

Evaluasi *Green Supply Chain Management* di Perusahaan Energi Menggunakan Pendekatan QFD

Verra Putri Dianti
 Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa
 Industri
Telkom University Purwokerto
 Purwokerto, Indonesia
 verisaputdy@gmail.com

Ratih Windu Arini
 Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa
 Industri
Telkom University Purwokerto
 Purwokerto, Indonesia
 ratiharini@telkomuniversity.ac.id

Nabila Noor Qisthani
 Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa
 Industri
Telkom University Purwokerto
 Purwokerto, Indonesia
 nabila@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak—Peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia mendorong kenaikan emisi CO₂ akibat dominasi pembangkit berbahan bakar fosil. Perusahaan energi menghadapi tantangan untuk mengurangi emisi sekaligus meningkatkan keberlanjutan rantai pasok. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan lingkungan dan memetakan prioritas perbaikan *Green Supply Chain Management* (GSCM) menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Data dikumpulkan melalui kuesioner dan laporan perusahaan. Pendekatan penelitian meliputi identifikasi *Green Requirements* (GR), penyusunan *Green Factors* (GF), pembobotan kepentingan, serta pemetaan hubungan GR-GF dalam *House of Quality* (HOQ) untuk menghitung *Absolute Technical Importance Rating* (ATIR) dan *Normalized ATIR* (NATIR). Hasil menunjukkan prioritas perbaikan terletak pada pengembangan energi terbarukan dan pengelolaan limbah. Penelitian ini menghasilkan rancangan GSCM yang efisien, sesuai regulasi, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dan kinerja perusahaan.

Kata kunci — *Green Supply Chain Management, Emisi, Energi Terbarukan, Quality Function Deployment*

The increase in electricity demand in Indonesia is encouraging an increase in CO₂ emissions due to the dominance of fossil-fueled plants. Energy companies face the challenge of reducing emissions while increasing supply chain sustainability. This study aims to identify environmental needs and map out Green Supply Chain Management (GSCM) improvement priorities using Quality Function Deployment (QFD) methods. Data were collected through company questionnaires and reports. Research approaches include identification of Green Requirements (GR), compilation of Green Factors (GF), weighting of interests, and mapping GR-GF relationships in the House of Quality (HOQ) to calculate Absolute Technical Importance Rating (ATIR) and Normalized ATIR (NATIR). The results show that the priority of improvement lies in renewable energy development and waste management. This study resulted in an efficient, regulatory design of GSCM, and supported environmental sustainability and corporate performance.

Keywords — *Green Supply Chain Management, Emissions, Renewable Energy, Quality Function Deployment*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kebutuhan listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertambahan jumlah penduduk. Peningkatan ini menuntut kapasitas produksi energi yang lebih besar, di mana sebagian besar sumber listrik masih mengandalkan pembangkit

berbahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi. Ketergantungan pada sumber energi tersebut menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan, seperti tingginya emisi karbon dioksida (CO₂), polusi udara, dan limbah hasil pembakaran. Menurut data IEA, sektor pembangkitan listrik menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar di Indonesia. Kondisi ini menjadi tantangan serius bagi perusahaan dalam mencapai target *Nationally Determined Contribution* (NDC) 2030 dan *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Menurut laporan dari *International Energy Agency* (2024), Tingginya emisi karbon di Indonesia terjadi karena negara masih sangat bergantung pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil, khususnya batubara. Pada tahun 2023, batubara menyumbang sekitar 66% dari total pembangkitan listrik nasional, naik dari 65% pada tahun 2022 dan 61% pada 2021. Kenaikan permintaan listrik sebesar hampir 7% pada tahun tersebut sebagian besar dipenuhi oleh pembangkit batubara, yang menyebabkan peningkatan emisi karbon sebesar 6,8% dibandingkan tahun sebelumnya, dengan intensitas emisi mencapai 790 g CO₂/kWh. Pembangkit berbahan bakar gas menyumbang sekitar 13% dari total produksi, sementara energi terbarukan menyumbang 20% didominasi oleh tenaga air, panas bumi, dan biomassa dengan kontribusi tenaga surya dan angin masih sangat kecil (<1%).

Menurut data dari *Sustainability Report* perusahaan energi pada tahun 2024, saat ini perusahaan telah menjalankan program sebagai salah satu langkah dekarbonisasi di pembangkit listrik, yang pada 2024 berhasil mengurangi 1,87 juta ton CO₂ peningkatan signifikan dibandingkan capaian 2023 sebesar 656 ribu ton. Namun, angka ini baru sekitar 17% dari potensi maksimal pengurangan emisi sebesar 11 juta ton CO₂ per tahun jika diterapkan di seluruh pembangkit yang memungkinkan.

