

PERAN TEKNOLOGI IOT DAN HALAL BLOCKCHAIN DALAM MITIGASI RISIKO DAN PENINGKATAN TRANSPARANSI COLD CHAIN DI PT. BELFOODS INDONESIA TBK

Dini Sri Nurdini¹, Angela Artha Patricia Lubis², Faisal Purnama³, Aldi Salim⁴
Universitas Logistik dan Bisnis Internasional
182220050@std.ulbi.ac.id , 182220054@std.ulbi.ac.id , 182220038@std.ulbi.ac.id ,
182220059@std.ulbi.ac.id

*Corresponding Author

Submitted: 99/xxx/9999 (*mohon tidak diisi oleh author, bagian ini diisi oleh editor*)

Accepted: 99/xxx/9999

Published: 99/xxx/9999

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis peran sinergis teknologi Internet of Things (IoT) dan Halal Blockchain dalam memitigasi risiko operasional dan meningkatkan transparansi cold chain di PT. Belfoods Indonesia Tbk. Tantangan yang dihadapi oleh perusahaan ini dalam menjaga integritas produk beku, terutama terkait dengan kontrol suhu dan jaminan kehalalan, memerlukan solusi inovatif. Makalah ini mengkaji bagaimana teknologi IoT, dengan kemampuannya mengumpulkan data suhu dan lokasi secara real-time, dapat memberikan visibilitas proaktif dan deteksi anomali untuk mencegah kerusakan produk. Sementara itu, Halal Blockchain digunakan sebagai distributed ledger yang tidak dapat diubah untuk menciptakan catatan jejak produk yang aman, transparan, dan terverifikasi dari hulu ke hilir, memastikan kepatuhan terhadap standar halal. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur, analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Analisis SWOT menunjukkan bahwa kekuatan internal perusahaan, seperti reputasi kualitas dan skala operasional yang mapan, dapat dimanfaatkan untuk mengambil peluang pasar, meskipun dihadapkan pada kelemahan seperti biaya investasi awal yang tinggi dan kompleksitas integrasi. Analisis FMEA mengidentifikasi mode kegagalan kritis, dengan RPN (Risk Priority Number) tertinggi pada kegagalan sensor IoT dan risiko keamanan siber pada platform data. Rekomendasi yang diberikan mencakup investasi pada sensor berkualitas tinggi, penguatan keamanan siber, dan kemitraan strategis untuk mengatasi tantangan tersebut. Kesimpulannya, kombinasi IoT dan Halal Blockchain sangat penting untuk mencapai manajemen risiko yang optimal, efisiensi logistik, dan jaminan kehalalan produk yang tak terbantahkan, memperkuat posisi PT. Belfoods Indonesia Tbk di pasar. Kata kunci: Teknologi IoT, Halal Blockchain, Cold Chain, Analisis SWOT, Analisis FMEA

ABSTRACT

This study analyzes the synergistic role of Internet of Things (IoT) and Halal Blockchain technologies in mitigating operational risks and enhancing cold chain transparency at PT. Belfoods Indonesia Tbk. The challenges faced by the company in maintaining the integrity of frozen products, particularly concerning temperature control and halal assurance, necessitate innovative solutions. This paper examines how IoT technology, with its ability to collect real-time temperature and location data, provides proactive visibility and anomaly detection to prevent product damage. Concurrently, Halal Blockchain is utilized as an immutable distributed ledger to create a secure, transparent, and verifiable product traceability record from upstream to downstream, ensuring compliance with halal standards. The research methodology includes a literature review, SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis, and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). The SWOT analysis reveals that the company's internal strengths, such as its reputation for quality and established operational scale, can be leveraged to seize market opportunities, despite weaknesses like high initial investment costs and integration complexity. The FMEA

identifies critical failure modes, with the highest RPN (Risk Priority Number) scores attributed to IoT sensor failures and cybersecurity risks on the data platform. Recommendations include investing in high-quality sensors, strengthening cybersecurity, and forming strategic partnerships to overcome these challenges. In conclusion, the combination of IoT and Halal Blockchain is essential for achieving optimal risk management, logistical efficiency, and undeniable product halal assurance, thereby reinforcing PT. Belfoods Indonesia Tbk's market position.

