

Analisis *Value Stream Mapping* dan *Eco-Efficiency* Untuk Meminimasi Waste dan Dampak Negatif Terhadap Lingkungan Proses Produksi Kayu Lapis

(*Value Stream Mapping and Eco-Efficiency Analysis to Minimize Waste and Negative Impacts on the Environment Plywood Production Process*)

Ian Derry

Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah

Corresponding author: ian.derry@mhs.unsoed.ac.id

Received 01 September 2021, Revised 03 August 2022, Accepted 05 August 2022, Published 11 August 2022

Abstrak. PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) adalah perusahaan yang memproduksi produk *plywood*. Dalam identifikasi yang dilakukan perusahaan masih menghasilkan *waste* pada proses produksinya. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meminimalkan *waste* guna menjadikan proses menjadi lebih efisien dan mengidentifikasi apakah proses tersebut ramah lingkungan dengan pertimbangan tingkat *eco efficiency*. Penelitian ini meliputi langkah-langkah antara lain dengan menganalisa *value stream mapping* untuk mengetahui kegiatan yang memiliki *value added* dan yang berkategori non-value added (NVA). Selanjutnya dilakukan pengukuran dampak lingkungan dengan LCA (Life Cycle Analysis). Pada proses produksi *plywood* diperoleh *waste* yang sering terjadi adalah terdapatnya gelembung pada *plywood*. Dari hasil pengukuran untuk 1 buah *plywood*, didapatkan *Life Cycle Impact Assessment Damage Category Human Health* sebesar 0,00246 DAILY, *Damage Category Ecosystem Quality* sebesar 0,0135 PDF*m2yr dan untuk *Damage Category Resources* 0,0008 MJ surplus. Biaya *eco cost* sebesar Rp 1.266.196,44. Usulan proses untuk meminimalkan *waste* adalah dengan menggabungkan proses *grading* dan proses *final packaging* agar tidak ada jeda menunggu dari proses *grading* ke proses *final packaging*.

Kata kunci: *eco-efficiency*, kayu lapis, *value stream mapping*, *waste*.

Abstract. PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) is a company that produces *plywood* products. In identification, the company still produces *waste* in its production process. Therefore, efforts are needed to minimize *waste* in order to make the process more efficient and identify whether the process is environmentally friendly with consideration of the level of *eco efficiency*. This research includes steps, among others, by analyzing the *value stream mapping* to find out activities that have *value added* and are categorized as NVA. Furthermore, environmental impact measurement is carried out using LCA (Life Cycle Analysis). In the *plywood* production process, the *waste* that often occurs is the presence of bubbles in the *plywood*. From the measurement results for 1 piece of *plywood*, the *Life Cycle Impact Assessment Damage Category Human Health* is 0.00246 DAILY, *Damage Category Ecosystem Quality* is 0.0135 PDF*m2yr and for *Damage Category Resources* is 0.0008 MJ surplus. The *eco cost* is IDR 1,266,196.44. The proposed process to minimize *waste* is to combine the *grading* process and the *final packaging* process so that there is no waiting lag from the *grading* process to the *final packaging* process.

Keywords: *eco-efficiency*, *plywood*, *value stream mapping*, *waste*.

1 Pendahuluan

Industri kayu lapis (*plywood*) sudah dikenal di Indonesia sejak sebelum Perang Dunia II (Kapilani, 2007). Pada tahun 1950-an berdiri beberapa pabrik *plywood* di Jawa. Semua pabrik tersebut termasuk industri kecil, mulai tahun 1970-an berkembang pabrik kayu lapis yang

termasuk industri besar, sejalan dengan perkembangan Hak Penguasaan Hutan (HPH). Pada saat ini terdapat lebih dari 100 buah pabrik kayu lapis yang tersebar di Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Irian Jaya (Kapilani, 2007). Salah satu dari pabrik kayu lapis (*plywood*) di Jawa adalah PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) yang berlokasi di Purbalingga. Berdasarkan hasil wawancara dengan perusahaan teridentifikasi beberapa *waste* pada lini produksi *plywood*, diantaranya adalah *waiting time*, produk *defect* serta *unnecessary inventory*. Bentuk produk *defect* yang terjadi disini antara lain terdapatnya rongga pada *core plywood*, terdapatnya patahan pada bagian *plywood*, *plywood* yang tidak sengaja dipotong miring, dan lainnya. Ketiga *waste* tersebut menyebabkan kurang maksimalnya jumlah produksi produk, sehingga berpengaruh terhadap efisiensi waktu yang digunakan dan menyebabkan kerugian terhadap perusahaan. Oleh karena itu, *waste* tersebut perlu untuk dianalisis dan diminimalisir.

Lean merupakan pendekatan manajemen untuk mengurangi biaya operasional dengan memeriksa semua bentuk limbah di organisasi dari pelanggan akhir perspektif (Pratama, 2019). *Lean manufacturing* adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan sampah, yang juga dikenal sebagai kegiatan *non-value added* melalui yang benar teknik peningkatan terus menerus (Pratama, 2019). Tujuan dari penerapan *lean manufacturing* adalah untuk meningkatkan kinerja manufaktur lainnya (Batubara & Kudsiah, 2012; (Ristyowati, et al., 2017).

Salah satu *tools* dari *lean manufacturing* yang dapat digunakan adalah *Value Stream Mapping* (VSM). VSM adalah sebuah metode visual untuk memetakan jalur produksi dari sebuah produk yang di dalamnya termasuk material dan informasi dari masing-masing stasiun kerja (Pattiapon, et al., 2020). Setiap proses yang tidak menambah nilai dari perspektif pelanggan atau sesuatu yang pelanggan bersedia membayar untuk harus dihapus dan setiap aktivitas dikategorikan sebagai nilai tambah atau bukan nilai tambah (Franchetti, 2015). VSM dinilai relevan diterapkan untuk meminimasi *waste* pada proses produksi *plywood*. Akan tetapi ketika perusahaan meningkatkan produktifitas, perusahaan juga harus memerhatikan penggunaan sumber daya alam, limbah produksi, dan kondisi lingkungan yang ada. Maka dari itu, pendekatan *green manufacturing* dibutuhkan karena berkontribusi meminimasi dampak negative bagi lingkungan pada proses produksinya (Prabowo, 2019).