Dalam beberapa tahun ke depan, permintaan listrik diproyeksikan tumbuh stabil sekitar 6% per tahun pada periode 2024–2026, seiring pertumbuhan ekonomi nasional. Energi terbarukan diperkirakan meningkat 8% per tahun, namun pembangkit berbahan bakar batubara dan gas juga diprediksi tetap bertumbuh masing-masing sebesar 5% dan 6%, sehingga mempertahankan peran dalam bauran energi nasional. Kondisi ini menegaskan bahwa upaya dekarbonisasi sektor ketenagalistrikan Indonesia masih menghadapi tantangan besar, khususnya dalam upaya

memperluas penerapan program dekarbonisasi di pembangkit serta mempercepat transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Oleh karena itu, perusahaan perlu segera mengambil langkah strategis untuk mengoptimalkannya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Green Supply Chain Management* (GSCM) yang memadukan aspek lingkungan di seluruh rantai pasok. Untuk memastikan langkah yang diambil tepat sasaran, menurut Khaled dan Gad (2025) metode *Quality Function Deployment* (QFD) dapat diterapkan untuk memetakan hubungan antara *Green Requirement* dengan *Green Factor*, sehingga faktor-faktor teknis yang memiliki kontribusi terbesar terhadap pencapaian target dekarbonisasi dapat diidentifikasi dan diprioritaskan. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya pada program dan teknologi yang memberikan dampak terbesar terhadap pengurangan emisi, sekaligus meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan rantai pasok.

Harapannya, penelitian ini mampu memberikan rekomendasi yang berbasis data untuk mendukung percepatan pencapaian target pengurangan emisi, mengurangi kesenjangan capaian yang masih tersisa, serta memperkuat peran perusahaan dalam transisi energi bersih di Indonesia.

II. KAJIAN TEORI

A. Supply Chain Management

Supply Chain Management (SCM) adalah sistem yang terintegrasi untuk mengelola aliran barang, informasi, dan keuangan, mulai dari tahap awal, yaitu, pemasok bahan baku hingga sampai ke konsumen akhir, dengan tujuan memaksimalkan nilai bagi seluruh pemangku kepentingan (Chopra & Meindl, 2016) menyatakan bahwa SCM mencakup koordinasi dan integrasi seluruh proses dalam rantai pasok, mulai dari pengadaan bahan baku, proses produksi, distribusi, hingga layanan jual.

Pendekatan ini tidak hanya menekankan pada efisiensi operasional dalam sebuah perusahaan, tetapi juga mencakup kolaborasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam rantai pasokan. Hal ini mencakup pemasok, produsen, distributor, pengecer, dan konsumen, yang semuanya berperan penting dalam menciptakan nilai tambah. Nilai yang dimaksud tidak hanya berkaitan dengan keuntungan finansial, tetapi juga mencakup kepuasan pelanggan, keberlanjutan, dan tanggung jawab sosial perusahaan. Menurut Lambert (2004) tujuan SCM adalah untuk meningkatkan kinerja jangka panjang dari masing-masing perusahaan serta rantai pasok secara keseluruhan. Dengan demikian, SCM bukan hanya alat manajerial, tetapi juga sebuah filosofi yang mengubah cara perusahaan beroperasi dan berinteraksi dengan pemangku kepentingan.

B. Green Supply Chain Management (GSCM)

Green Supply Chain Management (GSCM) adalah pengembangan dari konsep *Supply Chain Management* (SCM) yang memasukkan aspek lingkungan ke dalam seluruh tahapan rantai pasok. GSCM merupakan suatu proses yang melibatkan penggunaan bahan baku dan input yang ramah lingkungan, kemudian mengolahnya menjadi produk atau keluaran yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali setelah melewati siklus hidupnya. Dengan demikian, konsep ini bertujuan untuk menciptakan rantai pasok yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Penfield, 2007).

Sedangkan menurut Khaled dan Gad (2025) tujuan utama penerapan GSCM adalah mengurangi dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi operasional, memenuhi regulasi lingkungan, dan meningkatkan citra perusahaan.

GSCM adalah integrasi prinsip ramah lingkungan dalam setiap proses rantai pasok, mulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, produksi, distribusi, hingga pengelolaan limbah. GSCM menggabungkan strategi pengurangan polusi, efisiensi energi, dan penggunaan teknologi ramah lingkungan untuk mencapai keberlanjutan jangka panjang (Nasr et al., 2013).

C. Metode Quality Function Deployment

Quality Function Deployment atau yang lebih dikenal dengan singkatan QFD, adalah sebuah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi dan menerjemahkan kebutuhan dan keinginan pelanggan untuk menjadi persyaratan teknis dan karakteristik yang dapat diukur. Menurut Kotler (2005), QFD berperan sebagai sarana untuk menerjemahkan permintaan konsumen ke dalam bentuk prototipe produk melalui pendekatan terstruktur, yaitu dengan mengonversi atribut-atribut pelanggan hasil riset pasar (*Customer Attributes*) menjadi atribut teknis (*Engineering Attributes*) yang dapat dikelola oleh tim teknis dan insinyur. Senada dengan itu, Gazpers (1998) menjelaskan bahwa QFD adalah sebuah proses terstruktur yang mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan menerjemahkannya ke dalam persyaratan teknis yang relevan, agar dapat dipahami dan dijalankan oleh berbagai fungsi organisasi. Sementara itu, Goetsch dan Davis (2000) menekankan bahwa QFD tidak hanya membantu organisasi memahami apa yang diinginkan pelanggan dan bagaimana cara memenuhinya, tetapi juga memungkinkan terjadinya inovasi, perbaikan proses, serta peningkatan efektivitas operasional melalui penentuan prioritas kebutuhan pelanggan.