Keywords: *IoT Technology, Halal Blockchain, Cold Chain, SWOT Analysis, FMEA Analysis*

PENDAHULUAN

Dalam Industri pangan, khususnya bagi sektor makanan, terutama untuk produk beku dan olahan, menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga integritas kualitas dan keamanan produk sepanjang rantai pasok. Salah satu aspek krusial dalam hal ini adalah rantai dingin (*cold chain*), di mana produk harus disimpan pada suhu yang diatur secara ketat selama proses produksi, penyimpanan, distribusi, hingga sampai ke tangan konsumen akhir (Sembiring & Wathoni, 2021). Kegagalan dalam kontrol suhu yang tidak optimal dapat mengakibatkan pada penurunan kualitas, kerusakan produk, pertumbuhan mikroorganisme, dan menyebabkan risiko kesehatan bagi konsumen (Ansiska et al., 2023). Bagi perusahaan besar seperti PT. Belfoods Indonesia TBK, yang dikenal sebagai produsen produk pangan olahan beku yang didistribusikan secara luas, manajemen risiko dalam cold chain menjadi esensial tidak hanya untuk efisiensi operasional tetapi juga untuk menjaga reputasi merek dan kepercayaan konsumen. Sistem cold chain yang andal tidak hanya menjamin integritas produk dari hulu hingga hilir, tetapi juga melindungi kesehatan konsumen dan reputasi perusahaan. Di tengah meningkatnya tuntutan keamanan pangan, transparansi, dan kepastian kehalalan, inovasi manajemen rantai pasok bukan lagi pilihan, melainkan keharusan khususnya bagi pelaku industri seperti PT. Belfoods Indonesia Tbk.

PT Belfoods Indonesia Tbk menghadapi tantangan ganda, risiko kegagalan suhu dalam rantai dingin yang berdampak pada kualitas dan keselamatan produk, serta tuntutan kuat akan transparansi kehalalan yang dapat dipertanggungjawabkan. Sistem konvensional yang terfragmentasi dan manual terbukti kurang efektif dalam memberikan visibilitas real-time dan ketertelusuran kuat, sehingga rentan terhadap kesalahan manusia dan manipulasi data. Kondisi ini menuntut solusi yang lebih akurat, transparan, dan berkelanjutan. Di tengah kompleksitas ini, teknologi inovatif menawarkan solusi menjanjikan. Internet of Things (IoT), dengan kemampuannya untuk mengumpulkan data suhu, kelembaban, dan lokasi secara otomatis dan real-time melalui sensor-sensor yang terpasang di setiap titik cold chain, dapat memberikan visibilitas yang belum pernah ada sebelumnya. Data ini memungkinkan pemantauan proaktif, deteksi anomali, dan respons cepat terhadap potensi kegagalan suhu. Lebih lanjut, Blockchain, khususnya Halal Blockchain, hadir sebagai teknologi distributed ledger yang menawarkan integritas data, imutabilitas, dan transparansi yang tak tertandingi. Setiap transaksi atau data yang dicatat dalam blockchain tidak dapat diubah, menciptakan catatan jejak yang aman dan terverifikasi dari asal-usul produk hingga tujuan akhirnya, termasuk semua titik kritis yang mempengaruhi status kehalalan. Kombinasi IoT untuk pengumpulan data dan Halal Blockchain untuk penyimpanan serta verifikasi data ini memiliki potensi transformatif dalam meningkatkan manajemen risiko cold chain dan memastikan kepatuhan halal di seluruh jaringan distribusi PT. Belfoods Indonesia TBK.

Meskipun beberapa pelaku industri telah menerapkan sistem pemantauan digital dan sertifikasi halal berbasis dokumen, pendekatan tersebut masih terbatas. Pemantauan real-time belum optimal, integrasi data antar-tahapan lemah, dan sistem terpusat rentan terhadap rekayasa informasi. Ketidakterhubungan sistem dan ketergantungan pada otoritas sentral mengurangi efektivitas verifikasi dan menurunkan kepercayaan konsumen terhadap klaim kehalalan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis peran integrasi Internet of Things (IoT) dan Halal Blockchain dalam mitigasi risiko operasional dan peningkatan transparansi cold chain. IoT memungkinkan pemantauan suhu dan kondisi lingkungan secara real-time di setiap titik rantai pasok untuk deteksi dini gangguan. Data yang terkumpul direkam pada platform Blockchain yang aman, tidak dapat diubah, dan transparan, menciptakan jejak digital terverifikasi dari hulu hingga konsumen akhir.

STUDI LITERATUR

Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan upayamanajemen untuk mengendalikan risiko pada kegiatan operasional perusahaan, dengan melakukan analisis risiko, evaluasi risiko, serta rencana penanggulangannya. Manajemen risiko memungkinkan praktisi untuk menanggapi risiko yang telah diketahui, untuk meminimalisir risiko yang mungkin terjadi selanjutnya dan dapat dikembangkan rencana respon yang sesuai untuk mengatasi risiko – risiko potensial tersebut. Manajemen risiko logistik merupakan tata cara perusahaan dalam menangani risiko logistik yang kemungkinan dihadapi oleh perusahaan. Umumnya risiko-risiko tersebut muncul dari beberapa konteks seperti: Konsep logistic dan distribusi yang telah perusahaan desain, Perencanaan logistik perusahaan, Keputusan pengadaan dan inventaris perusahaan, Pergudangan dan penyimpanan, Pengangkutan barang dan Manajemen operasional Perusahaan (Zai et al., 2022). Langkah untuk menangani risiko-risiko yang akan dihadapi yakni: menetapkan konteks risiko, mengidentifikasi risiko, proses penilaian risiko yang mencakup analisa serta evaluasi risiko, pemrosesan atau pengendalian risiko, komunikasi dan konsultasi risiko dan pengamatan serta memeriksa ulang.

