

Evaluasi Praktik *Green Supply Chain Management* Pada PT Semen Padang dengan Pendekatan TRIZ-DEMATEL

¹Yelita Anggiane Iskandar*, ²Resha Khairunnisa
^{1,2} Program Studi Teknik Logistik, Universitas Pertamina

E-mail: ¹yelita.ai@universitaspertamina.ac.id,
²102421033@student.universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

PT Semen Padang sebagai perusahaan di industri semen telah menerapkan *Green Supply Chain Management* (GSCM), namun pelaksanaannya masih menghadapi berbagai tantangan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontradiksi dalam penerapan GSCM serta menentukan strategi prioritas perbaikan yang dapat diterapkan secara efektif. Metode yang digunakan adalah kombinasi *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ) dan *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Identifikasi kontradiksi dilakukan melalui kuesioner internal menggunakan pendekatan TRIZ dan menghasilkan sembilan kontradiksi pada aspek *green purchasing*, *green manufacturing*, dan *green distribution*. Berdasarkan kontradiksi tersebut, dirumuskan solusi-solusi inventif yang selanjutnya dianalisis menggunakan DEMATEL untuk memetakan hubungan sebab-akibat dan menentukan prioritas strategi. Hasil analisis menunjukkan bahwa strategi (A2) pada aspek *green purchasing* dan strategi (G4) pada aspek *green manufacturing* merupakan faktor *cause* dengan pengaruh terbesar, masing-masing memiliki nilai $R_i - C_i = 1,166$ dan $1,489$. Strategi prioritas ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas penerapan GSCM di PT Semen Padang secara berkelanjutan.

Kata kunci : *Industri Semen, PT Semen Padang, Green Supply Chain Management (GSCM), TRIZ, DEMATEL, Strategi Prioritas.*

ABSTRACT

PT Semen Padang, as a company in the cement industry, has implemented *Green Supply Chain Management* (GSCM); however, its implementation still faces various operational challenges. This study aims to identify contradictions in the implementation of GSCM and to determine priority improvement strategies that can be applied effectively. The methods used in this study are a combination of *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ) and *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). The identification of contradictions was carried out through internal questionnaires using the TRIZ approach and resulted in nine contradictions across the aspects of *green purchasing*, *green manufacturing*, and *green distribution*. Based on these contradictions, inventive solutions were formulated and further analyzed using DEMATEL to map cause-effect relationships and determine strategic priorities. The results indicate that strategy (A2) in the *green purchasing* aspect and strategy (G4) in the *green manufacturing* aspect are the main cause factors with the strongest influence, with $R_i - C_i$ values of 1.166 and 1.489, respectively. These priority strategies are expected to enhance the effectiveness of GSCM implementation at PT Semen Padang in a sustainable manner.

Keyword : *Cement Industry, PT Semen Padang, Green Supply Chain Management (GSCM), TRIZ, DEMATEL, Priority Strategy*

1. PENDAHULUAN

Industri semen memiliki peran penting dalam pembangunan nasional karena hampir semua proyek infrastruktur membutuhkan semen. Pada 2022, konsumsi nasional mencapai lebih dari 66 juta ton, menunjukkan ketergantungan pembangunan terhadap industri ini. Meningkatnya produksi semen juga berdampak pada aspek lingkungan. Secara global, industri semen merupakan kontributor signifikan emisi karbon, menyumbang 7-8% dari total emisi CO₂ akibat proses kalsinasi klinker (Scott, 2025). Pada 2023, emisi global dari sektor semen tercatat 1,57 miliar ton CO₂, sekitar 4,2% dari total emisi global (Our World in Data, 2023).

Di Indonesia, sektor semen menyumbang sekitar 11,35% emisi Gas Rumah Kaca. Emisi per ton semen menurun dari 726 kg CO₂ pada 2010 menjadi 669 kg CO₂ pada 2014, namun meningkat menjadi 688 kg CO₂ pada 2016 (ANTARA, 2018). Beberapa perusahaan, seperti PT Semen Padang, berhasil menekan emisi hingga 494 kg CO₂ per ton pada 2024 (ANTARA, 2025).

