

MITIGASI RISIKO DALAM RANTAI PASOK BIOSOLAR DI PULAU JAWA MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA) DAN *ROOT CAUSE ANALYSIS* (RCA)

Marsha Fazira Firdausy¹, Nano Koes Ardhiyanto^{2*}

¹Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38 Mentul Karangboyo, Cepu Blora, Jawa Tengah, 58312

*E-mail: nano.ardhiyanto@esdm.go.id

ABSTRAK

Transformasi energi nasional di Pulau Jawa saat ini menuntut pengembangan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya melalui peningkatan penggunaan *biofuel* seperti biosolar. Implementasi program biosolar secara bertahap dari B20 hingga B40 telah menjadi langkah strategis untuk mendukung target bauran energi dan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Namun, proses distribusi dan pengelolaan biosolar di Pulau Jawa menghadapi berbagai risiko yang dapat menghambat kelancaran rantai pasok, seperti keterlambatan pengiriman, keterbatasan stok, dan gangguan logistik, yang berpotensi menurunkan efisiensi serta keberlanjutan program ini. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko tersebut secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko utama dalam rantai pasok biosolar di Pulau Jawa dari tahap hulu hingga hilir. Metode yang digunakan meliputi pemetaan proses dengan model *Supply Chain Operations Reference* (SCOR), analisis risiko menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta *Root Cause Analysis* (RCA) untuk menemukan akar penyebab risiko. Hasil analisis menunjukkan tiga risiko kritis, yaitu keterlambatan pasokan *crude oil* (RPN 150), keterlambatan pengembangan proyek (RPN 120), dan penurunan produktivitas CPO (RPN 105), yang ditangani dengan strategi mitigasi seperti pengembangan rute distribusi alternatif dan digitalisasi perizinan.

Kata kunci: Biosolar, *Failure Mode and Effect Analysis*, Mitigasi risiko, *Root Cause Analysis*

1. PENDAHULUAN

Transformasi energi menuju sumber yang lebih bersih dan berkelanjutan menjadi agenda strategis pemerintah Indonesia dengan target kontribusi energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% dalam bauran energi nasional pada tahun 2025. Salah satu langkah penting dalam mendukung target ini adalah implementasi program biosolar, yaitu bahan bakar campuran antara solar konvensional dan biodiesel berbasis minyak nabati (FAME), seperti B20 hingga B40. Biosolar dianggap lebih ramah lingkungan dan berbasis sumber daya domestik, namun implementasinya menghadapi tantangan serius dalam aspek logistik dan manajemen rantai pasok. Rantai pasok biosolar yang kompleks mulai dari pengadaan CPO, produksi FAME, blending di terminal bahan bakar, hingga distribusi ke SPBU, berpotensi mengalami gangguan seperti keterlambatan pengiriman, ketidaksesuaian regulasi, serta keterbatasan infrastruktur [1], [2].

Supply Chain Management (SCM) menjadi pendekatan penting dalam mengelola aliran barang, informasi, dan keuangan dari hulu ke hilir agar efisien dan responsif terhadap permintaan. Model *Supply Chain Operations Reference* (SCOR) digunakan untuk memetakan dan mengevaluasi kinerja rantai pasok melalui enam proses utama yaitu *Plan, Source, Make, and Deliver*. Studi menunjukkan bahwa model SCOR efektif dalam mengukur kinerja rantai pasok

biodiesel di industri tambang, terutama pada dimensi responsiveness, cost, dan reliability [3]. Penelitian lain oleh Sonder dkk mengenai praktik Green SCOR dan ISO 14001 dalam rantai pasok kelapa sawit menegaskan bahwa sertifikasi dan praktik ramah lingkungan dapat meningkatkan keberlanjutan rantai pasok [4].

Dalam mengelola risiko pada rantai pasok biosolar, metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan memprioritaskan potensi kegagalan berdasarkan tiga parameter utama yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Nilai-nilai ini dikalkulasikan menjadi *Risk Priority Number* (RPN) yang menunjukkan tingkat prioritas penanganan risiko [5]. Untuk memperkuat analisis, digunakan pula metode *Root Cause Analysis* (RCA), yang bertujuan menggali akar penyebab dari risiko-risiko prioritas agar solusi mitigasi yang dihasilkan tidak hanya bersifat sementara, tetapi sistematis dan berkelanjutan [6]. Beberapa penelitian telah membahas roadmap atau model rantai pasok *biofuel/palm oil* [7],[8] namun sebagian besar belum mengintegrasikan SCOR, FMEA, dan RCA secara utuh dalam konteks biosolar di Jawa.

Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah membahas manajemen dan analisis risiko dalam rantai pasok bioenergi menggunakan pendekatan seperti SCOR dan FMEA, penerapannya masih bersifat parsial dan belum terintegrasi secara menyeluruh. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam hal integrasi metode SCOR, FMEA, dan RCA ke dalam satu kerangka kerja analisis yang mampu mengidentifikasi, mengevaluasi, serta menelusuri akar penyebab risiko secara simultan dan sistematis. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada penggabungan tiga metode tersebut (SCOR–FMEA–RCA) untuk membentuk model analisis risiko rantai pasok biosolar yang bersifat holistik, terukur, dan berbasis data empiris. Pendekatan ini tidak hanya memetakan aktivitas dan menilai tingkat risiko, tetapi juga menggali akar penyebab risiko prioritas untuk menghasilkan strategi mitigasi yang aplikatif dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini berfokus pada konteks geografis spesifik Pulau Jawa, yang selama ini belum banyak dikaji, meskipun wilayah ini menjadi pusat konsumsi dan distribusi energi terbesar di Indonesia. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan model manajemen risiko rantai pasok energi terbarukan sekaligus menawarkan rekomendasi praktis bagi industri dan pembuat kebijakan dalam memperkuat ketahanan distribusi biosolar nasional.

2. METODE

Penelitian ini berfokus pada implementasi mitigasi risiko dalam rantai pasok biosolar di Pulau Jawa dengan tujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memitigasi risiko yang muncul di setiap tahapan proses, mulai dari hulu hingga hilir. Subjek penelitian ini adalah rantai pasok biosolar di Pulau Jawa yang mencakup seluruh entitas yang terlibat dalam proses distribusi, pencampuran, penyimpanan, dan penyaluran biosolar, mulai dari sektor hulu hingga hilir. Objek penelitian difokuskan pada jenis-jenis risiko yang muncul dalam rantai pasok biosolar serta strategi mitigasi yang dapat diterapkan.

Penelitian ini bersifat kuantitatif, menggunakan pendekatan numerik untuk mengukur tingkat risiko berdasarkan parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang dikalkulasi menjadi RPN. Data dengan RPN tertinggi kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode RCA guna menemukan akar penyebab dan merumuskan solusi mitigasi yang efektif.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui wawancara dan pengisian kuesioner kepada para ahli (*expert judgement*) yang terlibat dalam rantai pasok biosolar, antara lain dari sektor eksplorasi *crude oil*, *refinery* unit solar, pabrik kelapa sawit, *refinery* unit biodiesel, *fuel terminal*, dan ritel SPBU. Data ini mencerminkan kondisi aktual dan permasalahan nyata yang terjadi dalam

sistem distribusi dan penyimpanan biosolar di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber yang telah tersedia sebelumnya, meliputi laporan perusahaan, hasil audit penyimpanan, literatur akademik, pedoman teknis, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penerapan metode SCOR, FMEA, dan RCA pada sektor migas dan energi. Beberapa referensi utama yang digunakan membahas manajemen risiko rantai pasok energi berbasis integrasi metode analisis risiko [9-10].