Cold Chain

Manajemen rantai dingin adalah proses terintegrasi yang melibatkan perencanaan, implementasi, dan pengendalian pergerakan serta penyimpanan produk yang sensitif terhadap suhu, dari titik asal hingga ke titik konsumsi, dengan menjaga kondisi suhu yang ditentukan untuk memastikan mutu dan keamanan produk (Martha, 2025). Manajemen rantai dingin (cold chain) merupakan bagian kritical dalam sistem logistik yang memastikan kestabilan suhu selama penyimpanan dan distribusi produk-produk sensitif suhu seperti vaksin, bahan farmasi, plasma darah, serta makanan beku. Hal ini berarti bahwa manajemen rantai dingin sangat bergantung pada akurasi prosedur, ketepatan waktu, dan kepatuhan terhadap standar suhu yang ketat. Namun, dalam banyak kasus, kegagalan dalam rantai dingin lebih sering disebabkan oleh faktor manusia seperti kurangnya pelatihan, lemahnya koordinasi, atau rendahnya kesadaran pentingnya suhu penyimpanan daripada kegagalan teknis. Kegagalan dalam kontrol suhu yang tidak optimal dapat menyebabkan berbagai masalah serius, seperti penurunan kualitas produk, kerusakan, dan pertumbuhan mikroorganisme, yang pada akhirnya dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen. cold chain menjadi sangat penting tidak hanya untuk efisiensi operasional tetapi juga untuk mempertahankan reputasi merek dan kepercayaan konsumen.

Halal Blockchain

Logistik halal merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam pengangkutan makanan dan minuman berlogo halal kepelanggan. Layanan logistic harus dikembangkan agar layanan menjadi berkualitas tinggi, menggunakan teknologi, konsep, dan metode operasi yang tepat. Konsep rantai pasokan makanan halal dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu: ketertelusuran produk yang dipasok, kekhususan aset, jaminan kualitas (kontrol kualitasproduk), kepercayaan dan komitmen penyediaan layanan. Perkembangan teknologi dan tingginya permintaan akan produk halal membuat penyedia jasa logistik menciptakan inovasilayanan untuk meningkatkan nilai bisnis. Salah satu inovasi teknologi yang muncul terkait logistik halal adalah *blockchain* (Suastri, 2023). Blockchain merupakan salah satu teknologi yang menjanjikan dalam sistem penelusuran. Blockchain adalah teknologi baru yang mampu menyimpan informasi terkait produk makanan yang transparan dan dapat diakses oleh semua pelaku baik produsen maupun konsumen teknologi ini pertama kali diperkenalkan oleh Satoshi Nakamoto pada tahun 2008 (Mardhiyah, 2020). Pada dasarnya teknologi Blockchain adalah sebuah sistem database, teknologi ini dapat diimplementasikan dapat berbagai bidang industri seperti, penelusuran produk, logistik, dan bidang keuangan lainnya.

Teknologi IoT

Kemajuan teknologi telah membawa transformasi besar dalam berbagai sektor industri, termasuk industri logistik. Salah satu inovasi penting dalam revolusi industri 4.0 adalah penerapan internet of Things (IoT). Dalam industri logistik, penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam rantai pasok memberikan dampak signifikan terhadap optimalisasi proses logistik, khususnya dalam hal efisiensi pengiriman barang dan pengelolaan inventaris (Muhammad Zidhan Augestri et al., 2025). IoT dapat diartikan sebagai jaringan perangkat yang terhubung dengan

internet dan dapat berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Penerapan teknologi IoT saat ini sudah meluas ke berbagai industri, termasuk industri manufaktur, transportasi, kesehatan, pertanian, dan lain sebagainya. Dalam industri manufaktur, IoT dapat dimanfaatkan untuk memantau dan mengoptimalkan proses produksi, mengurangi waktu dan biaya produksi, serta memperbaiki kualitas produk. Dalam Pendidikan kejuruan di masa depan harus mampu menghadapi tantangan dalam era digital dan Industri 4.0 yang semakin berkembang. Dalam era digital dan Industri 4.0, teknologi informasi dan komunikasi telah menjadi faktor penting dalam kehidupan sehari-hari dan dunia bisnis (Alvendri et al., 2023).