Green manufacturing merupakan suatu proses produksi yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, sangat efisien, dan menghasilkan sedikit bahkan tidak ada limbah atau polusi (Soedarmadji, et al., 2015). *Lean* merupakan katalis bagi pengimplementasian *green manufacturing* (Siregar, 2019). Salah satu *tools* pada *green manufacturing* yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat kegiatan operasional perusahaan yang meminimalisir biaya operasional perusahaan adalah *eco-efficiency* (Putri, 2019). *Eco-efficiency* adalah salah satu strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan nilai produksi (Sapriana, 2019). Konsep *eco-efficiency* bertujuan menghasilkan produk dengan harga yang kompetitif serta meningkatkan kualitas hidup dengan mengurangi dampak lingkungan dan pemakaian sumber daya melalui daur hidup (*life cycle*). Alasan mengapa perlu dilakukan pengukuran tingkat *eco-efficiency* pada suatu produk adalah untuk mengetahui tingkat *sustainability* suatu produk perlu dilakukan pengukuran tingkat *eco-efficiency* dari produk tersebut.

Value Stream Analysis Tools (VALSAT) adalah sebuah *tools* untuk menganalisa *waste* yang terdapat dalam lini produksi dan mencari alternatif perbaikannya. Menurut Prabowo dan Suryanto (2019), dengan metode VALSAT pada *lean manufacturing* ditemukan *waste* pada *finishing* kain katun dan dengan metode 6R pada *green manufacturing* untuk mengelompokkan proses-proses untuk perbaikan (Prabowo, 2019). Menurut Rinawati et al. (2013) dengan metode VALSAT pada *lean manufacturing* terdapat empat pemborosan yang menyebabkan proses produksi menjadi inefisien, yaitu *defect*, *inappropriate processing*, *overproduction*, dan *waiting*, dengan *green manufacturing* dapat dihitung tingkat *eco-efficiency* (Sari, et al., 2012). Menurut Prabowo (2013) dengan metode VALSAT pada *lean manufacturing* ditemukan *waste* pada proses *finishing* kain katun dan dengan *eco-efficiency* dan *green manufacturing pyramid concept* didapatkan usul untuk memanfaatkan limbah kondensat sebagai *feed boiler*. Sisa air

pendingin mesin yang digunakan sebelumnya dimanfaatkan lagi untuk proses penghilangan pati, pemanfaatan sisa air cucian *bleaching* untuk proses *scouring* dan *engineering* untuk komponen-komponen mesin yang masih dapat digunakan. Menurut Ikatrinasari (2014) dengan metode VALSAT pada *lean manufacturing* didapatkan rendahnya efisiensi yang terjadi pada proses produksi, hal itu disebabkan karena perusahaan sering melakukan proses yang tidak penting atau *non value added activity*. Kegiatan yang tidak penting tersebut meliputi pergantian amplas, ganti gergaji, stel mesin, perbaiki meja *lift* dan sebagainya yang membutuhkan waktu yang lama sehingga meningkatkan *leadtime* pada produk (Ikatrinasari, et al., 2018).

Berdasarkan fakta tersebut, *lean manufacturing* dapat meminimalisir *waste* yang terjadi pada proses produksi dan *green manufacturing* dapat mengurangi dampak negatif yang dihasilkan oleh proses produksi. Tujuan penelitian ini adalah mengadopsi pendekatan *lean dan green manufacturing* untuk mengurangi *waste* dan dampak negatif terhadap lingkungan dari proses produksi produk *plywood* di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe).

2 Metode

Jenis penelitian ini tergolong kuantitatif deskriptif. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari studi literature dan studi lapangan untuk mengidentifikasi masalah dan tujuan, selanjutnya dilakukan pengumpulan dan pengolahan data menggunakan metode *lean manufacturing* dan *green manufacturing*, selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan untuk memberikan usulan perbaikan kepada perusahaan.

Pada pengolahan data *lean manufacturing* dilakukan tiga tahapan. Tahap pertama yaitu pembuatan *current value stream mapping* untuk memetakan kondisi aktual perusahaan. Tahap kedua yaitu melakukan identifikasi *waste* apa saja yang terdapat pada proses produksi. Tahap ketiga, yaitu melakukan analisis VALSAT untuk mengetahui apa yang harus dilakukan terhadap *waste* tersebut.

Penerapan *green manufacturing* dilakukan dengan metode *eco-efficiency* (Sagwan & Mittal, 2015). Dalam metode *eco-efficiency* dibutuhkan perhitungan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) yang terdapat pada analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) dan perhitungan *Net Value*. LCA adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengestimasi energi atau aliran material yang berhubungan dengan siklus hidup produk yang berpengaruh pada dampak ke lingkungan (Windrianto, et al., 2018). Terdapat tujuh tahapan pada pengolahan data dengan *green manufacturing*. Tahap pertama adalah penentuan *goal* dan *scope* sesuai tujuan penelitian. Tahap kedua adalah melakukan *Life Cycle Inventory* (LCI) untuk mengetahui input dan output dari setiap proses yang ada pada alur proses produksi. Tahap ketiga yaitu melakukan analisis LCIA dengan *software* OpenLCA untuk mengetahui besarnya dampak proses produksi terhadap lingkungan, dilanjutkan dengan menghitung *eco-cost* untuk mengetahui seberapa besar kerugian terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh proses produksi, hasil ini juga dapat digunakan untuk menghitung analisis *Eco-Efficiency*. Perhitungan *eco-costs* dilakukan menggunakan Tabel 1.

Tabel 1 Tabel Perhitungan *Eco-cost* (Prabowo, 2019)

Damage Category	Unit	Damage Value	Faktor Konversi	Unit	Konversi Rupiah	Jumlah Eco Cost
Human Health	DALY	-	36.121,89	Euro	Rp. 14.257,629	-
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	-	0,43	Euro	(8 Agustus 2021 17.57 WIB)	-
Resources	MJ Surplus	-	0,007	Euro		-
Total						-

Tahap keempat yaitu menghitung *net value*, *net value* adalah nilai keuntungan yang didapat dari sebuah produk yang dijual (Lestari & Susandi, 2019). Berikut adalah persamaan perhitungan dari *net value*.

$$Net Value = \text{Harga Jual} - \text{Harga Pokok Produksi (HPP)} \quad (1)$$

Tahap kelima yaitu melakukan perhitungan *Eco-Efficiency Index* (EEI) untuk mengetahui apakah produk dapat dikatakan *affordable* (terjangkau secara finansial) dan *sustainable* (ramah lingkungan). Semakin tinggi harga jual suatu produk, maka semakin besar pula nilai EEI dan semakin besar nilai EEI maka kemungkinan produk bersifat *sustainable* akan semakin besar (Windrianto, et al., 2018). Kriteria penilaian EEI dapat dilihat pada Tabel 2 dan persamaan untuk menghitung nilai EEI dapat dilihat pada persamaan 2 (Windrianto, et al., 2018).

