

Strategi Peningkatan *Sustainable Supply Chain Performance* Pada Perusahaan Remanufaktur Melalui *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM)

Ade Meutia Ulfah¹, Agus Mansur^{2*}

^{1,2)} Program Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5, Sleman, Yogyakarta 55584
Email: 23916029@students.uui.ac.id, agusmansur@uui.ac.id

ABSTRAK

Persaingan global memerlukan strategi yang tidak hanya bertumpu pada efisiensi, tetapi juga harus memperhatikan aspek lingkungan. Remanufaktur sebagai bagian dari ekonomi sirkular menjadi solusi strategis melalui pengurangan limbah, penghematan sumber daya dan pelestarian nilai produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja SSCM di PT Komatsu Remanufacturing Asia (P.T KRA) menggunakan metode *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM) yang terintegrasi dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Untuk memastikan proses penelitian didukung oleh data yang valid, maka pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara, serta pengumpulan data primer dan sekunder. Perancangan Metrik pengukuran keberlanjutan dikembangkan berdasarkan kajian literatur dan divalidasi menggunakan pengujian konstansi, validitas dan reliabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja SSCM perusahaan P.T KRA berada pada kategori cukup baik (*Moderately Good*) dengan nilai indeks keberlanjutan sebesar 77. Dimensi lingkungan dan sosial menunjukkan kinerja yang relatif kuat, akan tetapi dimensi ekonomi masih memerlukan perbaikan, khususnya pada pengurangan *lead time*, peningkatan *overall equipment effectiveness* (OEE), efisiensi penggunaan air dan pengelolaan limbah padat. Temuan ini menegaskan pentingnya Sus-VSM sebagai alat evaluasi komprehensif untuk mendukung peningkatan efisiensi secara berkelanjutan dalam rantai pasok remanufaktur.

Kata kunci: *Sustainable Supply Chain Management, Remanufaktur, Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM)*

ABSTRACT

Global competition requires strategies that rely not only on efficiency but also on environmental considerations. Remanufacturing, as part of the circular economy, is a strategic solution that reduces waste, saves resources, and preserves product value. This study aims to evaluate the performance of SSCM at PT Komatsu Remanufacturing Asia (P.T KRA) using the Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM) method integrated with the Analytical Hierarchy Process (AHP). To ensure the research process is supported by valid data, in this study used direct observation, interviews, and primary and secondary data sources. The sustainability measurement metrics were developed based on a literature review and validated using AHP, supported by consistency, validity, and reliability testing. The results of the study indicate that the SSCM performance of P.T KRA company is in the moderately good category (Moderately Good) with a sustainability index value of 77. The environmental and social dimensions show relatively strong performance, but the economic dimension still requires improvement, particularly in reducing lead time, increasing overall equipment effectiveness (OEE), improving water-use efficiency, and strengthening solid waste management. These findings emphasize the importance of Sus-VSM as a comprehensive evaluation tool to support continuous improvements in efficiency in the remanufacturing supply chain.

Keywords: *Sustainable Supply Chain Management, Remanufaktur, Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM)*

Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat, perusahaan di seluruh dunia dihadapkan pada tantangan untuk tetap kompetitif di pasar yang semakin dinamis. Selain tuntutan efisiensi operasional dan profitabilitas, meningkatnya kesadaran pelanggan terhadap dampak sosial dan lingkungan dari aktivitas bisnis telah mendorong perusahaan untuk mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam strategi mereka [1]. Salah satu strategi yaitu manajemen rantai pasok yang berkelanjutan atau dikenal sebagai *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) [2]. Dibandingkan dengan konsep SCM pada umumnya, konsep pengembangan SSCM tidak hanya fokus pada profit atau efisiensi operasional tetapi juga pada dampak sosial dan lingkungan dari setiap aktivitas rantai pasok [3] [4].