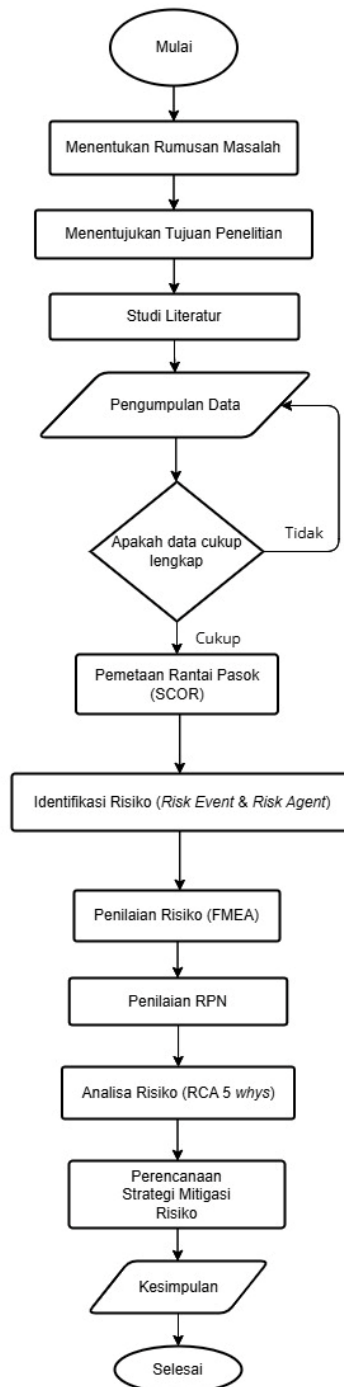
Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu studi lapangan (*field research*) dan studi kepustakaan (*library research*). Studi lapangan dilakukan terlebih dahulu untuk memperoleh data primer secara langsung melalui wawancara dengan narasumber berkompeten dan observasi proses di lapangan. Tujuannya adalah menggali informasi faktual terkait kondisi aktual, kendala operasional, serta potensi risiko di setiap tahap rantai pasok biosolar. Selanjutnya, studi kepustakaan dilakukan untuk menghimpun dan mengkaji sumber tertulis yang relevan dengan fokus penelitian, terutama yang membahas risiko rantai pasok biosolar serta penerapan metode FMEA dan RCA. Pendekatan ini digunakan untuk memperkuat dasar teoritis dan memperluas cakupan analisis.

Instrumen pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas panduan wawancara (*interview guide*), dan formulir penilaian FMEA. Panduan wawancara digunakan untuk menggali informasi terkait proses operasional, alur distribusi, serta kendala yang berpotensi menimbulkan risiko. Lembar observasi digunakan untuk mencatat kondisi aktual di lapangan, termasuk kegiatan penyimpanan dan pengangkutan biosolar. Sementara formulir penilaian FMEA digunakan untuk memberikan penilaian kuantitatif terhadap setiap potensi risiko dengan skala 1–10 pada tiga parameter utama, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, sehingga dapat dihitung nilai RPN.

Tahapan analisis data dilakukan secara sistematis dan terstruktur dengan mengintegrasikan metode SCOR, FMEA, dan RCA seperti tampak pada Gambar 1. Adapun langkah-langkah analisis yang dilakukan meliputi pemetaan proses rantai pasok berdasarkan data hasil wawancara menggunakan model SCOR yang mencakup lima elemen utama *Plan*, *Source*, *Make*, *Deliver*, dan *Return* untuk memetakan hubungan antar entitas dalam sistem distribusi biosolar, dilanjutkan dengan identifikasi *risk event* dan *risk agent* pada setiap aktivitas rantai pasok untuk mengetahui potensi risiko dan dampak yang ditimbulkan. Langkah ketiga adalah penilaian risiko dengan metode FMEA, yaitu menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk setiap potensi kegagalan. Berikutnya adalah perhitungan RPN untuk menentukan tingkat prioritas risiko, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{RPN} = S \times O \times D \quad (1)$$

Langkah selanjutnya adalah pengurutan dan seleksi risiko prioritas, di mana risiko dengan nilai RPN tertinggi ditetapkan sebagai fokus utama mitigasi. Dilanjutkan analisis akar penyebab (RCA) menggunakan pendekatan 5 *Whys* untuk menemukan akar penyebab risiko. Kemudian dilakukan perancangan strategi mitigasi yang meliputi tindakan preventif dan korektif sesuai hasil RCA. Terakhir penyusunan rekomendasi implementasi dan pemantauan untuk memastikan strategi mitigasi dapat diterapkan dan dievaluasi secara berkelanjutan.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. PEMBAHASAN

Industri minyak dan gas bumi (migas) merupakan sektor strategis dalam pemanfaatan sumber daya alam berskala global yang bersifat padat modal, padat teknologi, dan berisiko tinggi. Kegiatan migas terbagi menjadi tiga kategori utama, yaitu kegiatan hulu (*upstream*), hilir (*downstream*), dan penunjang. Kegiatan hulu mencakup eksplorasi dan produksi melalui survei geologi, geofisika, pengeboran, serta pengelolaan reservoir. Kegiatan hilir meliputi pengolahan (*refinery*) minyak mentah dan *crude palm oil* menjadi biodiesel, pengelolaan *fuel*

terminal, serta distribusi melalui ritel SPBU. Adapun kegiatan penunjang berfungsi mendukung operasional utama, baik dari aspek teknis maupun nonteknis.