Tabel 2 Kriteria *Eco-Efficiency Index* (EEI) (Windrianto, et al., 2018)

EEI	Keterangan <i>Affordable</i>	Keterangan <i>sustainable</i>
> 1	<i>Affordable</i>	<i>Sustainable</i>
0-1	<i>Affordable</i>	<i>Not Sustainable</i>
< 1	<i>Not Affordable</i>	<i>Not Sustainable</i>

$$EEI = \frac{\text{Harga Jual} - \text{HPP}}{\text{HPP} + \text{Eco Cost}} \dots\dots\dots(2)$$

Tahap keenam yaitu melakukan perhitungan *Eco-Cost Value Ratio* (EVR) untuk mengungkapkan apakah pola konsumsi masyarakat yang berkelanjutan dan tidak berkelanjutan, berikut persamaan perhitungannya:

$$EVR = \frac{\text{Eco-Cost}}{\text{Net Value}} \dots\dots\dots(3)$$

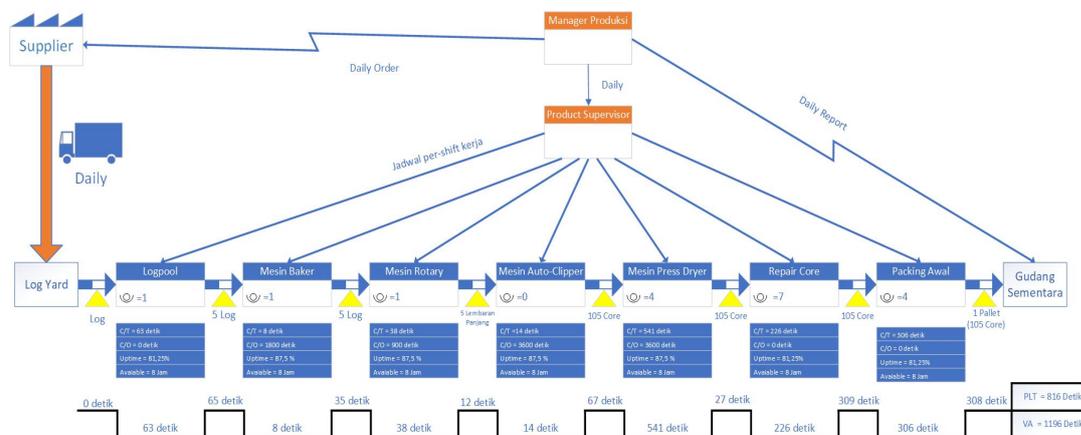
Tahap ketujuh yaitu melakukan perhitungan *Eco-Efficiency Ratio* (EER) untuk mengetahui tingkat keberlanjutan produk tertentu dalam seluruh siklus hidupnya. Berikut persamaan menghitung nilai EER:

$$EER = (1 - EVR) \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

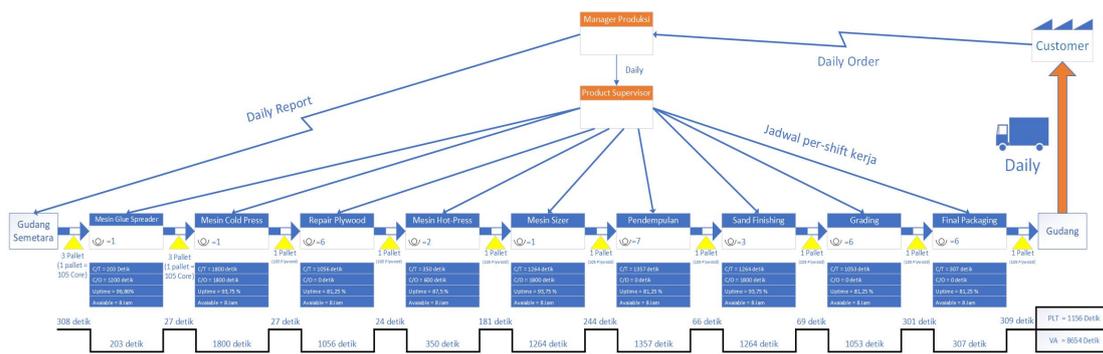
3 Hasil dan Pembahasan

Current Value Stream Mapping

Pada PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) terdapat 2 divisi pada proses produksi *plywood*, yaitu bagian *production* dan bagian *assembly*. *Current VSM* pada proses produksi *plywood* di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) dapat dilihat pada Gambar 1 untuk divisi *production* dan Gambar 2 untuk divisi *assembly*.



Gambar 1 *Current value stream mapping* pada divisi *production*.



Gambar 2 Current value stream mapping pada divisi production.

Waste

Hasil perhitungan skor waste pada proses produksi plywood di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) berdasarkan hasil kuesioner dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan skor waste proses produksi plywood

No	Pemborosan	Skor	Bobot
1	Overproduction	1	0,13
2	Waiting	2	0,25
3	Transportation	1	0,13
4	Excess Processing	0	0,00
5	Inventories	1	0,13
6	Motion	0	0,00
7	Defects	3	0,38
Total		8	1

Keterangan:

- 0 = Tidak Pernah Terjadi
- 1 = Jarang Terjadi
- 2 = Mungkin Terjadi
- 3 = Sering Terjadi
- 4 = Selalu Terjadi

VALSAT

Untuk melakukan perhitungan VALSAT untuk memilih tools VALSAT yang akan digunakan untuk menganalisa waste yang terjadi di proses produksi plywood, dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat total dari Process Activity Mapping (PAM) mendapat nilai yang paling tinggi. Oleh karena itu, tools VALSAT yang digunakan untuk menganalisis waste yang terjadi pada proses produksi plywood 3mm adalah tools PAM.