Konsep SCM sendiri pertama kali diperkenalkan oleh Oliver dan Weber pada tahun 1982 sebagai pendekatan untuk mencapai integrasi antar organisasi secara efektif dan efisien, mulai dari pemasok hingga pelanggan akhir [5]. SCM mencakup seluruh rangkaian aktivitas produksi, mulai dari pengadaan bahan baku, proses penambahan nilai, pengelolaan persediaan,

hingga distribusi produk ke konsumen [6]. SCM juga dipahami sebagai jaringan organisasi yang saling berinteraksi dan bekerja sama secara terintegrasi dalam memperoleh bahan baku, memproduksi, serta menyalurkan produk kepada konsumen [7], [8]. Seiring berkembangnya tuntutan pemangku kepentingan, konsep SCM kemudian berevolusi menjadi SSCM [9] dengan mengintegrasikan prinsip keberlanjutan ke dalam fungsi bisnis [10], [11]. Indonesia, sebagai salah satu negara dengan kontribusi besar pada industri manufaktur, telah menunjukkan komitmen terhadap keberlanjutan melalui partisipasi dalam deklarasi internasional [12]. Terbukti pada bulan September 2009, Indonesia menandatangani *Manila Declaration on Green Industry* di Filipina. Deklarasi ini menekankan perlunya produksi bersih untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, termasuk perubahan iklim, kerusakan hutan dan pemanasan global. Dalam konteks ini, remanufaktur menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mencapai keberlanjutan, karena memungkinkan pemanfaatan kembali produk bekas dengan tetap mempertahankan nilai tambahnya [13].

Menurut Gan [14] Remanufaktur adalah proses pemulihan barang bekas yang mengembalikan produk ke kondisi “Seperti Baru”, lengkap dengan garansi yang setara dengan produk baru. Proses ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan, tetapi juga menghemat sumber daya alam dan energi yang diperlukan untuk memproduksi barang baru. Sebagai bagian dari ekonomi sirkular, remanufaktur membantu menciptakan nilai ekonomi yang signifikan sambil mendukung tujuan keberlanjutan. PT Komatsu Remanufacturing Asia sebagai salah satu pelaku industri remanufaktur di Indonesia, menjadi objek penelitian ini karena peran strategisnya dalam mendukung efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan [15]. Meskipun remanufaktur menawarkan peluang besar, implementasinya di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Hambatan utama terletak pada identifikasi dan eliminasi pemborosan di sepanjang rantai pasok, ketidakefisienan dalam aliran material, pengelolaan limbah dan proses produksi. Kebijakan operasional yang sering kali terlalu berorientasi pada efisiensi biaya juga dapat mengakibatkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan dan kesejahteraan masyarakat [16].

Untuk menjawab tantangan ini diperlukan metode evaluasi komprehensif [17]. *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM) merupakan pengembangan dari *Value Stream Mapping* tradisional yang mengintegrasikan metrik keberlanjutan untuk mengevaluasi dampak sosial dan lingkungan [18] [19] [20]. Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa Sus-VSM efektif [21] dalam mengidentifikasi pemborosan serta permasalahan keberlanjutan pada proses produksi di berbagai sektor industri dan mampu menghasilkan rekomendasi perbaikan yang komprehensif [22] [23]. Meskipun beberapa peneliti telah membahas evaluasi *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) dan penerapan *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM), namun kajian yang mengintegrasikan pendekatan Sus-VSM dengan pembobotan metrik berbasis *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada industri remanufaktur di Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini mengindikasikan perkembangan penelitian di bidang SSCM di Indonesia relatif lebih rendah dibandingkan negara lain, padahal potensi pengembangan keilmuan dan praktik industri sangat besar [24]. Beberapa penelitian sebelumnya hanya fokus mengevaluasi satu dimensi keberlanjutan. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka evaluasi SSCM yang menintegrasikan Sus-VSM dan AHP untuk menghasilkan indeks keberlanjutan yang komprehensif, sekaligus mengaitkan hasil pemetaan *bottleneck* proses dengan perumusan strategi peningkatan keberlanjutan secara terintegrasi pada konteks industri remanufaktur.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi lapangan melalui observasi langsung, wawancara dan pengumpulan data historis perusahaan. Fokus penelitian diarahkan pada pengukuran kinerja *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) dengan metode (Sus-VSM). Tahapan penelitian meliputi seleksi metrik berdasarkan kajian literatur, proses validasi, serta analisis data untuk menghasilkan indeks *sustainability*. Penelitian dilaksanakan di PT Komatsu Remanufacturing Asia, perusahaan remanufaktur yang memproduksi komponen utama alat berat merk Komatsu.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara serta observasi. Data sekunder diperoleh dari studi literatur dan dokumen pendukung yang relevan. Pemilihan metrik *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) dalam penelitian ini didasarkan pada prinsip *triple bottom line* yang mencakup aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Metrik ekonomi dipilih untuk merepresentasikan efisiensi dan kinerja operasional proses remanufaktur, seperti *lead time*, kualitas, dan efektivitas peralatan. Metrik lingkungan difokuskan pada dampak utama aktivitas remanufaktur terhadap sumber daya dan lingkungan, termasuk emisi, penggunaan energi, air, dan pengelolaan limbah. Sementara itu, metrik sosial digunakan untuk menilai kesejahteraan dan keselamatan pekerja sebagai pemangku kepentingan kunci dalam rantai pasok. Pemilihan metrik juga mengacu pada kajian literatur serta kesesuaian dengan kondisi dan praktik operasional perusahaan, sehingga metrik yang digunakan relevan secara akademik dan aplikatif secara praktis.

