

Pemodelan Supply Chain Sustainability Melalui Penerapan Green Logistics dan Green Manufacturing di Kawasan Industri

Anisa Mahadita Candrarahayu^{*1}, Engkos Achmad Kuncoro¹, Nofrisel¹, Tjuk Sukardiman¹

¹Program Studi Doktor Ilmu Manajemen Dengan Kekhasan Transportasi, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti Jl. IPN Kebon Nanas No.2, Cipinang Besar Sel, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13410, Indonesia

*E-mail: candrarahayu17@gmail.com

Diterima: 8 Februari 2024, direvisi: 15 Maret 2024, disetujui: 20 Mei 2024,
tersedia daring: 25 Juni 2024, diterbitkan: 28 Juni 2024

Abstrak

Rantai pasok semakin kompleks karena paradigma keberlanjutan dan kemajuan teknologi yang cepat sehingga menghadapi tantangan dalam logistik hijau dan manufaktur hijau. Implementasi keberlanjutan rantai pasok yang efektif sangat penting karena kegagalan dapat berdampak negatif pada kinerja perusahaan serta sektor sosial, ekonomi, dan lingkungan di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Green Logistics dan Green Manufacturing terhadap keberlanjutan rantai pasok serta mengembangkan model yang aplikatif bagi kawasan industri. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data dari 82 perusahaan di kawasan Deltamas melalui survei, wawancara, dan kuesioner. Studi ini melibatkan beberapa tahap analisis, termasuk tinjauan literatur menggunakan VOSviewer, pengujian validitas dan reliabilitas, analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan Smart PLS, dan analisis regresi linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logistik hijau dan manufaktur hijau berpengaruh signifikan dan positif terhadap keberlanjutan rantai pasok, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan pengaruh langsung yang lebih dominan. Model regresi linier berganda dikembangkan, menyoroti faktor-faktor seperti biaya logistik dan operasional, karyawan atau pengemudi bersertifikat, keuntungan, investasi biaya sosial, kesejahteraan karyawan, dan investasi biaya pengelolaan lingkungan sebagai pengaruh utama pada manfaat industri dalam cakupan keberlanjutan rantai pasok.

Kata kunci: logistik hijau, manufaktur hijau, keberlanjutan rantai pasok, ketersediaan transportasi.

Abstract

Modeling Supply Chain Sustainability through the Implementation of Green Logistics and Green Manufacturing in Industrial Areas: Supply chains are becoming increasingly complex due to sustainability paradigms and rapid technological advancements, leading to challenges in green logistics and manufacturing. Effective implementation of supply chain sustainability is crucial, as failures can negatively impact company performance and surrounding social, economic, and environmental sectors. This study aims to analyze the influence of Green Logistics and Green Manufacturing on supply chain sustainability and develop a model that applies to industrial areas. This study uses a quantitative approach by collecting data from 82 companies in the Deltamas area through surveys, interviews, and questionnaires. The study involved several analytical stages, including a literature review using VOSviewer, validity and reliability testing, Structural Equation Modeling (SEM) with Smart PLS, and multiple linear regression analysis. The results show that green logistics and manufacturing have a significant and positive effect on supply chain sustainability, directly and indirectly, with the direct effect being more dominant. A multiple linear regression model was developed, highlighting factors such as logistics and operational costs, certified employees or drivers, profits, social cost investments, employee welfare, and environmental management cost investments as key influences on industrial benefits within the scope of supply chain sustainability.

Keywords: green logistics, green manufacturing, supply chain sustainability, transport availability.

1. Pendahuluan

Rantai pasok menjadi semakin kompleks dengan pengembangan paradigma keberlanjutan di lingkungan yang rentan akibat percepatan kegiatan, operasi, dan teknologi terbaru [1]. Emisi dari rantai pasok menjadi ancaman serius bagi stabilitas lingkungan, memengaruhi ekosistem dengan mengganggu pasokan, menyebabkan pola cuaca ekstrem, dan mengakibatkan kepunahan spesies. Suhu global meningkat dalam 50 tahun terakhir lebih dari 1,5°C dengan kenaikan permukaan laut yang signifikan [2] [3]. Masalah lingkungan diperparah dengan isu sosial dalam rantai pasok, seperti kesehatan fisik dan mental terkait keselamatan dan kebersihan di tempat kerja, yang dapat berdampak jangka panjang pada kesehatan pekerja. Model rantai pasok yang komprehensif perlu mempertimbangkan aspek sosial dan lingkungan dalam pengambilan keputusan dengan mengukur efek sosial dan lingkungan menggunakan indikator *global reporting initiative* [4][5].

Berbagai permasalahan muncul dalam penerapan rantai pasok, khususnya dampaknya di sektor lingkungan dan sosial sehingga diperlukan penerapan *supply chain sustainability* untuk mengurangi

dampak tersebut [6]. Globalisasi dan persaingan yang ketat mendorong perusahaan untuk lebih efisien dan fleksibel, dengan fokus tidak hanya pada tujuan ekonomi tetapi juga pada keberlanjutan [7][8]. Beberapa solusi termasuk penggunaan metode matematika seperti Lagrangian digunakan untuk menyelesaikan masalah multi-tujuan, serta optimasi *stochastic multi-objective* dan metode ε -constraint untuk memilih pemasok dan merumuskan lokasi-perutean guna meminimalkan biaya total, efek emisi lingkungan, dan memaksimalkan daya tanggap jaringan terintegrasi [9].

Penerapan *supply chain sustainability* dihadapkan pada kendala signifikan, terutama dalam *green logistics* dan *green manufacturing* [10]. *Green logistics* membutuhkan investasi teknologi dan infrastruktur untuk mendukung praktik keberlanjutan, seperti pengoptimalan rute dan penggunaan kembali kemasan [11]. *Green manufacturing* menghadapi kendala biaya investasi awal yang tinggi untuk menerapkan teknologi dan proses produksi ramah lingkungan [12]. Dukungan manajemen, sumber daya finansial yang memadai, dan perubahan budaya organisasi diperlukan untuk mengatasi kendala ini. Dengan mengatasi aspek-aspek tersebut, perusahaan dapat mulai menerapkan *supply chain sustainability* secara efektif [13][14].