Dari berbagai pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa QFD merupakan pendekatan yang disiplin namun fleksibel dalam pengembangan produk, dengan titik awal yang selalu berfokus pada pelanggan. Konsep sentral dari QFD adalah “suara pelanggan”, yaitu segala bentuk kebutuhan dan keinginan pelanggan yang harus didengarkan, dipahami, dan direspon oleh organisasi. Tim QFD bertugas menangkap suara pelanggan dan menjadikannya sebagai landasan utama dalam merancang produk maupun proses produksi. Dalam konteks ini, suara pelanggan tidak hanya menjadi titik awal dalam pengembangan, tetapi juga berfungsi sebagai kendali terhadap proses yang berjalan, yang harus dimonitor secara berkelanjutan. Seluruh unit dan fungsi dalam organisasi memiliki tanggung jawab untuk memahami kebutuhan pelanggan tersebut, karena dari sanalah dasar pengukuran kualitas dan inovasi produk dapat dibangun.

Tahap awal dari QFD pada penelitian ini adalah mengetahui kebutuhan pelanggan dari data yang sudah diolah secara spesifik dan terukur. Input tersebut dijadikan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan Perusahaan Energi terhadap *Green Supply Chain Management*. Implementasi metode QFD dalam perancangan dan pengembangan digunakan untuk mengevaluasi sistem di perusahaan. Menurut Norlinda Mohd Roza, dkk (2019) QFD dapat membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, menerjemahkan kebutuhan pelanggan, memfasilitasi proses

pengambilan keputusan secara sistematis dan terstruktur, kemudian dapat memungkinkan koordinasi dan komunikasi yang lebih baik antar departemen dalam perusahaan, dan yang terakhir dapat membantu perusahaan dalam mengalokasi sumber daya secara optimal dan mengurangi risiko kegagalan dalam pelaksanaan strategi keberlanjutan.

D. House of Quality (HOQ)

Proses *Quality Function Deployment* dimulai dengan pembuatan *House of Quality* (HOQ), yaitu sebuah matriks berbentuk rumah yang digunakan untuk mengonversi *Customer Requirements* menjadi spesifikasi teknis produk. Matriks HOQ terdiri dari dua bagian utama: bagian horizontal yang mencakup informasi tentang konsumen (*Customer Table*) dan bagian vertikal yang berisi informasi teknis sebagai respons terhadap masukan dari konsumen (*Technical Table*).

Bagian A dalam model *House of Quality* menyajikan daftar kebutuhan dan keinginan konsumen secara terstruktur, yang diperoleh melalui riset pasar kualitatif. Bagian B memuat data pasar kuantitatif yang relevan, tujuan strategis perusahaan, serta peringkat prioritas kebutuhan konsumen. Selanjutnya, bagian C menggambarkan aspek produk atau layanan yang harus ditingkatkan sesuai dengan harapan konsumen. Bagian D berisi analisis hubungan antara elemen-elemen respons teknis dengan kebutuhan konsumen sebagai dasar pengembangan produk. Pada bagian E dijelaskan langkah-langkah pengembangan yang diperlukan untuk merealisasikan hubungan tersebut. Terakhir, bagian F menyajikan peringkat kinerja teknis, perbandingan antar alternatif, dan target kinerja yang harus dicapai. Penelitian ini menggunakan kerangka kerja yang dikembangkan oleh Khaled dan Gad (2025) yang merujuk pada *Green Supply Chain Management* di sektor Energi dan khususnya pada industri kelistrikan. Kerangka yang dikembangkan terdiri dari 5 langkah, yaitu:

1. Identifikasi *Green Requirement* (GR) sebagai kebutuhan lingkungan yang harus dipenuhi,
2. Mengidentifikasi *Green Factors* (GF) sebagai solusi teknis untuk memenuhi GR,
3. Memberikan bobot kepentingan (*Importance weight*) pada setiap GR,
4. Menentukan hubungan antar GR dan GF,
5. Menghitung *Absolute Technical Importance Ratings* (ATIR), dan *Normalized ATIR* (NATIR) sebagai prioritas implementasi GF.

Dalam penelitian ini, pendekatan HOQ digunakan dengan penyesuaian metode pembobotan, di mana nilai kepentingan pelanggan diperoleh melalui kuesioner skala Likert, bukan metode *fuzzy-AHP* seperti di jurnal acuan. Hasilnya akan digunakan untuk menghitung ATIR, yang menjadi dasar penentuan prioritas strategi teknis dalam penerapan GSCM.

D. METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada perusahaan energi.

B. Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian adalah penerapan GSCM menggunakan QFD-HOQ. Subjek penelitian adalah pihak manajerial perusahaan yang memiliki peran strategis dalam perencanaan dan implementasi GSCM.

