajemen logistik modern, serta harmonisasi standar halal antar lembaga menjadi isu krusial yang perlu diatasi .

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan AI generatif dalam mengoptimalkan rantai pasok halal pada industri logistik farmasi di Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan studi kasus pada beberapa inisiatif yang telah berjalan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan kerangka kerja optimasi rantai pasok halal berbasis AI generatif yang adaptif terhadap regulasi dan kebutuhan industri farmasi di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Konsep Dasar Rantai Pasok Halal

2.1.1 Definisi dan Prinsip Halalan Toyyiban

Rantai pasok halal (*Halal Supply Chain/HSC*) merupakan suatu sistem pengelolaan aliran barang dan jasa yang memastikan seluruh proses, mulai dari sumber bahan baku hingga produk sampai ke tangan konsumen, mematuhi prinsip-prinsip syariah Islam. Konsep ini tidak hanya

terbatas pada aspek kehalalan (Halalan), tetapi juga mencakup aspek kebaikan, keselamatan, dan kualitas (*Toyyiban*).

Prinsip Halalan menjamin bahwa semua bahan dan proses sesuai dengan aturan diet Islam dan norma etika, sementara Toyyiban melengkapi dengan menuntut agar barang menjadi murni, aman, dan bermanfaat bagi konsumen. Kombinasi ganda ini memenuhi permintaan yang berkembang akan aktivitas etis dan lingkungan di seluruh dunia, sekaligus membangun kepercayaan konsumen.

Dalam konteks industri farmasi, penerapan prinsip Halalan Toyyiban menjadi sangat kritis karena menyangkut produk yang dikonsumsi langsung oleh masyarakat. Titik kritis kehalalan dalam produksi farmasi meliputi sumber bahan baku (terutama eksipien yang berpotensi berasal dari hewan non-halal), proses produksi, hingga sistem distribusi yang harus terhindar dari kontaminasi silang.

2.1.2 Regulasi Sertifikasi Halal di Indonesia

Landasan hukum utama sertifikasi halal di Indonesia adalah Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal (UU JPH). Undang-undang ini mewajibkan seluruh produk yang beredar di Indonesia, termasuk produk farmasi, untuk memiliki sertifikasi halal. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah No. 39 Tahun 2021 menekankan pentingnya sertifikasi wajib dan tata kelola sistem jaminan halal yang mengharuskan adanya pemisahan proses, pemantauan, dan pelabelan — yang semuanya memerlukan ketertelusuran (*traceability*) yang menyeluruh.

Tahun 2024 menjadi momentum penting bagi transformasi industri logistik halal di Indonesia. Pemberlakuan kebijakan wajib sertifikasi halal pada Oktober 2024 telah mendorong peningkatan jumlah perusahaan logistik yang tersertifikasi — dari hanya 1 perusahaan pada tahun 2022, menjadi 48 perusahaan pada tahun 2023, dan melonjak signifikan menjadi lebih dari 1.039 perusahaan pada tahun 2024.

2.1.3 Tantangan Rantai Pasok Halal pada Industri Farmasi

Industri farmasi di Indonesia menghadapi tantangan unik karena besarnya demografi Muslim, menjadikan kepatuhan halal sebagai aspek penting dalam sertifikasi dan pengembangan produk. Tantangan utama meliputi:

- a. Kompleksitas bahan baku: Eksipien farmasi umum (seperti gelatin dan stearat) seringkali berasal dari sumber non-halal
- b. Proses manual yang tidak efisien: Proses manual untuk memastikan kepatuhan halal melibatkan audit pemasok dan konsultasi ahli, yang memakan waktu dan biaya besar

- c. Risiko kontaminasi silang: Selama proses distribusi dan penyimpanan, produk halal berisiko terkontaminasi dengan produk non-halal
- d. Ketertelusuran yang terbatas: Sistem pelacakan yang kurang transparan menyulitkan verifikasi status halal di setiap tahap rantai pasok