Tabel 4 Perhitungan penentuan tools Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Pemborosan	VALSAT Tools						
	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
Overproduction	0,13	0,38		0,13	0,38	0,38	
Waiting	2,25	2,25	0,25		0,75	0,75	
Transportation	1,13						0,13
Process	0,00		0,00	0,00		0,00	
Inventory	0,38	1,13	0,38		1,13	0,38	0,13
Motion	0,00	0,00					
Defect	0,38			3,38			
Total	4,25	3,75	0,63	3,50	2,25	1,50	0,25
Ranking	1,00	2,00	6,00	3,00	4,00	5,00	7,00

Selanjutnya adalah pengolahan dengan *tools* PAM seperti pada Tabel 5 yang menampilkan rekapitulasi waktu tipe kegiatan apa saja yang tergolong *Value Added*, *Non-Value Added*, dan *Necessary Non-Value Added*.

Tabel 5 *Process Activity Mapping (PAM)* pada produksi *plywood*

No.	Activity	Time (detik)	Type of Activity					Annotation
			O	T	I	S	D	
1	Log ditransfer	0		■				NNVA
2	<i>Logpool</i>	63				■		NNVA
3	Log ditransfer	65		■				NVA
4	Mesin baker	8	■					VA
5	Log ditransfer	35		■				NVA
6	Mesin <i>rotary</i>	38	■					VA
7	Lembaran di <i>transfer</i>	12		■				NVA
8	Mesin <i>auto-clipper</i>	14	■					VA
9	Lembaran di <i>transfer</i>	67		■				NVA
10	Mesin <i>press dryer</i>	541	■					VA
11	<i>Core</i> di <i>transfer</i>	27		■				NVA
12	Proses <i>repair core</i>	226			■			VA
13	<i>Core</i> di <i>transfer</i>	309		■				NVA
14	Proses <i>packing</i> awal	306				■		NNVA
15	Pallet <i>core</i> di <i>transfer</i> ke gudang	301		■				NNVA
16	Pallet <i>core</i> di <i>transfer</i> dari gudang	308		■				NNVA
17	Mesin <i>glue spreader</i>	203	■					VA
18	<i>Core</i> di <i>transfer</i>	27		■				NVA
19	Mesin <i>cold press</i>	1800	■					VA
20	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	27		■				NVA
21	Proses <i>repair plywood</i>	1056			■			VA
22	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	24		■				NVA
23	Mesin <i>hot press</i>	350	■					VA
24	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	181		■				NVA
25	Mesin <i>sizer</i>	1264	■					VA
26	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	244		■				NVA
27	Proses pendempulan	1357	■					VA
28	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	66		■				NVA
29	Mesin <i>sand finishing</i>	1264					■	VA
30	<i>Plywood</i> di <i>transfer</i>	69		■				NVA
31	Proses <i>grading</i>	1053			■			NNVA
32	Menunggu dari <i>grading</i> ke <i>packaging</i>	301			■			NVA
33	Proses <i>final packaging</i>	307				■		NNVA
34	Pallet <i>plywood</i> di <i>transfer</i> ke gudang	309		■				NNVA
Total (Detik)		12222						

Keterangan :

O = Operasi
T = Transportasi
I = Inspeksi
S = *Storage*
D = *Delay*

VA = *Value Added*
NVA = *Non-Value Added*
NNVA = *Necessary Non-Value Added*

Tabel 6 Rekapitulasi Waktu Tipe Aktivitas *Process Activity Mapping* (PAM)

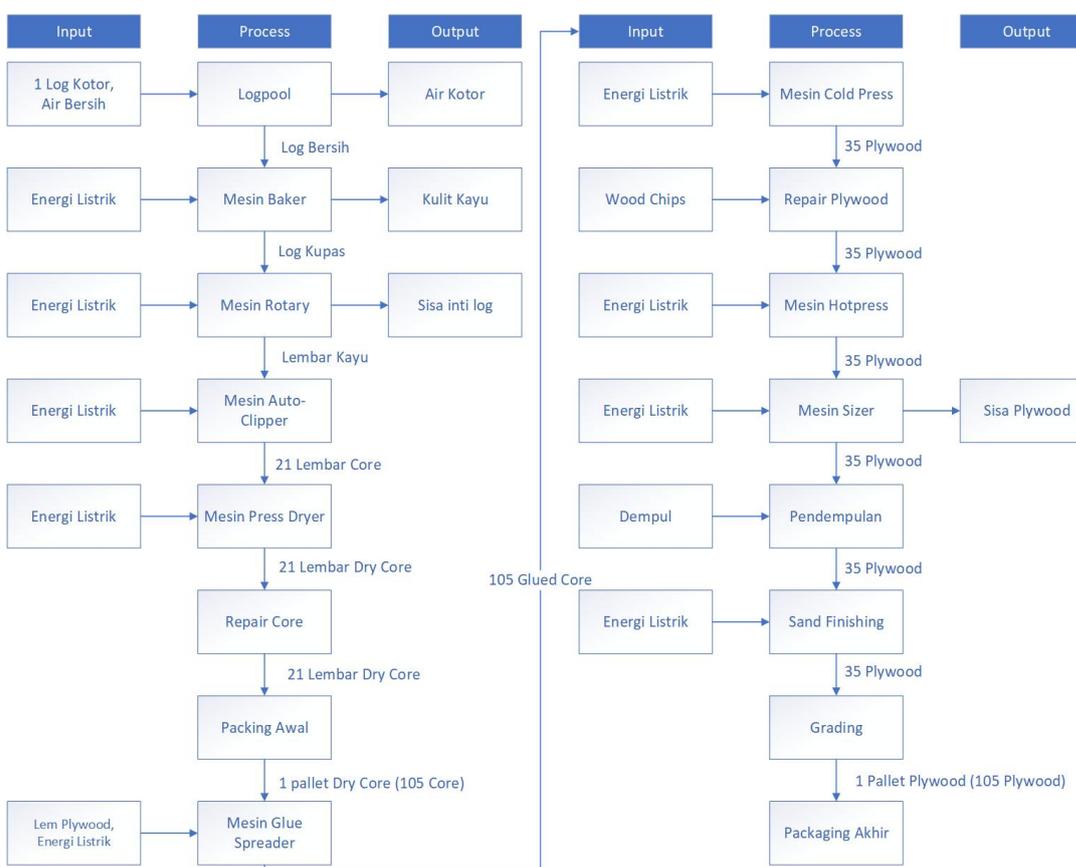
Tipe Aktivitas	Divisi		Total Waktu (Detik)	Persentase
	Production	Assembly		
VA	890	7294	8184	66,96
NVA	515	939	1454	11,90
NNVA	607	1977	2584	21,14
Total	2012	10210	12222	100

Goal and Scope

Goals atau Tujuan dalam LCA adalah untuk mengetahui seberapa besar dampak ekologi yang dihasilkan. *Scope* atau batasan dari LCA pada perhitungan LCA ini tidak menghitung konsumsi energi listrik yang digunakan dikarenakan banyak mesin yang tidak memiliki label spesifikasi pada mesinnya.