Penerapan *Green Supply Chain Management* (GSCM) menjadi relevan untuk mendukung keberlanjutan industri semen. Kebijakan nasional, seperti PP No. 59/2017, menekankan integrasi aspek lingkungan. Langkah GSCM meliputi *green procurement*, *green manufacturing*, *green distribution*, dan *reverse logistics* untuk mendukung *Net Zero Emissions* (Govindan, 2014).

Implementasi prinsip GSCM mencakup *green procurement* dengan bahan baku ramah lingkungan, *green manufacturing* menggunakan teknologi rendah emisi, *green distribution* yang efisien, dan *reverse logistics* untuk pemanfaatan kembali limbah produksi (Rahmayanti & Putri, 2017).

PT Semen Padang memiliki rantai pasok kompleks yang melibatkan supplier, manufacturer, distributor,

retailer, dan end customer. Fokus penelitian ini pada supplier, manufacturer, dan distributor karena berpengaruh langsung pada kualitas, produksi, dan distribusi semen. Sistem produksi perusahaan menggunakan push system berdasarkan proyeksi permintaan.

Implementasi GSCM di PT Semen Padang menghadapi kendala, terutama rendahnya kesadaran di antara pemasok, internal perusahaan, dan konsumen. Hal ini menyebabkan kesenjangan antara komitmen keberlanjutan perusahaan dengan praktik nyata di lapangan (Runtuk, et al., 2024). Masalah di hulu muncul karena beberapa pemasok belum memiliki sertifikasi lingkungan, sehingga proses ekstraksi dan penanganan bahan baku belum sepenuhnya ramah lingkungan.

Di tahap manufaktur, PT Semen Padang sudah menggunakan teknologi *Waste Heat Recovery Power Generation* (WHRPG), namun kontribusi energi terbarukan masih rendah sehingga ketergantungan terhadap batubara tinggi, mempertahankan emisi CO₂ yang tinggi. Upaya *circular economy* pada distribusi juga belum optimal, sehingga pemetaan faktor penghambat diperlukan untuk strategi perbaikan GSCM.

Penelitian ini menggunakan kombinasi metode TRIZ dan DEMATEL. TRIZ digunakan untuk mengidentifikasi kontradiksi dalam penerapan GSCM, sedangkan DEMATEL memetakan hubungan sebab-akibat antar solusi. Studi terdahulu menunjukkan TRIZ efektif menemukan kontradiksi, sementara DEMATEL menentukan keterkaitan antar faktor dan prioritas solusi.

Melalui DEMATEL, faktor penyebab utama dan akibat dapat diidentifikasi sehingga strategi prioritas diterapkan pada solusi yang memicu keberhasilan solusi lainnya. Pendekatan ini mendukung efektivitas GSCM dan menjawab tantangan implementasi berkelanjutan di PT Semen Padang.

2. LANDASAN TEORI

Supply Chain Management (SCM)

Supply Chain Management (SCM) adalah proses pengelolaan aliran barang, informasi, dan dana sepanjang rantai pasok, mulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, pengolahan menjadi produk jadi, hingga distribusi ke pelanggan. SCM juga mencakup aktivitas pendukung seperti penyimpanan di gudang, sistem informasi, transaksi pembayaran, layanan purna jual, dan pengembalian produk (Marliyana, Fatlina, Syamsuddin, & Hadi, 2023). Tujuan utama SCM adalah memenuhi kebutuhan pelanggan dengan biaya serendah mungkin sambil menjaga kelancaran aliran pasokan (Hanafi, Pravitasari, & Sahara, 2022).