2.2 Artificial Intelligence (AI) dan AI Generatif dalam Manajemen Rantai Pasok

2.2.1 Definisi dan Klasifikasi AI dalam Supply Chain Management

Artificial Intelligence (AI) atau kecerdasan buatan adalah kemampuan sistem komputer untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pembelajaran, penalaran, dan pengambilan keputusan. Dalam konteks manajemen rantai pasok (Supply Chain Management/SCM), integrasi AI telah merevolusi operasi dengan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik, peningkatan efisiensi, dan transparansi yang lebih baik

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus (case study). Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena penerapan AI generatif dalam konteks rantai pasok halal farmasi, yang melibatkan aspek teknis, regulasi, sosial, dan organisasional yang kompleks.

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi kasus deskriptif-analitis. Studi kasus dipilih karena penelitian ini berfokus pada eksplorasi dan analisis mendalam terhadap implementasi AI generatif pada unit-unit analisis tertentu (*multiple case study*) yang relevan dengan industri logistik farmasi halal di Indonesia.

Alasan pemilihan pendekatan studi kasus:

- a. Fenomena penelitian masih relatif baru dan sedang berkembang
- b. Konteks penelitian (Indonesia) memiliki karakteristik unik yang berbeda dari negara lain
- c. Penelitian membutuhkan pemahaman holistik tentang interaksi antara teknologi, regulasi, dan praktik industry.

3.2 Unit Analisis dan Informan Penelitian

3.2.1 Unit Analisis

Unit analisis dalam penelitian ini adalah sistem penerapan AI generatif dalam rantai pasok halal farmasi, dengan sub-unit analisis meliputi:

- a. Sistem prediksi kehalalan bahan baku (*machine learning classifier*)
- b. Sistem deteksi anomali dan manajemen risiko (*real-time monitoring*)

- c. Sistem optimalisasi rute dan peramalan (*logistic optimization*)
- d. Sistem ketertelusuran digital (*blockchain integration*)

3.3.2 Informan Penelitian

Teknik pengambilan informan menggunakan purposive sampling (sampling bertujuan).

Kriteria informan meliputi:

- a. Memiliki pengetahuan dan keterlibatan langsung dengan sistem AI generative
- b. Memiliki pengalaman minimal 2 tahun di industri logistik farmasi
- c. Terlibat dalam proses sertifikasi atau kepatuhan halal

No	Kode Informan	Posisi/Jabatan	Institusi	Jumlah
1	IT-TT	Chief Technology Officer	TransTRACK	1
2	OP-TT	Operations Manager	TransTRACK	1
3	HS-TT	Halal Supply Chain Specialist	TransTRACK	1
4	RD-UMI	Peneliti Utama AI	UMI Makassar	1
5	DS-UMI	Data Scientist	UMI Makassar	1
6	DR-LF	Direktur Operasional	PT Logistik Farmasi Halal Nusantara	1
7	QA-LF	Quality Assurance Manager	PT Logistik Farmasi Halal Nusantara	1
8	IT-LF	IT System Integrator	PT Logistik Farmasi Halal Nusantara	1
9	BPJPH	Kepala Bidang Sertifikasi	BPJPH	1
10	MUI	Auditor Halal	MUI	1
Total				10 informan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

4.1.1. Percepatan Proses Sertifikasi Halal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan AI generatif melalui aplikasi Sihahal dari BPJPH berhasil mempercepat proses sertifikasi halal secara signifikan. Sebelum menggunakan AI, proses sertifikasi manual memakan waktu antara 12 hingga 24 bulan karena antrean panjang dan keterbatasan jumlah auditor. Setelah implementasi AI, waktu proses sertifikasi berhasil dipangkas menjadi hanya 2 minggu hingga 3 bulan. Percepatan ini mencapai sekitar 75 hingga 90 persen dibandingkan metode konvensional.

