

Analisis dan Mitigasi Risiko Pada *Green Supply Chain Management* dengan Integrasi Metode *House Of Risk* dan *Fuzzy Logic* Di PT XYZ

Marjiatul Maghfiroh, Dira Ernawati, Nur Rahmawati

Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Jl. Rungkut Madya
Gunung Anyar, 60294

E-mail: marjiatulmaghfiroh03@gmail.com

ABSTRAK

Manajemen rantai pasok menjadi aspek penting dalam meningkatkan daya saing perusahaan, terutama dengan tantangan risiko operasional dan lingkungan yang dapat mengganggu kinerja. PT XYZ sebagai salah satu produsen bumbu masak terbesar di Indonesia telah berkomitmen untuk menerapkan *zero waste*, namun Perusahaan masih menghadapi kendala dalam pengelolaan limbah, seperti limbah tulang ayam dari produksi dan limbah spesifik lainnya. Ketidakefisienan dalam pengelolaan ini tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga menimbulkan risiko terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang terintegrasi melalui konsep *green supply chain management* (GSCM) menggunakan metode *House of Risk* (HOR) dan *fuzzy logic* untuk mengidentifikasi sumber utama risiko yang perlu diprioritaskan untuk mitigasi, sekaligus memberikan rekomendasi alternatif dalam penanganan risiko. Hasil penelitian ini pada *house of risk* tahap 1 didapatkan 18 kejadian risiko yang disebabkan oleh 22 penyebab risiko pada aktivitas *green supply chain*. Berdasarkan konsep diagram pareto didapatkan 12 agen resiko yang paling dominan. Dari hasil *House Of Risk* Tahap 2 menunjukkan bahwa terdapat 13 aksi mitigasi yang diusulkan agar dapat meminimalisir penyebab risiko paling dominan yang telah terjadi pada aktivitas *green supply chain* PT.XYZ.

Kata kunci: *House Of Risk, Logika Fuzzy, Manajemen Risiko, Manajemen Rantai Pasok Hijau*

ABSTRACT

Supply chain management is an important aspect in improving the competitiveness of a company, especially with the challenges of operational and environmental risks that can disrupt performance. PT XYZ as one of the largest cooking spice producers in Indonesia has committed to implementing zero waste, but the Company still faces obstacles in waste management, such as chicken bone waste from production and other specific waste. Inefficiencies in this management not only increase operational costs but also pose risks to the environment. Therefore, an integrated approach is needed through the concept of green supply chain management (GSCM) using the House of Risk (HOR) method and fuzzy logic to identify the main sources of risk that need to be prioritized for mitigation, as well as providing alternative recommendations in handling risks. The results of this study in the house of risk stage 1 obtained 18 risk events caused by 22 risk causes in green supply chain activities. Based on the Pareto diagram concept, 12 most dominant risk agents were obtained. The results of the House of Risk Stage 2 showed that there were 13 mitigation actions proposed in order to minimize the most dominant risk causes that had occurred in PT.XYZ's green supply chain activities.

Keyword: *Fuzzy Logic, Green Supply Chain Management, House Of Risk, Risk Management*

1. PENDAHULUAN

Manajemen rantai pasok dalam dunia industri menjadi salah satu perhatian utama perusahaan untuk meningkatkan daya saing di pasar global. Dalam operasional bisnisnya, perusahaan tidak terlepas dari berbagai risiko yang dapat menghambat kegiatan. Karena itu, pengelolaan risiko dalam aktivitas manajemen rantai pasok sangat penting dilakukan guna mengurangi dampak risiko terhadap operasional dan kinerja rantai pasok (Munir dkk., 2020). Tujuan ini dapat diwujudkan dengan mengintegrasikan praktik-praktik pengelolaan lingkungan untuk mewujudkan manajemen rantai pasok yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur industri bumbu masak. Pada PT XYZ terdapat rangkaian proses rantai pasok yang memungkinkan akan timbul berbagai risiko yang dapat merugikan perusahaan maupun lingkungan sekitar (Sundana & Risdiyanti, 2019). Saat ini, perusahaan mulai menyadari pentingnya tanggung jawab moral dan sosial mereka terhadap lingkungan. diwujudkan dengan komitmen untuk menghasilkan *zero waste* dalam setiap prosesnya. Namun dalam penerapannya perusahaan masih menunjukkan ketidakefisienan.

Hal ini ditunjukkan dengan belum terkelolanya tulang ayam dari proses produksi. Ayam yang digunakan adalah ayam karkas, sehingga sudah dalam keadaan tanpa kepala, kaki dan bulu. Untuk kepala, kaki dan bulu sudah dilakukan pemisahan dari *supplier*, namun untuk tulang dilakukan pemisahan sendiri oleh perusahaan. Tulang ayam yang sudah dipilah dari proses produksi akan dikirim kembali kepada *supplier* sehingga hal ini akan menambah biaya perusahaan untuk proses pengiriman. Padahal jumlah tulang yang ditunjukkan pada Tabel 1 ini dapat menjadi bahan baku produk samping ramah lingkungan untuk perusahaan.