Green Supply Chain Management (GSCM)

GSCM merupakan bentuk pengelolaan rantai pasok yang mengintegrasikan aspek kepedulian lingkungan dalam setiap aktivitasnya, baik di tingkat perusahaan maupun antar-organisasi (Hijjawi, 2022). Fokus utama GSCM adalah mengurangi dampak negatif aktivitas rantai pasok terhadap lingkungan dengan cara menghubungkan manajemen pasokan dengan faktor-faktor keberlanjutan secara lebih efektif dan efisien (Punomo, Kisanjani, Kurnia, & Suwanto, 2019).

Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)

Penelitian terbaru menunjukkan fleksibilitas TRIZ dalam mendukung rantai pasok berkelanjutan. Sebagai contoh, Rau menerapkan TRIZ dalam perancangan produk hijau, sehingga perusahaan dapat memasukkan aspek lingkungan sejak tahap awal perancangan dan menghasilkan produk yang lebih berkelanjutan serta kompetitif di pasar (Rau, J, & Propcopio, 2023). Selain itu, Essamber menggunakan TRIZ untuk mengidentifikasi risiko dalam penerapan

lean green supply chain management. Metode ini membantu memperkuat strategi penilaian risiko dan mitigasi, mendukung praktik rantai pasok yang efisien dan ramah lingkungan (Essamber, Benmoussa, De Guio, & Dubois, 2021). Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan TRIZ dalam GSCM semakin luas, mencakup desain produk, manajemen risiko, hingga optimalisasi proses.

Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)

Secara umum, DEMATEL merupakan pendekatan analitis yang komprehensif karena mampu membangun sekaligus mengevaluasi model struktural dengan memperhatikan keterkaitan antar faktor (Pourjavad & Shahun, 2018).

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi berbagai aspek rantai pasok dan *Green Supply Chain Management (GSCM)*. Penelitian oleh (Runtuk, et al., 2024) fokus pada identifikasi kontradiksi dan perumusan strategi keberlanjutan rantai pasok. Beberapa penelitian lain menekankan pengukuran kinerja, seperti (Syuhada, Baihaqi, & Ardiantono, 2021). Sedangkan (Daniella, 2024) juga menyoroti pemetaan dan tren GSCM secara global.

3. METODOLOGI

Penelitian ini meneliti penerapan *Green Supply Chain Management (GSCM)* di PT Semen Padang dengan fokus pada tiga elemen utama: green procurement, green manufacturing, dan green distribution, yang berpengaruh langsung terhadap emisi dan efisiensi sumber daya.

Pendekatan *mixed methods* digunakan, menggabungkan data kuantitatif dari kuesioner internal perusahaan dan distributor, serta data kualitatif melalui observasi, wawancara,

dan dokumen perusahaan, untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang praktik GSCM.

Analisis dilakukan dengan TRIZ untuk mengidentifikasi kontradiksi, seperti menekan emisi tanpa mengurangi produksi, dan DEMATEL untuk memetakan hubungan sebab-akibat antar faktor penghambat. Hasilnya memberikan

strategi prioritas perbaikan, mendukung PT Semen Padang menuju rantai pasok yang lebih efisien energi, rendah emisi, dan mendekati circular economy.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis TRIZ

