

Strategy For Improving Tofu Factory Productivity Using The Green Productivity Method

[Strategi Perbaikan Produktivitas Pabrik Tahu Menggunakan Metode Green Productivity]

Satria Ridwan Pamungkas¹⁾, Indah Apriliana Sari W²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. *The tofu industry, as a provider of plant-based protein, plays an important role in the food security of the Indonesian people. But, how it's made can create issues for the environment because it uses too many resources and doesn't handle waste very well. This research wants to make UD XYZ better at making things and better for the environment by using the Green productivity (GP) method, which uses Material Balance Diagram(MBD), Green Value Stream Mapping (GVSM), and Green productivity Index (GPI). The main information was gathered by watching and talking to people, and the other information was things like how much raw stuff, energy, and water was used, and information about waste. The MBD results showed total material input of 137,793 kg/month, with product output of 108,680 kg and waste of 29,113 kg. GVSM identified the largest waste in water consumption (19,689 L/month), energy (298,051 kWh/month), and gas emissions (11,287 kg CO₂/month). The initial Environmental Impact (EI) value of 10.1 tons resulted in a GPI of 9.07%, indicating an imbalance between economic productivity and environmental performance. By using better methods like saving water (25% less used), cutting energy (20% less used), using solid waste well (30%), and lowering emissions (15%), the EI number went down to 7.9 tons, and the GPI went up to 12.41%, which is a 28% rise. This research shows that the GP way works well to lower the harm to the environment without hurting how much is made, and it gives a useful example for SMEs to change to making things in a more eco-friendly way.*

Keywords - Green productivity , MBD, GVSM, GPI, Productivity, Environmental Impacts.

Abstrak. Bisnis tahu, yang memberikan protein nabati kepada masyarakat, sangat penting untuk ketahanan pangan di Indonesia, tetapi cara pembuatannya sering menyebabkan masalah lingkungan karena menggunakan terlalu banyak sumber daya dan tidak mengelola limbah dengan baik. Studi ini bertujuan untuk membuat perusahaan UD XYZ lebih produktif dan lebih baik untuk lingkungan dengan menggunakan metode *Green productivity* (GP), yang menggabungkan Diagrams Keseimbangan Material (MBD), *green value stream mapping* (GVSM), dan Indeks *Green productivity* (GPI). Fakta utama berasal dari wawancara dan observasi dengan tenaga kerja ahli dan owner usaha dagang tersebut, sementara fakta lainnya mencatat seberapa banyak barang, daya, dan air yang digunakan, serta data limbah. Temuan MBD menunjukkan bahwa semua barang yang digunakan mencapai 137.793 kg setiap bulan, dengan 108.680 kg diubah menjadi barang dan 29.113 kg dibuang. GVSM menunjukkan bahwa limbah terbesar terdapat pada penggunaan air (19.689 L setiap bulan), konsumsi daya (298.051 kWh bulanan), dan gas yang dilepaskan (11.287 kg CO₂ setiap bulan). Nilai Impact Awal (EI) membaca 10,1 ton, menghasilkan GPI sebesar 9,07%, menunjukkan bahwa uang yang dihasilkan dan tindakan ramah lingkungan tidak cukup sejalan. Dengan menggunakan trik seperti menghemat air (potongan 25%), penggunaan daya yang lebih sedikit (penurunan 20%), mendaur ulang sampah keras (30%), dan mengurangi emisi (15%), EI turun menjadi 7,9 ton dan GPI melompat menjadi 12,41%, sebuah peningkatan sebesar 28%. Studi ini membuktikan bahwa pendekatan GP bekerja dengan baik untuk mengurangi kerusakan lingkungan tanpa merugikan produktivitas, dan memberikan cara yang berguna bagi usaha kecil untuk membuat proses produksi mereka lebih berkelanjutan.

Kata Kunci - Green productivity , MBD, GVSM, GPI, Produktivitas, Dampak Lingkungan

I. PENDAHULUAN

Industri tahu adalah salah satu sektor makanan tradisional yang penting dalam memenuhi kebutuhan protein nabati masyarakat Indonesia. Salah satu pelaku usaha di bidang ini adalah UD XYZ, sebuah usaha mikro kecil menengah (UMKM) yang berdiri sejak tahun 2010 di Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. UD XYZ menghasilkan berbagai produk seperti tahu, kerupuk, bumbu masakan, dan cao. Sebagai UMKM, mereka terus berusaha untuk tetap bersaing dengan produsen lain dalam hal kualitas dan efisiensi. Dengan maksud untuk menjelaskan keuangan hijau secara rinci. Sebagai investasi yang berkaitan dengan lingkungan, sehingga pembiayaan pembentukan proyek-proyek hijau menjadi penting untuk keberlanjutan[1].