Proses identifikasi dalam penelitian ini diawali dengan pemetaan aktivitas rantai pasok menggunakan model SCOR yang mencakup empat aktivitas utama yaitu *plan*, *source*, *make*, dan *deliver*. Pemetaan pada Tabel 1 dilakukan berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber ahli untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai aliran proses rantai pasok biosolar. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa penerapan model SCOR dapat mengidentifikasi titik-titik kritis pada rantai pasok energi terbarukan, khususnya dalam aspek efisiensi logistik dan koordinasi pasokan [1],[10].

Tabel 1 Hasil Pemetaan SCOR

No	SCOR	Aktivitas
Ekplorasi Produksi Crude oil		
1	<i>Plan</i>	Perencanaan dan pemantauan kesinambungan pasokan crude oil
2	<i>Make</i>	Optimalisasi dan pemeliharaan sistem produksi crude oil
3	<i>Make</i>	Perencanaan dan pengembangan proyek produksi
Refinery Unit Solar		
1	<i>Source</i>	Pengadaan dan manajemen pemasok crude oil
2	<i>Make</i>	Penjadwalan dan pengendalian produksi solar
3	<i>Make</i>	Penyesuaian target produksi berdasarkan permintaan
Pabrik Kelapa Sawit		
1	<i>Make</i>	Pengelolaan produksi CPO di pabrik kelapa sawit
2	<i>Make</i>	Distribusi CPO ke unit produksi
3	<i>Deliver</i>	Transportasi CPO ke unit biodiesel
Refinery Unit Biodiesel		
1	<i>Plan</i>	Evaluasi kebutuhan transportasi logistik
2	<i>Make</i>	Operasionalisasi unit produksi biodiesel
3	<i>Make</i>	Penyesuaian target produksi biodiesel
4	<i>Deliver</i>	Pengiriman biodiesel ke terminal
Fuel Terminal		
1	<i>Plan</i>	Penyesuaian alokasi pasokan BBM
2	<i>Plan</i>	Penyesuaian alokasi pasokan BBM
3	<i>Source</i>	Pengadaan moda transportasi bahan bakar
4	<i>Make</i>	Pengelolaan persediaan fuel blend di terminal
5	<i>Deliver</i>	Pengiriman fuel blend dari terminal ke SPBU
Ritel SPBU		
1	<i>Plan</i>	Evaluasi kebutuhan subsidi biosolar
2	<i>Plan</i>	Perencanaan dan pelaksanaan distribusi subsidi
3	<i>Source</i>	Manajemen persediaan cadangan (<i>buffer stock</i>)

Berdasarkan pemetaan tersebut, dilakukan identifikasi risiko menggunakan pendekatan FMEA seperti pada Tabel 2. Setiap aktivitas dalam rantai pasok dianalisis untuk menemukan potensi kegagalan, yang kemudian diberi skor dengan cara perhitungan tiga parameter utama: *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemudahan deteksi) dengan Pers. (1). Hasil penilaian ini digunakan untuk menghitung RPN, yang menjadi indikator prioritas penanganan risiko.