Validasi metrik keberlanjutan dilakukan melalui *expert judgement* menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan kuesioner *pairwise comparison* yang melibatkan lima orang *expert* terpilih secara *purposive*. Konsistensi penilaian diuji menggunakan *Consistency Ratio* ($CR \leq 0,1$, sedangkan uji validitas dan reliabilitas digunakan dengan uji statistik, termasuk *Cronbach's Alpha*. Selanjutnya, AHP digunakan untuk memperoleh bobot metrik dan indeks *sustainability*, serta Sus-VSM untuk mengevaluasi kinerja SSCM berdasarkan dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan [25]

Profil singkat para *expert* yang terlibat dalam proses validasi metrik menggunakan AHP disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil Expert

No	Jabatan	Departemen/Divisi	Pengalaman Kerja
1	Manager	Procurement & Warehouse	> 13 tahun
2	Manager	Safety, Compliance & Strategic	>17 tahun
3	General Manager	Demand & Supply Chain	> 25 tahun
4	General Manager	Produksi	> 20 tahun
5	General Manager	Corporate Strategic & ICT	> 27 tahun

Dapat dijelaskan bahwa langkah-langkah enelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1.



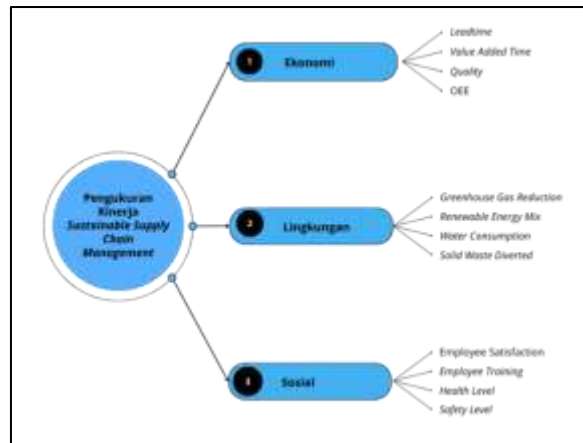
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Struktur Hirarki dan Pembobotan Metrik

Penyusunan struktur hirarki dan pembobotan matrik merupakan tahapan krusial dalam penelitian yang berfokus pada strategi peningkatan kinerja rantai pasok berkelanjutan, karena memungkinkan identifikasi yang sistematis terhadap faktor-faktor kunci yang memengaruhi kinerja tersebut serta penentuan prioritas relatif di antara faktor-faktor tersebut. Melalui pembentukan struktur hirarki, berbagai dimensi keberlanjutan—ekonomi, lingkungan, dan sosial—dapat diuraikan ke dalam kriteria dan subkriteria yang relevan, sehingga kompleksitas sistem rantai pasok dapat dianalisis secara terstruktur. Gambar 2 merupakan struktur hirarki yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Struktur Hirarki

Struktur hierarki Sustainable Supply Chain Management (SSCM) dalam penelitian ini menempatkan SSCM sebagai tujuan utama (goal), dengan tiga aspek utama pada level berikutnya, yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial. Setiap aspek selanjutnya diuraikan ke dalam metrik-metrik penilaian yang relevan. Penentuan bobot kepentingan masing-masing aspek dan metrik dilakukan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) yang dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 2. Priority Weight Setiap Aspek