Tabel 1. Kombinasi Parameter dan Prinsip Inventif PT Semen Padang

Apek GSCM	Fitur	Parameter Sistem	Solusi Inventif
GPur1	Improving	30 Object-generated Harmful Factors,	(24) Intermediary, (2) Taking Out, (40) Composite Materials. (39) Inert Atmosphere
	Worsening	26 Reliability,	
GPur2	Improving	33 Ease of operation	(32) Color Changes, (26) Coping, (12) Aquipotentially, (17) Another Dimention
	Worsening	36 Device complexity	
GMan1	Improving	31 Harmful factors generated by object	3 (Local quality), 24 (Intermediary), 39 (Inert atmosphere)
	Worsening	26 Quantity of substance	
GMan2	Improving	22 Loss of energy	32 (Color change)
	Worsening	28 Measurement accuracy	
GMan3	Improving	31 Harmful factors generated by object	3 (Local quality), 24 (Intermediary), 39 (Inert atmosphere)
	Worsening	26 Quantity of substance	
GMan4	Improving	28 Measurement accuracy	28 (Mechanics substitution), 2 (Taking out), 1 (Preliminary), 34 (Discaring and recovering)
	Worsening	38 Level of automation	
GMan5	Improving	20 Energy used by stationary object	19 (Periodic action), 35 (Parameter changes), 16 (Partial or excessive actions), 25 (Self-service)
	Worsening	37 Control complexity	
GDis1	Improving	1 Weight of moving object	35 parameter changes, 3 local quality, 2 taking out, 24 intermediary
	Worsening	33 Ease of operation	
GDis2	Improving	7 Volume of moving object	26 (Coping), 1 (Segmentation)
	Worsening	36 Device complexity	

Tabel 1 menampilkan prinsip inventif yang diperoleh dari pemetaan antara parameter *improving* dan *worsening* menggunakan Matriks Kontradiksi TRIZ. Setiap aspek *Green Supply Chain Management* (GSCM) menghasilkan tiga hingga empat prinsip inventif yang menjadi dasar perumusan alternatif solusi. Prinsip-prinsip ini tidak dapat diterapkan secara langsung, sehingga perlu interpretasi lebih lanjut melalui *heuristic reasoning*, yaitu mengaitkan prinsip dengan permasalahan nyata di lapangan dan karakteristik proses bisnis PT Semen Padang agar solusi

sesuai dengan kondisi operasional dan kebijakan keberlanjutan.

Pendekatan ini penting karena Matriks Kontradiksi TRIZ pada dasarnya menyediakan rekomendasi generik berdasarkan pola inovasi lintas industri. Oleh karena itu, tahap translasi konseptual menjadi krusial untuk memastikan bahwa setiap prinsip yang terpilih benar-benar relevan dengan konteks industri semen yang memiliki karakteristik proses berkelanjutan (*continuous process*), intensitas energi tinggi, serta kompleksitas distribusi bahan baku dan produk akhir. Dalam konteks PT Semen

Padang, interpretasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis produksi, sistem logistik, regulasi lingkungan, serta target dekarbonisasi perusahaan.

Selanjutnya, prinsip-prinsip inventif tersebut dianalisis melalui diskusi pakar dan evaluasi kelayakan implementasi untuk menghasilkan alternatif solusi yang tidak hanya inovatif, tetapi juga realistis dan aplikatif. Proses ini mencakup identifikasi dampak terhadap efisiensi biaya, potensi penurunan emisi, implikasi terhadap kualitas produk, serta kesesuaian dengan strategi Green Supply Chain Management yang telah berjalan. Dengan demikian, hasil pemetaan TRIZ tidak berhenti pada level konseptual, melainkan berkembang menjadi rekomendasi strategis yang terstruktur dan terukur untuk mendukung transformasi operasional yang lebih berkelanjutan.

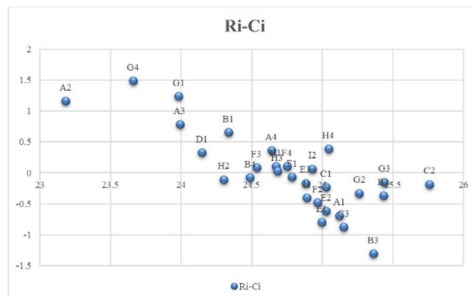
Nilai $R+C$ dan $R-C$ (*Prominence & Relation*)