Tabel 1. Jumlah tulang ayam PT XYZ

S	Jumlah Tulang Ayam (Kg) 2024					
	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
A	29.08	28.47	28.62	28.77	28.17	28.32
B	64.10	64.55	64.25	63.94	64.70	63.79
C	59.07	59.22	59.38	59.53	59.38	60.14

(Sumber: Data Perusahaan)

Selain itu ketidakefektifan juga ditunjukkan dengan adanya limbah spesifik seperti limbah B3 dan limbah anorganik yang berupa kertas/kardus, plastik, dan sisa-sisa aluminium foil. Untuk limbah spesifik ini perusahaan masih belum bisa mengolah sendiri karena mengingat limbah spesifik yang dihasilkan perusahaan sangat banyak setiap harinya.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka perusahaan perlu melakukan pengelolaan risiko untuk mengidentifikasi sumber risiko utama dan menentukan prioritas strategi mitigasi yang tepat, guna mengantisipasi risiko yang muncul. Metode yang paling tepat digunakan adalah mitigasi risiko pada *green supply chain management* (GSCM) (Sharabati, 2021). Karena perusahaan perlu tetap mempertimbangkan faktor lingkungan di setiap proses rantai pasoknya. GSCM adalah konsep yang mengintegrasikan aspek lingkungan ke dalam manajemen rantai pasokan, termasuk desain produk, sumber, pemilihan bahan baku, proses manufaktur, distribusi produk akhir ke konsumen, dan pengelolaan arus produk setelah digunakan konsumen (Tseng dkk., 2019). Metode ini merupakan kerangka kerja yang dikembangkan oleh Geraldine dan Pujawan (2009) dengan memodifikasi metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dikenal sebagai *House of Risk* (HOR), serta dalam proses pengolahan data digunakan *fuzzy logic* untuk menetapkan nilai severity dan occurrence. Sistem logika fuzzy mampu menghasilkan keputusan yang lebih objektif. Hal ini sejalan dengan pendapat Alemneh dkk., (2020) yang menyatakan bahwa logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang kurang akurat. Oleh karena itu, pendekatan logika fuzzy diperlukan dalam penelitian ini untuk memperjelas nilai-nilai yang samar.

Berkaitan dengan masalah diatas, maka diperlukan analisis mitigasi risiko pada aktivitas *green supply chain management* di PT XYZ menggunakan integrasi metode *House of Risk* (HOR) dan *fuzzy logic*. Dengan adanya analisis mitigasi risiko, perusahaan dapat mengidentifikasi dan mengukur sumber serta penyebab risiko yang perlu diprioritaskan untuk segera dilakukan tindakan mitigasi. Selain itu, juga memberikan rekomendasi alternatif tindakan yang harus diambil dalam penanganan setiap penyebab risiko GSCM oleh PT XYZ.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Supply Chain Management

Manajemen rantai pasok (*supply chain management*) adalah proses pengelolaan aliran material di sepanjang rantai pasok untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dengan biaya produk yang seefisien mungkin. (Abryandoko & Mushthofa, 2020). *Supply chain management* pertama kali diperkenalkan oleh Oliver dan Weber pada tahun 1982. Jika rantai pasok (*supply chain*) merujuk pada jaringan fisik yang melibatkan perusahaan-perusahaan dalam memasok bahan baku, memproduksi barang, dan mendistribusikannya ke konsumen akhir, maka SCM merupakan metode, alat, atau pendekatan yang digunakan untuk mengelola jaringan tersebut (Sriwana dkk., 2021).

Green Supply Chain Management

Seiring berkembangnya waktu, perhatian terhadap isu lingkungan dan keberlanjutan dalam manajemen rantai pasok (*supply chain management*) semakin mendapatkan perhatian utama dan menjadi prioritas yang harus diperhatikan oleh perusahaan. Karena kondisi seperti saat ini kelangkaan sumber daya alam dan polusi air serta udara kan menimbulkan efek bagi fauna maupun flora serta menyebabkan timbulnya berbagai macam penyakit seperti jantung anemia, kanker paru-paru dan sebagainya (Dwi Astuti dkk., 2024). Oleh karena itu dengan mengintegrasikan perspektif lingkungan kedalam manajemen rantai pasok (*supply chain management*) atau biasa disebut *green supply chain management*, akan membantu mengurangi polusi lingkungan, dan dapat memacu pertumbuhan ekonomi, sedangkan perusahaan mendapatkan kesempatan untuk menciptakan kompetitif baru dalam hal kepuasan pelanggan, citra positif yang dimiliki oleh perusahaan, peningkatan kualitas, mengurangi biaya dan risiko, dan peningkatan pelayanan diseluruh kegiatan *supply chain* yang meliputi pengidentifikasian, pengurangan dan penghilangan kegiatan proses atau sumber daya yang tidak perlukan yang menghasilkan limbah (Khan, 2019).

Supply Chain Risk Management

Supply Chain Risk Management (SCRM) adalah pendekatan yang digunakan untuk memantau risiko yang mungkin terjadi dalam jaringan rantai pasok (Rachmadhani dkk., 2024). Tujuan dari SCRM adalah untuk

mengidentifikasi potensi penyebab risiko serta mengetahui langkah-langkah yang tepat untuk menghindari kerentanan dalam rantai pasokan. (Amalina dkk., 2024).

SCOR(Supply Chain Operation Reference)

Bolstorff & Rosenbaum, (2012) menjelaskan bahwa kerangka kerja SCOR mencakup desain proses bisnis, pengukuran kinerja, perbandingan, praktik manajemen, dan keterampilan sumber daya manusia dalam satu kesatuan. Model SCOR telah memperkenalkan manajemen risiko rantai pasok atau *Supply Chain Risk Management* (SCRM) (Pettawali & Dewita, 2024). Model ini diorganisasikan ke dalam lima proses manajemen, yaitu *plan, source, make, deliver, dan return*, yang kemudian dibagi lagi ke dalam kategori proses, elemen, tugas, dan aktivitas (Marfuah & Mulyana, 2021).

Menurut Pujawan (2010) dalam Azari dkk. (2019), model Green Supply Chain Operation References (GSCOR) merupakan pengembangan dari model SCOR yang diperkenalkan oleh Supply Chain Council (SCC) sebagai model pengukuran kinerja rantai pasok. Model Green SCOR ini menambahkan berbagai pertimbangan yang berkaitan dengan aspek lingkungan di dalamnya (Andriyas, 2024).

House of risk

House of Risk (HOR) adalah integrasi dari 2 model penelitian, yaitu metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *House of Quality (HOQ)*. Model ini menggabungkan kedua pendekatan tersebut untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko dalam manajemen rantai pasok.