Dengan mengatasi berbagai kendala dan menerapkan praktik-praktik seperti *green logistics* dan *green manufacturing*, *supply chain sustainability* dapat dicapai [15]. Teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *big data analytics*, dan teknologi ramah lingkungan memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan [16]. Perusahaan juga dapat mengambil contoh dari inisiatif *green logistics* dan *green manufacturing* yang berhasil diimplementasikan oleh perusahaan-perusahaan di Indonesia seperti PT Unilever Indonesia Tbk dan PT Indofood Sukses Makmur Tbk [17][18]. Penelitian-penelitian terdahulu seperti yang diuraikan di atas hanya mengkaji beberapa variabel saja, seperti *green manufacturing*, *green logistics*, dan *supply chain sustainability*, tanpa menggunakan variabel intervening karena mungkin saja variabel intervening memiliki pengaruh terhadap *supply chain sustainability*.

Berdasarkan pemetaan VOSviewer menggunakan penelitian terdahulu, didapatkan indikator-indikator yang saling berhubungan antara variabel *green logistics*, *green manufacturing*, dan *supply chain sustainability*. Indikator-indikator tersebut juga tetap memerhatikan sektor-sektor yang terlibat dalam penerapan *supply chain sustainability*, antara lain ekonomi, lingkungan, dan sosial. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada analisis individual terhadap *green logistics* atau *green manufacturing* tanpa mengeksplorasi interaksi langsung antara kedua variabel tersebut dalam konteks *supply chain sustainability*.

Penerapan *supply chain sustainability* pada kawasan industri memiliki dampak signifikan dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, meningkatkan citra dan reputasi, serta mematuhi regulasi yang semakin menekankan keberlanjutan dalam industri. Oleh karena itu, Penelitian ini mengisi kesenjangan dengan mengembangkan model integratif yang mempertimbangkan variabel intervening dalam hubungan antara *green logistics* dan *green manufacturing* terhadap *supply chain sustainability*, yang sebelumnya belum banyak dikaji, khususnya di kawasan industri Deltamas.. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan menetapkan model *supply chain sustainability* di kawasan industri. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji indikator atau variabel lainnya yang disesuaikan dengan kawasan industri yang dikaji.

2. Metodologi

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengidentifikasi indikator dan membangun model untuk *supply chain sustainability* (SCS) melalui variabel terikat, yaitu *green logistics* (GL) dan *green manufacturing* (GM) serta variabel *intervening* yaitu *sustainability performance* (SP) dan *technology information* (TI). Sementara itu, analisis kualitatif menggunakan VOSviewer dalam menentukan indikator baru dari setiap variabel yang terlibat.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan wawancara dan kuesioner dengan menyasar kepada manajer perusahaan sebagai data primer dan instansi terkait sebagai data sekunder.

2.2.1. Pengumpulan Data Sekunder/Tinjauan Dokumen

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait, baik dari instansi pemerintahan, pengelola kawasan industri, maupun perusahaan yang terkait. Beberapa data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait dapat dilihat pada tabel berikut:

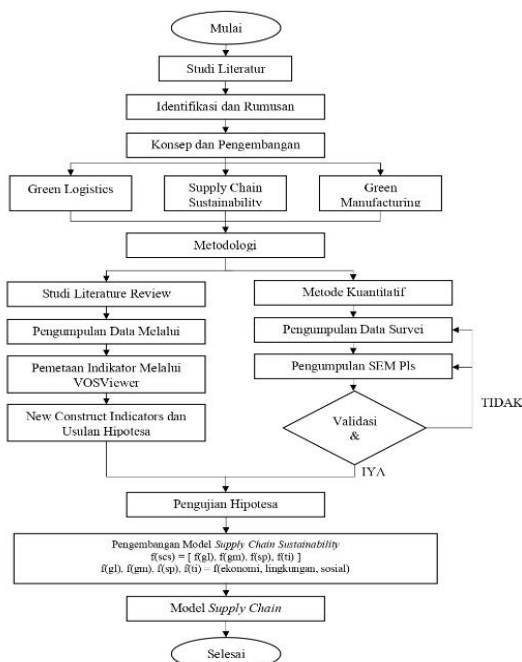
Tabel 1. Kebutuhan Data Sekunder dan Penggunaannya

No.	Kebutuhan data	Sumber Data	Kegunaan Data
1.	Jumlah, nama, dan PIC Perusahaan Karakteristik Perusahaan	Pengelola Kawasan Industri PT Puradelta Lestari	1. Sebagai data populasi
			2. Karakteristik perusahaan
			3. Narahubung rencana FGD
			4. Pendalaman data melalui <i>website</i> perusahaan
			5. Tarif pengolahan limbah di kawasan
			6. Tarif PLN terbarukan
2.	Perusahaan Pengelola Limbah Industri	PPLI	1. Tarif pengelolaan limbah industri
3.	Laporan data angkutan barang	UPTD PKB Dishub Kab. Bekasi	2. Jumlah kepemilikan kendaraan
			3. Karakteristik kendaraan tiap perusahaan (bila ada)
4.	Laporan <i>Survey Road Side Interview</i> Angkutan Barang di Kawasan Deltamas	PTDI-STTD	1. Jenis kendaraan yang dimiliki
			2. Jenis barang yang diangkut
			3. Asal tujuan barang
			4. Biaya per kg atau per km
			5. Jenis BBM yang digunakan
			6. Alternatif rute yang digunakan
			7. Volume dan V/C jalan di kawasan

Sumber: Hasil Analisis, 2023

2.2.2. Survei Wawancara Perusahaan

Survei wawancara perusahaan dilakukan dengan cara mengumpulkan manajer perusahaan melalui pertemuan rutin antara pengelola kawasan PT Puradelta Lestari dengan semua *tenant* yang berada di kawasan industri Deltamas. Pertemuan rutin tersebut didesain menjadi acara *Forum Group Discussion* (FGD) dengan topik yang menarik bagi perusahaan agar tingkat kehadiran tinggi. Topik yang diambil adalah “Penerapan *Green Logistics* dalam peningkatan *Branding* dan Produktivitas Perusahaan di Kawasan Industri”, yang dilaksanakan pada tanggal 21 Februari 2024 di Le Premier Hotel, Kota Deltamas.