METODE

Dalam makalah ini, penelitian menggunakan metode studi literatur, analisis SWOT, dan FMEA untuk menganalisis penerapan teknologi IoT dan Halal Blockchain. Studi literatur digunakan untuk mengumpulkan data dan referensi teori yang relevan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan artikel. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. Pengertian lain tentang Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan (Sari et al., 2023). Referensi ini dapat dicari dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs di internet. Output dari studi literatur ini adalah terkoleksinya referensi yang relevan dengan perumusan masalah (Gustavian & Samsinar, 2020). Analisis SWOT (Strengths Weaknesses-Opportunities-Threats) adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi pemasaran. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan dan peluang, namun secara simultan dapat meminimalkan kelemahan dan ancaman (Sugiyadmeika et al., 2022). Matrik SWOT adalah sebuah alat pencocokan yang penting yang membantu para manajer mengembangkan empat jenis strategi yaitu strategi SO (kekuatanpeluang), strategi WO (kelemahanpeluang), strategi ST (kekuatan ancaman), dan WT (kelemahan ancaman) (Hasna Athallah Najla & Kralawi Sita, 2022). Metode ini diterapkan untuk mengidentifikasi faktor internal (kekuatan dan kelemahan) serta faktor eksternal (peluang dan ancaman) yang dihadapi oleh PT. Belfoods Indonesia Tbk. Hasil dari analisis ini kemudian digunakan untuk merumuskan empat jenis strategi: SO, WO, ST, dan WT. Terakhir, metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (service). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (occurrence), tingkat keparahan (severity), dan tingkat deteksi (detection) (Silalahi & Tambunan, 2020). Penggunaan analisa FMEA memiliki fungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai Severity (S), Occurance(C), dan Detection(D). berdasarkan dengan potensi akan efek kegagalan, penyebab kegagalan, dan nilai dari RPN (Risk Priority Number) (Putri et al., 2023). Nilai RPN (Risk Priority Number) yang dihasilkan dari perkalian ketiga faktor ini digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan.

HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil Analisis SWOT

Integrasi teknologi Halal Blockchain dan Internet Of Things (IOT) dalam sistem Cold Chain PT. Belfoods Indonesia Tbk memiliki potensi untuk merevolusi manajemen resiko dan meningkatkan transparansi dalam rantai pasok. Pada penelitian ini, analisis SWOT dilakukan untuk melihat ancaman bagi Perusahaan dari sisi internal dan eksternal, seperti yang ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1 Analisis SWOT

<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Komitmen Terhadap Kualitas dan Keamanan Produk Pangan • Skala Operasional yang Kokoh • Sumber Daya Manusia yang Adaptif • Posisi Pasar yang Kuat 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya Investasi Awal yang Tinggi • Kompleksitas Integrasi Sistem • Kebutuhan Kompetensi Teknis dan SDM yang Memumpuni • Keterbatasan Infrastruktur Jaringan (di beberapa area)
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan Kepercayaan Konsumen • Regulasi dan Standar Keamanan Pangan yang Lebih Ketat • Pengurangan Food Waste • Potensi Berkembangnya Pasar (Halal Global) • Tercipta Kolaborasi Baik dengan Mitra Rantai Pasok 	<ul style="list-style-type: none"> • Keamanan Siber • Tingginya Biaya Perawatan dan Pemeliharaan yang Berkelanjutan • Persaingan dari Perusahaan Lain

Sumber tabel: Diolah Oleh Penulis

Implementasi teknologi Internet Of Things (IOT) dan Halal Blockchain di PT. Belfoods Indonesia Tbk didukung oleh sejumlah kekuatan internal, seperti komitmen kuat terhadap kualitas dan keamanan pangan, skala operasional yang besar, integrasi vertical sepanjang rantai pasok, serta reputasi merek yang kuat. Keunggulan ini menjadi fondasi strategis dalam mengadopsi teknologi digital untuk meningkatkan transparansi dan mitigasi risiko cold chain. Namun, Perusahaan menghadapi kelemahan signifikan, terutama terkait tingginya biaya investasi awal, kompleksitas integrasi sistem dengan ERP atau SCM. Keterbatasan infrastruktur jaringan di beberapa wilayah, serta kebutuhan akan SDM yang kompeten di bidang teknologi baru. Di sisi eksternal, terdapat peluang besar untuk meningkatkan kepercayaan konsumen melalui traceability produk berbasis Blockchain, memenuhi regulasi keamanan pangan yang semakin ketat, mengurangi food waste melalui pemantauan real-time, serta memperluas pasar ke ekosistem halal global. Namun, ancaman seperti resiko keamanan siber, biaya pemeliharaan berkelanjutan, ketiadaan standar industri yang universal untuk Halal Blockchain, serta persaingan dari pelaku industri lain yang mungkin lebih cepat berinovasi, menjadi tantangan kritis yang perlu di antisipasi.