Tabel 2 Penilaian FMEA dan RPN

No	SCOR	Aktivitas	Risk Event	Risk Agent	O	S	D	RPN
Ekplorasi Produksi Crude oil								
1	Plan	Perencanaan dan pemantauan kesinambungan pasokan crude oil	Keberlanjutan supply crude oil terganggu	Ketergantungan impor Fluktuasi harga minyak Ketidakstabilan geopolitik	4	7	1	28
2	Make	Optimalisasi dan pemeliharaan sistem produksi crude oil	Produksi Crude oil menurun	Sumur tua Gangguan peralatan Kurangnya tenaga teknis	3	4	3	36
3	Make	Perencanaan dan pengembangan proyek produksi	Keterlambatan project development	Proses perizinan lambat Hambatan pengadaan lahan Keterbatasan investasi	5	8	3	120
Refinery Unit Solar								
1	Source	Pengadaan dan manajemen pemasok crude oil	Keterlambatan supply crude oil	Gangguan cuaca ekstrem Kendala logistik Ketergantungan pada satu sumber	3	10	5	150
2	Make	Penjadwalan dan pengendalian produksi solar	Keterlambatan produksi solar oleh ru	Gangguan teknis kilang Pasokan bahan baku tidak stabil	4	10	1	40
3	Make	Penyesuaian target produksi berdasarkan permintaan	Perubahan target produksi saat periode berjalan	Fluktuasi permintaan	8	6	2	96
Pabrik Kelapa Sawit								
1	Make	Pengelolaan produksi CPO di pabrik kelapa sawit	Produktifitas CPO menurun	Serangan hama Cuaca ekstrem Mutu tandan buah segar rendah	3	5	7	105
2	Make	Distribusi CPO ke unit produksi	Kendala kemampuan keberlanjutan produksi CPO	Monopoli pemasok	2	6	3	36
3	Deliver	Transportasi CPO ke unit biodiesel	Keterlambatan pengiriman CPO	Infrastruktur jalan rusak Armada terbatas Antrian bongkar muat	2	4	5	40
Refinery Unit Biodiesel								
1	Plan	Evaluasi kebutuhan transportasi logistik	Perubahan mendadak kebutuhan transportasi	Lonjakan permintaan Keterbatasan kendaraan Rute distribusi padat	3	2	1	6
2	Make	Operasionalisasi unit produksi biodiesel	Kendala kemampuan produksi produk biodiesel	Kegagalan peralatan Ketiadaan bahan kimia pendukung	3	7	1	21
3	Make	Penyesuaian target produksi biodiesel	Tidak terpenuhinya target produksi biodiesel	Pasokan CPO tidak memenuhi standar	5	2	3	30
4	Deliver	Pengiriman biodiesel ke terminal		Keterlambatan loading	4	3	1	12

			Keterlambatan pengiriman <i>bio-diesel</i>	Cuaca buruk				
				Kemacetan rute				
Fuel Terminal								
1	Plan	Penyesuaian alokasi pasokan BBM	Pencapaian target volume <i>supply</i> bio-solar dibawah alokasi	Kuota distribusi dikurangi	3	5	2	30
				Ketidaktepatan realisasi subsidi				
				Sistem distribusi tidak efisien				
2	Source	Pengadaan moda transportasi bahan bakar	Transportasi <i>supply</i> reguler solar tidak sesuai rencana	Gangguan teknis kendaraan	3	3	1	9
3	Make	Pengelolaan persediaan <i>fuel blend</i> di terminal	Tidak tersedia produk <i>fuel blend</i> di fuel terminal	Keterlambatan produksi	1	5	2	10
				Kegagalan integrasi sistem stok				
				Stok habis tidak terdeteksi				
4	Deliver	Pengiriman <i>fuel blend</i> dari terminal ke SPBU	Keterlambatan pengiriman pesanan <i>fuel blend</i> (bio-solar)	Konflik jadwal pengiriman	4	5	2	40
				Kekurangan armada				
				Dokumen pengiriman tidak lengkap				
Ritel SPBU								
1	Plan	Evaluasi kebutuhan subsidi biosolar	Pemenuhan kebutuhan BBM <i>fuel blend</i> (biosolar) subsidi masih kurang	Volume subsidi tidak mencukupi	3	5	1	15
				Ketimpangan data konsumsi				
				Distribusi tidak merata				
2	Plan	Perencanaan dan pelaksanaan distribusi subsidi	Susah mendapatkan <i>fuel blend</i> (bio-solar) subsidi	Terbatasnya SPBU penyalur	3	3	3	27
				SPBU tidak siap operasional				
				Distribusi tidak merata				
3	Source	Manajemen persediaan cadangan (<i>buffer stock</i>)	Kehabisan produk <i>fuel blend</i> (biosolar) subsidi	Tidak adanya buffer stock	3	3	3	27
				Lonjakan konsumsi				
				Pasokan dari terminal tertunda				

Berdasarkan hasil perhitungan RPN, ditemukan bahwa risiko tertinggi terdapat pada pengadaan dan manajemen pemasok *crude oil di unit refinery*, dengan RPN sebesar 150. Risiko ini disebabkan oleh gangguan cuaca ekstrem, kendala logistik, dan ketergantungan terhadap satu sumber pasokan. Risiko kritis lainnya adalah keterlambatan pengembangan proyek eksplorasi migas (RPN 120) akibat lambatnya proses perizinan dan keterbatasan investasi, serta penurunan produktivitas CPO di pabrik kelapa sawit (RPN 105) yang disebabkan oleh serangan hama, cuaca ekstrem, dan rendahnya mutu tandan buah segar. Selain itu, fluktuasi permintaan terhadap produk juga memengaruhi penyesuaian produksi, terutama pada tahap *refinery* solar yang memiliki RPN sebesar 96. Risiko-risiko ini menjadi prioritas utama karena berdampak besar terhadap kelangsungan distribusi biosolar secara nasional.