Namun, di dalam operasionalnya, UD XYZ masih menggunakan sistem produksi yang tradisional. Produksi masih sangat bergantung pada tenaga manusia dan belum mengadopsi teknologi yang memadai. Hal ini menyebabkan beberapa inefisiensi dalam penggunaan sumber daya seperti bahan baku, air, dan energi. Selain itu, proses produksi juga menghasilkan limbah berupa ampas tahu, abu dari sisa pembakaran, dan air bekas serta cuka tahu. Berdasarkan observasi, limbah cair dapat mencapai 1000 liter per hari, dan tidak dikelola dengan baik sehingga limbah mencemari lingkungan. Permasalahan limbah ini tidak hanya memengaruhi lingkungan, tetapi juga mengganggu masyarakat sekitar. Masyarakat mengeluhkan bau tidak sedap dan pencemaran air di sekitar pemukiman[2]. Jika tidak segera diatasi, masalah ini bisa memicu konflik sosial dan merusak citra perusahaan sebagai pelaku usaha yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan. Dengan berkembangnya zaman dan meningkatnya tuntutan akan keberlanjutan, industri wajib tidak hanya memproduksi barang berkualitas tetapi juga menerapkan prinsip produksi bersih yang ramah lingkungan[3]. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang bisa meningkatkan efisiensi dan produktivitas sekaligus memperhatikan aspek lingkungan. Salah satu pendekatan yang bisa digunakan adalah *Green productivity*.

Green productivity (GP) adalah cara lain untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan secara bersamaan, sehingga mendukung pengembangan sosial dan ekonomi. Konsep GP ini berasal dari penggabungan dua hal penting dalam pembangunan, yaitu produktivitas dan kinerja lingkungan. Dalam penerapannya, GP menggunakan teknik, teknologi, dan sistem manajemen untuk menciptakan produk barang atau jasa yang ramah lingkungan[3]. Adapun makna lain *Green productivity* adalah pendekatan manajemen yang menyatukan peningkatan produktivitas dengan perlindungan lingkungan[4]. Pendekatan ini melibatkan beberapa metode dan alat, seperti Diagram Material Balance (MBD) untuk menganalisis aliran bahan, *Green Value Stream Mapping* (GVSM) sebagai model meminimalkan dampak ekonomi dengan mempertahankan indikator pertumbuhan ekonomi[5]. Tujuan lain adalah untuk melacak sumber pemborosan dan dampak lingkungan[6], serta *Green productivity Index* (GPI) untuk mengukur keseimbangan antara kinerja ekonomi dan lingkungan. Dengan mengadopsi pendekatan *Green productivity*, diharapkan UD XYZ dapat mengidentifikasi titik pemborosan, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta mengurangi limbah dan emisi yang dihasilkan[7].

Pada penelitian Pagoray, meneliti dampak limbah cair industri tahu terhadap kualitas air dan kehidupan biota akuatik. Hasilnya menunjukkan bahwa parameter kualitas air seperti pH, DO, CO₂, COD, TSS, dan H₂S melebihi baku mutu, sehingga berpotensi mengganggu kelangsungan hidup ikan. Perubahan perilaku ikan seperti berenang tidak beraturan, bergerombol, hingga perubahan pola renang menjadi indikasi adanya pencemaran. Penelitian ini menegaskan bahwa limbah cair tahu tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan pencemaran serius pada perairan [8]. Selanjutnya ada Maulana & Marsono, Penelitian pada UKM Tahu Sari Bumi, Kabupaten Sumedang, mengkaji pengolahan limbah cair tahu menggunakan teknologi membran. Karakteristik limbah cair tahu memiliki kandungan BOD (5.643–6.870 mg/L), COD (6.870–10.800 mg/L), TSS (400–700 mg/L), NH₄, dan PO₄ yang jauh melebihi baku mutu. Untuk menurunkan kadar polutan, digunakan kombinasi pra-pengolahan biofiltrasi anaerobik dengan efisiensi 70%, dilanjutkan dengan Membrane Bio Reactor (MBR) ultrafiltrasi yang mencapai efisiensi hingga 90%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi pengolahan yang tepat dapat menekan pencemaran sekaligus meningkatkan keberlanjutan industri tahu [9]. Yang ketiga ada penelitian dari Putra, Penelitian pengabdian masyarakat di Kelurahan Pakunden, Kota Blitar, mengembangkan inovasi pengolahan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair melalui fermentasi dengan EM-4, gula, dan air kelapa selama 14–15 hari. Analisis kandungan pupuk cair yang dihasilkan menunjukkan adanya peningkatan unsur hara penting (P, N, K, C-organik) yang bermanfaat bagi tanaman. Kegiatan ini juga melibatkan Kelompok Wanita Tani setempat sehingga menghasilkan manfaat ganda: mengurangi pencemaran limbah tahu sekaligus memberikan nilai tambah ekonomis melalui produk pupuk organik [10].