Penelitian ini menjadi dasar untuk mengembangkan strategi yang dapat memanfaatkan kekuatan internal Perusahaan sekaligus mengatasi peluang dan risiko eksternal. Untuk mendukung implementasi teknologi IOT dan Halal Blockchain di PT. Belfoods Indonesia Tbk, dilakukan matriks SWOT yang mengintegrasikan faktor-faktor strategis ke dalam empat pendekatan, seperti yang ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2 Matriks SWOT

Faktor Internal / Eksternal	<u>Strengths</u>	<u>Weaknesses</u>
<u>Opportunities</u>	Strategi SO (Strengths-Opportunities) <ul style="list-style-type: none"> Diferensiasi Produk dengan memanfaatkan komitmen kualitas dan reputasi PT. Bellfoods Indonesia TBK untuk mengadopsi IoT & Blockchain serta meningkatkan kepercayaan pelanggan dan memenuhi regulasi ketat. Perkembangan Pasar dalam sektor halal global menggunakan skala operasional dan potensi integrasi vertikal untuk menjamin transparansi halal dan membuka pasar yang lebih luas. Peningkatan Efisiensi Operasional melalui optimasi infrastruktur sebelumnya dengan IoT untuk mengurangi food waste dan biaya. 	Strategi WO (Weaknesses-Opportunities) <ul style="list-style-type: none"> Investasi yang strategis melalui alokasi biaya investasi yang tinggi untuk efisiensi operasional serta pengurangan food waste, dan memenuhi tuntutan transparansi pelanggan. Pengembangan SDM & Kerjasama dapat mengatasi kebutuhan kompetensi teknis melalui pelatihan atau kemitraan untuk implementasi yang efektif. Modernisasi infrastruktur jaringan seiring dengan berkembangnya regulasi keamanan produk pangan untuk mendukung real-time monitoring.
<u>Threats</u>	Strategi ST (Strengths-Threats) <ul style="list-style-type: none"> Pertahanan Reputasi menggunakan komitmen kualitas dan reputasi merek untuk membangun sistem keamanan siber yang kuat serta menjaga kepercayaan di tengah ancaman cybersecurity. Inovasi Berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi SDM adaptif dan integrasi vertikal untuk melakukan update teknologi secara proaktif, agar tidak terjadi ketertinggalan dari perkembangan teknologi. Kepatuhan Regulasi melalui pengoptimalan skala operasional untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan yang ketat dan standar yang belum jelas. 	Strategi WT (Weaknesses-Threats) <ul style="list-style-type: none"> Manajemen risiko finansial melalui perencanaan finansial yang cermat untuk mengantisipasi biaya perawatan berkelanjutan dan dampak fluktuasi ekonomi. Penguatan keamanan siber & pelatihan dapat membantu mengatasi keterbatasan kompetensi teknis dengan investasi pada keamanan siber dan pelatihan untuk menghadapi ancaman siber. Kemitraan strategis dalam mitigasi penggunaan sistem dan ancaman ketidakpastian standarisasi melalui kemitraan dengan penyedia solusi teknologi terkemuka.

Sumber tabel: Diolah Oleh Penulis

Berdasarkan analisis matriks SWOT, melalui strategi SO (*Strengths-Opportunities*), perusahaan dapat memanfaatkan kekuatan internal seperti integrasi vertikal, skala operasional yang luas, serta komitmen terhadap kualitas dan keamanan pangan untuk memimpin pasar dengan menawarkan jaminan halal berbasis teknologi dan transparansi end-to-end. Strategi ini membuka peluang untuk memperluas pangsa pasar ke dalam ekosistem halal global yang semakin menuntut verifikasi digital dan traceability yang handal. Strategi WO (*Weaknesses-Opportunities*) mengarahkan perusahaan untuk mengatasi kelemahan internal, seperti tingginya biaya investasi awal dan keterbatasan kompetensi teknis SDM, melalui pendekatan jangka panjang berupa investasi strategis, pengembangan kapasitas sumber daya manusia, serta modernisasi infrastruktur digital. Upaya ini didorong oleh tuntutan efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap regulasi keamanan pangan yang semakin ketat. Ditengah dinamika industri yang penuh dengan ketidakpastian, strategi ST (*Strengths-Threats*) memanfaatkan reputasi merek dan kapasitas operasional perusahaan untuk membangun sistem keamanan siber yang robust, mendorong inovasi berkelanjutan, serta memastikan adaptasi terhadap perubahan regulasi dan perkembangan teknologi. Sementara itu, strategi WT (*Weaknesses-Threats*) menekankan pentingnya manajemen risiko finansial, peningkatan kapasitas SDM di bidang teknologi dan keamanan siber, serta pembentukan kemitraan

strategis dengan penyedia solusi teknologi. Kemitraan ini tidak hanya mengurangi beban internal, tetapi juga meminimalkan risiko obsolesensi teknologi dan ketertinggalan dalam persaingan industri.