Life Cycle Inventory (LCI)

Pada Gambar 3 disajikan diagram *Life Cycle Inventory* (LCI) pada proses produksi *plywood*.



Gambar 3 *Life Cycle Inventory* (LCI) pada proses produksi *plywood*.

Life Cycle Impact Assessment (LCIA)/Eco-costs

Pada Tabel 7 disajikan hasil perhitungan LCIA *plywood* pada *tab impact analysis* dengan aplikasi OpenLCA dengan *database agribalsye*, *database ecoinvent*, *database PEF*, dan *database OpenLCA*. Setelah melakukan analisis LCIA dengan *software* Open LCA, selanjutnya dilakukan perhitungan *eco-cost*. Perhitungan *eco-cost* bisa dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Hasil perhitungan pada tab *impact analysis* pada *process system plywood pada software openLCA*

<i>Impact category</i>	<i>Result</i>
<i>ecosystem quality - acidification & eutrophication</i>	0,000333913
<i>ecosystem quality - ecotoxicity</i>	4,26645E-06
<i>ecosystem quality - land occupation</i>	0,01319875
<i>human health - carcinogenics</i>	-1,81231E-05
<i>human health - climate change</i>	0,000770021
<i>human health - ionising radiation</i>	6,30453E-07
<i>human health - ozone layer depletion</i>	2,47355E-07
<i>human health - respiratory effects</i>	0,001706219
<i>resources - mineral extraction</i>	0,000813733

Tabel 8 Perhitungan *Eco-cost* (Prabowo, 2019)

Damage Category	Unit	Plywood 3mm	Faktor Konversi	Unit	Konversi Rupiah	Jumlah Eco Cost
<i>Human Health</i>	DALY	0,00246	36.121,89	Euro	Rp. 14.257,629	Rp. 82,99
<i>Ecosystem Quality</i>	PDF*m2yr	0,0135	0.43	Euro	(8 Agustus 2021 17.57 WIB)	Rp. 1.266.412,63
<i>Resources</i>	MJ Surplus	0,0008	0,007	Euro		Rp. 0,81
Total						Rp. 1.266.496,44

Net Value

Harga Pokok Produksi (HPP) dan Harga Jual untuk *plywood* dengan tebal 3mm diasumsikan oleh pihak perusahaan karena data tersebut bersifat rahasia. HPP untuk 1 *plywood* 3mm diasumsikan sebesar Rp. 2.000.000 dan harga jual untuk 1 *plywood* 3mm diasumsikan sebesar Rp. 4.800.000. Untuk perhitungan besar dari *net value* sebuah *plywood* 3mm, dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\text{Net Value} = \text{Rp. } 5.300.000 - \text{Rp. } 2.000.000 = \text{Rp. } 3.300.000$$

Eco-costs Value Ratio (EVR)

Perhitungan EVR dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) berikut hasilnya:

$$\text{EVR} = \frac{\text{Rp. } 1.266.496,44}{\text{Rp. } 3.300.000} = 0,3838$$

Eco Efficiency Ratio (EER)

Perhitungan nilai *Eco Efficiency Ratio* (EER) dengan menggunakan persamaan (4) adalah:

$$\text{EER} = (1 - 0.3838) \times 100\% = 61,62\%$$

Pembahasan

Penelitian yang dilakukan oleh Hasanah et al. (2020) menghasilkan solusi yang sama dengan penelitian ini. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kualitas solusi pada Hasanah et al. (2020) adalah solusi optimal (Tabel 7). Namun, dalam hal ongkos distribusi total, penelitian Hasanah et al. (2020) menghasilkan ongkos distribusi total yang justru lebih kecil. Ongkos distribusi total yang dihasilkan oleh Hasanah et al. (2020) adalah Rp 13.341.654.000, sedangkan penelitian ini menghasilkan ongkos distribusi total Rp13.355.604.000. Terdapat perbedaan Rp13.950.000.

Analisis Current VSM

Pada *Current VSM* divisi *production* (Gambar 1), *Production Lead Time* (PLT) adalah 13 menit, sedangkan waktu *value added* (VA) adalah 12 menit. Hal yang dapat dilihat dari *Current VSM* divisi *production* adalah terdapat *bottleneck* antara mesin *auto clipper* dan mesin *press dryer* pada saat beroperasi pertama kali. Jumlah *core* yang diproduksi dari *logpool* ke mesin *auto*

clipper adalah sebesar 105 core selama 265 detik, sedangkan kapasitas produksi mesin *press dryer* (10 mesin) adalah sebesar 210 core dengan waktu 540 detik. Sehingga pada saat pertama kali dijalankan, mesin *press dryer* beroperasi 5 mesin dahulu, lalu kemudian 5 mesin berikutnya.

Pada *Current VSM* divisi *assembly* (Gambar 2), *Production Lead Time* (PLT) adalah 20 menit, sedangkan waktu *value added* (VA) adalah 180 Menit. Hal yang dapat dilihat dari *Current VSM* divisi *production* adalah terdapat *bottleneck* antara bagian *grading* dan bagian *final packaging*. Hal yang dapat diperbaiki dalam divisi *production* adalah pada bagian *grading* dan *final packaging* adalah dengan menggabungkan proses dan timnya yang sebelumnya masing-masing proses memiliki timnya sendiri. Sebelumnya alasan dibuatnya 2 proses adalah karena dibutuhkan team khusus untuk menginspeksi tingkat kualitas dari *plywood*-nya. Dengan dibuat 1 team saja, maka akan membuat proses menunggu *plywood* dari tahap *grading* menjadi tahap *packaging* tidak ada. Team tersebut bisa dari team *grading* yang ditraining untuk melakukan proses *packaging* atau team *packaging* yang ditraining agar bisa melakukan *grading*.