C. Sumber Data:

Ada 2 sumber data yaitu:

1. Data primer: kuesioner berskala Likert (1–5) yang disebarluaskan kepada responden terpilih.
2. Data sekunder: laporan tahunan, sustainability report perusahaan, dan literatur terkait.

D. Teknik Sampling

Teknik *purposive sampling* digunakan dengan kriteria:

1. Menduduki posisi manajerial.
2. Terlibat dalam kebijakan atau implementasi GSCM.
3. Masa kerja ≥ 10 tahun.

E. Teknik Analisis

Tahapan analisis:

1. Identifikasi *Green Requirements* (GR)
2. Identifikasi *Green Factors* (GF)
3. Pembobotan tingkat kepentingan (*Weight Importance*)
4. Pemetaan GR–GF pada HOQ
5. Perhitungan ATIR dan NATIR untuk prioritas perbaikan.
6. Penyusunan HOQ

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi komponen pada penelitian ini

Identifikasi komponen dalam penerapan *Green Supply Chain Management* (GSCM) di sektor industri energi dilakukan untuk menentukan komponen yang perlu diperhatikan dalam merancang strategi keberlanjutan

TABEL 1.
IDENTIFIKASI KOMPONEN

No	Komponen
1	<i>Green Procurement</i>
2	<i>Green Manufacturing</i>
3	<i>Green Distribution</i>
4	<i>Reverse Logistics</i>
5	<i>Green Awareness</i>

B. Identifikasi *Green Requirement* (GR)

Tahap awal dalam penyusunan *House of Quality* (HOQ) dimulai dengan mengidentifikasi *Voice of Customer* (VOC). Dalam penelitian ini, kebutuhan pelanggan menggunakan *Green Requirement*, yang mencerminkan kebutuhan lingkungan. Berikut adalah tabel *Green Requirement*.

TABEL 2.
IDENTIFIKASI GREEN REQUIREMENT

Komponen	Green Requirement
<i>Green Procurement</i>	Meningkatkan kapasitas <i>Renewable Energy</i>
	Penurunan pembelian bahan/material
	Penurunan konsumsi bahan berbahaya/beracun
<i>Green Manufacturing</i>	Pengurangan emisi udara
	Pengurangan limbah padat
	Peningkatan efisiensi energi
<i>Green Distribution</i>	Penurunan tingkat persediaan
	Peningkatan pemanfaatan kapasitas
<i>Reverse Logistics</i>	Pengumpulan dan pengembalian produk
<i>Green Awareness</i>	Peningkatan kondisi lingkungan perusahaan
	Penurunan jumlah denda akibat kecelakaan lingkungan

C. Identifikasi *Green Factors*

Green factor dalam penelitian ini merupakan bentuk pengembangan dari *green requirement* yang difokuskan untuk merumuskan solusi atau langkah teknis guna memenuhi harapan pelanggan pada aspek lingkungan. Tahapan ini menjelaskan bagaimana perusahaan merespons masukan dari konsumen melalui penerapan tindakan nyata maupun perubahan pendekatan yang relevan terhadap isu atau kebutuhan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Setiap solusi teknis yang dirancang harus mempertimbangkan kemampuan internal serta kondisi perusahaan, dan diharapkan mampu mendukung kepatuhan terhadap regulasi pemerintah serta meningkatkan citra positif di mata publik melalui proses yang dioptimalkan. *Green Factors* sendiri berperan sebagai elemen kunci dalam bagian *How's* pada model *House of Quality*.

TABEL 3.
IDENTIFIKASI GREEN FACTORS

Green Factors
Pengembangan dan memanfaatkan PLTS rooftop dan terapung sebagai sumber energi terbarukan.
Program <i>co-firing</i> di PLTU menggunakan biomassa untuk menggantikan batubara, menurunkan emisi karbon dan mendukung energi bersih.
Kolaborasi dengan stakeholder membangun CCPP untuk memanfaatkan gas buang dari <i>Simple Cycle</i> PLTG
Pengadaan bahan/material dengan memilih pemasok bersertifikasi lingkungan
Penggunaan bahan bakar gas alam menggantikan batubara dan diesel
Teknologi pengendalian emisi scrubber, desulfurisasi, burner low-NOx, ESP, FGD, dan CEMS
Pengelolaan limbah B3 sesuai regulasi, dengan daur ulang limbah logam, kabel, dan limbah non-B3 bersama mitra resmi
Penyimpanan limbah di tempat khusus sesuai standar.
Optimalisasi pembangkit dengan PLTGU operasional PLTD hanya pada beban puncak
Penerapan teknologi SCADA, <i>smart meter</i> , dan automasi jaringan untuk monitoring dan pengaturan beban secara optimal.
Penggunaan peralatan hemat energi serta optimalisasi jaringan distribusi untuk mengurangi rugi daya.
Manajemen persediaan berbasis digital untuk mencegah kelebihan stok dan pemborosan.
Optimalisasi kapasitas penyimpanan dan distribusi bahan bakar melalui perencanaan logistik yang efisien.
Pengumpulan produk bekas atau suku cadang layak pakai untuk digunakan kembali (<i>reuse</i>).
Penggunaan kembali produk serta pengelolaan limbah sesuai regulasi bersama mitra berizin.
Penerapan sistem manajemen lingkungan ISO 14001 di beberapa unit kerja.
Program pelatihan kesadaran lingkungan dan efisiensi energi untuk karyawan dan stakeholder.
Kerja sama dengan pemerintah dan masyarakat dalam program penghijauan di sekitar area pembangkit.
Pengendalian dan pemantauan emisi secara ketat melalui audit internal dan sistem monitoring untuk meminimalkan risiko pelanggaran dan denda.