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1, diagram sebab-akibat dari analisis DEMATEL menunjukkan setiap faktor memiliki nilai $R_i + C_i$ dan $R_i - C_i$. Nilai $R_i + C_i$ digunakan untuk mengklasifikasikan peran faktor dalam sistem, sedangkan nilai $R_i - C_i$ positif menandakan faktor sebagai cause yang memengaruhi faktor lain, dan nilai negatif menandakan faktor sebagai effect yang dipengaruhi. Faktor dengan nilai $R_i - C_i$ positif tertinggi di masing-masing aspek GSCM diidentifikasi sebagai key cause factors dan menjadi prioritas strategi, karena memiliki pengaruh paling signifikan dalam mendorong efektivitas solusi. Oleh karena itu, faktor cause utama direkomendasikan untuk diimplementasikan terlebih dahulu dalam upaya peningkatan kinerja GSCM.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Prominence & Relation*

Aspek GSCM		R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$	Identify
Procurement	A1	12,21462	12,90494	25,11956	-0,69032	Effect
	A2	12,17313	11,00707	23,1802	1,166053	Cause
	A3	12,38854	11,60193	23,99047	0,78661	Cause
	A4	12,50268	12,13702	24,6397	0,365653	Cause
	B1	12,49605	11,8385	24,33455	0,657545	Cause
	B2	12,53393	12,8978	25,43172	-0,36387	Effect
	B3	12,02801	13,33255	25,36056	-1,30454	Effect
	B4	12,20766	12,27997	24,48763	-0,07231	Effect
Manufacturer	C1	12,39717	12,62916	25,02633	-0,23199	Effect
	C2	12,78778	12,97005	25,75784	-0,18227	Effect
	C3	12,13723	13,01332	25,15054	-0,87609	Effect
	D1	12,23935	11,90808	24,14743	0,33127	Cause
	E1	12,09846	12,89689	24,99535	-0,79843	Effect
	E2	12,20462	12,82245	25,02707	-0,61784	Effect
	E3	12,35771	12,52274	24,88045	-0,16502	Effect
	F1	12,36098	12,42357	24,78454	-0,06259	Effect
	F2	12,24208	12,72427	24,96636	-0,48219	Effect
	F3	12,31296	12,22145	24,53441	0,09151	Cause
	F4	12,4268	12,32144	24,74824	0,105361	Cause
	G1	12,60963	11,37071	23,98034	1,238925	Cause
	G2	12,46566	12,79337	25,25903	-0,32771	Effect
	G3	12,64454	12,79273	25,43727	-0,14819	Effect
	G4	12,57361	11,08471	23,65831	1,4889	Cause
Distribution	H1	12,38827	12,28207	24,67034	0,106198	Cause
	H2	12,09858	12,20343	24,30201	-0,10485	Effect
	H3	12,35531	12,32517	24,68048	0,030143	Cause

	H4	12,71843	12,32517	25,0436	0,393257	Cause
	I1	12,24504	12,64598	24,89102	-0,40095	Effect
	I2	12,49824	12,43049	24,92873	0,067742	Cause



Gambar 1. Diagram sebab-akibat

Strategi Prioritas Terpilih

Pada aspek *Green Purchasing*, strategi A2 menjadi cause utama karena secara langsung mengurangi risiko lingkungan dari bahan baku tanpa mengganggu sistem pengadaan.

Pemisahan bahan baku berisiko tinggi dari pengadaan rutin menerapkan prinsip TRIZ *Taking Out* dan *Intermediary*, menjaga kontinuitas pasokan sekaligus mengendalikan dampak lingkungan. Strategi ini bersifat struktural dan sistemik, sehingga memengaruhi strategi lain dalam pengadaan. Strategi B1 juga termasuk cause karena pendekatannya praktis, yaitu pemberian tanda sederhana pada bahan baku atau dokumen pengadaan, sesuai prinsip TRIZ *Color Changes* dan *Another Dimension*, mempermudah integrasi aspek lingkungan tanpa menambah kompleksitas dan mendorong penerapan strategi B2, B3, dan B4.