Analisis Waste

Skor yang paling besar adalah jenis *waste defect* dengan skor 3 (sering terjadi). Jenis *defect* yang memiliki skor 2 adalah jenis *defect waiting*. Jenis *defect* yang memiliki skor 1 adalah jenis *defect overproduction*, *transportation*, dan *inventories*. Skor yang paling rendah adalah jenis *waste motion* dan *Excess Processing* dengan skor 0 dikarenakan *waste* tersebut tidak terjadi pada proses produksi. Total dari skor *waste* adalah 8.

Analisis Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Setelah melakukan analisis VALSAT dengan menggunakan *tools* PAM lalu selanjutnya melakukan rekapitulasi waktu. Tipe aktivitas *Value Added* (VA) sebesar 8184 detik, tipe aktivitas *Non-Value Added* (NVA) sebesar 1454 detik, dan tipe aktivitas *Necessary Non-Value Added* (NNVA) sebesar 2584 detik. Persentase waktu dari tipe aktivitas *Value Added* (VA) terhadap waktu total adalah 66,96%. Persentase waktu dari tipe aktivitas *Non-Value Added* (NVA) terhadap waktu total adalah 11,90%. Persentase waktu dari tipe aktivitas *Necessary Non-Value Added* (NNVA) terhadap waktu total adalah 21,14%. Dari Tabel 5 dapat dilihat proses yang tidak memberikan nilai tambah adalah proses menunggu *plywood* dari bagian *grading* ke bagian *final packaging*. Proses tersebut dapat dikurangi dengan cara menggabungkan tim *grading* dan tim *final packaging* menjadi satu team.

Analisis Life Cycle Inventory (LCI)

Terdapat 16 aktifitas pada proses produksi *plywood*. Input yang dibutuhkan untuk memproduksi *plywood* adalah log kayu, lem, dempul, air bersih, energi listrik dan *plywood chips*. Output yang dihasilkan dari memproduksi *plywood* adalah *plywood*, sisa log kayu, air kotor, dan *plywood chips*.

Analisis Life Cycle Impact Analysis (LCIA)/Eco-Cost

Berdasarkan hasil pengolahan LCIA dengan *software* openLCA, didapatkan nilai-nilai dari setiap jenis dampak terhadap lingkungan (Tabel 9). Dampak tersebut dikategorikan menjadi 3 kategori, yaitu: *ecosystem quality*, *human health*, dan *resources*. *Ecosystem quality* mempresentasikan seberapa besar dampak terhadap kualitas lingkungan dari suatu produk. *Human health* mempresentasikan seberapa besar dampak terhadap kesehatan manusia dari suatu produk. *Resources* mempresentasikan seberapa besar dampak yang dihasilkan terhadap keberlangsungan hidup dari sumber daya alam yang digunakan. Hasil dari pengelompokan dari dampak-dampak yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9 Dampak dari tab *impact analysis* pada *process system plywood* pada *software* openLCA yang sudah dikelompokkan

<i>Impact category</i>	<i>Result</i>
<i>Ecosystem quality - total</i>	0,01353693
<i>Human health - total</i>	0,002458994
<i>Resources - total</i>	0,000813733

Setelah hasil analisis LCIA dengan *software* OpenLCA keluar, maka dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok sesuai dengan Tabel 8. Lalu selanjutnya melakukan perhitungan seberapa besar kerugian lingkungan yang dihasilkan oleh proses produksi *plywood*. Setelah dikonversi, didapatkan hasil dari *eco-cost* dari produksi *plywood* sebesar Rp. 1.266.496,44 (Tabel 9). Dari Tabel 9 bisa disimpulkan bahwa setiap produksi 1 buah *plywood* dengan tebal 3mm, maka lingkungan akan mengalami kerugian sebesar Rp. 1.266.496,44. Oleh karena itu, perusahaan harus mengeluarkan biaya untuk kelestarian lingkungan sebesar Rp. 1.266.496,44 setiap *plywood* yang diproduksi.

Tabel 10 Perhitungan *Eco-cost* (Prabowo, 2019)

Damage Category	Unit	Plywood 3mm	Faktor Konversi	Unit	Konversi Rupiah	Jumlah Eco Cost
Human Health	DALY	0,00246	36.121,89	Euro	Rp. 14.257,629	Rp. 82,99
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	0,0135	0.43	Euro	(8 Agustus 2021 17.57 WIB)	Rp. 1.266.412,63
Resources	MJ Surplus	0,0008	0,007	Euro		Rp. 0,81
Total						Rp. 1.266.496,44

Analisis Net Value

Harga Pokok Produksi (HPP) dan harga jual untuk *plywood* dengan tebal 3mm diasumsikan oleh pihak perusahaan karena data tersebut bersifat rahasia. HPP untuk 1 *plywood* 3mm diasumsikan sebesar Rp. 2.200.000 dan harga jual untuk 1 *plywood* 3mm diasumsikan sebesar Rp. 5.500.000. Sehingga nilai *net value* yang didapat adalah sebesar Rp. 3.300.000. Bila dilihat, nilai dari *net value* adalah 60% dari harga jual dari *plywood* 3mm dan 150% dari HPP *plywood* 3mm. Menurut perusahaan, harga jual *plywood* mencapai 5.500.000 dikarenakan untuk membuat *plywood* setebal 3mm membutuhkan waktu yang lebih lama agar *plywood* yang memiliki tebal 3mm memiliki kekuatan yang kuat mengingat ukurannya yang cukup tipis. Jadi, membuat *plywood* setebal 3mm dibandingkan membuat ukuran *plywood* yang lebih tebal.

Analisis Eco-Efficiency Index (EEI)

Nilai dari EEI dari produksi *plywood* adalah sebesar 1,01 dan masuk ke dalam kategori *Affordable* dan *Sustainable*. *Plywood* dapat bersifat *sustainable* karena didukung dengan harga jual yang tinggi dan penggunaan bahan-bahan yang masih dalam batas normal sehingga menyebabkan nilai dari *eco-cost* menjadi kecil. Semakin tinggi harga jual suatu produk maka semakin besar pula nilai EEI, semakin rendah *eco-cost* suatu produk maka semakin besar pula nilai EEI. Semakin besar nilai EEI, kemungkinan produk bersifat *sustainable* akan menjadi semakin besar (Windrianto, et al., 2018).