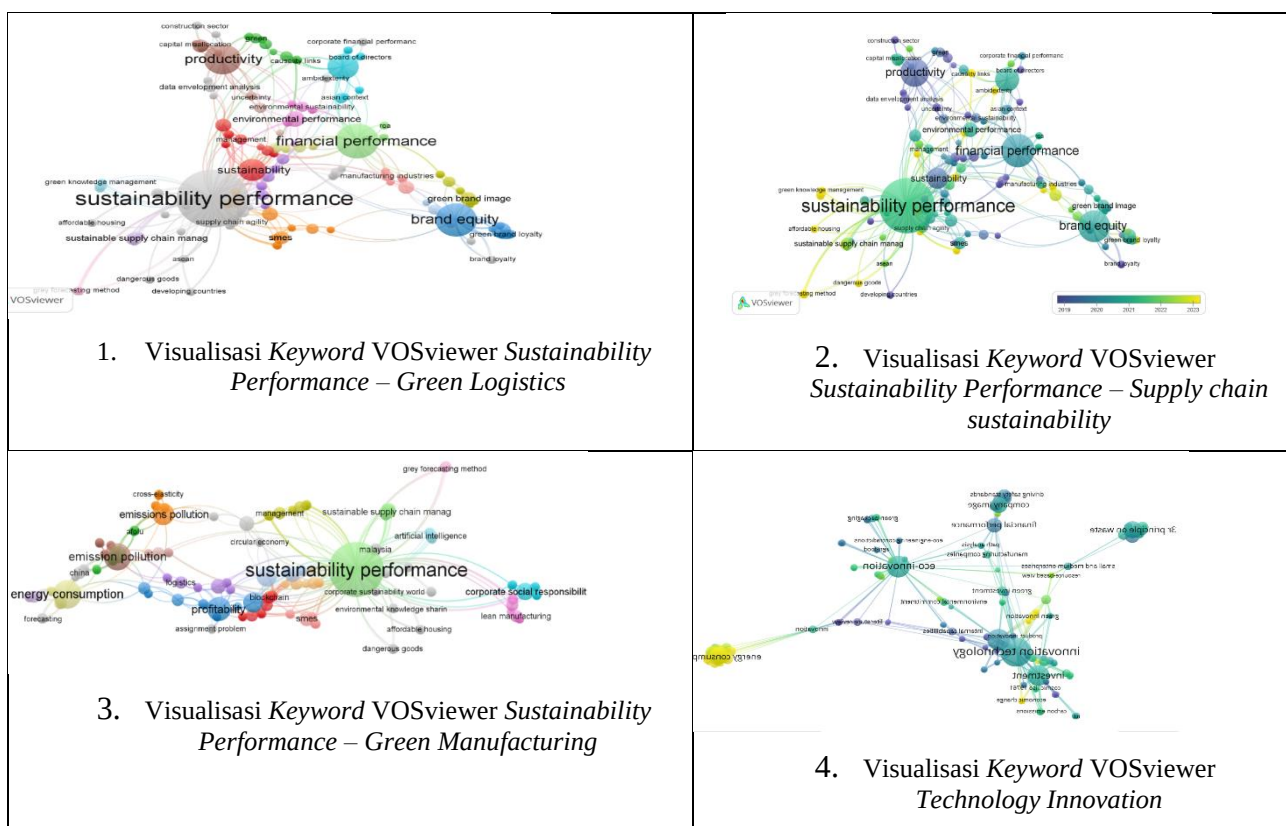
Sumber: Pengolahan Data, 2024

Gambar 1. Alur Tahap Penelitian

2.3. Sistem *Literature Review*

Hubungan antara *Sustainability Performance*, *Green Logistics*, dan *Green Manufacturing* sangat erat dan saling memengaruhi dalam konteks pembangunan model *Supply Chain Sustainability*. *Sustainability Performance* mencerminkan sejauh mana suatu organisasi atau rantai pasok dapat mencapai tujuan-tujuan keberlanjutan yang telah ditetapkan, baik itu terkait dengan pengelolaan lingkungan, sosial, atau ekonomi. *Green Logistics* dan *Green Manufacturing*, sebagai dua aspek utama dalam upaya menciptakan rantai pasok yang berkelanjutan, memiliki dampak signifikan terhadap kinerja keberlanjutan secara keseluruhan. Dengan demikian, *Green Logistics* dan *Green Manufacturing* menjadi fondasi yang kuat untuk mencapai *Sustainability Performance* yang baik dalam rantai pasok. Integrasi yang baik antara ketiganya akan menciptakan lingkungan bisnis yang berkelanjutan secara holistik, mencakup aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi sehingga mendukung pencapaian tujuan keberlanjutan secara menyeluruh. Berikut merupakan visualisasi hasil VOSviewer:

Tabel 2. Hasil Visualisasi VOSviewer



Sumber: Hasil VOSviewer

Pada Gambar 1 terdapat beberapa indikator hubungan *sustainability performance* dan *green logistic* di mana terdapat beberapa indikator yang saling berhubungan didapatkan melalui *keywords* penelitian sebelumnya, antara lain *productivity*, *financial performance*, *brand equity*, *environmental performance*, dan *social well-being*. Gambar 2 menjelaskan indikator hubungan *sustainability performance* dengan *supply chain sustainability*. Hubungan antara keduanya sangat erat karena keberhasilan dalam *sustainability performance* pada akhirnya mendukung dan memperkuat keberlanjutan rantai pasokan. Pada Gambar 3, *green manufacturing* adalah salah satu cara untuk meningkatkan *sustainability performance* perusahaan. Dengan menerapkan prinsip-prinsip *green manufacturing*, perusahaan dapat meningkatkan kinerja keberlanjutannya, di antaranya melalui indikator *emission polution*, *energy consumption*, *lean manufacturing*, dan lainnya. Pada Gambar 4, inovasi teknologi seperti otomatisasi, *Internet of Things* (IoT), dan kecerdasan buatan (AI) dapat meningkatkan efisiensi operasional dalam rantai pasokan. Teknologi ini memungkinkan proses yang lebih cepat, akurat, dan berbiaya lebih rendah.