Mekanisme kerjanya adalah AI membaca dan memeriksa kelengkapan dokumen yang diunggah pelaku usaha melalui ponsel, kemudian memberikan skor awal secara otomatis. Setelah itu, verifikasi dilanjutkan secara jarak jauh melalui video call tanpa perlu kehadiran fisik auditor di lokasi. Kapasitas penanganan sertifikasi juga meningkat drastis, dari yang sebelumnya hanya mampu menangani ratusan permohonan per tahun menjadi lebih dari 50.000 UMKM dapat terlayani pada tahun 2025.

4.1.2 Akurasi Prediksi Status Halal Bahan Baku Obat

Penelitian pada sistem prediksi eksipien yang dikembangkan oleh Universitas Muslim Indonesia menunjukkan bahwa machine learning mampu memprediksi status kehalalan bahan tambahan farmasi dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Algoritma Random Forest terbukti paling handal dengan akurasi mencapai 92 persen dalam membedakan bahan halal dan non-halal. Algoritma Decision Trees mencapai akurasi 88 persen, sementara Support Vector Machine mencapai 89 persen.

Model ini dilatih menggunakan ribuan data bahan yang sudah diketahui status halalnya. Fitur-fitur yang dianalisis meliputi struktur kimia bahan, sumber asal apakah dari tumbuhan, hewan, atau sintetis, serta proses manufaktur yang dilalui. Kemampuan prediksi ini sangat membantu industri farmasi yang selama ini kesulitan mengidentifikasi bahan-bahan kritis seperti gelatin dan stearat yang berpotensi berasal dari hewan non-halal.

4.1.3. Peningkatan Efisiensi Logistik Farmasi

Studi kasus pada platform GPOS menunjukkan bahwa penerapan AI forecasting berhasil meningkatkan akurasi peramalan stok obat dari sekitar 70-75 persen menjadi lebih dari 90 persen. Peningkatan akurasi ini berdampak langsung pada berkurangnya kejadian kehabisan stok (*stockout*) yang sebelumnya sering terjadi. Demikian pula, masalah kelebihan stok yang menyebabkan obat kadaluarsa dapat diminimalkan.

Sistem ini menganalisis data penjualan historis, pola musiman permintaan obat, dan tren konsumsi masyarakat. Dengan peramalan yang lebih akurat, apotek dan distributor dapat merencanakan pengadaan obat dengan lebih tepat, sehingga efisiensi operasional meningkat secara keseluruhan.

4.2 Pembahasan

4.2.1. Apa Itu AI Generatif dan Mengapa Dibutuhkan?

AI Generatif adalah kecerdasan buatan yang bisa "menciptakan" sesuatu yang baru, seperti membuat laporan, menulis dokumen, atau memprediksi status suatu bahan. Berbeda dengan AI biasa yang hanya bisa mengklasifikasikan data, AI generatif bisa menghasilkan solusi dan konten baru berdasarkan pola yang dipelajarinya.

Dalam konteks rantai pasok farmasi halal, AI generatif sangat dibutuhkan karena tiga alasan utama. Pertama, Indonesia memiliki ribuan bahan baku obat yang harus diperiksa status kehalalannya, dan ini tidak mungkin dilakukan secara manual untuk semua produk. Kedua, proses sertifikasi halal secara tradisional sangat lambat, bisa memakan waktu hingga dua tahun karena antrean panjang dan keterbatasan auditor. Ketiga, risiko kontaminasi silang antara produk halal dan non-halal sangat tinggi selama proses distribusi yang melibatkan banyak pihak.

4.2.2. Proses Sertifikasi Halal Menjadi Lebih Cepat

Sebelum ada AI, pengusaha farmasi harus mengajukan dokumen sertifikasi halal secara manual, kemudian menunggu giliran audit fisik oleh petugas dari BPJPH atau MUI. Proses ini bisa memakan waktu antara 12 hingga 24 bulan. Banyak UMKM yang mengeluh karena harus menunggu sangat lama, sementara produk mereka sudah siap edar.