Dalam HOR ada terbagi atas 2 fase:

1. HOR 1, digunakan untuk mengidentifikasi agen risiko yang harus diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan.
2. HOR 2, perancangan strategi penanganan/mitigasi untuk mengatasi agen risiko yang telah teridentifikasi sebelumnya. (Rozudin & Mahbubah, 2021).

Fuzzy Logic

Sistem logika fuzzy dapat menghasilkan keputusan yang lebih adil (Nur dkk., 2024). Hal ini didukung oleh Alemneh dkk. (2020), yang menyatakan bahwa *fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Oleh

karena itu, pendekatan logika fuzzy diperlukan dalam penelitian ini untuk memperjelas nilai-nilai yang ambigu tersebut. Telah sering ditemukan bahwa faktor risiko S, O, D tidak mudah dievaluasi secara tepat. Upaya signifikan telah dilakukan untuk mengevaluasi mereka menggunakan pendekatan linguistik (Safitri dkk., 2021). Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan istilah linguistik dan bilangan fuzzy yang digunakan untuk menilai faktor risiko.

Tabel 1. *Fuzzy Rating* untuk *Severity*

Rating	Kode	Severity of Effect	Fuzzy Number
Hazardous	10	Risiko mengakibatkan gangguan yang berbahaya	(9,10,10)
Serious	9	Risiko mengakibatkan gangguan yang serius	(8,9,10)
Extreme	8	Risiko mengakibatkan gangguan yang sangat parah	(7,8,9)
Major	7	Risiko mengakibatkan gangguan yang sangat besar	(6,7,8)
Significant	6	Risiko mengakibatkan gangguan yang besar	(5,6,7)
Moderate	5	Risiko mengakibatkan gangguan yang sedang	(4,5,6)
Minor	4	Risiko mengakibatkan gangguan yang kecil	(3,4,5)
Slight	3	Risiko mengakibatkan gangguan yang sedikit	(2,3,4)
Very Slight	2	Risiko mengakibatkan gangguan yang sangat sedikit	(1,2,3)
No	1	Tidak ada Risiko	(1,1,2)

(Sumber : Wang dkk., 2009 dalam Safitri dkk., 2021)

Tabel 2 *Fuzzy Rating Occurrence*

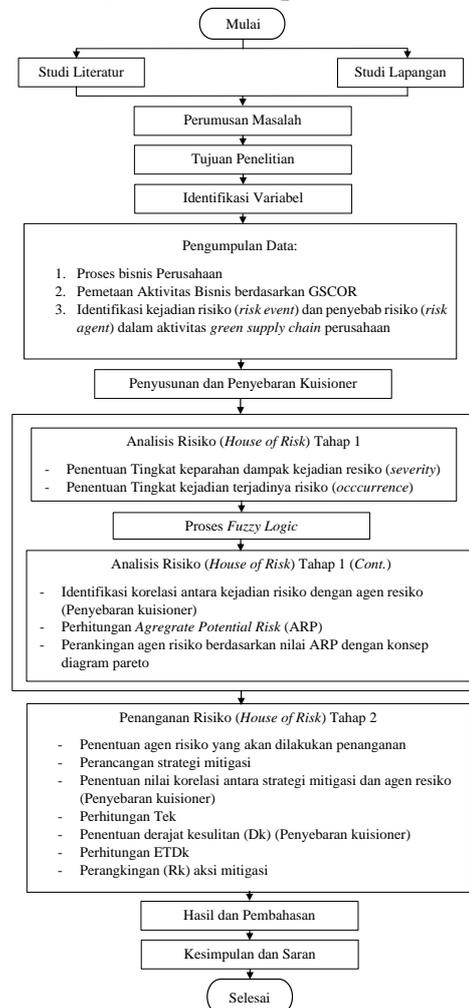
Rating	Kode	Probability of Occurance	Fuzzy Number
Almost never	1	Kemunculan penyebab risiko hampir tidak terjadi	(1,1,2)
Remote	2	Kemunculan penyebab risiko sangat jarang	(1,2,3)
Very slight	3	Kemunculan penyebab risiko sangat sedikit	(2,3,4)
Slight	4	Kemunculan penyebab risiko sedikit	(3,4,5)
Low	5	Kemunculan penyebab risiko rendah	(4,5,6)
Medium	6	Kemunculan penyebab risiko sedang	(5,6,7)
Moderately high	7	Kemunculan penyebab risiko cukup tinggi	(6,7,8)
High	8	Kemunculan penyebab risiko tinggi	(7,8,9)
Very high	9	Kemunculan penyebab risiko sangat tinggi	(8,9,10)
Almost curtain	10	Kemunculan penyebab risiko hampir selalu terjadi	(9,10,10)

(Sumber : Wang dkk., 2009 dalam Safitri dkk., 2021)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ. Untuk waktu penelitian dilakukan dari bulan September 2024 hingga data terpenuhi. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kejadian dan penyebab risiko *Green Supply Chain* di PT XYZ. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Proses bisnis pada *green supply chain* perusahaan dan pemetaan aktivitas bisnis berdasarkan GSCOR. Pengumpulan data yang dilakukan dengan studi pustaka dan studi lapangan.

Dalam penelitian terbagi menjadi 2 data yang diambil yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari pengamatan secara langsung di lokasi penelitian, wawancara kepada pihak *expert*, dan kuesioner yang berisikan daftar kejadian risiko (*risk event*) dan penyebab risiko (*risk agent*) yang akan dinilai berdasarkan tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat kemungkinan terjadi (*occurrence*). Berikut ini *flowchart* dari penelitian ini:



Gambar 1. *Flowchart*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Bisnis Perusahaan

PT XYZ memiliki aliran *supply chain* yang kompleks dalam kegiatan proses produksinya. Berikut merupakan alur proses *supply chain* PT XYZ. Dimulai dari peramalan penjualan, Peramalan Produksi, Peramalan Kebutuhan Material untuk mengatur *inventory* material. Pengadaan Material dan dilanjutkan Pembuatan Surat Pesanan Material. Dilanjutkan dengan Kedatangan Material oleh PPC, QA (*Quality Assurance*) dan IC (*Inventory Control*). Selanjutnya ke Produksi untuk mengubah *raw material* menjadi produk jadi sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Analisa Produk oleh QA (*Quality Assurance*).