Hasil Analisis FMEA

Dengan dukungan teknologi dan keahlian dari mitra strategis, PT. Belfoods dapat membangun sistem yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan, sekaligus memastikan bahwa implementasi teknologi IOT dan Halal Blockchain dilakukan secara optimal. Oleh karena itu, analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengevaluasi berbagai mode kegagalan yang mungkin terjadi, menilai tingkat risikonya untuk membangun Cold Chain yang lebih transparan dan berkelanjutan. Hasil metode FMEA dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Metode FMEA

No	Proses/Fungsi	Potensi <i>Failure Mode</i>	Potensi Penyebab Kegagalan	Potensi Dampak Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan yang Direkomendasikan	Tindakan Deteksi yang Direkomendasikan
1	Pengumpulan Data (Sensor IoT)	Sensor gagal berfungsi/ memberikan data tidak akurat	Kerusakan fisik sensor, kalibrasi tidak tepat, baterai habis, <i>bug firmware</i>	Hilangnya visibilitas suhu, produk rusak tanpa terdeteksi, klaim kualitas/ kehalalan diragukan	9	7	8	504	Standarisasi pemilihan sensor berkualitas tinggi, jadwal kalibrasi rutin, <i>firmware update</i> terjadwal.	Pemantauan <i>dashboard</i> IoT <i>real-time</i> dengan ambang batas anomali, sistem peringatan otomatis.
2	Transmisi Data (Jaringan Komunikasi)	Data tidak terkirim/ <i>delay</i>	Gangguan sinyal (Wi-Fi/seluler), <i>bandwidth</i> tidak memadai, <i>interference</i> , <i>hardware</i> jaringan rusak	Visibilitas <i>real-time</i> terganggu, keputusan terlambat, <i>blockchain</i> tidak terupdate akurat	8	6	7	336	Penggunaan <i>redundant network</i> , survei jangkauan sinyal, investasi infrastruktur jaringan kuat.	<i>Network monitoring system</i> , log transmisi data, notifikasi kegagalan koneksi.
3	Penyimpanan & Analisis Data (Platform Cloud)	Kehilangan data/pelanggaran data	Serangan siber, kegagalan <i>server</i> , <i>bug software</i> , kurangnya <i>backup</i>	Kerugian data historis, informasi <i>cold chain</i> bocor, reputasi perusahaan tercoreh	10	5	7	450	Enkripsi data kuat, protokol keamanan siber <i>multilayer</i> , <i>regular security audit</i> , <i>redundant backup</i> .	Sistem deteksi intrusi (IDS), <i>log monitoring</i> aktivitas sistem, tes penetrasi berkala.
4	Pencatatan Transaksi (Platform Halal Blockchain)	Data <i>Blockchain</i> tidak konsisten/tidak <i>immutable</i>	Kesalahan input data manual, <i>bug</i> pada <i>smart contract</i> , serangan 51%, <i>node</i> offline	Integritas <i>traceability</i> halal diragukan, kegagalan audit, kepercayaan konsumen hilang	10	4	9	360	Validasi data input ketat (otomatisasi), pengujian <i>smart contract</i> menyeluruh, pemilihan <i>blockchain network</i> yang robust.	Mekanisme konsensus <i>blockchain</i> , audit <i>smart contract</i> oleh pihak ketiga, <i>monitoring</i> status <i>node</i> .
5	Integrasi Sistem (IoT-Blockchain-ERP / SCM)	Kegagalan integrasi/kesalahan data transfer	API tidak kompatibel, <i>mapping</i> data tidak benar, <i>bug</i> integrasi, <i>downtime</i> sistem	Informasi <i>cold chain</i> tidak sinkron, keputusan operasional keliru, <i>traceability</i> terputus	9	6	8	432	Perancangan arsitektur integrasi yang modular, pengujian integrasi <i>end-to-end</i> (UAT), dokumentasi API yang jelas.	<i>Error logging</i> pada integrasi, <i>dashboard</i> sinkronisasi data, <i>alert</i> kegagalan data transfer.
6	Prosedur Operasional & SDM	Pengguna tidak patuh/salah prosedur	Kurangnya pelatihan, resistensi terhadap teknologi, <i>human error</i> , prosedur tidak jelas	Data tidak tercatat, <i>traceability</i> terputus, potensi penyimpangan <i>cold chain</i> tidak terdeteksi	8	7	6	336	Pelatihan komprehensif berkelanjutan, sosialisasi manfaat teknologi, pembuatan SOP yang jelas dan mudah dipahami.	Audit kepatuhan prosedur, <i>feedback mechanism</i> dari pengguna, <i>performance monitoring</i> pengguna.