Kriteria	Ekonomi	Lingkungan	Sosial	Jumlah	Rata-rata
Ekonomi	0.39	0.36	0.41	1.16	0.39
Lingkungan	0.34	0.32	0.29	0.95	0.32
Sosial	0.28	0.32	0.29	0.89	0.29

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa aspek ekonomi memiliki bobot tertinggi sebesar 0,39, diikuti oleh aspek lingkungan sebesar 0,32 dan aspek sosial sebesar 0,29. Nilai rasio konsistensi berada dalam batas yang dapat diterima, sehingga hasil pembobotan dinyatakan konsisten dan valid. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi dan kinerja operasional masih menjadi prioritas utama dalam pengelolaan rantai pasok perusahaan, meskipun aspek lingkungan dan sosial juga memiliki peran yang signifikan.

Tabel 3. Priority Weight aspek Ekonomi

Kriteria	Leadtime	VAT	Quality	OEE	Jumlah	Rata-rata
Leadtime	0.11	0.08	0.12	0.08	0.39	0.10
VAT	0.21	0.17	0.15	0.18	0.72	0.18
Quality	0.50	0.64	0.61	0.61	2.36	0.59
OEE	0.18	0.11	0.12	0.13	0.54	0.13

Hasil perhitungan pembobotan pada aspek ekonomi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa metrik quality memiliki bobot tertinggi (0,59), diikuti oleh value added time (0,18), overall equipment effectiveness (OEE) (0,13), dan lead time (0,10). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas produk merupakan faktor paling krusial dalam mendukung kinerja ekonomi perusahaan.

Tabel 4. Priority Weight aspek Lingkungan

Kriteria	GHG Reduction	Renewable Energy Mix	Water Intensity	Solid Waste	Jumlah	Rata-rata
GHG Reduction	0.31	0.44	0.35	0.22	1.32	0.33
Renewable Energy Mix	0.12	0.16	0.22	0.17	0.68	0.17
Water Intensity	0.25	0.20	0.28	0.39	1.12	0.28
Solid Waste	0.31	0.20	0.15	0.22	0.89	0.22

Pada aspek lingkungan, bobot tertinggi terdapat pada GHG reduction (0,33), diikuti oleh water intensity (0,28), solid waste diverted (0,22), dan renewable energy mix (0,17), yang mencerminkan fokus perusahaan pada pengurangan emisi dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Tabel 5. Priority Weight aspek Sosial

Kriteria	<i>Employee Satisfaction</i>	<i>Employee Training</i>	<i>Health Level</i>	<i>Safety Level</i>	Jumlah	Rata-rata
<i>Employee Satisfaction</i>	0.11	0.16	0.10	0.10	0.46	0.12
<i>Employee Training</i>	0.06	0.09	0.10	0.10	0.35	0.08
<i>Health Level</i>	0.33	0.28	0.29	0.29	1.19	0.30
<i>Safety Level</i>	0.51	0.47	0.51	0.51	2.00	0.50

Dari tabel 5 diatas sementara itu, pada aspek sosial, safety level (0,50) dan health level (0,30) menjadi prioritas utama, menegaskan pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja sebagai fondasi keberlanjutan operasional.

Data Metrik Ekonomi

Data metrik ekonomi dalam penelitian ini mencakup lead time, value added time, quality, dan overall equipment effectiveness (OEE). Berdasarkan data primer Divisi Produksi periode Januari-Desember 2024, rata-rata lead time penyelesaian satu unit engine adalah 30,02 hari. Nilai ini merepresentasikan keseluruhan waktu proses yang dilalui produk dalam sistem produksi perusahaan. Selain itu, rata-rata value added time selama periode penelitian adalah 5,26 hari, yang mengindikasikan proporsi waktu bernilai tambah relatif kecil dibandingkan total lead time.

Berdasarkan perhitungan periode Januari-Desember 2024, rata-rata data *quality* mencapai 94%, dengan nilai tertinggi sebesar 100% dan terendah 87%. Variasi ini menunjukkan bahwa meskipun kualitas secara umum tergolong baik, masih terdapat bulan-bulan tertentu yang memerlukan perhatian perbaikan. Pengukuran OEE pada mesin *double column* menunjukkan rata-rata kinerja sebesar 60,26% selama tahun 2024. Nilai ini masih berada di bawah target perusahaan dan standar *world-class* OEE, dengan fluktuasi yang terutama dipengaruhi oleh aspek *availability* dan *performance*, sementara faktor *quality* relatif stabil. Hal ini mengindikasikan perlunya upaya peningkatan berkelanjutan untuk meningkatkan efektivitas peralatan produksi.