Studi ini penting karena memberikan jawaban nyata untuk topik-topik baru dan membantu merumuskan rencana hijau bagi perusahaan kecil di Indonesia. Dengan fakta-fakta ini, studi ini berharap dapat memeriksa cara untuk meningkatkan produksi tahu dengan menggunakan metode hijau, menggabungkan pendekatan MBD, GVSM, dan

GPI untuk mengarahkan pilihan peningkatan. Diharapkan nilai-nilai studi ini dapat membimbing pemilik perusahaan kecil lainnya saat mereka memasukkan pemikiran berkelanjutan ke dalam cara produk mereka.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan observasi secara langsung pada alamat UD. XYZ, Dsn. Klagen 06/04, Ds. Tropodo, Kec. Krian, Kab. Sidoarjo. Dengan waktu selama setahun yaitu dari bulan februari 2024 sampai dengan bulan maret 2025.

B. Pengumpulan Data

Data yang telah diambil dan digunakan adalah data primer, yang meliputi data alur proses produksi tahu dan variabel yang diamati seperti limbah, *waste*, sumber daya yang digunakan untuk menyusun material balance diagram. Adapun observasi secara langsung dengan melakukan wawancara pada pemilik pabrik tahu, pekerja produksi dan warga sekitar, kemudian data sekunder yang dikumpulkan berupa data penggunaan bahan baku, waktu produksi, dan data limbah yang telah tercatat pada masa lampau digunakan untuk menyusun GVSM.

C. Alur Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah material balance diagram, kemudian ada *Green Value Stream Mapping* dan selanjutnya perhitungan green produktivitas. Berikut adalah tahapan-tahapannya:

A. Tahapan dalam menggunakan *Material Balance Diagram* adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan tujuan material balance diagram
2. Memetakan proses produksi
3. Menghitung produktivitas pada mbd pada proses produksi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Sumber : [11][12][13]

B. Tahapan dalam penggunaan *Green Value Stream Mapping* antara lain sebagai berikut:

1. Menetapkan tujuan value stream mapping
2. Memetakan lima pembangkit limbah
3. Menghitung total waste yang telah dihasilkan
- C. Menghitung enviromental impact (EI) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Enviromental Impact} = 0,375\text{GWG} + 0,25\text{WC} + 0,125\text{SWG} \dots\dots\dots(2)$$

Sumber : [5][6][14]