Simpan oleh IC *Section* dan didistribusikan secara internal melalui *distribution center*. Dan terakhir produk siap dikirim ke konsumen.

Identifikasi Kejadian Risiko

Pengumpulan data terkait proses bisnis khususnya GSCM diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak PT XYZ yang ahli di bidangnya masing-masing. Setelah dilakukan penjabaran pada aktivitas GSCM berdasarkan SCOR model, selanjutnya akan dilakukan identifikasi risiko. Risiko yang dimaksud disini adalah kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang dapat memberikan dampak negatif atau positif terhadap suatu tujuan.

Tabel 3. Proses Bisnis *Green Supply Chain Management*

SCOR	Sub-Proses SCM	Sub-Proses GSCM
<i>Plan</i>	Peramalan Penjualan	Peramalan kebutuhan dengan mempertimbangkan dampak lingkungan
	Peramalan Produksi	Perencanaan produksi sesuai permintaan dengan efisiensi energi dan bahan baku
	Peramalan Kebutuhan Material	Peramalan kebutuhan bahan ramah lingkungan dan daur ulang, meminimasi penggunaan dan penyimpanan Bahan baku Berbahaya dan Beracun (B3)
<i>Source</i>	Pengadaan Material	Pengadaan material dari <i>supplier</i> bersertifikasi ramah lingkungan
	Pembuatan Surat Pesanan Material	Penyusunan kontrak dengan kriteria ramah lingkungan
	Kedatangan Material	Pengecekan material ramah lingkungan sesuai standar hijau
<i>Make</i>	Proses Produksi	Produksi dengan teknologi hemat energi dan limbah minim Mempertimbangkan perancangan pengemasan yang lebih ramah lingkungan
<i>Deliver</i>	Pengiriman Produk	Pengiriman dengan armada rendah emisi dan rute logistik optimal untuk mengurangi jejak karbon.
<i>Return</i>	Pengembalian Produk	Sistem pengembalian untuk mendaur ulang produk bekas atau rusak.

Analisis Risiko *House of Risk Tahap 1*

Penyusunan kuesioner dilakukan berdasarkan hasil pemetaan proses bisnis perusahaan dalam rantai pasok, dengan tujuan untuk mengidentifikasi setiap kejadian risiko (*risk event*), agen risiko (*risk agent*) beserta

nilainya, serta nilai korelasi antara kejadian risiko dan agen risiko. Penyebaran kuesioner disebarkan kepada para *expert* yang benar mengetahui keadaan dan proses bisnis perusahaan *pada supply chain* yaitu :

Tabel 4 Bobot Kepentingan Pakar

No	Jabatan	Jumlah	Bobot
1	General Manager PPIC	1	30%
2	Kepala Divisi PPC	1	20%
3	Kepala Divisi IC	1	15%
4	Kepala Divisi <i>Procurement and Exim</i>	1	15%
5	Kepala Divisi <i>Food Production 1</i>	1	20%

Penentuan bobot tiap responden ditentukan oleh pihak perusahaan. Bobot kepentingan ditentukan untuk memberikan perbedaan dalam penilaian risiko. Responden diasumsikan memiliki tingkat kepentingan yang berbeda-beda, yang disebabkan oleh perbedaan keahlian, pengetahuan, dan pengalaman dalam menangani proses green supply chain perusahaan.

Proses Fuzzy Logic

Dari hasil penilaian risiko dilakukan perhitungan peringkat fuzzy terhadap faktor *severity* dan *occurence* berdasarkan persamaan seperti dibawah ini.

$$\bar{R}_i^o = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^o = (\sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^o, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM}^o, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^o) \quad (1)$$

$$\bar{R}_i^s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^s = (\sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^s, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM}^s, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^s) \quad (2)$$

Tabel 5 Agregasi Penilaian Peringkat Fuzzy Terhadap Faktor *Severity*

Kode	Risk Event	Severity
E1	Perubahan yang signifikan dari permintaan pasar	2.05, 3.05, 4.05
E2	Kelebihan atau kekurangan persediaan.	2, 3, 4
E3	Ketergantungan pada bahan yang sulit didaur ulang atau tidak ramah lingkungan	7.65, 8.65, 9.65
E4	Supplier lokal tidak memenuhi standar ramah lingkungan atau sertifikasi hijau	5.8, 6.8, 7.8
E5	Kesalahan dalam penentuan kontrak.	5.3, 6.3, 7.3
E6	Gangguan distribusi dan pasokan daging ayam	2.5, 3.5, 4.5
E7	Material diterima tidak sesuai standar lingkungan	6.3, 7.3, 8.3
E8	Kontaminasi bahan selama transportasi	5.8, 6.8, 7.8
E9	Sumber energi terbesar untuk boiler masih bergantung pada batu bara	6.75, 7.75, 8.75
E10	Tingkat <i>Enviromental Objective Target</i> (OTP) dari kertas dan Plastik masih diatas batas rata-rata.	7.15, 8.15, 9.15
E11	Peningkatan limbah produksi dari tulang ayam	7, 8, 9
E12	Kebocoran H2SO4	8, 9, 9.7
E13	Kemasan bocor atau rusak selama proses pengemasan.	6.3, 7.3, 8.3
E14	Kesalahan cetak kemasan	3.7, 4.7, 5.7
E15	Belum optimal realisasi kemasan ramah lingkungan	6.65, 7.65, 8.65
E16	Peningkatan emisi karbon	7, 8, 9
E17	Perencanaan pengiriman yang kurang efektif.	5.55, 6.55, 7.55
E18	Mahalnya biaya pemusnahan produk	4.95, 5.95, 6.95