Setelah penerapan AI generatif melalui aplikasi Sihahal dari BPJPH, prosesnya berubah drastis. Pengusaha cukup mengunggah dokumen melalui ponsel. AI kemudian membaca semua dokumen, memeriksa kelengkapannya, dan memberikan skor awal secara otomatis. Jika dokumen dirasa lengkap, proses dilanjutkan ke tahap verifikasi jarak jauh melalui video call, tanpa perlu kehadiran auditor fisik di lokasi.

Hasilnya, waktu sertifikasi yang tadinya 12 hingga 24 bulan bisa dipangkas menjadi hanya 2 minggu hingga 3 bulan. Ini seperti perbedaan antara mengurus surat di kantor dengan antrean panjang versus mendaftar secara online dari rumah. Lompatan efisiensi ini sangat berarti, terutama mengingat Indonesia memiliki populasi Muslim terbesar di dunia dengan permintaan sertifikasi halal yang terus melonjak setiap tahun.

4.2.3. Memprediksi Status Halal Bahan Baku Obat

Salah satu tantangan terbesar dalam industri farmasi halal adalah menentukan status kehalalan bahan tambahan atau yang disebut eksipien. Bahan-bahan seperti gelatin bisa berasal dari sapi yang disembelih halal, tetapi bisa juga berasal dari babi. Demikian pula dengan stearat, yang bisa berasal dari hewan atau dari minyak sawit.

Secara manual, menentukan asal-usul bahan ini membutuhkan penelusuran dokumen yang rumit, bahkan kadang harus melakukan uji laboratorium. Ini memakan biaya besar dan waktu lama.

Dengan AI machine learning, para peneliti dari Universitas Muslim Indonesia mengembangkan sistem yang bisa memprediksi status halal suatu bahan berdasarkan fitur-fitur seperti struktur kimianya, sumber asalnya, dan proses manufakturnya. Komputer dilatih dengan ribuan data bahan yang sudah diketahui status halalnya, baik yang halal maupun yang haram.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

5.1.1. AI Generatif Mempercepat Proses Sertifikasi Halal Secara Drastis

Penerapan AI generatif dalam sistem sertifikasi halal digital berhasil memangkas waktu proses dari yang sebelumnya memakan waktu 12 hingga 24 bulan menjadi hanya 2 minggu hingga 3 bulan. Artinya, ada percepatan sekitar 75 hingga 90 persen dibandingkan metode manual. Hal ini terjadi karena AI mampu membaca, memeriksa kelengkapan, dan memberi skor awal terhadap dokumen sertifikasi secara otomatis, tanpa harus menunggu auditor fisik memeriksa satu per satu. Dengan demikian, antrean panjang yang dulu menjadi keluhan utama UMKM kini dapat diatasi.

5.1.2. Prediksi Status Halal Bahan Baku Obat Menjadi Lebih Akurat

Model machine learning yang dikembangkan mampu memprediksi status kehalalan eksipien (bahan tambahan farmasi) dengan tingkat akurasi mencapai lebih dari 90 persen. Algoritma Random Forest terbukti paling handal dalam membedakan mana bahan yang halal dan mana yang tidak berdasarkan fitur kimia, sumber asal, dan proses manufakturnya. Ini sangat membantu industri farmasi yang selama ini kesulitan mengidentifikasi bahan-bahan seperti gelatin dan stearat yang bisa berasal dari sumber hewani non-halal atau dari tumbuhan.

5.1.3. Optimalisasi Logistik Meningkatkan Efisiensi dan Mengurangi Risiko

Penerapan AI forecasting dalam sistem logistik farmasi berhasil meningkatkan akurasi peramalan stok dari sekitar 70-75 persen menjadi lebih dari 90 persen. Akibatnya, kejadian kehabisan stok (stockout) dan kelebihan stok dapat diminimalkan. Selain itu, sistem yang

terintegrasi secara digital juga membantu mencegah risiko kontaminasi silang antara produk halal dan non-halal selama proses penyimpanan dan distribusi.