D. Tahapan dalam penggunaan *Green productivity*

1. Menetapkan tujuan green produktifitas
2. Menghitung *green productivity indek* menggunakan persamaan sebagai berikut:

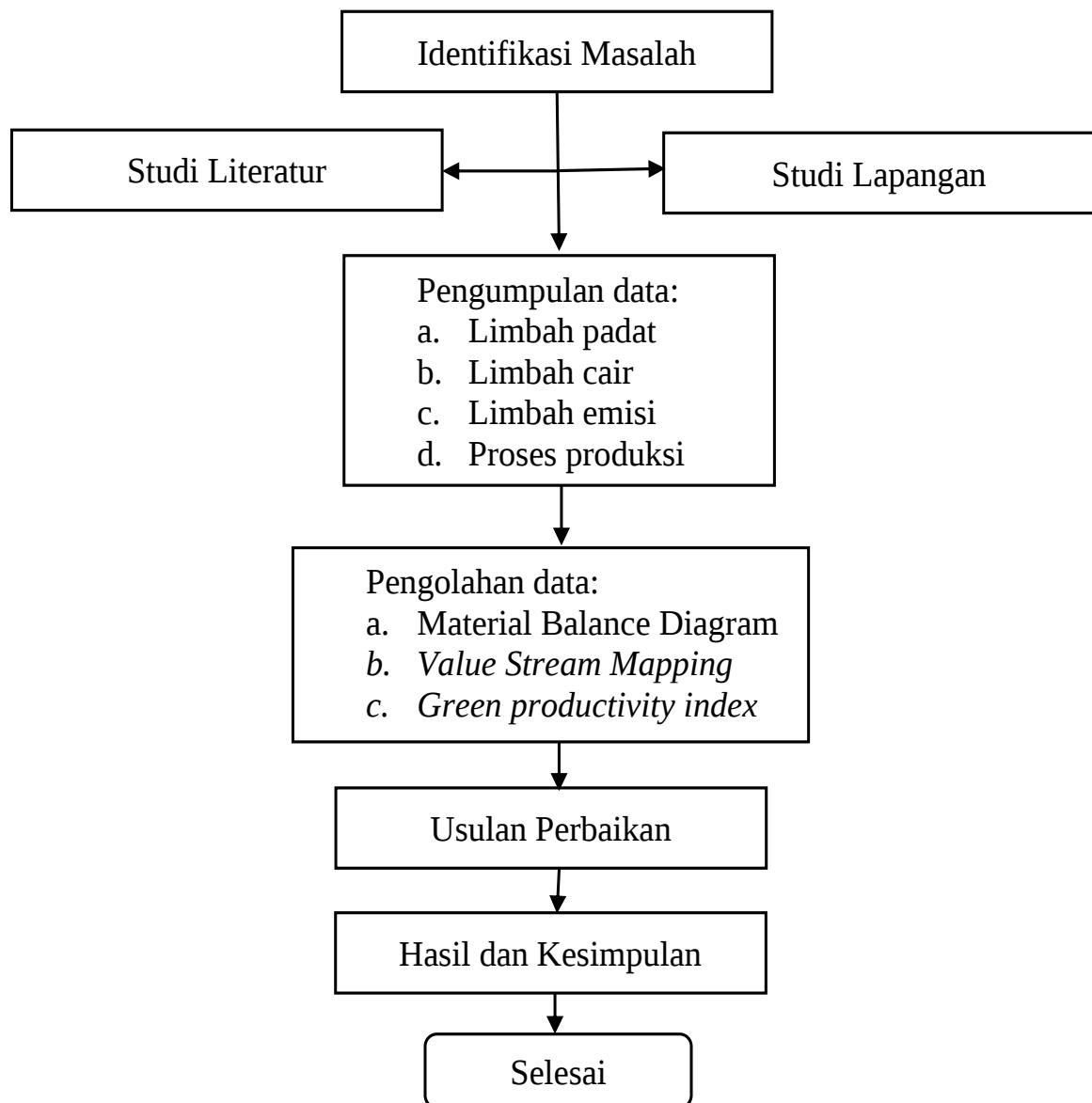
$$\text{GPI} = \frac{\text{Output produksi}}{\text{Enviromental impact}} \dots\dots\dots(3)$$

Sumber : [4][15][7]

E. Usulan perbaikan

F. Hasil dan kesimpulan

Gambar 1 *flowchart* diagram alur penelitian ini:



Gambar 1. Flowchart Diagram

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Material Balance Diagram

MBD merupakan salah satu jenis alat yang mengukur aliran material dari *input* hingga *output* secara komperensif[13]. MBD memastikan bahwa jumlah material yang masuk harus sama dengan output dan limbah yang dihasilkan. MBD akan menunjukkan jumlah bahan baku dan limbah dari proses produksi secara lebih rinci[16]. Berikut adalah tabel *material balamce diagram* pada proses produksi tahu pada bulan februari :