Temuan ini selaras dengan hasil penelitian oleh Tedy Wachyudi, 2018 yang menunjukkan bahwa gangguan cuaca dan ketergantungan pasokan tunggal merupakan risiko dominan dalam

rantai pasok biodiesel di Asia Tenggara [3]. Selain itu, penelitian oleh Lestari dkk, 2025 juga menekankan pentingnya keberagaman sumber bahan baku dan integrasi logistik dalam produksi *green fuel* berbasis minyak sawit [7]. Dalam konteks penelitian ini, risiko tersebut terbukti memiliki dampak signifikan terhadap keberlanjutan distribusi biosolar nasional, terutama karena proses distribusi *crude oil* dan biodiesel sangat tergantung pada infrastruktur transportasi laut dan darat yang rentan terhadap gangguan eksternal.

Pada bagian ini, dilakukan penyusunan strategi mitigasi risiko sebagai upaya memberikan rekomendasi dan pertimbangan yang dapat digunakan oleh perusahaan di masa mendatang. Tujuan dari strategi ini adalah untuk meminimalkan potensi kerugian akibat risiko yang mungkin terjadi dalam proses rantai pasok. Penyusunan strategi mitigasi dilakukan dengan mengidentifikasi terlebih dahulu penyebab utama dari setiap risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi, kemudian dilanjutkan dengan merumuskan langkah-langkah perbaikan yang dapat dilakukan sebagai bentuk mitigasi terhadap penyebab tersebut.

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa risiko keterlambatan *supply crude oil* merupakan hasil dari serangkaian faktor yang saling berkaitan. Risiko ini berawal dari ketidaktepatan waktu pengiriman *crude oil*, yang disebabkan oleh kendala logistik dalam proses distribusi. Hambatan tersebut bersumber dari gangguan teknis yang terjadi selama distribusi, yang pada gilirannya dipicu oleh kondisi cuaca ekstrem. Situasi ini semakin diperburuk oleh ketiadaan rencana cadangan (*contingency plan*) yang dapat diimplementasikan saat terjadi gangguan akibat cuaca. Hasil ini mendukung sesuai temuan penelitian terdahulu bahwa faktor eksternal seperti cuaca dan keterbatasan transportasi berperan besar dalam ketidakstabilan distribusi bahan bakar nabati [5].

Tabel 3. Analisa Risiko Keterlambatan Supply Crude Oil

<i>Risk</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
Keterlambatan <i>supply crude oil</i>	Pengiriman <i>crude oil</i> tidak tepat waktu	Terdapat kendala logistik	Proses distribusi mengalami hambatan teknis	Cuaca ekstrem menyebabkan keterlambatan	Tidak adanya rencana cadangan distribusi saat terjadi gangguan cuaca

Sebagai langkah mitigasi terhadap risiko tersebut, terdapat beberapa usulan strategis yang dapat diterapkan ke depan, antara lain menyusun dan menerapkan *contingency plan* distribusi, termasuk rute alternatif dan penyedia logistik cadangan untuk menghadapi cuaca ekstrem. Selain itu juga menjalin kemitraan dengan penyedia logistik yang fleksibel dan berkapasitas tinggi guna memastikan kelancaran distribusi saat terjadi gangguan.

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa risiko keterlambatan project development merupakan hasil dari serangkaian faktor yang saling berkaitan, yakni lambatnya proses perizinan, hambatan dalam pengadaan lahan, dan keterbatasan investasi. Perizinan lambat disebabkan oleh proses birokrasi yang rumit dan koordinasi antar instansi yang belum optimal. Kondisi ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya bahwa risiko administratif dan tumpang tindih kebijakan menjadi hambatan utama dalam pengembangan rantai pasok biodiesel di Indonesia [2]. Di sisi lain, pengadaan lahan terkendala oleh status kepemilikan lahan yang belum jelas dan kurangnya data kepemilikan yang terintegrasi, yang kemudian berujung pada sengketa antara pemilik lahan dan pemerintah. Sementara itu, keterbatasan investasi terjadi karena kurangnya insentif dari pemerintah, minimnya jaminan proyek, serta persepsi risiko yang tinggi dari pihak investor. Semua hal tersebut pada akhirnya menciptakan keterlambatan secara menyeluruh dalam pengembangan proyek. Sebagai langkah mitigasi terhadap risiko tersebut, terdapat beberapa

usulan strategis yang dapat diterapkan ke depan, antara lain menyederhanakan prosedur perizinan melalui digitalisasi dan sistem perizinan terpadu, dan mempercepat validasi serta integrasi data kepemilikan lahan melalui sistem informasi pertanahan digital.