5.1.4. Teknologi Pendukung Memperkuat Ekosistem Halal

Keberhasilan implementasi AI generatif tidak berdiri sendiri. Teknologi pendukung seperti blockchain untuk mencatat jejak bahan baku yang tidak bisa diubah-ubah, Internet of Things (IoT) untuk memantau kondisi penyimpanan secara real-time, serta spektrometer portabel untuk menguji keaslian bahan di lapangan, semuanya bekerja sama membentuk ekosistem rantai pasok halal yang lebih kuat, transparan, dan dapat dipercaya.

5.2 Saran

5.2.1. Untuk Peneliti Selanjutnya

Penelitian di masa depan sebaiknya mengembangkan model AI generatif yang lebih khusus untuk industri farmasi, misalnya dengan melibatkan data kimia yang lebih detail seperti struktur molekul dan data spektroskopi. Selain itu, penelitian juga perlu dilakukan untuk mengukur secara kuantitatif seberapa besar penghematan biaya yang benar-benar dihasilkan dari implementasi AI ini, serta bagaimana dampaknya terhadap kepercayaan konsumen Muslim terhadap produk farmasi halal.

5.2.2. Untuk Pemerintah dan Regulator

Pemerintah perlu terus mendorong digitalisasi proses sertifikasi halal dengan menyediakan infrastruktur data yang terintegrasi antar lembaga. Standar data untuk bahan baku farmasi harus diseragamkan agar sistem AI dapat belajar dengan lebih baik. Selain itu, perlu ada pelatihan massal bagi UMKM dan industri logistik tentang cara menggunakan platform digital ini, karena teknologi secanggih apapun tidak akan berguna jika penggunaanya tidak paham.

5.2.3. Untuk Industri Logistik Farmasi

Perusahaan logistik farmasi disarankan untuk segera berinvestasi dalam sistem digital yang terintegrasi, tidak hanya untuk efisiensi operasional tetapi juga untuk memastikan kepatuhan terhadap kewajiban sertifikasi halal yang sudah mulai berlaku. Jangan menunggu sampai terkena sanksi atau kehilangan kepercayaan konsumen. Mulailah dari hal kecil, misalnya dengan mendigitalkan catatan pengiriman dan penyimpanan, lalu secara bertahap beralih ke sistem berbasis AI yang lebih canggih.

5.2.4. Untuk Masyarakat dan Konsumen

Konsumen Muslim diharapkan lebih kritis dan proaktif dalam menanyakan status halal dari produk farmasi yang mereka konsumsi. Dengan meningkatnya permintaan dari konsumen, industri akan terdorong untuk lebih serius menerapkan sistem jaminan halal berbasis teknologi.

Selain itu, masyarakat juga bisa berperan sebagai pengawas dengan melaporkan jika menemukan produk yang mencurigakan atau tidak sesuai label halalnya.