Tabel 1. *Material Balance diagram* proses produksi tahu

No	Tahapan	Input Bahan	Jumlah Input (Kg/L)	Output Bahan	Jumlah Output (Kg)	Waste	Jumlah waste (Kg)
1	Perendaman	Kedelai	9750	Kedelai Lunak	10560	Air Buangan	10397
		Air	11857			Kotoran Kedelai	650
2	Penggilingan	Air	5457	Bubur Kedelai	12800	Air Buangan	3217
		Kedelai	10560				
3	Perebusan	Air	2871	Bubur Kedelai Matang	13320	Ceceran Kedelai	361
		Bubur Kedelai	12800			Uap Air	1990
4	Penyaringan	Air	4428	Sari Kedelai	10450	Ampas Tahu	7298
		Bubur Kedelai	13320				
5	Penggumpalan	Sari Kedelai	10450	Pati	16200	Uap Air	890
		Cuka	9600			Cuka Buangan	2960
6	Pencetakan	Pati	16200	Tahu Belum terpotong	15350	Limbah Cair	850
7	Pemotongan	Tahu belum terpotong	15350	Tahu Mentah	15000	Limbah Cair	275
						Potongan tahu	75
8	Pengemasan	Tahu Mentah	15000	Tahu Kemasan	15000	Plastik Cacat	42
		Plastik	150			Tahu Cacat	108
Total		137793		108680		29113	

Dari tabel 1. *Material Balance Diagram* yang disediakan, terlihat bahwa jumlah bahan mentah yang digunakan untuk membuat barang adalah 9750 kg setiap bulan. Sementara itu, total barang jadi yang dihasilkan adalah 15000 kg, yang setara dengan 45000 item. Tabel menunjukkan bahwa jumlah yang diproduksi adalah 108680 kg dari 137793 kg bahan yang digunakan setiap bulan, dengan total limbah sebesar 29113 kg, yang menjadi perhatian besar bagi bisnis. Berikut adalah perhitungan produktivitas massa atau berat:

$$\text{Produktivitas} = \frac{108680}{137793} \times 100\% = 0,78\%$$

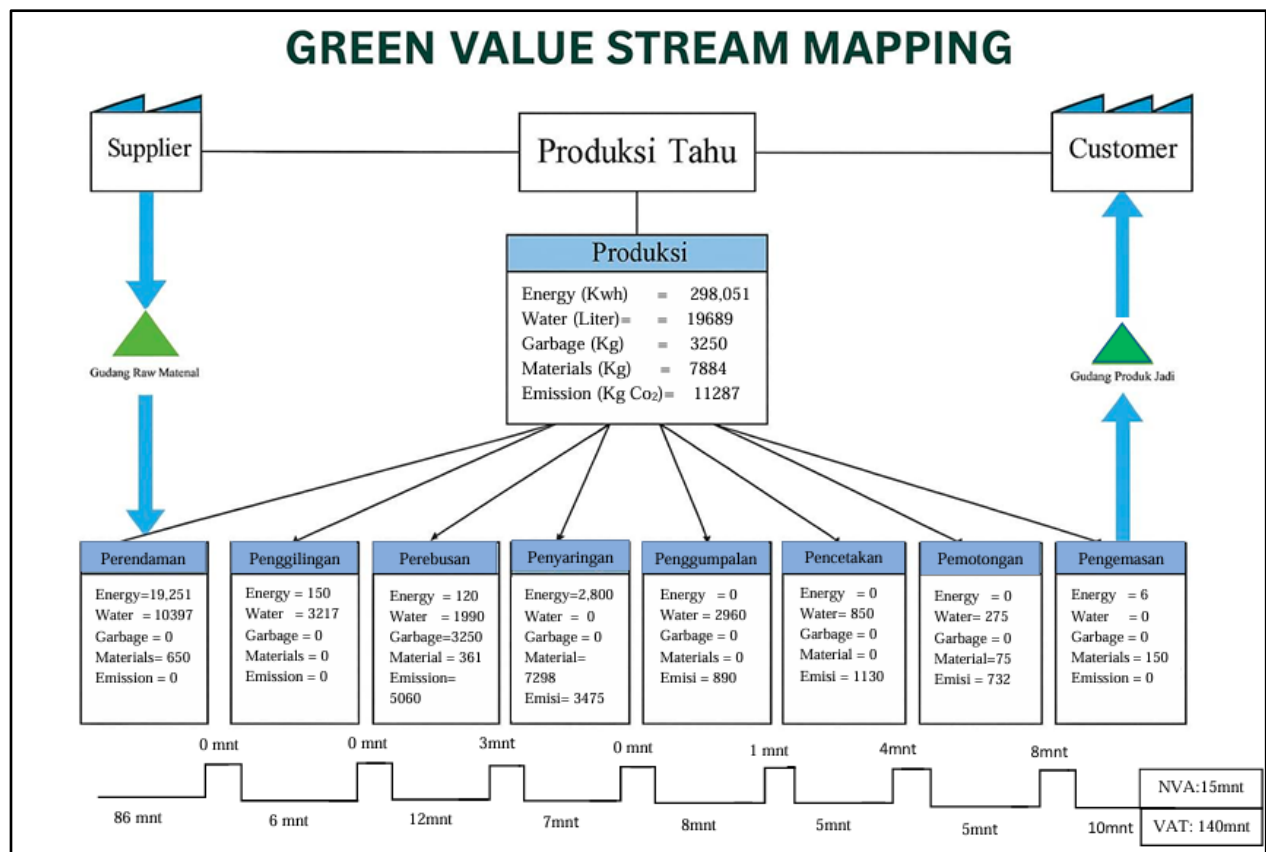
Selanjutnya perhitungan menggunakan nominal atau satuan rupiah untuk menentukan nilai produktivitasnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{103.500.000}{105.535.000} \times 100\% = 98,07\%$$