Berikut ini perhitungan peringkat fuzzy terhadap faktor *severity* pada *risk event* E1:

$$\bar{R}_1^s = h_1 \bar{R}_{11}^s = 30\% \times [2, 3, 4] = [0.6, 0.9, 1.2]$$

$$= h_2 \bar{R}_{12}^s = 20\% \times [2, 3, 4] = [0.4, 0.6, 0.8]$$

$$= h_3 \bar{R}_{13}^s = 15\% \times [2, 3, 4] = [0.3, 0.45, 0.6]$$

$$= h_4 \bar{R}_{14}^s = 15\% \times [1, 2, 3] = [0.15, 0.3, 0.45]$$

$$= h_5 \bar{R}_{15}^s = 20\% \times [3, 4, 5] = [0.6, 0.8, 1]$$

$$\bar{R}_1^s = \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^s = [2.05, 3.05, 4.05]$$

Dengan perhitungan yang sama maka agregasi penilaian peringkat fuzzy terhadap faktor *severity* pada semua risiko dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Berikut ini perhitungan peringkat fuzzy terhadap faktor *occurence* pada *risk agent* A1

$$\bar{R}_1^o = h_1 \bar{R}_{11}^o = 30\% \times [6,7,8] = [1.8, 2.1, 2.4]$$

$$= h_2 \bar{R}_{12}^o = 20\% \times [5,6,7] = [1, 1.2, 1.4]$$

$$= h_3 \bar{R}_{13}^o = 15\% \times [4,5,6] = [0.6, 0.75, 0.9]$$

$$= h_4 \bar{R}_{14}^o = 15\% \times [5,6,7] = [0.75, 0.9, 1.05]$$

$$= h_5 \bar{R}_{15}^o = 20\% \times [4,5,6] = [0.8, 1, 1.2]$$

$$\bar{R}_1^o = \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^o = [4.95, 5.95, 6.95]$$

Dengan perhitungan yang sama maka agregasi penilaian peringkat fuzzy terhadap

faktor *occurrence* pada semua risiko dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Agregasi Penilaian Peringkat Fuzzy Terhadap Faktor *Occurrence*

Kode	Risk Agent	Occurrence
A1	Melonjaknya permintaan akibat pro kontra perang antar negara	4.95, 5.95, 6.95
A2	Perubahan rencana produksi yang mendadak. (<i>demand</i> fluktuatif tidak sesuai tren)	7.05, 8.05, 9.05
A3	Bahan baku Berbahaya dan Beracun (B3) tidak dapat diminimasi persediaannya karena menjadi salah satu komponen vital kegiatan produksi	5.6, 6.6, 7.6
A4	Manajemen pemasok yang tidak mendukung perubahan ke arah keberlanjutan	4.45, 5.45, 6.45
A5	Miskomunikasi antara kedua belah pihak	6.25, 7.25, 8.25
A6	Rentan gagal panen ayam akibat flu burung	3.75, 4.75, 5.75
A7	<i>Supplier</i> tidak konsisten dalam menerapkan standar ramah lingkungan	4.5, 5.5, 6.5
A8	Sistem <i>quality control supplier</i> yang masih lemah	5.7, 6.7, 7.7
A9	Kendaraan pengangkut tidak memenuhi standar sanitasi	4.4, 5.4, 6.4
A10	Energi biomassa masih minim karena masih dalam tahap transisi dari masa uji coba tahun lalu	2.75, 3.75, 4.75
A11	Penggunaan kantong plastik sebagai wadah sementara	4.75, 5.75, 6.75
A12	Banyak dokumen yang masih menggunakan <i>hardcopy</i>	4.45, 5.45, 6.45
A13	Belum ada pemanfaatan limbah tulang menjadi produk bernilai tambah	6, 7, 8
A14	Kurang teliti dalam perawatan tangki H2SO4	6.5, 7.5, 8.5
A15	<i>Setting</i> mesin yang tidak tepat	6.6, 7.6, 8.6
A16	Miss Register mesin (cetak tidak presisi)	5.6, 6.6, 7.6
A17	Masuknya <i>Foreign matter</i> (benda asing) dan serangga	6.7, 7.7, 8.7

Tahap selanjutnya adalah penilaian korelasi antara kejadian risiko (*risk event*) dengan penyebab risiko (*risk agent*). Dalam penilaian korelasi antara kejadian risiko (*risk event*) dengan penyebab risiko (*risk agent*) menggunakan deskripsi skala 0,1,3,9 sebagai tanda dari masing – masing hubungan korelasi.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan *Aggregate Risk Potential* (ARP) untuk menentukan prioritas penyebab risiko yang perlu ditangani terlebih dahulu. Rumus dalam menentukan nilai *aggregate risk potential* (ARP) sebagai berikut:

$$ARP_j = O_j \sum S_i R_{ij} \tag{3}$$

Dengan menerapkan rumus tersebut, diperoleh nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) untuk Risk Agent (A1).

$$ARP_1 = O_1 \sum S_1 R_{11}$$

$$ARP_1 = 4.95, 5.95, 6.95 \times ([2.05, 3.05, 4.05] \times 3) = [30.44, 54.44, 84.44]$$

Karena nilai ARP masih berupa fuzzy, maka dilakukan *defuzzyfikasi* dengan menggunakan metode *centroid*.

$$\bar{X}_1(\tilde{A}) = \frac{a+b+c}{3} \tag{4}$$

$$ARP_1 = \frac{30.44 + 54.44 + 84.44}{3}$$

$$ARP_1 = 56,44$$

Dengan cara yang sama maka hasil *house of risk* (HOR) tahap 1 dapat dilihat pada gambar 2.