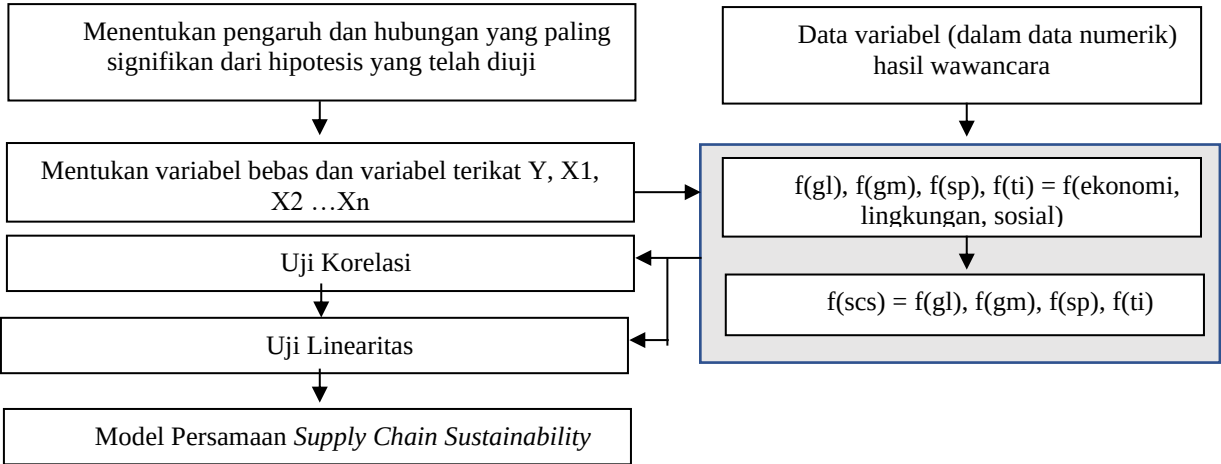
2.4. Analisis Data

2.4.1. Structural Equation Modelling (SEM) PLS

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan *Structural Equation Model* (SEM) dengan program Lisrel (*Linier Structural Relation*) versi 8.80. Dari data kuesioner yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah dan dianalisis sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya digunakan untuk menjawab permasalahan yang telah ditentukan. SEM merupakan sebuah alat statistik yang dipergunakan untuk menyelesaikan model bertingkat secara serempak yang tidak dapat diselesaikan oleh persamaan regresi linear [19]. SEM dapat juga dianggap sebagai gabungan dari analisis regresi dan analisis faktor. SEM dapat dignakan untuk menganalisis hubungan antarvariabel laten dengan variabel teramati sebagai indikatornya, menganalisis hubungan antarvariabel laten, dan menganalisis kesalahan pengukuran. Indikator dari variabel laten yang dibentuk pada model persamaan struktural dapat berupa reflektif maupun formatif [20].

2.4.2. Persamaan Multiple Regression Linear

Pada tahap pengembangan model persamaan *Multiple Regression Linear*, langkah pertama adalah dengan menentukan variabel bebas dan terikat dengan pengaruh yang paling signifikan dari hasil SEM PLS. Sementara itu, data yang digunakan adalah data numerik hasil wawancara. Langkah selanjutnya yaitu penentuan variabel bebas ($X_1, X_2, \dots X_n$) dan variabel terikat (Y) yaitu *Supply Chain Sustainability*.



Gambar 2. Tahapan Pemodelan dengan Persamaan Multiple Linear Regression

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Structural Equation Model (SEM)

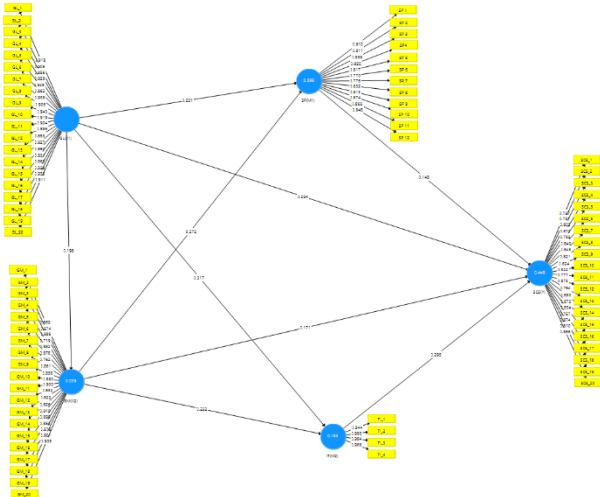
Hasil estimasi Models PLS yang diperoleh dari analisis menggunakan Smart PLS dapat dilihat dari gambar dibawah ini:

Tabel 3. Variabel dan Indikator yang digunakan

Variabel Intervening		Variabel	Indikator
Sustainability Performance dan Technology Innovation	Green Logistics		1. Citra perusahaan 2. Kinerja keuangan 3. Produktivitas
		Green Manufacturing	1. Profitabilitas 2. Konsumsi energi 3. Emisi polusi dalam aktivitas industri
	Supply Chain Sustainability		1. Delivery time 2. Waktu operasional 3. Nilai tambah produk 4. Ketersediaan teknologi dan informasi pada kegiatan operasional

Variabel <i>Intervening</i>	Variabel	Indikator
		5. Kesejahteraan pekerja
		6. Pengembangan sumber daya manusia
		7. Tingkat kecelakaan kerja
		8. Tingkat perputaran karyawan
		9. Penggunaan material daur ulang
		10. Efisiensi energi
		11. Prinsip 3R pada limbah

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Sumber: Hasil Analisis, 2024

Gambar 3. Hasil Algoritma Estimasi Models SEM PLS

Detail penjelasan model hubungan pada SmartPLS dapat dijabarkan menjadi 2 (dua) hubungan, yaitu hubungan secara langsung dan hubungan secara tidak langsung sebagai berikut:

Tabel 4. Model Hubungan Antarvariabel Secara Langsung

Hubungan Variabel	<i>Original Sample (O)</i>	<i>Sample Mean (M)</i>	<i>Standard Deviation (STDEV)</i>	T Statistics ($ O/STDEV $)	<i>p-values</i>
GL -> GM	0,198	0,200	0,075	2,631	0,004
GL -> IT	0,317	0,315	0,103	3,060	0,001
GL -> SCS	0,394	0,392	0,073	5,376	0,000
GL -> SP	0,221	0,222	0,090	2,451	0,007
GM -> IT	0,232	0,229	0,080	2,890	0,002
GM -> SCS	0,171	0,173	0,069	2,489	0,007
GM -> SP	0,272	0,270	0,083	3,269	0,001
IT -> SCS	0,295	0,289	0,060	4,938	0,000
SP -> SCS	0,148	0,151	0,066	2,250	0,012