Tabel 3. Prioritas Implementasi GSCM pada PT Semen Padang

Aspek GSCM		R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$	Identify	Nilai R-C tertinggi
Procurement	A1	12,21462	12,90494	25,11956	-0,69032	Effect	1,16605324
	A2	12,17313	11,00707	23,1802	1,166053	Cause	
	A3	12,38854	11,60193	23,99047	0,78661	Cause	
	A4	12,50268	12,13702	24,6397	0,365653	Cause	
	B1	12,49605	11,8385	24,33455	0,657545	Cause	0,65754476
	B2	12,53393	12,8978	25,43172	-0,36387	Effect	
	B3	12,02801	13,33255	25,36056	-1,30454	Effect	
	B4	12,20766	12,27997	24,48763	-0,07231	Effect	
Manufacturer	C1	12,39717	12,62916	25,02633	-0,23199	Effect	-0,1822702
	C2	12,78778	12,97005	25,75784	-0,18227	Effect	
	C3	12,13723	13,01332	25,15054	-0,87609	Effect	
	D1	12,23935	11,90808	24,14743	0,33127	Cause	
	E1	12,09846	12,89689	24,99535	-0,79843	Effect	-0,1650246
	E2	12,20462	12,82245	25,02707	-0,61784	Effect	
	E3	12,35771	12,52274	24,88045	-0,16502	Effect	
	F1	12,36098	12,42357	24,78454	-0,06259	Effect	
	F2	12,24208	12,72427	24,96636	-0,48219	Effect	0,10536119
	F3	12,31296	12,22145	24,53441	0,09151	Cause	
	F4	12,4268	12,32144	24,74824	0,105361	Cause	
	G1	12,60963	11,37071	23,98034	1,238925	Cause	
Distribution	G2	12,46566	12,79337	25,25903	-0,32771	Effect	1,48889973
	G3	12,64454	12,79273	25,43727	-0,14819	Effect	
	G4	12,57361	11,08471	23,65831	1,4889	Cause	
	H1	12,38827	12,28207	24,67034	0,106198	Cause	
	H2	12,09858	12,20343	24,30201	-0,10485	Effect	0,39325699
	H3	12,35531	12,32517	24,68048	0,030143	Cause	
	H4	12,71843	12,32517	25,0436	0,393257	Cause	

	I1	12,24504	12,64598	24,89102	-0,40095	<i>Effect</i>	0,06774155
	I2	12,49824	12,43049	24,92873	0,067742	<i>Cause</i>	

Pada aspek *Green Manufacturing*, strategi D1 dan G4 menjadi cause karena meningkatkan kontrol internal. Strategi D1 menggunakan indikator visual pada sistem WHRPG untuk deteksi dini kehilangan energi, sesuai prinsip TRIZ *Color Change*, sedangkan G4 menekankan peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan sederhana sesuai prinsip *Self-service*. Kedua strategi ini memperkuat peran sumber daya manusia dan sistem monitoring, berdampak luas pada strategi teknis lainnya. Di aspek pemantauan energi dan emisi, strategi F4 teridentifikasi sebagai cause karena fokus pada penyederhanaan data dan pemilihan parameter relevan, sesuai prinsip TRIZ *Discarding and Recovering*, sehingga strategi lain seperti digitalisasi dan penggunaan sensor (F1–F3) lebih mudah diterapkan.

Pada aspek *Green Distribution*, strategi H4 dan I2 termasuk cause karena pendekatannya bertahap dan realistis dalam pengendalian distribusi dan perhitungan emisi. Pemantauan berbasis laporan vendor dan perhitungan emisi bertahap mencerminkan prinsip TRIZ *Segmentation* dan *Intermediary*, menjadi langkah awal sebelum menerapkan sistem yang lebih kompleks.

Sebaliknya, strategi yang termasuk kategori effect bersifat teknis lanjutan atau tergantung kesiapan sistem dan sumber daya. Keberhasilan strategi effect sangat bergantung pada implementasi strategi cause terlebih dahulu, sehingga strategi effect ditempatkan sebagai tahap lanjutan setelah fondasi GSCM diperkuat melalui strategi cause.