Analisis Eco-Cost Value Ratio (EVR)

Nilai dari perhitungan EVR dengan cara membagi nilai *eco-cost* dengan *net value* sebagai nilai ekonomi dari masing-masing produk. Semakin besar *net value* maka semakin kecil nilai EVR dan semakin kecil *Eco-costs Value Ratio* (EVR) yang dihasilkan maka semakin baik dan layak produk tersebut untuk dihasilkan (Windrianto, et al., 2018). Hal ini berbanding terbalik dengan nilai EEI yang telah dihitung sebelumnya. Semakin besar nilai EVR maka semakin kecil nilai EEI, begitu juga sebaliknya jika EEI semakin besar maka nilai EVR akan semakin kecil.

Analisis Eco-Efficiency Ratio (EER)

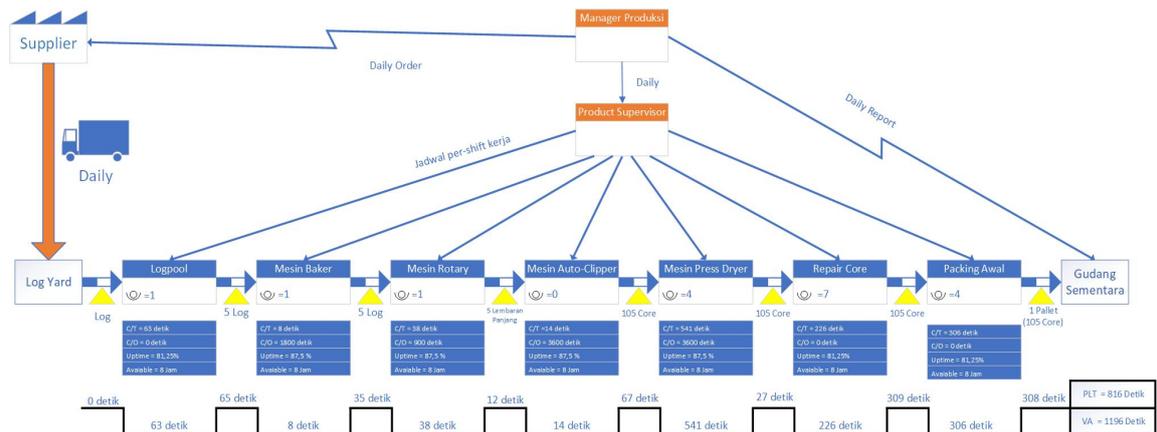
Nilai dari perhitungan EER dari proses produksi *plywood* sebesar 61,62%. Semakin tinggi efisiensi dari suatu proses produksi maka akan semakin baik produktivitasnya (Windrianto, et al., 2018). Oleh karena itu apabila ingin meningkatkan EER pada suatu produk maka *net value* dari produk tersebut harus ditingkatkan, dengan kata lain produsen harus menaikkan harga jual suatu produk, sehingga menghasilkan *net value* yang lebih besar.

Usulan Perbaikan

Setelah menganalisis apa saja yang terjadi di proses produksi, *waste* apa saja yang dapat dikurangi, maka langkah selanjutnya adalah membuat *Future Value Stram Mapping*. Gambar 4

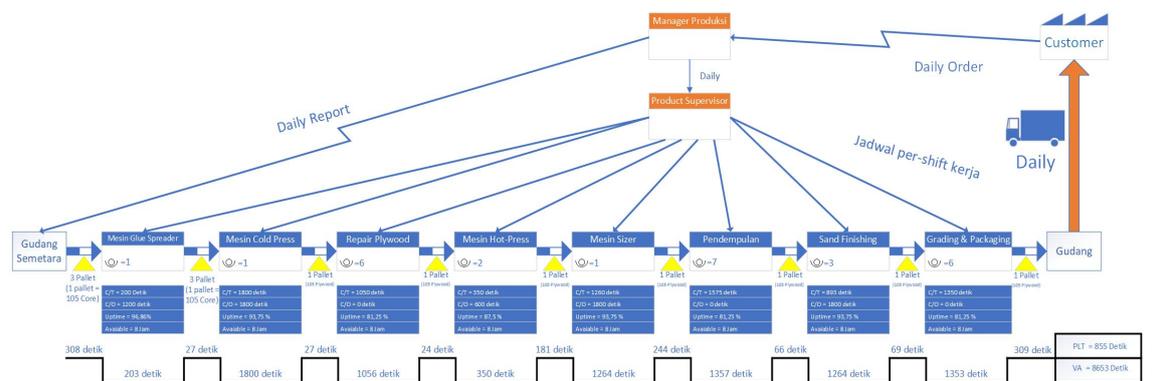
dan 5 merupakan usulan *Future Value Stram Mapping* dari proses produksi *plywood* di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe).

Pada Gambar 4 pada divisi *production*, tidak ada perubahan antara *Current VSM* dan *Future VSM*, karena tidak ada *waste* yang cukup signifikan terjadi. Dalam *Future VSM* divisi *production* terdapat berbagai tahapan proses produksi. Tahap-tahap tersebut adalah *logpool*, mesin *baker*, mesin *rotary*, mesin *auto clipper*, mesin *press dryer*, *repair core*, dan *packing awal*. *Supplier* melakukan pengiriman setiap harinya. *Production Lead Time (PLT)* pada divisi *production* adalah 816 detik, sedangkan waktu *value added (VA)* adalah 1196 detik.



Gambar 4 Future Value Stream Mapping pada divisi *production*.

Pada Gambar 5 pada divisi *assembly* dikarenakan terjadi *waste waiting* pada bagian antara *grading* dan *final packaging*, maka proses *grading* dan *final packaging* di gabungkan menjadi 1 proses dan 1 tim. Sehingga jumlah tahap pada bagian *assembly* yang sebelumnya adalah 9 tahap menjadi 8 tahap. Tahap-tahap pada *Future VSM* di divisi *assembly* adalah mesin *glue spreader*, mesin *cold press*, *repair plywood*, mesin *hot press*, mesin *sizer*, pendempulan, mesin *sand finishing*, *grading packaging*. Pengiriman ke *customer* dilakukan setiap harinya. *Production Lead Time (PLT)* pada divisi *production* adalah 885 menit, sedangkan waktu VA adalah 8653 detik. Terdapat perbedaan *Production Lead Time (PLT) Current VSM* dan *Future VSM* pada divisi *assembly* sebesar 301 detik lebih cepat. Hal ini dapat membuat proses produksi pada divisi *assembly* menjadi lebih cepat sekitar 301 detik.



Gambar 5 Future Value Stream Mapping pada divisi *assembly*.