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari tabel hubungan antarvariabel secara langsung, semua variabel yaitu *Green Logistics* (GL) dan *Green Manufaturing* (GM) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap perubahan nilai variabel *Supply Chain Sustainability* (SCS). Dengan nilai *original sample* positif (+), artinya pengaruh dan perubahannya searah. Diketahui bahwa hubungan antarvariabel secara langsung memiliki nilai *p-values* < 0,05. Berarti berdasarkan syarat pengambilan keputusan diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antarvariabel secara langsung. Sedangkan untuk model hubungan antarvariabel melalui variabel *intervening* dengan dapat dilihat:

Tabel 5. Model Hubungan Antarvariabel Melalui Variabel *Intervening*

Hubungan Variabel	<i>Original Sample (O)</i>	<i>Sample Mean (M)</i>	<i>Standard Deviation (STDEV)</i>	<i>T Statistics (O/STDEV)</i>	<i>p-values</i>
GL -> GM -> SP	0,055	0,054	0,026	2,041	0,021
GM -> SP -> SCS	0,042	0,040	0,023	1,720	0,043
GL -> GM -> SP -> SCS	0,019	0,018	0,016	1,702	0,048
GL -> GM -> IT -> SCS	0,014	0,013	0,008	1,809	0,036
GL -> SP -> SCS	0,033	0,032	0,019	1,749	0,040
GL -> GM -> SCS	0,034	0,034	0,019	1,792	0,037
GL -> GM -> IT	0,046	0,045	0,023	1,996	0,023
GM -> IT -> SCS	0,069	0,067	0,029	2,404	0,008
GL -> IT -> SCS	0,094	0,093	0,039	2,407	0,008

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Tabel hubungan antarvariabel melalui variabel *intervening* menunjukkan bahwa variabel *Green Logistic* (GL) dan *Green Manufaturing* (GM) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap perubahan nilai variabel *Supply Chain Sustainability* (SCS). Dengan nilai *original sample* positif (-) artinya pengaruh dan perubahannya searah. Diketahui bahwa hubungan antarvariabel melalui variabel *intervening* memiliki nilai *p-values* < 0,05. Berarti berdasarkan syarat pengambilan keputusan diketahui bahwa terdapat hubungan antarvariabel yang signifikan.

3.2. Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas bertujuan untuk menguji apakah data dapat dikatakan valid atau reliabel. Persyaratan data untuk bisa dikatakan valid dan reliabel. Data hasil survei yang telah dikumpulkan dan diinput ke dalam komputer perlu dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas terlebih dahulu sebelum data digunakan. Hasil pengujian untuk data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Uji Validitas dan Reliabilitas

No	Data Variabel	Kode	Validitas	Reliabilitas	Kesimpulan
			nilai Average Variance Extracted (AVE) >0,5	Nilai Cronbach's Alpha >0,7	
	<i>Green Logistics</i>	GL	0,822	0,989	Valid dan reliabel
	<i>Green Manufacturing</i>	GM	0,742	0,981	Valid dan reliabel
	<i>Innovation Technology</i>	IT	0,956	0,985	Valid dan reliabel
	<i>Supply Chain Sustainability</i>	SCS	0,671	0,974	Valid dan reliabel
	<i>Sustainability Performance</i>	SP	0,699	0,961	Valid dan reliabel

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari hasil uji validitas dan reliabilitas dapat diketahui data untuk semua variabel baik variabel *Green Logistics* (GL), *Green Manufacturing* (GM), *Sustainability Performance* (SP), *Innovation Technology* (IT), dan *Supply Chain Sustainability* (SCS) memenuhi syarat uji validitas dan reliabilitas sehingga semua variabel dinyatakan valid dan reliabel secara signifikan.

3.3. Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menguji beberapa hubungan variabel, baik secara langsung maupun dengan menggunakan variabel *intervening*. Berikut pengujian hipotesis dalam penelitian ini:

Tabel 7. Hasil Pengujian Hipotesis

Hipotesis	Hubungan	Sig.	t-tabel	t-statistik	Kesimpulan
H1	GL - SP	0,007	1,96	2,451	H0 ditolak dan H1 diterima
H2	GM - SP	0.001	1,96	3,269	H0 ditolak dan H2 diterima
H3	GL - TI	0,001	1,96	3,060	H0 ditolak dan H3 diterima
H4	GM - TI	0,002	1,96	2,890	H0 ditolak dan H4 diterima
H5	SP - SCS	0.012	1,96	2,250	H0 ditolak dan H5 diterima
H6	TI - SCS	0,000	1,96	4,938	H0 ditolak dan H6 diterima
H7	GL - SCS	0,000	1,96	5,376	H0 ditolak dan H7 diterima
H8	GM - SCS	0,007	1,96	2,489	H0 ditolak dan H8 diterima
H9	GL – SP - SCS	0.040	1,96	1,979	H0 ditolak dan H9 diterima
H10	GM – SP - SCS	0.043	1,96	1,972	H0 ditolak dan H10 diterima
H11	GL – TI – SCS	0.008	1,96	2,404	H0 ditolak dan H11 diterima
H12	GM – TI – SCS	0.036	1,96	1,981	H0 ditolak dan H12 diterima
H13	VI – SP – SCS	0.048	1,96	1,972	H0 ditolak dan H13 diterima
H14	VI – TI – SCS	0,036	1,96	1,981	H0 ditolak dan H14 diterima
H15	VI – SCS	0,037	1,96	1,972	H0 ditolak dan H15 diterima

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Berdasarkan tabel di atas, maka diketahui bahwa seluruh H0 (tidak adanya pengaruh) ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H1-H15). Hal tersebut dinyatakan dengan syarat bahwa nilai Sig. (signifikansi) memiliki nilai lebih kecil dari 0,05 ($< 0,05$) dan nilai t-hitung $>$ t tabel (1,96). Maka dari itu didapatkan pengaruh keseluruhan variabel.