Risk Event	Risk Agent																						Severity of Risk Event (Si)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	
E1	3																						[2,95,3,05,4,05]
E2		3																					[2,3,4]
E3			9								3												[7,65,8,65,9,65]
E4				1																			[5,8,6,8,7,8]
E5					3																		[3,3,6,3,7,3]
E6						3																	[2,5,3,5,4,5]
E7							9	3															[6,3,7,8,8]
E8									9														[5,8,6,8,7,8]
E9								3		9													[6,75,7,75,8,75]
E10											9	9											[7,15,8,15,9,15]
E11												9											[7,8,9]
E12													9										[6,8,9,7]
E13														3									[6,3,7,8,8]
E14															3	9	9	9					[2,7,6,7,5,7]
E15																			3				[6,65,7,65,8,65]
E16										3										9			[7,8,9]
E17																					1		[5,55,6,55,7,55]
E18																						3	[6,95,8,95,9,95]
Occurrence of Agent	[4,95,5,95,6,95]	[7,05,8,05,9,05]	[5,6,6,7,6]	[4,45,5,45,6,45]	[6,25,7,25,8,25]	[3,75,4,75,5,75]	[4,5,5,5,6,5]	[5,1,6,7,7]	[4,4,5,4,6,4]	[2,75,3,75,4,75]	[4,75,5,75,6,75]	[4,45,5,45,6,45]	[6,7,8]	[6,5,7,5,8,5]	[6,6,7,6,8,6]	[5,6,6,6,7,6]	[5,65,6,65,7,65]	[4,55,5,55,6,55]	[5,65,6,65,7,65]	[6,45,7,45,8,45]			
Aggregate Risk of Potential	58,44	74,45	519,81	37,73	139,03	51,88	481,55	148,73	468,08	267,56	578,98	405,76	510,00	605,85	277,60	285,18	331,71	451,89	199,21	405,60	461,9	133,59	
Priority rank of agent	19	18	3	22	16	20	5	16	6	13	2	8	4	1	12	11	10	7	14	9	21	17	

Gambar 2. House Of Risk (HOR) Tahap 1

Setelah dilakukan perhitungan *Aggregate Risk Potential* maka selanjutnya akan dilakukan evaluasi risiko. Mengacu pada prinsip diagram Pareto, yaitu rasio 80%: 20%, prioritas masalah yang perlu diselesaikan adalah risiko yang memiliki persentase kumulatif hingga mencapai 80% dari peringkat nilai ARP. Penyebab risiko (*Risk Agent*) yang akan dimitigasi berdasarkan nilai ARP menggunakan diagram pareto dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto

Tabel 7. Risk Agent Dominan

Rank	Ai	Penyebab Risiko (<i>Risk Agent</i>)	ARP
1	A14	Kurang teliti dalam perawatan tangki H2SO4	605.85
2	A11	Penggunaan kantong plastik sebagai wadah sementara	578.98
3	A3	Bahan baku Berbahaya dan Beracun (B3) tidak dapat diminimasi persediaannya karena menjadi salah satu komponen vital kegiatan produksi	519.81
4	A13	Belum ada pemanfaatan limbah tulang menjadi produk bernilai tambah	510.00
5	A7	Supplier tidak konsisten dalam menerapkan standar ramah lingkungan	481.55
6	A9	Kendaraan pengangkut tidak memenuhi standar sanitasi	468.08
7	A18	Dalami (Terkelupasnya lapisan film dengan aluminium karena kurang angin , salah lem, atau penurunan kualitas raw material)	451.89
8	A12	Banyak dokumen yang masih menggunakan <i>hardcopy</i>	405.76
9	A20	Sistem transportasi yang belum ramah lingkungan	405.60
10	A17	Masuknya <i>Foreign matter</i> (benda asing) dan <i>serangga</i>	331.71
11	A16	Miss Register mesin (cetak tidak presisi)	285.18
12	A15	Setting mesin yang tidak tepat	277.60

Dari diagram pareto diatas didapatkan bahwa 12 agen risiko berkontribusi 82,68% dan 10 agen risiko berkontribusi 17,32% dari total *aggregate risk potential* (ARP). Dengan melihat tabel 7 maka diketahui bahwa dari 22 penyebab risiko terdapat 12 risiko yang paling dominan untuk dilakukan penanganan risiko dan menjadi *input* pada HOR tahap 2.

Penanganan Risiko House of Risk Tahap 2

Pada tahap ini dilakukan rancangan strategi mitigasi untuk mencegah agen risiko yang timbul pada *green supply chain* perusahaan. Rancangan strategi mitigasi yang akan dipilih nantinya juga mempertimbangkan total keefektifan dan tingkat kesulitan apabila strategi tersebut diterapkan. Untuk menentukan rancangan strategi mitigasi risiko dilakukan *brainstorming* terhadap pihak perusahaan, hal

ini bertujuan untuk memvalidasi agen risiko terhadap aksi mitigasi.

Sebelum menentukan aksi mitigasi risiko, akan ditentukan terlebih dahulu dampak atau kerugian yang ditimbulkan dari risiko yang

dominan. Berikut ini merupakan rancangan strategi mitigasi yang akan diterapkan dan diharapkan mampu meminimalisir terjadinya agen risiko.