Implikasi

Implikasi manajerial dari penelitian ini memberikan panduan bagi pengambil keputusan di sektor pemerintah, industri, dan akademisi terkait penerapan Green Supply Chain Management (GSCM)

berbasis TRIZ–DEMATEL pada industri semen, khususnya PT Semen Padang. Metode TRIZ membantu perusahaan mengidentifikasi dan menyelesaikan kontradiksi antara efisiensi produksi dan pengurangan dampak lingkungan, sedangkan DEMATEL memetakan hubungan sebab-akibat antar faktor strategis, sehingga strategi prioritas dapat ditentukan secara lebih terarah dan berdampak sistemik.

Faktor utama yang perlu diprioritaskan meliputi pengendalian proses produksi, efisiensi penggunaan energi, pengelolaan emisi dan limbah, serta peningkatan kompetensi sumber daya manusia. Fokus pada faktor-faktor ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas penerapan GSCM, mendukung target keberlanjutan, dan memperkuat daya saing industri semen di tengah tuntutan regulasi dan pasar yang semakin berorientasi lingkungan.

Bagi akademisi, penelitian ini menjadi rujukan untuk pengembangan materi pembelajaran, studi kasus, dan penelitian lanjutan terkait GSCM berbasis TRIZ–DEMATEL, serta penyusunan model atau kerangka analisis praktis untuk merancang solusi berkelanjutan.

Bagi pemerintah, hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam merumuskan kebijakan dan program pengembangan industri berkelanjutan, khususnya di sektor strategis. Dukungan dapat diberikan melalui regulasi, insentif, pelatihan, dan pendampingan teknis, serta kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi untuk mempercepat adopsi teknologi ramah lingkungan.

Bagi PT Semen Padang, penelitian ini membantu menetapkan prioritas strategi peningkatan kinerja lingkungan dan operasional. Integrasi prinsip TRIZ memudahkan perusahaan mengatasi kendala produksi tanpa mengorbankan stabilitas, sedangkan peta pengaruh dari

DEMATEL memfokuskan sumber daya pada faktor-faktor driver yang paling signifikan, sehingga strategi keberlanjutan dapat dijalankan secara efektif, terukur, dan selaras dengan visi jangka panjang perusahaan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis praktik *Green Supply Chain Management* (GSCM) di PT Semen Padang menggunakan pendekatan TRIZ-DEMATEL. Hasil menunjukkan bahwa meskipun perusahaan telah berkomitmen pada keberlanjutan, penerapan GSCM di seluruh rantai pasok belum optimal. Pada aspek Green Purchasing, integrasi lingkungan dalam pemilihan pemasok masih terbatas. Green Manufacturing telah memanfaatkan bahan bakar alternatif dan teknologi WHRPG, namun ketergantungan pada fosil serta pengelolaan emisi dan limbah yang belum menyeluruh menjadi kendala. Green Distribution masih terbatas oleh keterlibatan vendor logistik sehingga pengendalian efisiensi dan dampak lingkungan kurang maksimal.

Kendala utama muncul dari kontradiksi antara peningkatan kinerja lingkungan dan dampak operasional. Pada Green Purchasing, kinerja lingkungan pemasok belum optimal dan sistem evaluasi lebih fokus pada harga, kualitas, dan waktu. Green Manufacturing menghadapi keterbatasan energi alternatif, stabilitas proses, sistem pemantauan, serta SDM. Green Distribution bergantung pada vendor, sehingga efisiensi bahan bakar dan pengurangan emisi kurang terkontrol. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan terarah untuk mengelola kontradiksi tersebut.