3.4. Penentuan Variabel-Variabel yang Berpengaruh Signifikan terhadap *Supply Chain Sustainability*

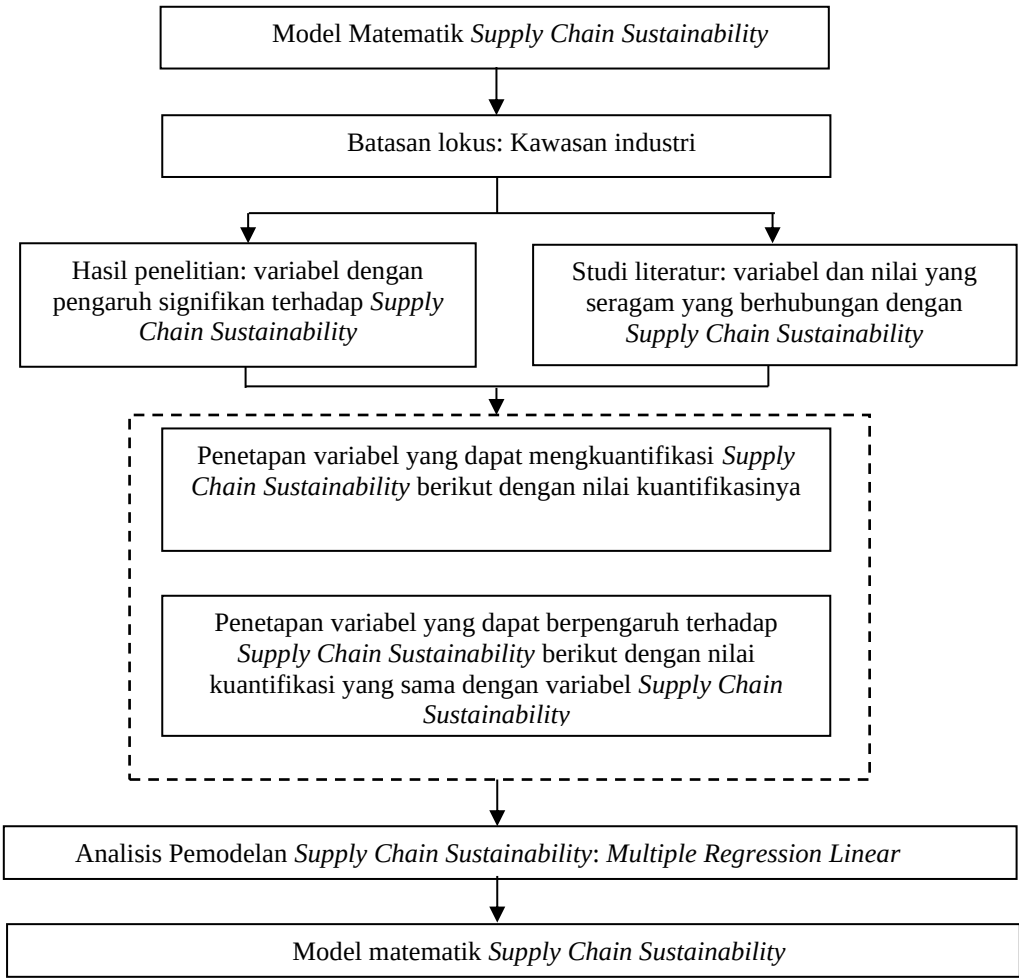
Untuk merencanakan pengembangan model matematik *Supply Chain Sustainability* diperlukan tahapan-tahapan meliputi perencanaan pengembangan model matematik seperti yang terdapat pada **Gambar 4**. Terdapat beberapa cara dalam menentukan variabel bebas, salah satunya dengan melihat ketersediaan data. Hal ini dijadikan pertimbangan karena terdapat kesulitan dalam pengumpulan data. Terdapat 6 (tujuh) variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini, yang didasarkan pengaruh (*outer loading*) terhadap variabel *Green Logistic* dan *Green Manufacturing*, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 7**. Penentuan ini diharapkan mampu memberikan model yang tepat dalam penerapan *Supply Chain Sustainability* pada kawasan industri.

Tabel 8. Usulan variabel bebas (X) yang mewakili variabel *Green Logistics* dan *Green Manufacturing*

No	Kandidat Variabel Bebas (X)	Ketersediaan Data dari 42 perusahaan	Rekomendasi Variabel Bebas (X)	Keterangan
1	Biaya logistik (% dari pendapatan)	Tersedia	X1	
2	Biaya operasional (% dari pendapatan)	Tersedia	X2	
3	Investasi biaya sosial (% dari pendapatan)	Variabel ini digabung dengan variabel inventasi sosial pada <i>Green Manufacturing</i> (X5)	-	Digabung ke kandidat variabel bebas X5
4	Karyawan/pengemudi bersertifikat (%)	Tersedia	X3	
5	Investasi biaya kemasan terbarukan (% dari pendapatan)	Tidak semua responden tahu komposisi biaya kemasan terbarukan (Tabel 4.3)	-	Disampaikan sebagai variabel yang disarankan dalam penelitian selanjutnya

No	Kandidat Variabel Bebas (X)	Ketersediaan Data dari 42 perusahaan	Rekomendasi Variabel Bebas (X)	Keterangan
6	Keuntungan (% dari pendapatan)	Tersedia	X4	
7	Investasi biaya sosial dan jaminan kesejahteraan karyawan (% dari pendapatan)	Tersedia	X5	Green Manufacturing
8	Investasi biaya pengelolaan lingkungan (% dari pendapatan)	Tersedia	X6	

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 4. Tahapan Pemilihan Variabel

3.5. Analisis Regresi Linier Berganda (*Multi Linear Regression*) dalam Menentukan Model Baru *Supply Chain Sustainability*

Untuk analisis regresi linier berganda pada penelitian ini menggunakan perangkat SPSS. Dari hasil analisis regresi linier berganda ini akan diketahui besar hubungan atau seberapa jauh variabel bebas X1, X2, X3, X4, X5, dan X6 berpengaruh terhadap variabel tidak bebas Y. Untuk itu dilakukan uji regresi yang disebut uji regresi berganda karena terdapat lebih dari dua variabel bebas.