Tabel 8. Aksi Mitigasi

Strategi Aksi Mitigasi	
PA01	Menerapkan <i>checklist</i> harian untuk inspeksi tangki dan perawatan berkala
PA02	Mengganti plastik bersertifikasi <i>food-grade</i> dan menggunakan <i>paper sack</i>
PA03	Pengoptimalan penggunaan Bahan Baku B3 serta prosedur penyimpanan yang aman
PA04	Menjadikan limbah tulang ayam sebagai produk samping yang bernilai tambah dengan biokonversi
PA05	Melakukan audit berkala
Strategi Aksi Mitigasi	
PA06	Menerapkan sanksi atau konsekuensi apabila tidak memenuhi persyaratan
PA07	Melakukan <i>autocheck</i> kondisi transportasi yang harus dipenuhi oleh kendaraan sebelum memasuki area pemuatan.
PA08	Pengoptimalan parameter mesin dan bahan baku
PA09	Pengoptimalan laporan pada aplikasi SIMPLE KLHK untuk mengurangi penggunaan dokumen <i>hardcopy</i>
PA10	Penggunaan transportasi rendah emisi atau berbasis elektrik.
PA11	Peningkatan kebersihan area produksi dan inspeksi bahan secara rutin.
PA12	Kalibrasi mesin rutin (<i>preventive maintenance</i>)
PA13	Pelatihan operator untuk pengaturan mesin yang optimal.

Setelah merancang strategi mitigasi, pada tahap ini dilakukan penentuan nilai korelasi antara strategi mitigasi risiko dan agen risiko. E_{jk} merupakan nilai korelasi antara strategi mitigasi risiko dengan agen risiko. Selanjutnya perhitungan *Total Effectiveness of Action* (TEK) dari 13 strategi mitigasi. Perhitungan *Total Effectiveness of Action* (TEK) yang diperoleh dari akumulasi hasil perkalian *aggregate risk potential* (ARP) masing-masing agen risiko yang saling berkorelasi dengan nilai korelasi yang ada. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan manual *Total Effectiveness of Action* (TEK) dengan rumus

$$TE_k = \sum ARP_i E_{jk} \tag{5}$$

$$TE_{PA01} = (ARP_{14} \times 9)$$

$$TE_{PA01} = (605.85 \times 9)$$

$$TE_{PA01} = 5452.65$$

Setelah diperoleh nilai Total Effectiveness of Action (TEK) dari setiap strategi mitigasi, selanjutnya dilakukan pembobotan terhadap tingkat kesulitan dalam melaksanakan aksi mitigasi (D_k). Nilai D_k menunjukkan tingkat kesulitan dalam

penerapan aksi mitigasi. Pembobotan tingkat kesulitan ini menggunakan skala 3, 4, dan 5. D_k dilakukan oleh *General Manager Production Planning and Inventory Control*.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai Effectiveness To Difficulty of Ratio (ETD_k). Nilai ETD_k ini menggambarkan rasio antara efektivitas aksi mitigasi dengan tingkat kesulitan dari setiap aksi mitigasi. Berikut contoh perhitungan nilai ETD_k:

$$ETD_k = TE_k / D_k \tag{6}$$

$$ETD_1 = TE_{PA01} / D_1$$

$$ETD_1 = 5452.65 / 4$$

$$ETD_1 = 1363.16$$

Setelah didapatkan nilai ETD_k, maka dapat ditentukan skala prioritas mulai dari nilai ETD nilai tertinggi hingga yang terendah. Aksi mitigasi yang memiliki nilai ETD terbesar menjadi prioritas utama yang dipilih dalam penanganan risiko untuk direkomendasikan pada perusahaan. Setelah semua perhitungan HOR 2 selesai maka hasilnya akan di *input* pada kerangka model HOR Tahap 2. Adapun hasil HOR Tahap 2 ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini:

Risk Agent	Preventive Action (PA)													ARFj
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	
A14	9													605.85
A11		9												578.975
A3			3											519.81
A13				9										510
A7					3	3								481.55
A9							9							468.08
A18								3						451.8875
A12									9					405.7575
A20										3				405.6
A17											9			331.71
A16												9		285.18
A15													3	277.6
Total Effectiveness of Action (TEK)	5452.65	5210.82	1559.43	4590	1444.65	1444.65	4212.72	1355.67	3651.84	1216.8	2985.39	2566.62	832.8	
Degree of Difficulty Performing Action (Dk)	4	4	4	3	3	5	5	4	3	5	3	3	3	
Effectiveness To Difficulty of Ratio (ETDk)	1363.16	1302.71	389.86	1530.00	481.55	288.93	842.54	338.92	1217.28	243.36	995.13	855.54	277.60	
Rank of Priority	2	3	9	1	8	11	7	10	4	13	5	6	12	

Gambar 4. Hasil HOR Tahap 2

Dari hasil perhitungan nilai ETDk sebelumnya dan juga hasil dari *House Of Risk* tahap 2, maka tahap selanjutnya akan dilakukan perankingan aksi mitigasi. Perankingan ini dilakukan

berdasarkan tingkat keefektifan dan tingkat kesulitan implementasi. Untuk menentukan perankingan (Tabel 9) dilihat dari nilai ETDk yang terbesar.

Tabel 9. Rekap hasil evaluasi aksi mitigasi

PA	Strategi Mitigasi	TEK	Dk	ETDk	Rk
PA04	Menjadikan limbah tulang ayam sebagai produk samping yang bernilai tambah dengan biokonversi	4590	3	1530.00	1
PA01	Menerapkan <i>checklist</i> harian untuk inspeksi tangki dan perawatan berkala	5452.65	4	1363.16	2
PA02	Mengganti plastik bersertifikasi <i>food-grade</i> dan menggunakan <i>papper sack</i>	5210.82	4	1302.71	3
PA09	Pengoptimalan laporan pada aplikasi SIMPLE KLHK untuk mengurangi penggunaan dokumen <i>hardcopy</i>	3651.84	3	1217.28	4
PA11	Peningkatan kebersihan area produksi dan inspeksi bahan secara rutin.	2985.39	3	995.13	5
PA12	Kalibrasi mesin rutin (<i>preventive maintenance</i>)	2566.62	3	855.54	6
PA07	Melakukan <i>autocheck</i> kondisi transportasi yang harus dipenuhi oleh kendaraan sebelum memasuki area pemuatan	4212.72	5	842.54	7
PA05	Melakukan audit berkala	1444.65	3	481.55	8
PA03	Pengoptimalan penggunaan Bahan Baku B3 serta prosedur penyimpanan yang aman	1559.43	4	389.86	9
PA08	Pengoptimalan parameter mesin dan bahan baku	1355.67	4	338.92	10
PA06	Menerapkan sanksi atau konsekuensi apabila tidak memenuhi persyaratan	1444.65	5	288.93	11
PA13	Pelatihan operator untuk pengaturan mesin yang optimal.	832.8	3	277.60	12
PA10	Penggunaan transportasi rendah emisi atau berbasis elektrik.	1216.8	5	243.36	13