Untuk perhitungan nominal rupiah tersebut meliputi perhitungan input biaya upah pekerja, bahan baku, energi dan penjualan dari 45000 tahu diatas. Sehingga perhitungan produktivitas massa berat diatas mendapatkan hasil yaitu 0,78% untuk proses produksinya, sedangkan untuk semua input dan output dengan nominal rupiah mendapatkan hasil 98,07% maka efisiensinya bagus atau baik, Karena pada proses produksinya terdapat waste *soybean pulp* atau ampas tahu yang bisa dijual kembali pada para petani atau umkm untuk didaur ulang, sehingga mendapatkan profit pada limbah tersebut.

B. Green Value Stream Mapping

GVSM adalah metode *visualisasi* proses produksi yang menambahkan indikator lingkungan (seperti emisi karbon, konsumsi energi, air, dan material) ke dalam peta aliran nilai tradisional untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan yang berdampak pada lingkungan[5]. Tujuan pada gvsm ini merupakan meningkatkan produktivitas sekaligus memperbaiki kinerja lingkungan perusahaan, sehingga tercapai *Green productivity* yaitu produktivitas yang ramah lingkungan[6]. Berikut adalah hasil gvsm pada proses produksi tahu :



Gambar 2. Current Green Value Stream Mapping produksi tahu

Gambar 2. *current* GVSM diatas menyebutkan proses produksi tahu memerlukan waktu 182menit atau 3 jam lebih 2 menit dari setiap produksi 1 masak atau 100pcs, sehingga teridentifikasi lima pembangkit limbah yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, dan emisi. Berdasarkan gambaran GVSM saat ini, bahwa membuat tahu menghasilkan limbah, seperti energi yang dihasilkan dengan menggunakan mesin serta listrik yang dikeluarkan dalam waktu satu bulan yaitu 298,051 kwh. Lalu ada pada penggunaan paling besar yaitu air sebanyak 19689 liter/bulan. Selanjutnya adalah sampah berbentuk abu kayu bakar dari sisa pembakaran kayu bakar sebanyak 3250 kg/bulan. Kemudian material yaitu sebanyak 7884 kg. Selanjutnya emisi dengan menghitung menggunakan data pada masa lampau menghasilkan dari pembakaran serta uap air sebanyak 11287 kg CO₂/bulan.

C. Enviroment Impact (EI)

Dampak Lingkungan (EI) merupakan pembilang dari rasio efisiensi lingkungan. EI di semua tingkatan terkait dengan tema lingkungan setiap unit tergantung pada produk, proses, atau jasa[14]. Adapun makna yang lebih baik dijelaskan sebagai total dari keempat bobot variabel yang membentuk indeks *green productivity* (GPI), yang mencakup variabel produk limbah gas atau *gaseous wastes generation* (GWG), produk limbah padat atau *solid wastes generation* (SWG), serta penggunaan air atau *water consumption* (WC)[17]. Pada proses produksi diatas dapat kita hitung nilai EI dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 EI &= 0,375 \times GWG + 0,25 \times WC + 0,125 \times SWG \\
 &= 0,375 \times 11287 + 0,25 \times 19689 + 0,125 \times 7884 \\
 &= 4232,6 + 4922,2 + 985,5 \\
 &= 10139,9 \text{ Kg atau } 10,1 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dengan hasil yang nilainya tinggi maka perusahaan perlu mengurangi pada tiga aspek GWG, SWG, WC sehingga dapat mempengaruhi nilai produktivitas hijau.