Tabel 9. Nilai Koefisien Regresi Linier Berganda

Model	Coefficients ^a									
	Unstandardized Coefficients		Standardised Coefficients				95,0% Confidence Interval for B		Correlations	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound	Zero order	Partial	Part
1 (Constant)	487.427	166.849		2.921	.006	148.706	826.147			
X1	-.100	.030	-.235	-	.002	-.162	-.039	-.790	-.489	-
				3.320						.144
X2	-.032	0.43	-.068	-.745	.461	-.119	.055	-.846	-.125	-
										.032
X3	4.065	1.093	.299	3.719	.001	1.846	6.284	.877	.532	.161
X4	.027	.031	.098	.851	.401	-.037	.090	.893	.142	.037
C5	.831	.383	.291	2.168	.037	.053	1.609	.897	.344	.094
X6	4.875	5.469	.095	.891	.379	-6.228	15.978	.851	.149	.039

Dependent Variable: Y

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari koefisien regresi linier berganda di atas dapat dirumuskan nilai persamaan sebagai berikut:

$$Y = 487,427 - 0,1 X1 - 0,032 X2 + 4,065 X3 + 0,027 X4 + 0,831 X5 + 4.857 X6$$

Keterangan:

Y = Peningkatan keuntungan dari tahun sebelumnya (%)

X1 = Biaya Logistik (% dari pendapatan);

X2 = Biaya Operasional (% dari pendapatan);

X3 = Karyawan/pengemudi bersertifikat;

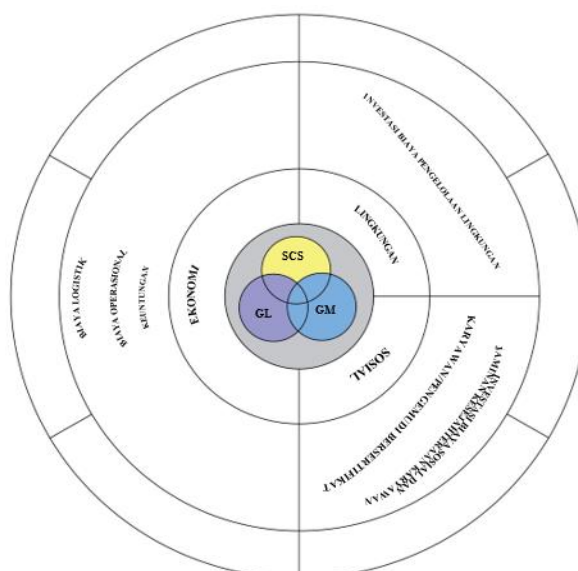
X4 = Keuntungan (% dari pendapatan);

X5 = Investasi biaya sosial dan jaminan kesejahteraan karyawan (% dari pendapatan);

X6 = Investasi biaya pengelolaan lingkungan (% dari Pendapatan).

Berdasarkan Uji T (Parsial) ditemukan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen. Hal tersebut dilihat dari nilai Sig. yang memiliki nilai lebih kecil atau ($< 0,05$) sehingga dapat dikatakan bahwa variabel independen berpengaruh baik simultan ataupun parsial terhadap variabel dependen.

Gambar 5 menjelaskan bahwa dalam pemodelan yang dilakukan memiliki tiga variabel utama dengan pengaruh signifikan, yaitu *Supply Chain Sustainability* (SCS), *Green Logistics* (GL), dan *Green Manufacturing* (GM). Pada lapisan analisis berikutnya, ketiga variabel ini, yaitu SCS, GL, dan GM, memiliki indikator-indikator yang dibagi ke dalam tiga kategori utama: ekonomi, sosial, dan lingkungan. Indikator ekonomi memiliki tiga faktor yang paling berpengaruh, yaitu biaya logistik, biaya operasional, dan keuntungan. Biaya logistik mencakup semua biaya yang terkait dengan pengangkutan barang dan manajemen rantai pasokan, sedangkan biaya operasional mencakup biaya sehari-hari yang dikeluarkan untuk menjalankan operasional perusahaan. Keuntungan merupakan hasil finansial yang diperoleh setelah mengurangi semua biaya dari pendapatan. Pada indikator sosial terdapat tiga faktor utama yang paling berpengaruh, yaitu investasi biaya sosial, jaminan kesejahteraan karyawan, dan karyawan mengemudi bersertifikat. Investasi biaya sosial mencakup pengeluaran yang dilakukan perusahaan untuk mendukung kesejahteraan sosial di lingkungan sekitarnya. Jaminan kesejahteraan karyawan mencakup berbagai program dan tunjangan yang diberikan untuk memastikan kesejahteraan dan kepuasan karyawan. Karyawan mengemudi bersertifikat merujuk pada program pelatihan dan sertifikasi yang diberikan kepada karyawan untuk meningkatkan keterampilan dan keamanan dalam mengemudi. Sementara itu, pada indikator lingkungan, faktor yang paling berpengaruh adalah investasi biaya pengelolaan lingkungan. Hal ini mencakup semua biaya yang dikeluarkan untuk mengelola dampak lingkungan dari operasional perusahaan, termasuk inisiatif untuk mengurangi emisi, pengelolaan limbah, dan konservasi sumber daya alam.



Sumber: Hasil Analisis, 2024

Gambar 5. Model Supply Chain Sustainability dari Indikator Green Logistics dan Green Manufacturing

4. Kesimpulan

Penelitian ini mendasarkan pada penerapan *supply chain sustainability* melalui *green logistics* dan *green manufacturing* di kawasan industri. Analisis hubungan dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang memengaruhi *supply chain sustainability*. Studi literatur dan pengolahan data mengidentifikasi bahwa selain *green logistics* dan *green manufacturing*, *sustainable performance* dan *innovation technology* juga berhubungan dengan *supply chain sustainability* dan ditetapkan sebagai variabel *intervening*. Simpulan penelitian menunjukkan bahwa *green logistics* dan *green manufacturing* berpengaruh positif dan signifikan terhadap *sustainable performance* dan *technology innovation*. Selanjutnya, *sustainable performance* dan *technology innovation* juga berpengaruh positif signifikan terhadap *supply chain sustainability*. *Green logistics* dan *green manufacturing* memiliki pengaruh yang lebih dominan secara langsung terhadap *supply chain sustainability* dibandingkan melalui variabel *intervening*.