Kepatuhan regulasi lingkungan sebagai komitmen utama menjaga keberlanjutan operasional perusahaan.

D. Memberikan bobot kepentingan (*Weight Importance*) pada *Green Requirement*

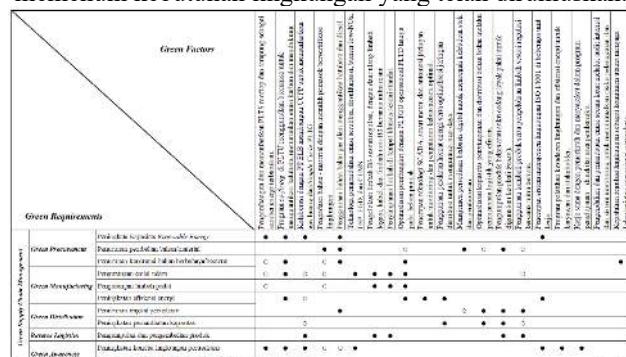
Bobot kepentingan diberikan pada setiap *Green Requirement* (GR) berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner yang telah diisi oleh responden. Nilai bobot ini mencerminkan tingkat kepentingan pelanggan (*Weight Importance*) terhadap masing-masing GR, sehingga dapat digunakan sebagai dasar penentuan prioritas dalam proses *House of Quality* (HOQ). Penilaian dilakukan dengan mengolah skor yang diberikan responden pada skala Likert untuk setiap GR, kemudian menghitung skor rata-rata masing-masing GR. Selanjutnya, skor rata-rata tersebut dinormalisasi terhadap total skor rata-rata seluruh GR untuk mendapatkan bobot kepentingan (*Weight Importance*).

TABEL 4.
NILAI WI

Komponen	Green Requiremet	Nilai
Green Procurement	Peningkatan Kapasitas <i>Renewable Energy</i>	4.5
	Penurunan pembelian bahan/material	4.5
	Penurunan konsumsi bahan berbahaya/beracun	3
Green Manufacturing	Pengurangan emisi udara	3.5
	Pengurangan limbah padat	3.5
	Peningkatan efisiensi energi	3.5
Green Distribution	Penurunan tingkat persediaan	3
	Peningkatan pemanfaatan kapasitas	4
Reverse Logistics	Pengumpulan dan pengembalian produk	4
Green Awareness	Peningkatan kondisi lingkungan perusahaan	4
	Penurunan jumlah denda akibat kecelakaan lingkungan	3

E. Menentukan hubungan antar GR dan GF

Setelah bobot kepentingan (*Weight Importance*) setiap *Green Requirement* (GR) diperoleh, tahap selanjutnya adalah menentukan hubungan antara GR dengan *Green Factors* (GF) yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penentuan hubungan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana faktor teknis (*Technical Requirements*) mampu memenuhi kebutuhan lingkungan yang telah dirumuskan.



GAMBAR 1.
HUBUNGAN GR DAN GF

F. Menghitung ATIR dan NATIR

Setelah bobot kepentingan (*Weight Importance*) untuk setiap *Green Requirement* (GR) diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung *Absolute Technical Importance Ratings* (ATIR) untuk setiap *Green Factor* (GF). Perhitungan ATIR dilakukan dengan mengalikan nilai bobot kepentingan GR (W_i) dengan nilai hubungan antara GR dan GF sesuai matriks *House of Quality* (HOQ), kemudian menjumlahkan hasilnya untuk setiap GF. Hasil ATIR ini merepresentasikan besarnya kontribusi setiap GF terhadap pemenuhan seluruh GR yang telah diidentifikasi. GF dengan nilai ATIR yang lebih besar memiliki peran yang lebih signifikan dalam mencapai tujuan *Green Supply Chain Management* (GSCM) pada perusahaan.