Berdasarkan hasil evaluasi rancangan mitigasi di atas, diperoleh peringkat untuk setiap aksi mitigasi. Semakin tinggi peringkat aksi mitigasi, semakin besar pengaruhnya. Hal

ini dapat dilihat dari besarnya nilai rasio efektivitas terhadap tingkat kesulitan (ETD).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa pada tahap 1 *House of Risk* (HOR), telah dilakukan identifikasi risiko *green supply chain management* pada aktivitas *plan, source, make, deliver, dan return*. Dari hasil identifikasi tersebut, ditemukan 18 kejadian risiko yang disebabkan oleh 22 agen risiko. Berdasarkan konsep diagram Pareto, terdapat 12 agen risiko prioritas yang perlu dilakukan mitigasi. Dari hasil *House of Risk* Tahap 2, diperoleh 13 aksi mitigasi risiko yang dapat menjadi solusi untuk meminimalkan terjadinya agen risiko prioritas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abryandoko, E. W., & Mushthofa, M. (2020). Strategi mitigasi resiko supply chain dengan metode House of Risk. *Rekayasa sipil, 14*(1), 26–34.
- Alemneh, E., Senouci, S.-M., & Messous, M.-A. (2020). An energy-efficient adaptive beaconing rate management for pedestrian safety: A fuzzy logic-based approach. *Pervasive and Mobile Computing, 69*, 101285. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101285>
- Amalina, N. N., Liputra, D. T., & Heryanto, R. M. (2024). Analisis Penyebab Risiko pada Rantai Pasok Darah di Masa Pandemi COVID-19 Menggunakan Model Supply Chain Operations Reference (SCOR) dan Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11*(1), 65–76.
- Andriyas Puji, A. (2024). Pemetaan, Pengendalian Dan Sistem Pendukung Keputusan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Proses Bisnis PT. XYZ. *JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI, 11*(2). <https://doi.org/10.24853/jisi.11.2.145-158>
- Dwi Astuti, R., Sekar Jatiningrum, W., Dahlan Yogyakarta, A., Bantul, K., Yogyakarta, D., Studi Pendidikan Matematika, P., & Ahmad Dahlan Yogyakarta, U. (2024). Faktor Yang Berperan Dalam Mendorong Minat Pembelian Popok Ramah Lingkungan. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11*(2). <https://doi.org/10.24853/jisi.11.2.213-226>
- Khan, S. A. R. (2019). *Green Practices and Strategies in Supply Chain Management*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79112>
- Marfuah, U., & Mulyana, A. (2021). Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Pada Pt. Sip Dengan Pendekatan Scor Dan Analysis Hierarchy Process (Ahp). *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 8*(2), 25. <https://doi.org/10.24853/jisi.8.2.25-33>
- Munir, M., Jajja, M. S. S., Chatha, K. A., & Farooq, S. (2020). Supply chain risk management and operational performance: The enabling role of supply chain integration. *International Journal of Production Economics, 227*, 107667. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107667>
- Nur, M., Muslim, I., Fitri Ikatinasari, Z., & Prabowo, H. A. (2024). Penentuan Prioritas Usulan Peningkatan Kualitas Layanan Kekayaan Intelektual dengan Penggunaan Metode Fuzzy ServQual dan Importance Performance Analysis. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11*. <https://doi.org/10.24853/jisi.11.1.44-56>
- Pettawali, A. F. L., & Dewita, H. (2024). Analisis Risiko Rantai Pasok Bahan Baku Dalam Memenuhi Permintaan Konsumen Pada Industri Pertambangan Andesit Di Cilegon. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11*(2), 191–212.
- Rachmadhani, M. M., Rian Histiari, A., Kayatun, S. N., Arief, M., Wahyudien, N., & Ahistasari, A. (2024). Analisis Manajemen Risiko Aset pada Biro Administrasi Akademik dan Kemahasiswaan Universitas Muhammadiyah Sorong. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11*(2). <https://doi.org/10.24853/jisi.11.2.171-182>
- Rozudin, M., & Mahbubah, N. A. (2021). Implementasi Metode House Of Risk Pada Pengelolaan Risiko Rantai Pasokan Hijau Produk Bogie S2hd9c (Studi Kasus: PT Barata Indonesia). *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 8*(1), 1. <https://doi.org/10.24853/jisi.8.1.1-11>
- Safitri, K. I., Dahda, S. S., & Widyaningrum, D. (2021). Analisis Dan Mitigasi Risiko Menggunakan House Of Risk Dan Fuzzy

- Logic Pada Rantai Pasok PT. Petronika. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 2(1), 16–33.
- Sharabati, A.-A. A. (2021). Green Supply Chain Management and Competitive Advantage of Jordanian Pharmaceutical Industry. *Sustainability*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313315>
- Sriwana, I. K., Hijrah S, N., Suwandi, A., & Rasjidin, R. (2021). pengukuran kinerja rantai pasok menggunakan supply chain operations reference (SCOR) di ud. ananda. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 8(2), 13. <https://doi.org/10.24853/jisi.8.2.13-24>
- Sundana, S., & Risdiyanti, Y. (2019). Analisis Pemilihan Supplier Case A Yang Optimal Di Pt. Abc. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(2). <https://doi.org/10.24853/jisi.6.2.93-106>
- Tseng, M.-L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., & Afrin, S. (2019). *A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. Resources, Conservation and Recycling*, 141, 145–162.