Penelitian ini juga menghasilkan model hubungan antara variabel *green logistics*, *green manufacturing*, *sustainable performance*, dan *innovation technology* terhadap *supply chain sustainability*. Model matematis yang dihasilkan menunjukkan bahwa *green logistics* dan *green manufacturing* secara langsung memengaruhi *supply chain sustainability*, serta melalui variabel *intervening sustainable performance* dan *technology innovation*, memberikan gambaran yang jelas tentang korelasi variabel-variabel tersebut. Untuk menetapkan model *supply chain sustainability*, penelitian ini mengidentifikasi indikator-indikator utama seperti biaya logistik, biaya operasional, sertifikasi karyawan, keuntungan, investasi biaya sosial dan kesejahteraan, serta pengelolaan lingkungan. Model regresi linier berganda menunjukkan hubungan kuat antara indikator-indikator tersebut dengan kenaikan keuntungan tahunan. Hasil model ini menunjukkan bahwa penerapan *supply chain sustainability* melalui *green logistics* dan *green manufacturing* dapat meningkatkan keuntungan perusahaan di kawasan industri, serta menjamin keberlangsungan perusahaan secara parsial maupun agregat.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Program Studi Doktor Ilmu Manajemen dengan Kekhasan Transportasi, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti karena telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Joshi, "A review on sustainable supply chain network design: Dimensions, paradigms, concepts, framework and future directions," *Sustain. Oper. Comput.*, vol. 3, pp. 136–148, 2022, doi: 10.1016/j.susoc.2022.01.001.

- [2] S. K. Allen *et al.*, “Summary for Policymakers,” in *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, Cambridge University Press, 2012, pp. 3–22. doi: 10.1017/CBO9781139177245.003.
- [3] E. Erwin, “The Impact of Agile Supply Chain Strategy on Sustainability Performance with Company’s Sustainability Reporting: Evidence from Pulp & Paper Industry in Indonesia,” *J. Ilm. Akunt.*, vol. 6, no. 2, p. 353, Jan. 2022, doi: 10.23887/jia.v6i2.39124.
- [4] A. A. Taleizadeh, F. Haghighi, and S. T. A. Niaki, “Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products,” *J. Clean. Prod.*, vol. 207, pp. 163–181, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.198.
- [5] Z. Mujkic, A. Qorri, and A. Kraslawski, “Sustainability and Optimization of Supply Chains: a Literature Review,” *Oper. Supply Chain Manag. An Int. J.*, pp. 186–199, Aug. 2018, doi: 10.31387/oscm0350213.
- [6] A. Qayyum, R. A. Jamil, and A. Sehar, “Impact of green marketing, greenwashing and green confusion on green brand equity,” *Spanish J. Mark. - ESIC*, vol. 27, no. 3, pp. 286–305, Nov. 2023, doi: 10.1108/SJME-03-2022-0032.
- [7] Y. Van Fan, Z. N. Pintarič, and J. J. Klemesš, “Emerging Tools for Energy System Design Increasing Economic and Environmental Sustainability,” *Energies*, vol. 13, no. 16, p. 4062, Aug. 2020, doi: 10.3390/en13164062.
- [8] N. Sachin and R. Rajesh, “An empirical study of supply chain sustainability with financial performances of Indian firms,” *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 24, no. 5, pp. 6577–6601, May 2022, doi: 10.1007/s10668-021-01717-1.
- [9] S. B. Ebrahimi, “A stochastic multi-objective location-allocation-routing problem for tire supply chain considering sustainability aspects and quantity discounts,” *J. Clean. Prod.*, vol. 198, pp. 704–720, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.059.
- [10] J. W. Strandhagen, S.-V. Buer, M. Semini, E. Alfnes, and J. O. Strandhagen, “Sustainability challenges and how Industry 4.0 technologies can address them: a case study of a shipbuilding supply chain,” *Prod. Plan. Control*, vol. 33, no. 9–10, pp. 995–1010, Jul. 2022, doi: 10.1080/09537287.2020.1837940.
- [11] M. S. Islam, S. Moeinzadeh, M.-L. Tseng, and K. Tan, “A literature review on environmental concerns in logistics: trends and future challenges,” *Int. J. Logist. Res. Appl.*, vol. 24, no. 2, pp. 126–151, Mar. 2021, doi: 10.1080/13675567.2020.1732313.
- [12] E. Afum, V. Y. Osei-Ahenkan, Y. Agyabeng-Mensah, J. Amponsah Owusu, L. Y. Kusi, and J. Ankomah, “Green manufacturing practices and sustainable performance among Ghanaian manufacturing SMEs: the explanatory link of green supply chain integration,” *Manag. Environ. Qual. An Int. J.*, vol. 31, no. 6, pp. 1457–1475, Jul. 2020, doi: 10.1108/MEQ-01-2020-0019.
- [13] P. Ghadimi, S. O’Neill, C. Wang, and J. W. Sutherland, “Analysis of enablers on the successful implementation of green manufacturing for Irish SMEs,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 32, no. 1, pp. 85–109, Aug. 2020, doi: 10.1108/JMTM-10-2019-0382.
- [14] F. Wei and Z. Xiong, “Review of Sustainable Supply Chain Performance Evaluation,” in *Proceedings of the 5th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2020)*, 2020. doi: 10.2991/aebmr.k.200306.034.
- [15] N. Trushkina and O. Prokopyshyn, “CIRCULAR ECONOMY AS A NEW WAY OF MANAGING IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATIONS,” *Green, Blue Digit. Econ. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 64–71, Oct. 2021, doi: 10.30525/2661-5169/2021-3-10.
- [16] M. M. A. Pinto, J. L. Kovaleski, R. T. Yoshino, and R. N. Pagani, “Knowledge and Technology Transfer Influencing the Process of Innovation in Green Supply Chain Management: A Multicriteria Model Based on the DEMATEL Method,” *Sustainability*, vol. 11, no. 12, p. 3485, Jun. 2019, doi: 10.3390/su11123485.
- [17] Indofood CBD, “Pursuing Sustainable Growth in Times Of Unvertainty (Indofood CBD),” 2022.
- [18] P. Manajemen, O. Kelas, and E.-H. Arif, “Analisis Supply Chain Management pada PT Unilever,” vol. 6, pp. 503–508, 2023.
- [19] Y. Yingfei, Z. Mengze, L. Zeyu, B. Ki-Hyung, A. Andriandafiarisoa Ralison Ny Avotra, and A. Nawaz, “Green logistics performance and infrastructure on service trade and environment-Measuring firm’s performance and service quality,” *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 34, no. 1, p. 101683, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.jksus.2021.101683.
- [20] K. Mohan Kumar, A. Abd Rahman, K. Jayaraman, and S. Abdul Rahim, “Conceptualization of a Research Model for Sustainable Logistics Practices and Logistics Transport Performance,” *J. Pengur.*, vol. 51, pp. 147–158, 2017, doi: 10.17576/pengurusan-2017-51-13.