Tabel 4. Analisa Risiko Keterlambatan *Project Development*

<i>Risk</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
Keterlambatan <i>project development</i>	Proses perizinan lambat, pengadaan lahan terhambat, dan investasi terbatas	Prosedur rumit, lahan belum jelas, minat investor rendah	Kurangnya koordinasi antar instansi dan sengketa kepemilikan lahan	Regulasi tumpang tindih dan konflik lahan	Minimnya reformasi kebijakan dan insentif investasi

Berdasarkan hasil analisis akar penyebab diketahui bahwa risiko penurunan produktivitas CPO merupakan akibat dari serangkaian faktor yang saling berkaitan, seperti tampak pada Tabel 5. Risiko ini berawal dari menurunnya hasil panen tandan buah segar (TBS), yang dipicu oleh ketidakoptimalan pertumbuhan dan pembuahan tanaman kelapa sawit. Ketidakoptimalan ini terjadi karena tanaman mengalami stres dan penurunan kesehatan. Lebih lanjut, kondisi tersebut disebabkan oleh praktik pemupukan dan pengairan yang tidak memadai. Akar masalah dari situasi ini adalah keterbatasan anggaran operasional serta kurangnya tenaga kerja terlatih di lapangan. Kombinasi faktor-faktor tersebut menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas yang berdampak langsung pada efisiensi produksi dan kinerja operasional perusahaan secara keseluruhan. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian oleh Sonder dkk, 2025 yang menunjukkan bahwa kelemahan pada pengelolaan lingkungan dan tenaga kerja berpengaruh langsung terhadap stabilitas pasokan bahan baku biodiesel [10]. Sebagai langkah mitigasi terhadap risiko ini, beberapa strategi dapat diterapkan, antara lain meningkatkan alokasi anggaran operasional guna menjamin pemupukan dan irigasi berjalan sesuai standar dan memberikan pelatihan teknis kepada tenaga kerja untuk meningkatkan efisiensi budidaya.

Tabel 5. Analisa Risiko Produktifitas CPO Menurun

<i>Risk</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
Produktivitas CPO Menurun	Hasil panen tandan buah segar (TBS) menurun	Tanaman kelapa sawit tidak berbuah optimal	Tanaman mengalami stres dan penurunan kesehatan	Pemupukan dan pengairan tidak dilakukan dengan baik	Keterbatasan anggaran operasional dan kurangnya tenaga terlatih

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan aktivitas rantai pasok biosolar di Pulau Jawa menggunakan model SCOR, teridentifikasi berbagai potensi risiko utama pada setiap tahapan, mulai dari hulu hingga hilir. Risiko-risiko tersebut tersebar pada empat fungsi utama dalam model SCOR, yaitu perencanaan, pengadaan, produksi, dan distribusi. Dari hasil pemetaan Ekplorasi Produksi *Crude oil* ditemukan 1 risiko pada proses perencanaan, dan 2 risiko pada proses produksi. *Refinery Unit* Solar ditemukan 1 risiko pada proses pengadaan, dan 2 risiko pada proses produksi. Pabrik Kelapa Sawit Solar ditemukan 2 risiko pada proses produksi, dan 1 risiko pada proses distribusi. *Refinery Unit* Biodiesel ditemukan 1 risiko pada proses perencanaan, 2 risiko pada

proses produksi, dan 1 risiko pada proses distribusi. *Fuel Terminal* ditemukan 1 risiko pada proses perencanaan, 1 risiko pada proses pengadaan, 1 risiko pada proses produksi, dan 1 risiko pada proses distribusi. Ritel SPBU ditemukan 2 risiko pada proses perencanaan, dan 1 risiko pada proses pengadaan.

Hasil pemetaan aktivitas rantai pasok menggunakan model SCOR menunjukkan bahwa proses rantai pasok biosolar mencakup aktivitas utama mulai dari eksplorasi minyak mentah, pengolahan minyak dan CPO menjadi biodiesel, hingga distribusi ke ritel SPBU. Analisis FMEA mengungkapkan bahwa risiko tertinggi terdapat pada pengadaan dan manajemen pemasok *crude oil* di unit *refinery* (RPN 150), diikuti oleh keterlambatan proyek eksplorasi migas (RPN 120) dan penurunan produktivitas CPO di pabrik kelapa sawit (RPN 105).