TABEL 5.
MENGHITUNG ATIR DAN NATIR

Green Factors	ATIR	NATIR
Pengembangan dan memanfaatkan PLTS rooftop dan terapung sebagai sumber energi terbarukan.	112.5	0.63
Program <i>co-firing</i> di PLTU menggunakan biomassa untuk menggantikan batubara, menurunkan emisi karbon dan mendukung energi bersih.	178.5	1
Kolaborasi dengan stakeholder membangun CCPP untuk memanfaatkan gas buang dari <i>Simple Cycle</i> PLTG	175.5	0.98
Pengadaan bahan/material dengan memilih pemasok bersertifikasi lingkungan	79.5	0.44
Penggunaan bahan bakar gas alam menggantikan batubara dan diesel	132	0.73
Teknologi pengendalian emisi <i>scrubber</i> , <i>desulfurisasi</i> , <i>burner low-NOx</i> , <i>ESP</i> , <i>FGD</i> , dan <i>CEMS</i>	79.5	0.44
Pengelolaan limbah B3 sesuai regulasi, dengan daur ulang limbah logam, kabel, dan limbah non-B3 bersama mitra resmi	102	0.57
Penyimpanan limbah di tempat khusus sesuai standar.	102	0.57
Optimalisasi pembangkit dengan PLTGU operasional PLTD hanya pada beban puncak	120	0.67
Penerapan teknologi SCADA, smart meter, dan automasi jaringan untuk monitoring dan pengaturan beban secara optimal.	34.5	0.19
Penggunaan peralatan hemat energi serta optimalisasi jaringan distribusi untuk mengurangi rugi daya.	70.5	0.39
Manajemen persediaan berbasis digital untuk mencegah kelebihan stok dan pemborosan.	52.5	0.29
Optimalisasi kapasitas penyimpanan dan distribusi bahan bakar melalui perencanaan logistik yang efisien.	79.5	0.4

Pengumpulan produk bekas atau suku cadang layak pakai untuk digunakan kembali (reuse).	142.5	0.79
Penggunaan kembali produk serta pengelolaan limbah sesuai regulasi bersama mitra berizin.	102	0.57
Penerapan sistem manajemen lingkungan ISO 14001 di beberapa unit kerja.	111	0.62
Program pelatihan kesadaran lingkungan dan efisiensi energi untuk karyawan dan stakeholder.	39	0.21
Kerja sama dengan pemerintah dan masyarakat dalam program penghijauan di sekitar area pembangkit.	39	0.21
Pengendalian dan pemantauan emisi secara ketat melalui audit internal dan sistem monitoring untuk meminimalkan risiko pelanggaran dan denda.	30	0.16
Kepatuhan regulasi lingkungan sebagai komitmen utama menjaga keberlanjutan operasional perusahaan	39	0.21

G. Menentukan Prioritas

Tahap terakhir dalam penyusunan *House of Quality* (HOQ) pada penelitian ini adalah menetapkan prioritas *Green Factors* (GF) sebagai target perbaikan. Penetapan prioritas dilakukan berdasarkan nilai kontribusi masing-masing faktor teknis terhadap pemenuhan *Green Requirements* (GR) yang telah diidentifikasi. Nilai kontribusi yang tinggi menunjukkan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap pencapaian kebutuhan lingkungan. Apabila faktor dengan kontribusi tinggi tidak segera diimplementasikan atau dioptimalkan, maka dapat menghambat pencapaian target keberlanjutan dan menurunkan kinerja rantai pasok hijau perusahaan.

Berdasarkan data evaluasi, terdapat tiga kelompok prioritas dalam pelaksanaan *Green Factors* di perusahaan. Prioritas utama ditempati oleh faktor-faktor yang memiliki nilai NATIR mendekati angka 1, yang menunjukkan tingkat kepentingan dan perhatian paling tinggi dari perusahaan. Faktor yang menonjol adalah program *co-firing* di PLTU menggunakan biomassa, yang mendapatkan nilai tertinggi dan menjadi fokus utama untuk menggantikan batubara, mengurangi emisi karbon, serta mendukung energi terbarukan. Selanjutnya, kolaborasi dengan stakeholder dalam pembangunan *Combined Cycle Power Plant* (CCPP) juga mendukung posisi prioritas tinggi, merepresentasikan pentingnya peningkatan kapasitas dan efisiensi pembangkit dengan memanfaatkan gas buang. Selain itu, pengumpulan dan penggunaan kembali produk bekas atau suku cadang (*reuse*) juga menjadi salah satu aspek prioritas utama dalam pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan. Kelompok prioritas menengah meliputi faktor-faktor dengan nilai NATIR antara 0,4 hingga 0,7, yang memerlukan perhatian signifikan untuk memperkuat dan menjaga keberlanjutan operasional. Di antaranya adalah pengembangan dan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop dan terapung, optimalisasi pembangkit dengan pengoperasian PLTGU dan PLTD secara efisien, penerapan

sistem manajemen lingkungan ISO 14001, serta pengelolaan limbah B3 dan non-B3 sesuai regulasi. Faktor-faktor ini memiliki peran penting dalam mendukung prioritas utama dan memperkuat kinerja lingkungan perusahaan secara menyeluruh.

Sementara itu, prioritas rendah atau area yang masih perlu pengembangan lebih lanjut tercermin pada nilai NATIR di bawah 0,4. Termasuk di dalamnya adalah penerapan teknologi monitoring dan automasi seperti SCADA dan smart meter, program pelatihan peningkatan kesadaran lingkungan dan efisiensi energi, kerja sama dengan pemerintah dan masyarakat dalam program penghijauan, serta aktivitas pengendalian dan pemantauan emisi yang ketat dan kepatuhan regulasi lingkungan. Selain itu, manajemen persediaan berbasis digital juga tergolong pada kelompok ini, menunjukkan bahwa aspek-aspek tersebut saat ini belum mendapatkan perhatian optimal dan menawarkan peluang pengembangan untuk mendukung strategi keberlanjutan secara holistik.