DAFTAR REFERENSI

- Yuliana, D., Rasyid, F. A., Ahmad, A. R., Noh, S. M. M., Mustafa, R. R., Yusoff, I. M., Rahman, S. A., & Susilo, Y. K. B. (2025). Development of a Machine Learning Model for Halal-Compliant Excipient Prediction and Formulation Optimization in Indonesian Pharmaceutical Manufacturing. *TechRxiv*. <https://www.techrxiv.org/doi/full/10.36227/techrxiv.175988232.20656931/v1>
- Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH). (2025). BPJPH Raih 2 Penghargaan Top Digital Awards 2025, Digitalisasi Mudahkan 10.000 Sertifikasi Halal Perhari. [bpjph.halal.go.id](https://bpjph.halal.go.id/detail/bpjph-raih-2-penghargaan-top-digital-awards-2025-digitalisasi-mudahan-10-000-sertifikasi-halal-perhari). <https://bpjph.halal.go.id/detail/bpjph-raih-2-penghargaan-top-digital-awards-2025-digitalisasi-mudahan-10-000-sertifikasi-halal-perhari>
- detikNews. (2025). BPJPH Bakal Luncurkan Aplikasi AI Buat Publik Cek Sertifikasi Halal Produk. *detikNews*. <https://news.detik.com/berita/d-8224349/bpjph-bakal-luncurkan-aplikasi-ai-buat-publik-cek-sertifikasi-halal-produk>
- Meisesari, A. (2025). TransTrack Dorong Transformasi Digital Logistik Halal via HLP. *SWA.co.id*. <https://swa.co.id/read/465075/transtrack-dorong-transformasi-digital-logistik-halal-via-hlp>
- TransTRACK. (2025). TransTRACK Dorong Transformasi Digital Logistik Halal Lewat Halal Logistic Platform (HLP) di Indonesia Sharia Economic Festival (ISEF 2025). *TransTRACK Blog*. <https://blog.transtrack.co/pers/transtrack-dorong-transformasi-digital-logistik-halal-lewat-halal-logistic-platform-hlp-di-indonesia-sharia-economic-festival-isef-2025/>
- Medela Potentia. (2025). GPOS Dorong Penerapan AI dan Data Sains untuk Percepat Transformasi Layanan Kesehatan. *Medela Potentia*. <https://www.medela-potentia.com/post/gpos-dorong-penerapan-ai-dan-data-sains-untuk-percepat-transformasi-layanan-kesehatan>
- Tobing, F., Fauzan, H., Simatupang, K., & Aulia, R. (2024). The Role of Artificial Intelligence in the Halal Industry. *Information Management and Business Review*, 16(3), 159-166. https://econpapers.repec.org/article/rndarimbr/v_3a16_3ay_3a2024_3ai_3a3_3ap_3a159-166.htm
- Ghalih, M., Chang, C. H., & Safitri, Y. D. (2025). Leveraging Artificial Intelligence and Technology for Enhancing Halal Supply Chain Management. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 18(1), 747–759.
- Nasution, D. (2025). Synergy of AI and Islamic Human Capacity for Strengthening the Halal Hub and Empowering MSMEs in the Era of Society 5.0. *Proceeding of International Conference on Islamic Economics (ICIE)*.
- Julian, F. A., Rachmayani, N., & Aufo, I. (2025). Blockchain and AI Integration in Halal Supply Chains: Toward a Trusted Digital Ecosystem. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3). <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS/article/view/2451>
- Alamsyah, A., Hakim, N., & Hendayani, R. (2022). Blockchain-Based Traceability System to Support the Indonesian Halal Supply Chain Ecosystem. *Economies*, 10(6), 134.

- Omar, E. N., et al. (2024). A Conceptual Model of AI-Based Sustainable Halalan Toyyan Supply Chain Knowledge Dissemination System. *Journal of Islamic Marketing*, 15(8), 1987-2010.
- Mady, K., Battour, M., & Salaheldeen, M. (2024). Artificial Intelligence in Halal Industry: Opportunities and Challenges. *Journal of Islamic Marketing*, 15(12), 3421-3445.
- Mulyana, A., Maulidizen, A., & Julian, F. A. (2024). Barriers and Drivers of Halal Supply Chain Integration: A Qualitative Analysis of Existing Literature. *Journal of Islamic Law and Legal Studies*, 1(2), 63-77.
- Mohamed, Y. H., Rahim, A., & Ma'aram, A. (2020). The effect of halal supply chain management on halal integrity assurance for the food industry in Malaysia. *Journal of Islamic Marketing*, 12(9), 1734-1750.
- Tieman, M., Darun, M. R., Fernando, Y., & Ngah, A. B. (2019). Utilizing Blockchain Technology to Enhance Halal Integrity: The Perspectives of Halal Certification Bodies. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 119-128). Springer.
- Karyani, E., Geraldina, I., Haque, M. G., & Zahir, A. (2024). Intention to adopt a blockchain-based halal certification: Indonesia consumers and regulatory perspective. *Journal of Islamic Marketing*, 15(7), 1766-1782.