D. Green productivity Index

Green productivity merupakan metode untuk peningkatan bisnis dan kualitas lingkungan secara sekaligus, demi keseluruhan pembangunan sosial dan ekonomi dengan tujuan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam upaya peningkatan efisiensi dan keberlanjutan[7]. Metode ini menggunakan pendekatan teknologi serta pengelolaan sistem untuk memproduksi barang dan layanan yang sesuai dengan kondisi lingkungan atau bersifat ekologis. Pengukuran *Green productivity* diterapkan untuk memahami keseimbangan antara hasil ekonomi/produktivitas dan dampak terhadap lingkungan.[11]. Untuk perhitungan GPI adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{GPI} &= \frac{\text{produktivitas}}{\text{Environmental Impact}} \\ &= \frac{98,07}{10,1} \\ &= 9,07 \% \end{aligned}$$

Dengan hasil perhitungan diatas maka dapat dilihat nilai dari gpi ini cukup rendah, sehingga diperlukan sebuah perbaikan pada pengelolaan waste atau energi yang telah digunakan atau dipakai[18]. Selanjutnya ada usulan perbaikan untuk memperbaiki nilai-nilai yang berdampak besar pada produktivitas.

E. Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis *Material Balance Diagram*(MBD), *Green Value Stream Mapping* (GVSM), dan *Green productivity Index* (GPI), diketahui bahwa meskipun nilai produktivitas ekonomi mencapai 98,07%, dampak lingkungan (*Environmental Impact*/EI) masih tinggi yaitu sebesar 10,1 ton. Hal ini menyebabkan nilai GPI hanya 9,07%, sehingga diperlukan usulan perbaikan yang berfokus pada pengurangan konsumsi sumber daya dan pengelolaan limbah agar tercapai keseimbangan antara produktivitas dan keberlanjutan [3], [5].

1. Konsumsi Air

Total konsumsi air dalam proses produksi tahu mencapai 19.689 L/bulan, menjadikannya faktor dominan dalam tingginya EI. Target pengurangan ditetapkan sebesar 25% (sekitar 4.922 L/bulan). Angka ini realistis karena berdasarkan penelitian sebelumnya, penerapan teknologi *reuse* dan efisiensi distribusi air mampu menekan penggunaan air hingga 20–30% pada industri pangan [4]. Solusi teknis yang diusulkan adalah penerapan reuse air cucian kedelai untuk pencucian awal, pemasangan keran hemat air, dan penyediaan tangki penampungan. Dengan cara ini, pemakaian air bersih dapat berkurang secara signifikan, sekaligus menurunkan beban limbah cair yang dihasilkan [11].

2. Konsumsi Energi

Konsumsi energi tercatat mencapai 298.051 kWh/bulan. Target pengurangan ditetapkan sebesar 20% (59.610 kWh/bulan), menyesuaikan dengan literatur yang menyebutkan bahwa efisiensi energi industri pangan dapat dicapai pada kisaran 15–25% dengan penerapan teknologi tepat guna [21]. Solusi yang diajukan adalah pemanfaatan biogas dari fermentasi limbah cair, penggantian tungku kayu dengan LPG atau *biopellet*, serta perawatan rutin boiler untuk meningkatkan efisiensi panas. Strategi ini terbukti efektif menurunkan konsumsi energi sekaligus mengurangi emisi karbon [23].

3. Limbah Cair (BOD/COD)

Limbah cair tahu memiliki beban pencemar organik yang tinggi dengan nilai BOD/COD >5.000 mg/L, jauh melampaui baku mutu [8], [9]. Target reduksi ditetapkan sebesar 40–60%, disesuaikan dengan kemampuan teknologi yang terjangkau oleh UMKM. Solusi teknis untuk limbah cair adalah penerapan IPAL berbasis biofilter anaerob dan *Membrane Bio Reactor* (MBR) yang dapat menurunkan BOD/COD hingga 70–90% [9], atau alternatifnya melalui fermentasi limbah cair menjadi pupuk organik cair (POC) yang memberikan manfaat ganda: mengurangi pencemaran sekaligus menghasilkan produk bernilai tambah [10], [25].

4. Limbah Padat (Ampas Tahu)

Proses produksi menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu sebesar 7.298 kg/bulan. Target pemanfaatan ditetapkan sebesar 30% atau sekitar 2.365 kg/bulan. Solusi teknis untuk limbah padat berupa pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak karena kandungan proteinnya masih tinggi, serta pengolahan menjadi kompos atau produk pangan alternatif seperti tempe gembus. Dengan demikian, ampas tidak hanya menjadi limbah, tetapi dapat bernilai ekonomi sekaligus menurunkan total *solid waste* [22].