Secara keseluruhan, data tersebut mencerminkan bahwa penelitian ini telah memberikan prioritas tinggi pada pengembangan energi terbarukan dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan, sementara aspek-aspek pendukung terkait teknologi, pelatihan, serta kolaborasi sosial masih perlu mendapat perhatian dan penguatan agar dapat meningkatkan performa lingkungan dan efisiensi operasional secara menyeluruh. Dengan mengarahkan fokus dan sumber daya sesuai prioritas yang teridentifikasi, perusahaan dapat mengoptimalkan pencapaian target keberlanjutan dan menjaga kinerja operasional yang efisien dan ramah lingkungan.

H. Penyusunan HOQ

House of Quality (HOQ) disusun untuk menerjemahkan *Green Requirements* (GR) yang diidentifikasi dari pelanggan dan pihak perusahaan menjadi *Green Factors* (GF) yang dapat diimplementasikan dalam proses operasional. HOQ berfungsi sebagai alat bantu analisis yang menghubungkan kebutuhan lingkungan, ekonomi, dan efisiensi dengan faktor-faktor teknis yang relevan untuk mencapai tujuan *Green Supply Chain Management* (GSCM).

GAMBAR 2.
HOQ

Green Requirements		Green Factors									
		Prioritas Kepatuhan Reservasi dan Pengembangan		Penerapan teknologi dan automasi		Program pelatihan		Kolaborasi sosial		Pengembangan	
Green Procurement	Pengembangan teknologi dan automasi	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Green Manufacturing	Penerapan teknologi dan automasi	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Green Distribution	Penerapan teknologi dan automasi	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Green Logistics	Penerapan teknologi dan automasi	4	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Green Awareness	Penerapan teknologi dan automasi	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ATP		123,5	178,5	192,5	180,5	182,5	184,5	186,5	188,5	190,5	192,5
Prioritas		5	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Secara keseluruhan, hasil HOQ (*House of Quality*) ini menggambarkan bahwa strategi utama perusahaan dalam mengembangkan *Green Supply Chain Management* (GSCM) harus dimulai dari fokus pada pengembangan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti program *co-firing* biomassa di PLTU, pembangunan *Combined Cycle Power Plant* (CCPP) yang efisien, serta pengelolaan produk bekas melalui sistem *reuse*. Langkah-langkah ini merupakan

prioritas utama karena memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi karbon, dan mengoptimalkan kapasitas pembangkit.

F. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini berhasil mengidentifikasi sembilan *Green Requirements* (GR) yang terbagi ke dalam lima komponen utama, yaitu *Green Procurement*, *Green Manufacturing*, *Green Distribution*, *Reverse Logistics*, dan *Green Awareness*. Komponen *Green Procurement* mencakup peningkatan kapasitas *Renewable Energy*, penurunan pembelian bahan/material, dan penurunan konsumsi bahan berbahaya atau beracun. Komponen *Green Manufacturing* meliputi pengurangan emisi udara, pengurangan limbah padat, dan peningkatan efisiensi energi. Komponen *Green Distribution* terdiri dari penurunan tingkat persediaan dan peningkatan pemanfaatan kapasitas. Komponen *Reverse Logistics* mencakup pengumpulan dan pengembalian produk. Sementara itu, komponen *Green Awareness* mencakup peningkatan kondisi lingkungan perusahaan dan penurunan jumlah denda akibat kecelakaan lingkungan. Bobot kepentingan (*Wi*) dari masing-masing GR dihitung berdasarkan hasil kuesioner, di mana peningkatan efisiensi energi dan peningkatan pemanfaatan kapasitas memperoleh nilai tertinggi. Tahap akhir penyusunan *House of Quality* (HOQ) menetapkan prioritas *Green Factors* (GF) sebagai target perbaikan berdasarkan nilai *Normalized Absolute Technical Importance Rating* (NATIR). Hasil analisis menunjukkan tiga kelompok prioritas. Prioritas utama mencakup program *co-firing* PLTU dengan biomassa, kolaborasi dalam pembangunan *Combined Cycle Power Plant* (CCPP), serta pengumpulan dan penggunaan kembali produk bekas atau suku cadang (*reuse*). Prioritas menengah meliputi pengembangan PLTS *rooftop* dan terapung, optimalisasi operasi PLTGU dan PLTD, serta pengelolaan limbah B3 dan non-B3 sesuai regulasi. Prioritas rendah mencakup penerapan teknologi monitoring dan automasi seperti SCADA dan *smart meter*, program pelatihan kesadaran lingkungan dan efisiensi energi, kerja sama penghijauan dengan pemerintah dan masyarakat, pengendalian emisi, dan manajemen persediaan berbasis digital.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fokus utama perbaikan terletak pada pengembangan energi terbarukan dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, sementara faktor pendukung berbasis teknologi, pelatihan, dan kolaborasi sosial masih memerlukan penguatan. Penerapan prioritas tersebut secara terarah diharapkan mampu mempercepat pencapaian target pengurangan emisi, mengoptimalkan efisiensi operasional, dan memperkuat kinerja keberlanjutan perusahaan.