Sumber tabel: Diolah Oleh Penulis

Analisis FMEA memberikan kerangka strategis bagi PT. Belfoods Indonesia Tbk dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan mitigasi risiko kritis dalam implementasi teknologi IOT dan Halal Blockchain. Tindakan perbaikan difokuskan pada Failure modes dengan Risk priority number (RPN) tertinggi sebagai upaya proaktif untuk meningkatkan keandalan sistem dan menjaga transparansi Cold Chain. Kegagalan pada sensor IOT (RPN 504) menjadi prioritas utama karena berdampak langsung pada akurasi data suhu dan integrasi Cold Chain. Mitigasinya meliputi

penggunaan sensor berkualitas tinggi dengan kalibrasi otomatis, sistem redundancy, serta penerapan dashboard pemantauan real-time. Ancaman terhadap keamanan data pada platform cloud (RPN 450) juga kritis, mengingat potensi kerusakan reputasi akibat pelanggaran siber. Rekomendasi mencakup penerapan protokol keamanan berstandar Internasional (ISO 27001), backup data berkala, dan penetration testing. Selain itu, kegagalan integrasi sistem antara IOT, Blockchain, dan ERP atau SCM (RPN 432) berpotensi menyebabkan ketidakselarasan data. Dengan hal tersebut, diperlukan arsitektur integrasi modular, pengujian menyeluruh (end-to-end testing), dan dokumentasi API yang jelas. Meskipun RPN lebih rendah (360), ketidakpastian pada pencatatan data di Blockchain tetap menjadi perhatian karena menyangkut integritas jaminan halal. Untuk itu, diperlukan validasi data otomatis, audit smart contract oleh pihak ketiga, serta pemilihan jaringan Blockchain yang robust. Pelaksanaan FMEA secara berkala akan mendukung perbaikan berkelanjutan dalam manajemen risiko digital, memastikan sistem Cold Chain yang aman dan dapat dipercaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis komprehensif mengenai peran teknologi IoT dan Halal Blockchain dalam mitigasi risiko serta peningkatan transparansi cold chain di PT. Belfoods Indonesia Tbk, dapat disimpulkan bahwa kedua teknologi ini menawarkan solusi transformatif. Implementasi Internet of Things (IoT) secara signifikan berkontribusi pada mitigasi risiko operasional dengan memfasilitasi pemantauan suhu, kelembaban, dan lokasi produk secara real-time. Data yang akurat dan real-time ini memungkinkan deteksi dini penyimpangan, memicu peringatan otomatis, dan mempercepat respons untuk mencegah kerusakan produk serta menjaga kualitas dan keamanan pangan. Di sisi lain, penerapan Halal Blockchain terbukti sangat efektif dalam meningkatkan transparansi dan jaminan kehalalan produk dari hulu hingga hilir. Sebagai distributed ledger yang immutable, Blockchain mencatat setiap tahapan proses produksi dan distribusi tanpa kemungkinan manipulasi, menciptakan jejak audit yang aman, mempermudah verifikasi oleh MUI, dan meningkatkan kepercayaan konsumen Muslim. Analisis SWOT menunjukkan bahwa kekuatan internal PT. Belfoods, seperti komitmen terhadap kualitas dan skala operasional yang mapan, dapat dimanfaatkan untuk meraih peluang eksternal seperti peningkatan kepercayaan konsumen dan efisiensi operasional, meskipun terdapat kelemahan seperti biaya investasi tinggi dan kompleksitas integrasi yang perlu diatasi. Sementara itu, analisis FMEA mengidentifikasi potensi kegagalan kritis seperti ketidakakuratan sensor dan risiko keamanan data cloud (RPN tertinggi), yang menuntut tindakan mitigasi prioritas untuk memastikan keandalan sistem. Secara keseluruhan, sinergi antara IoT dan Halal Blockchain sangat esensial bagi PT. Belfoods untuk mencapai manajemen risiko yang optimal, meningkatkan efisiensi logistik, dan memberikan jaminan kehalalan produk yang tak terbantahkan kepada konsumen.

SARAN

PT. Belfoods Indonesia Tbk memprioritaskan investasi pada sensor IoT berkualitas tinggi dengan kapabilitas kalibrasi otomatis dan sistem redundancy untuk mengatasi risiko kegagalan data yang paling kritis. Penting pula untuk memperkuat infrastruktur jaringan di seluruh titik cold chain guna menjamin transmisi data yang stabil dan real-time. Selanjutnya, PT. Belfoods harus mengalokasikan sumber daya signifikan untuk pengembangan kompetensi sumber daya manusia di bidang IoT dan Blockchain melalui pelatihan komprehensif, serta mengatasi potensi resistensi terhadap perubahan guna mendukung adopsi teknologi yang efektif. Untuk mitigasi kompleksitas integrasi sistem dan ancaman keamanan siber, disarankan untuk merancang arsitektur integrasi yang modular, melakukan pengujian end-to-end yang ketat, dan menerapkan protokol keamanan siber multilayer yang kuat, termasuk enkripsi data dan audit keamanan rutin. Kemitraan strategis dengan penyedia solusi teknologi terkemuka juga dapat mempercepat implementasi dan membantu mengatasi ketidakpastian standarisasi industri. Terakhir, PT. Belfoods dapat secara proaktif memanfaatkan kapabilitas traceability dan jaminan halal berbasis Blockchain sebagai elemen diferensiasi dalam strategi pemasaran, mengedukasi konsumen, dan memperkuat citra merek sebagai produsen yang inovatif dan terpercaya.