Data Metrik Lingkungan

Data metrik lingkungan dalam penelitian ini meliputi *greenhouse gas (GHG) reduction*, *renewable energy mix*, *water withdrawal intensity reduction*, dan *solid waste diverted*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perusahaan berhasil menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 54,87% dibandingkan dengan tahun dasar 2019, dari 8.969,43 ton CO₂ menjadi 4.048,79 ton CO₂. Capaian ini mencerminkan efektivitas upaya peningkatan efisiensi energi dan penerapan praktik operasional yang lebih ramah lingkungan.

Pada indikator *renewable energy mix*, proporsi penggunaan energi terbarukan mencapai 88,34% dari total konsumsi energi sebesar 10.259 GJ. Dominasi energi terbarukan dalam bauran energi ini menunjukkan keberhasilan perusahaan dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan memperkuat kinerja keberlanjutan operasional. Sementara itu, indikator *water withdrawal intensity reduction* menunjukkan penurunan intensitas penggunaan air sebesar 27,38%, dari 10,3 m³/unit produksi pada tahun baseline menjadi 7,48 m³/unit produksi, yang mengindikasikan peningkatan efisiensi pengelolaan sumber daya air.

Selain itu, indikator *solid waste diverted* menunjukkan bahwa 40,40% limbah padat berhasil dialihkan dari tempat pembuangan akhir melalui daur ulang dan pemanfaatan kembali. Capaian ini menegaskan penerapan prinsip *circular economy* dalam pengelolaan limbah dan kontribusi perusahaan dalam mengurangi dampak lingkungan. Secara keseluruhan, hasil metrik lingkungan menunjukkan kinerja keberlanjutan yang positif dan konsisten dengan tujuan pengurangan dampak lingkungan perusahaan.

Data Metrik Sosial

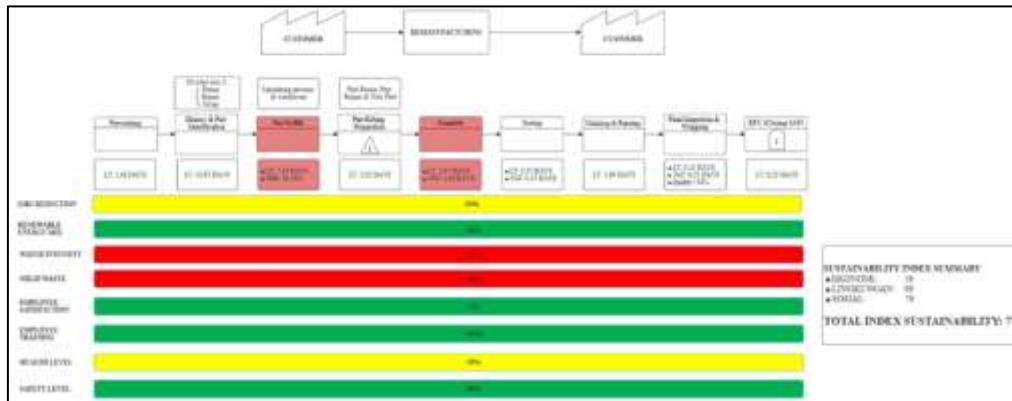
Data metrik sosial dalam penelitian ini mencakup *employee satisfaction*, *employee training*, *health level*, dan *safety level* sebagai indikator kinerja sosial perusahaan. Hasil pengolahan menunjukkan nilai *Employee Satisfaction Index* sebesar 4,22, yang termasuk dalam kategori sangat puas. Aspek dengan nilai tertinggi adalah lingkungan dan kondisi kerja, sedangkan aspek pengembangan karier dan pelatihan memperoleh nilai terendah, meskipun masih berada dalam kategori puas.

Indikator *employee training* menunjukkan tingkat partisipasi pelatihan sebesar 112%, yang berarti rata-rata setiap karyawan mengikuti lebih dari satu program pelatihan dalam satu tahun. Capaian ini mencerminkan komitmen perusahaan dalam pengembangan kompetensi dan peningkatan kualitas sumber daya manusia secara berkelanjutan.