REFERENSI

- [1] I. Adriant, N. K. Dewi, and D. Syafelia, "Analisis Kinerja Sustainable Supply Chain dengan Pendekatan Product Service System (Studi Kasus: UMKM CV Harumi Nusantara)," *Jurnal Manajemen Logistik dan Transportasi*, 2021.
- [2] C. S. Alfian, "Pengembangan Model Manajemen Rantai Pasok Energi," 2014.

- [3] S. Azevedo, H. Carvalho, and V. C. Mochado, "The influence of green practices on supply chain performance: A case study approach," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, pp. 850–871, 2011.
- [4] S. Azwar, *Reabilitas dan Validitas*, 4th ed. Yogyakarta, Indonesia: Pustaka Pelajar, 2012.
- [5] L. M. Birou, K. W. Green, and R. A. Inman, "Sustainability knowledge and training: outcomes and firm performance," *Journal of Manufacturing Technology*, 2019.
- [6] N. C., P. S., K. T., and P. W., "The Implementation of Green Supply Chain Management Practices in Electronics Industry," in *Proc. Int. Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, Mar. 2010.
- [7] L. Chehrghani, "The Effect of Green Human Resource Management on Green Supply Chain Management," *Journal of Turkish Operations Management*, 2023.
- [8] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. USA: Pearson Education, 2016.
- [9] L. Cohen, *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*. USA: Addison Wisley Publishing, 1995.
- [10] A. Diabat and K. Govindan, "An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management," *Resources, Conservation and Recycling*, pp. 659–667, 2011.
- [11] M. Ebrahimzadeh-Afrouzi and M. A. Ahmadchali, "Sustainability and coordination in a socially responsible supply chain using a combined incentive contract and a social marketing strategy," *Journal from Cornell University*, 2023.
- [12] B. Fahimnia, J. Sarkis, and H. Davarzani, "Green supply chain management: A review and bibliometric analysis," *International Journal of Production Economics*, pp. 101–114, 2015.
- [13] S. Gawusu et al., "The dynamics of green supply chain management within the framework of renewable energy," *International Journal of Energy Research*, pp. 684–711, 2021.
- [14] A. GhaffarianHoseini et al., "Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1–17, 2013.
- [15] I. Ghalehkondabi, "Auditing a supply chain with environmental regulations: a game theory approach," *International Journal*, 2023.
- [16] C. Gimenez, V. Sierra, and J. Rodon, "Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line," *International Journal of Production Economics*, pp. 149–159, 2012.
- [17] H. Haiyun, H. Zhixiong, S. Yuksel, and H. Dincer, "Analysis of the innovation strategies for green supply chain management in the energy industry using the QFD-based hybrid interval valued intuitionistic fuzzy decision approach," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021.
- [18] J. Hall, S. Matos, and B. Silvestre, "Understanding why firms should invest in sustainable supply chains: a complexity approach," *International Journal of Production Research*, pp. 1332–1348, 2011.
- [19] M. Hasjam, "Perkembangan Riset Bidang Manajemen Rantai Pasok Berkelanjutan," *Media Ilmiah Teknik Industri*, pp. 103–110, 2018.
- [20] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. New York, USA: Pearson Education, 2020.
- [21] A. M. Hmouda, G. Orzes, and P. C. Sauer, "Sustainable supply chain management in energy production: A literature review," *Journal of Energy Management*, pp. 45–60, 2024.
- [22] N. M. Høgevold, "A corporate effort towards a sustainable business model: A case study from the Norwegian furniture industry," *European Business Review*, pp. 392–400, 2011.
- [23] S.-J. Hong and H. Najmi, "The Relationships between Supply Chain Capability and Shareholder Value Using Financial Performance Indicators," *MDPI*, 2020.
- [24] S. E. Hosseini and M. A. Wahid, "Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 850–866, 2016.
- [25] S. K. Jakhar, "Performance evaluation and a flow allocation decision model for a sustainable supply chain of an apparel industry," *Journal of Cleaner Production*, pp. 391–413, 2015.
- [26] Y.-T. Jou et al., "Assessing Service Quality and Customer Satisfaction of Electric Utility Provider's Online Payment System during the COVID-19 Pandemic: A Structural Modeling Approach," *MDPI*, 2022.
- [27] K. L. Kehutanan, *Indonesia Long Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021.
- [28] A. Kumar et al., "Sustainable Supply Chain Management, Performance Measurement, and Management: A Review," *Sustainability*, 2023.
- [29] J. L. Lam and X. Bai, "A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience," *Transportation Research Part E*, 2016.
- [30] D. M. Lambert, *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*, vol. 1. Supply Chain Management Institute, 2004.