Berdasarkan analisis DEMATEL, strategi prioritas ditetapkan dari faktor cause dengan nilai ($R_i - C_i$) tertinggi. Untuk Green Purchasing, strategi A2, yaitu pemisahan bahan baku berisiko

tinggi dari pengadaan rutin, menjadi prioritas ($R_i - C_i = 1,166$) untuk mengendalikan dampak lingkungan tanpa mengganggu pasokan. Green Manufacturing memprioritaskan strategi G4 berupa pelatihan sederhana bagi operator ($R_i - C_i = 1,489$) untuk mendukung efisiensi energi, stabilitas proses, dan kinerja lingkungan. Green Distribution menekankan strategi H4, pemantauan rute dan konsumsi BBM secara bertahap melalui laporan vendor ($R_i - C_i = 0,393$), sebagai langkah realistis meningkatkan pengendalian dampak lingkungan. Secara keseluruhan, strategi bertahap, sederhana, dan fokus pada penguatan operasional serta SDM menjadi penggerak utama peningkatan kinerja GSCM dan selaras dengan solusi hasil penalaran TRIZ.

DAFTAR PUSTAKA

- Antara. (2018, Agustus 9). Masifnya Pembangunan Naikkan Emisi Pabrik Semen.
- Antara. (2025, Juni 6). Semen Indonesia Gunakan Dua Juta Ton Bahan Alternatif Tekan Emisi Karbon.
- Daniella, E. V. (2024). Pengukuran Kinerja Proses Rantai Pasok Hijau Dengan Pendekatan Green Scor Pada Distributor Produk Peralatan Medis. *Jurnal Mitra Teknik Industri*.
- Essamber, F. E., Benmoussa, R., De Guio, R., & Dubois, S. (2021). A Hybrid Supply Chain Risk Management Approach For Lean Green Performance Based On Ahp, Rca And Triz: A Case Study. *Sustainability* 13. 15.
- Feniser, C., Burz, G., Mocan, M., Ivascu, L., Gherhes, V., & Otel, C. C. (2017). The Evaluation And Application Of The Triz Method. *Journal Sustainability*.
- Govindan, K. (2014). Impact Of Supply Chain Management Practices On Sustainability. *Journal Of Cleaner Production*.

- Hanafy, M., Pravitasari, A. E., & Sahara. (2022). Performa Rantai Pasok Dan Strategi Pengembangan Manggis Tujuan Ekspor Di Kabupaten Bogor. *Jurnal Agro Ekonomi*, 121-144.
- Hijjawi, G. S. (2022). Impact Of Green Supply Chain On Supply Chain Performance. *Wseas Transactions On Business And Economics*, 441–452.
- Marliyana, E., Fatlina, Z., Syamsuddin, S., & Hadi, S. (2023). Analisis Rantai Pasok Agribisnis Jagung. *Jurnal Manuhara*, 47-59.
- Our World In Data. (2023).
- Pourjavad, E., & Shahun, A. (2018). Hybrid Performance Evaluation Of Sustainable Service And Manufacturing Supply Chain Management: An Integrated Approach Of Fuzzy Dematel And Fuzzy Inference System. *Intelligent Systems In Accounting, Finance And Management*. 134-147.
- Punomo, H., Kisanjani, A., Kurnia, W. I., & Suwanto, S. (2019). Pengukuran Kinerja Green Supply Chain Management Pada Industri Penyamakan Kulit Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 161–169.
- Rahhmayanti, D., & Putri, U. S. (2017). Perancangan Model Pengukuran Kinerja Lean Dan Green Rantai Pasok Semen Secara Terintegrasi. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 135-144.
- Rau, H., J. J., & Propcopio, K. M. (2023). Exploring Green Product Design Through Triz Methodology And The Use Of Green Features. *Comput. Ind. Eng.*
- Runtuk, J. K., Kiat, P., Yin, S., Vikaliana, R., Iskandar, Y. A., Abdillah, M., & Sukarno, I. (2024). Resolving Contradictions In Green Supply Chain Management: A Combined. *Cleaner Logistics And Supply Chain*
- Scott, M. (2025, June). *Cement: Building A Green Path In A Hard Industry*. Reuters.
- Syuhada,, W. B., Baihaqi, I., & Ardiantono, D. S. (2021). Penilaian Praktik Green Supply Chain. *Jurnal Teknik Its*.