Selanjutnya, indikator *health level* yang diukur berdasarkan tingkat kehadiran karyawan tanpa izin sakit menunjukkan nilai sebesar 55,92%, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar karyawan tetap hadir dan bekerja dalam kondisi sehat selama periode pengukuran.

Pada aspek keselamatan kerja, nilai *safety level* perusahaan mencapai 96,4%, yang menunjukkan tingkat kecelakaan kerja relatif rendah dan telah memenuhi standar keselamatan perusahaan ($\geq 95\%$). Secara keseluruhan, hasil metrik sosial menunjukkan bahwa perusahaan memiliki kinerja sosial yang baik, terutama dalam aspek kepuasan kerja, pengembangan karyawan, dan keselamatan kerja.

Current Sustainability Value Stream Mapping



Gambar 3. Current Sustainable Value Stream Mapping

Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM) digunakan untuk memetakan kondisi aktual proses remanufaktur berdasarkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Pada dimensi ekonomi, total *lead time* mencapai 30,02 hari per engine, dengan *bottleneck* utama pada proses *Part Fulfill* (7,18 hari; OEE 69,26%) dan *Assembly* (5,47 hari) sehingga menjadi prioritas perbaikan. Pada aspek lingkungan, capaian *GHG Reduction* (54%) dan *Renewable Energy Mix* (88%) tergolong baik, sementara *Water Withdrawal Intensity* (27%) dan *Solid Waste Diverted* (40%) masih perlu ditingkatkan. Dari sisi sosial, *Employee Satisfaction* (4,22), *Safety Level* (96,4%), dan *Employee Training* (112%) menunjukkan kinerja baik, sedangkan *Health Level* (55%) masih rendah dan memerlukan perhatian khusus.

Current Indeks Sustainability

Tabel 6. Hasil Metrik

Metrik	Hasil	Standar	Min	Max	S-Norm	Bobot	S-Norm* Bobot
Leadtime	30,02		24,54	34,19	43,21	0,1	4,32
Value Added Time	5,26		4,09	6,08	58,79	0,18	10,58
Quality	94%		87%	100%	53,85	0,59	31,77
OEE	60%		45%	67%	68,61	0,13	8,92
TOTAL							55,59
GHG Reduction	55%	30%			100,00	0,33	33,00
Renewable Energy mix	88%	20%			100,00	0,17	17,00
Water Withdrawal	27%	30%			91,27	0,28	25,55
Solid Waste Diverted	40%	40%			100,00	0,22	22,00
TOTAL							97,55
Employee Satisfaction	4,22		3,91	4,57	46,97	0,12	5,64
Employee Training	1,12	100%			100,00	0,09	9,00
Health Level	55%	100%			55,00	0,3	16,50
Safety Level	96%	100%			96,40	0,5	48,20
TOTAL							79,34

Berdasarkan hasil perhitungan, skor aspek ekonomi sebesar 55,59, skor aspek lingkungan sebesar 97,55 dan skor aspek sosial sebesar 79,34. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja keberlanjutan tertinggi terdapat pada aspek lingkungan, diikuti aspek sosial, sementara aspek ekonomi masih memiliki ruang terbesar untuk perbaikan.

Tabel 7. Perhitungan Indeks Sustainability

Aspek	Bobot	Indeks	Bobot x Indeks
Ekonomi	0,39	55,59	21,7
Lingkungan	0,32	97,55	31,2
Sosial	0,3	79,34	23,8
TOTAL			76,7

Berdasarkan perhitungan indeks sustainability, diperoleh skor total sebesar 76,7 atau dibulatkan menjadi 77, yang termasuk dalam kategori *Moderately Good*. Aspek lingkungan memiliki skor tertinggi (97,55), diikuti aspek sosial (79,34),

sedangkan aspek ekonomi memiliki skor terendah (55,59). Hasil ini menunjukkan bahwa perusahaan telah memiliki fondasi keberlanjutan yang kuat, terutama pada aspek lingkungan dan sosial, namun masih memerlukan fokus perbaikan pada aspek ekonomi agar kinerja SSCM menjadi lebih seimbang dan optimal.