REFERENSI

- Alvendri, D., Giatman, M., & Ernawati, E. (2023). Transformasi Pendidikan Kejuruan: Mengintegrasikan Teknologi IoT ke dalam Kurikulum Masa Depan. *Journal of Education Research*, 4(2), 752–758. <https://doi.org/10.37985/jer.v4i2.244>
- Ansiska, P., Anggraini, S., Sari, I. M., Windari, E. H., & Oktoyoki, H. (2023). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Patogen Buah Stroberi Selama Penyimpanan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 34–39. <https://doi.org/10.31186/jipi.25.1.34-39>
- Gustavian, A., & Samsinar, S. (2020). Analisis Dan Implementasi E-Commerce Dengan Metode Business Model Canvas (Studi Kasus: Toko Jade Bag). *IDEALIS: InDonEsiA Journal Information System*, 3(1), 260–266. <https://doi.org/10.36080/idealis.v3i1.1673>
- Hasna Athallah Najla, & Kralawi Sita. (2022). Respons Kepuasan Pengunjung dan Strategi Pengembangan Agrowisata Gamboeng. *Jurnal Sains Teh Dan Kina*, 1(2), 1–11. <https://doi.org/10.22302/pptk.jur.jstk.v1i2.160>
- Mardhiyah, R. (2020). Analisa jaminan halal pada produk daging berbasis HAS 23000 dan blockchain. *Repository.Uinjkt.Ac.Id*. <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/53843>
- Martha, D. (2025). *Peran Kompetensi dan Kepemimpinan SDM dalam Efektivitas Manajemen Rantai Dingin (Cold Chain) pada Industri Logistik Produk Sensitif Suhu di Indonesia*. 5, 3652–3664.
- Muhammad Zidhan Augestri, Achmad Fauzi, Aqila Naima Khairunnisa, Dyah Ayu Siti Sundari, Revi Arnan, & Yeremia Todo Sihombing. (2025). Penerapan Teknologi IoT dalam Optimalisasi Rantai Pasok Industri Logistik. *Jurnal Manajemen Dan Pemasaran Digital*, 3(2), 158–173. <https://doi.org/10.38035/jmpd.v3i2.388>
- Putri, A. S., Hanum, E., Djunaidi, M., Nugraha, I., & Syaifullah, H. (2023). Perbaikan Kualitas Proses Pencetakan Buku Tulis: Pendekatan FMEA dan Diagram Fishbone. *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 16(1), 231–240. <https://doi.org/10.33005/wj.v16i1.12>
- Sari, M. M., Artayasa, I. N., & Mulyati, M. I. (2023). Perancangan Gaya Modern Kontemporer Pada Villa Belakang, Grand Villa Pererenan. *Jurnal Vastukara: Jurnal Desain Interior, Budaya, Dan Lingkungan Terbangun*, 3(1), 102–110. <https://doi.org/10.59997/vastukara.v3i1.2310>
- Sembiring, D., & Wathoni, N. (2021). Evaluasi Pelaksanaan Pendistribusian Cold Chain Product (CCP) oleh Pedagang Besar Farmasi (PBF) di Kota Bandung. *Majalah Farmasetika*, 6(4), 300. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i4.34822>
- Silalahi, F. A., & Tambunan, W. (2020). JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering) Risiko dan Analisis Keputusan Solusi Material Obsolete Instrument dan Electrical Menggunakan Metode FMEA dan AHP Risk and Analysis of Material Solutions Obsolete Instrument and Electrical Using FM. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1), 37–42.
- Suastrini, F. (2023). Manajemen Logistik Halal. *Nusantara Hasana Journal*, 2(9), 260–268. <https://doi.org/10.59003/nhj.v2i9.838>
- Sugiyadmeika, A. P., Semara, I. M. T., & Parwati, K. S. M. (2022). Strategi pemasaran pada masa pandemi covid-19 di hotel prama sanur beach: Marketing strategy during the covid-19 pandemic at hotel prama sanur beach. *Jurnal Ilmiah Pariwisata Dan Bisnis*, 1(12), 3488–3503.
- Zai, I., Yulianti, Y., Feblicia, S., Aqmi, A. L. Z., & Rahmah, A. F. (2022). Analisis Pengaruh

Peningkatan Kinerja, Incoterms, Transportasi, Distribusi, Keterlibatan TPL dan Manajemen Risiko Terhadap Aktivitas Logistik. *Jurnal Sosial Teknologi*, 2(3), 225–238. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v2i3.304>