Melalui metode RCA ditemukan bahwa akar penyebab utama dari risiko-risiko tersebut berasal dari gangguan logistik akibat cuaca ekstrem, proses perizinan yang kompleks, serta keterbatasan sumber daya operasional dan tenaga kerja di sektor hulu. Berdasarkan hasil tersebut, strategi mitigasi yang direkomendasikan mencakup penyusunan *contingency plan* distribusi, digitalisasi proses perizinan, integrasi data lahan nasional, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia dan alokasi anggaran operasional.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung beberapa temuan dalam penelitian sebelumnya. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi kebaruan dengan mengintegrasikan metode SCOR, FMEA, RCA dalam satu kerangka analisis yang sistematis dan terukur. Pendekatan ini terbukti efektif dalam memberikan pemahaman komprehensif mengenai hubungan antara aktivitas operasional dan sumber risiko, sekaligus menawarkan rekomendasi mitigasi yang aplikatif bagi industri dan pengambil kebijakan. Dengan demikian, penerapan model terpadu ini dapat menjadi referensi strategis bagi pemerintah dan pelaku industri energi dalam membangun rantai pasok biosolar yang lebih tangguh, efisien, dan adaptif terhadap dinamika transisi energi nasional menuju sistem energi yang berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. Nazura and S. Hasibuan, "Performance Analysis of the Biosolar Supply Chain in Mining Industries using AHP and SCOR Models," vol. 17, no. 1, 2025.
- [2] F. Agustina, I. Vanany, and N. Siswanto, "Vulnerability and Capability Factors for the Indonesian Biodiesel Supply Chain Resilience," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1187, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/1187/1/012037. 2023.
- [3] T. Wachyudi, A. D. Mahfud, and Y. Arkeman, "Supply Chain Risk Mapping and Analysis: A FMEA Implementation on Biofuel Downstream Supply Chain," *Asian J. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 6, pp. 570–578, 2018, doi: 10.24203/ajas.v6i6.5648. 2018.
- [4] C. Wehner, M. Kertel, and J. Wewerka, "Interactive and Intelligent Root Cause Analysis in Manufacturing with Causal Bayesian Networks and Knowledge Graphs," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 2023-June, doi: 10.1109/VTC2023-Spring57618.2023.10199563, 2023.
- [5] R. A. Anggara and M. Business School, "Working Paper Series Implementation of Risk Management Framework in Supply Chain: A Tale from a Biofuel Company in Indonesia," no. 614, [Online]. Available: <http://ssrn.com/abstract=1763154><http://www.mbs.ac.uk/research/workingpapers/>. 2011.
- [6] I. Rosida, G. P. Dalimunthe, and W. Prawiraatmadja, "Strategic Roadmap for Biodiesel Market Leadership Using Analyze-Formulate-Implement Framework and Analytical Hierarchy Process in Indonesia," *J. Ilm. Manaj. Kesatuan*, vol. 13, no. 4, pp. 2143–2154, doi: 10.37641/jimkes.v13i4.3415. 2025.
- [7] F. Lestari *et al.*, "Supply chain model for green gasoline production based on palm oil plant," *J. Energy Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 259–270, doi: 10.30521/jes..1702106. 2025.
- [8] N. Koes Ardhiyanto, T. Dinda Lovita, and Roudlotul Madaniyyah, "Analisis Manajemen Risiko

- Rantai Pasok Menggunakan Metode FMEA dan RCA pada Industri Migas,” *JITSA J. Ind. Samawa*, vol. 4, no. 2, pp. 71–78, 2023.
- [9] N. Ardiansah and I. Nyoman Pujawan, “*Risk Management for the Petrodiesel-Biodiesel Fuel Blend Supply Chain in Indonesia*,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1344, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/1344/1/012007. 2024.
- [10] J. Sonder, R. Sambung, V. Kristinae, and U. Riassy Christa, “*Evaluating the impact of green SCOR and ISO 14001: Based practices on sustainability in palm oil supply chains*,” *Ijafibs*, vol. 13, no. 1, pp. 130–138, [Online]. Available: www.ijafibs.pelnus.ac.id. 2025.