Hasil pemetaan menggunakan Sus-VSM menunjukkan bahwa *bottleneck* utama terdapat pada proses *Part Fulfill* dan *Assembly* yang berkontribusi terhadap panjangnya *lead time* dan rendahnya nilai OEE. Kondisi ini mengindikasikan ketidakseimbangan antara efisiensi operasional dan capaian keberlanjutan, dimana kinerja lingkungan yang tinggi melalui pengurangan emisi dan penggunaan energi terbarukan belum sepenuhnya diimbangi dengan peningkatan kinerja ekonomi. Temuan ini menegaskan perlunya strategi perbaikan terintegrasi yang secara simultan mampu meningkatkan efisiensi proses dan mempertahankan capaian keberlanjutan lingkungan.

Tabel 8. Keterkaitan Bottleneck Proses, Dampak SSCM dan Usulan Strategi Perbaikan

Bottleneck Process	Dampak terhadap SSCM	Usulan Strategi Perbaikan
Part Fulfill	Leadtime tinggi, OEE rendah	Standarisasi part, preventive maintenance
Assembly	Waktu tunggu tinggi	Line Balancing
Water usage	Efisiensi lingkungan belum optimal	Reuse & monitoring atas sistem air
Solid waste	Circularity terbatas	Waste recycling
Health Level	Kinerja sosial rendah	Health monitoring

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, studi ini dilakukan pada satu perusahaan remanufaktur sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi secara luas ke sektor industri lainnya. Kedua, analisis kinerja keberlanjutan bergantung pada data historis perusahaan serta penilaian *expert judgment*, yang berpotensi mengandung subjektivitas. Ketiga, penelitian ini belum mengembangkan simulasi *future-state* Sus-VSM, sehingga dampak kuantitatif dari usulan strategi perbaikan belum dapat dievaluasi secara menyeluruh.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) di PT Komatsu Remanufacturing Asia, yang dievaluasi menggunakan pendekatan *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM) terintegrasi dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), berada pada kategori *Moderately Good* dengan nilai indeks keberlanjutan sebesar 77. Hasil analisis menunjukkan bahwa aspek lingkungan dan sosial memiliki kinerja relatif baik, sementara aspek ekonomi masih memerlukan peningkatan, khususnya terkait efisiensi proses dan pemanfaatan sumber daya. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan kerangka evaluasi SSCM berbasis Sus-VSM yang komprehensif dan aplikatif pada industri remanufaktur di Indonesia, yang mampu mengidentifikasi *bottleneck* proses sekaligus mengaitkannya dengan strategi peningkatan keberlanjutan secara terintegrasi

Daftar Pustaka

- [1] Q. G. Y. & L. K. Zhu, "Sustainable Supply Chain Management: A Review of the Literature and Future Research Directions," *Journal of Cleaner Production*, p. 258, 2020.
- [2] M. Asrol, Marimin, Machfud, M. Yani and Rohayati, "A multi-criteria model of supply chain sustainability assessment and improvement for sugarcane agroindustry," *Heliyon*, p. 10, 2024.
- [3] I. Adriant, N. K. Dewi and D. Syafiela, "Analisis Kinerja Sustainable Supply Chain dengan Pendekatan Product Service System," *Manajemen Logistik & Transportasi*, pp. 31-45, 2021.
- [4] D. P. Mardiana and R. Primadasa, "Model Desain Key Performance Indicators (KPI) Sustainable Supply Chain Management (SSCM) pada Industri Tekstil menggunakan Metode Analytical Hierarchy Prcess," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, p. 43, 2023.
- [5] Arjuna, Santoso and R. M. Heryanto, "Green Supply Chain Performance Measurement using Green SCOR Model in Agriculture Industry: A Case Study," *Jurnal Teknik Industri*, pp. 53-60, 2022.
- [6] D. S. Andi Muhammad Yusuf, "Supply Chain Management dan Rekomendasi Penerapannya pada Industri Pertahanan," *A literature Review "International Journal of Social and Management Studies (IJOSMAS)*, pp. 63-77, 2022.
- [7] Soediantono, "Supply Chain Management and Recommendations for Implementation in the Defense Industry," *A literature Review "International Journal of Social and Management Studies*, pp. 63-77, 2022.