4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Untuk dapat membuat proses produksi *plywood* yang lebih cepat dari sebelumnya, dapat menggabungkan proses *grading* dan *final packaging* menjadi 1 proses sehingga tidak ada *plywood* yang menggantung dan dapat mempercepat waktu produksi sekitar 301 detik.
2. Dampak yang dihasilkan dari memproduksi 1 buah *plywood* dengan ketebalan 3mm di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) adalah Rp 1.266.496,44. Untuk tingkat efisiensinya cukup tinggi yang bersifat *affordable* dan *sustainable* dengan nilai *eco efficiency index* sebesar 1,01 dan nilai *eco efficiency ratio* sebesar 61,62%.
3. Keuntungan (*net value*) yang didapat dari memproduksi 1 buah *plywood* dengan ketebalan 3mm di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe) adalah sebesar Rp. 3.300.000.

Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat memerhatikan energi listrik yang dikonsumsi untuk melakukan perhitungan LCIA (*eco-cost*) pada proses produksi *plywood* di PT. Sumber Graha Sejahtera (Sampoerna Kayoe).

REFERENSI

- Aisyah, S., Machfud, Sukardi & Suparno, O., 2018. Assessment Indeks Lean dan Green pada SMEs Cokelat Bean to Bar di Indonesia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 7 Desember, 28(3), pp. 300-308.
- Alaca, H. & Ceylan, C., 2011. *Value Chain Analysis using Value Stream Mapping: White Good*. Kuala Lumpur, Research Gate.
- Apriliani, I., 2018. *Analisis Penentuan Harga Pokok Produksi Dalam Menetapkan Harga Jual Ditinjau dari Perspektif Ekonomi Islam (Studi Pada Industri Ikan Teri Asin Pulau Pasaran Bandar Lampung)*, Lampung: UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG.
- Batubara, S. & Kudsiah, F., 2012. Penerapan Konsep Lean Manufacturing Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus : Lantai Produksi Pt.Tata Bros Sejahtera). *Jurnal Teknik Industri*, 2(2), pp. 147-159.
- Collinson Grant, 2018. *Managing complexity : How to optimise choice and profit in tandem*. 1 ed. London: Collinson Grant.
- Franchetti, M. J., 2015. *Lean Six Sigma for Engineers and Managers with Case Study Applied*. 1 ed. Boca Raton(Florida): CRC Press.
- Hawari, N. A., 2021. *Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Rantai Pasok Agroindustri Perkebunan Kelapa Sawit*, PEKANBARU: UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU.
- Hudori, M. & Panjaitan, N., 2016. *Application Of Value Stream Mapping In The NVOCC FCL Service Process to Minimize Delay in Submission of the Document (A Case Study in PT Yusen Logistics Indonesia)*. Padang, M. Hudori, pp. 1-8.
- Ikatinasari, Z. F., Hasibuan, S. & Kosasih, K., 2018. *The Implementation Lean and Green Manufacturing through Sustainable Value Stream Mapping*. Jakarta, IOP Publishing Ltd.
- Jaffar, A., Kasolang, S. & Ghaffar, Z. A., 2015. Management of seven wastes: A case study in an automotive vendor. *Jurnal Teknologi*, 31 May, 76(6), pp. 19-23.
- Kapilani, R., 2007. *Sistem Produksi Unit Industri Plywood (Kayu Lapis) PT Harjohn Timber & PT Sari Bumi Kusuma (Alas Kusuma Group)*, Yogyakarta: s.n.
- Kurniawan, A. A., 2015. *Penerapan Lean Manufacturing di Stasiun Assembly di PT. Mega Andalan Kalasan*, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

- Lestari, K. & Susandi, D., 2019. *Penerapan Lean Manufacturing untuk mengidentifikasi waste pada proses*. Majalengka, POLBAN, pp. 1-9.
- Mahastuti, N., 2017. *Analisis Gate to Gate Dengan Metode Eco Indicator 99 (H) Pada Pengukuran Eko Efisiensi di Industri Kecil*, Surakarta: UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA.
- Patiapon, M., Maitimu, N. & Magdalena, I., 2020. Penerapan Lean Manufacturing Guna Meminimasi Waste Pada Lantai Produksi (Studi Kasus: UD. FILKIN). *ARIKA*, Februari, 14(1), pp. 23-36.
- Prabowo, R., 2019. Integration of Lean and Green Manufacturing to Sustainability Improving at PT. Textile Jaya Gemilang. *TiBuana*, 2(2), pp. 14-25.
- Pratama, W. A., 2019. *Usulan Perbaikan Proses Produksi Untuk Meminimasi Waste pada Part Head Casing Meteran Alr di PT. Multi Instrumentasi dengan Pendekatan Lean Manufacturing*, Bandung: Universitas Telkom.
- Putri, A. Y., 2019. *Pengaruh Eco-Efficiency Terhadap Nilai Perusahaan Dengan Struktur Pendanaan Sebagai Variabel Moderasi*, Surabaya: Universitas Airlangga.
- Ristyowati, T., Muhsin, A. & Nurani, P. P., 2017. Minimasi Waste pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep Lean Manufacturing. *Jurnal OPSI*, 10(1), pp. 85-96.
- Sagwan, K. S. & Mittal, V. K., 2015. A bibliometric analysis of green manufacturing. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(4), pp. 566-587.
- Sapiana, E., 2019. *Analisis Hubungan Antara Socio-Eco-Efficiency Dengan Nilai Perusahaan pada Perusahaan Pertambangan dan Manufaktur yang Tedaat di Bursa Efek Indonesia*, Palembang: UNIVERSITAS SRIWIJAYA.
- Sari, D. P., Hartini, S., Rinawati, D. I. & Wicaksono, T. S., 2012. Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri*, Desember, 14(2), pp. 137-144.
- Siregar, S. A., 2019. *Rancangan Perbaikan Proses Produksi Menuju Industri Hijau Dengan Pendekatan Lean Manufacturing pada PT. Bandar Sumatra Indonesia*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Soedarmadji, W., Surachman & Siswanto, E., 2015. Penerapan Konsep Green Manufacturing pada Botol Minuman Kemasan Plastik. *JEMIS*, 3(2), pp. 76-81.
- Windrianto, Y., L., D. R. & Berlianty, I., 2016. Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Menciptakan Produksi Batik yang Efisien dan Ramah Lingkungan (Studi Kasus Di UKM Sri Kuncoro Bantul). *Jurnal OPSI*, 9(2), pp. 143-149