- [8] H. H, R. E, S. R, P. R, P. D and N. D. & P. A, "The Role of e-marketing and e-CRM on e-loyalty of Indonesian companies during Covid Pandemic and Digital Era," *Uncertain supply chain Management*, pp. 217-224, 2022.
- [9] T. Y. Rosiani, D. M. Utama, A. Y. Ummudiyah and I. Amallynda, "Sustainable Manufacturing Assessment using Sustainable VSM and AHP involving Workload and Machine Efficiency: A Case Study in Indonesian Paving Block Production," *Circular Economy and Sustainability*, 2024.
- [10] N. K. Hartanto, "Analysis of the Implementation of Sustainable Supply Chain Management Based on ISPO Certification Principles in Palm Oil Companies in Indonesia," *Journal of Social and Economics Research*, pp. 341-361, 2021.
- [11] R. Alhindawi, Y. A. Nahleh and A. Kumar, "Navigating Sustainable Supply Chain Management Perfume Industry: Challenges and Solutions," *Sustainability*, p. 723, 2025.
- [12] N. Sembiring, M. Tambunan, E. Ginting, R. Yuris and S. Chailes, "A brief Review of Literature on Sustainable Supply Chain Management (SSCM)," *Energy & Engineering*, pp. 243-249, 2019.
- [13] N. Deborah and M. F. Sugihartanto, "Assessment of Sustainable Packaging Supply Chain Management Using the Life Cycle Assessment Method," *Procedia Computer Science*, pp. 654-662, 2023.
- [14] S.-S. Gan, D. Wahjudi and Y. Tanoto, "Remanufacturing: Strategi dan Desain dalam Rantai Pasok Lingkaran Tertutup," *Jurnal Teknik Mesin*, pp. 51-59, 2021.
- [15] P. Mishra, L. Prasad, M. Paliwal, S. Hadalgekar, K. Patil and R. Dongre, "Sustainability in Supply Chain Considering the Triple Bottom Line to Determine Business Development," *International Journal of Sustainable Development and Planning*, pp. 3955-4002, 2024.
- [16] B. Santiago, L. F. Scavarda, R. Caiado and R. Jardim, "Circular Sustainable Supply Chain Management Framework from the Perspective of Triple Bottom Line," *Procedia Computer Science*, pp. 673-680, 2023.
- [17] S. Hartini, U. Ciptomulyono, M. Anityasari, Sriyanto and D. Pudjotomo, "Sustainable-value stream mapping to evaluate sustainability performance: case study in an Indonesian furniture company," *MATEC*, p. 154, 2021.
- [18] M. C. Firdaus, "Value Stream Mapping Untuk Meningkatkan Kinerja Keberlanjutan Perusahaan CPO," *Industrial Engineering Online Journal*, pp. 1-7, 2022.
- [19] A. N. M. Arif Darmawan, "Analisis Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM) Sebagai Upaya Untuk Meminimalisasi Pemborosan di PT XYZ," 2023.
- [20] D. P. Mardiana and R. Primadasa, "Model Desain Key Performance Indicators (KPI) Sustainable Supply Chain Management (SSCM) pada Industri Tekstil Menggunakan Metode Analytic Hierarche Process," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, pp. 43-50, 2023.
- [21] M. N. Rasshif, P. A. Wicaksono and S. Hartini, "Desain Sustainable Value Stream Mapping untuk Evaluasi Kinerja Keberlanjutan Perusahaan Obat," 2022.
- [22] S. Hartini, J. Manurung and R. Rumita, "Sustainable Value stream Mapping to improve Manufacturing Sustainability Performance: Case Study in a Natural Dye Batik SME's," *Materials Science and Engineering*, pp. 1-14, 2020.
- [23] C. H. & A. P. Prasetyo, "Desain Perbaikan Untuk Meningkatkan Nilai Efisiensi Manufaktur Keberlanjutan Menggunakan Sustainable Value Stream Mapping (Studi Kasus : CV Mugiharjo)," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, pp. 1-7, 2019.
- [24] M. Hisjam, "Perkembangan Riset Bidang Manajemen Rantai Pasok Berkelanjutan," *Media Ilmiah Teknik Industri Vol 17*, pp. 103-110, 2018.
- [25] E. K. & R. Primadasa, "Design of Key Performance Indicators (KPI) for Sustainable Supply Chain Management (SSCM) Palm Oil Industry in Indonesia," *MATEC Web Conferences*, p. 159, 2018.