5. Emisi Gas (CO₂ eq.)

Emisi gas rumah kaca dari pembakaran kayu dan penggunaan energi tercatat sebesar 11.287 kg CO₂/bulan. Target penurunan ditetapkan sebesar 15% (sekitar 1.693 kg CO₂/bulan), angka yang masih realistis dicapai tanpa investasi teknologi besar. Solusi teknis yang diajukan adalah substitusi sebagian energi fosil dengan biogas, penggunaan tungku

hemat energi, dan perawatan peralatan produksi. Upaya ini terbukti mampu menurunkan emisi secara signifikan pada industri kecil sejenis [20], [23].

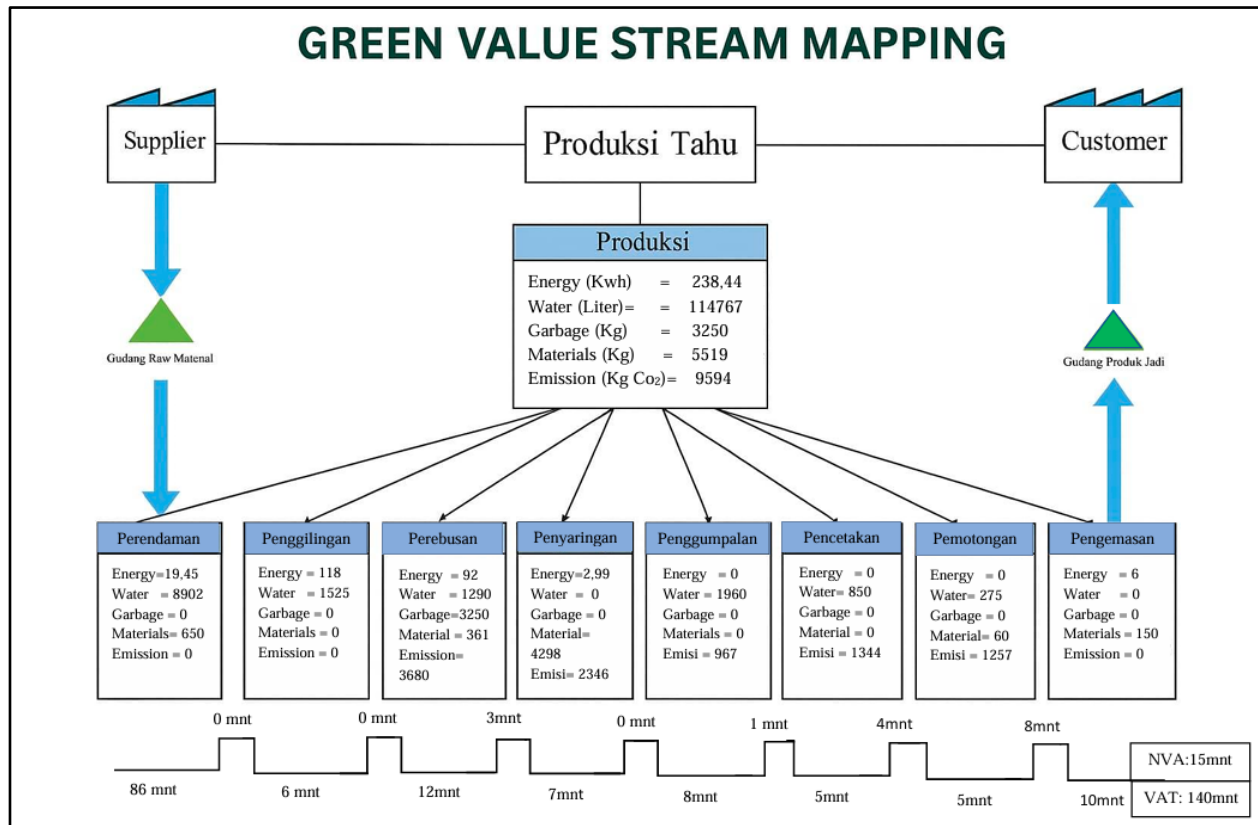
6. Lead Time Produksi

Hasil gambar 1. GVSM menunjukkan bahwa lead time produksi mencapai 182 menit per 100 pcs tahu. Target pengurangan ditetapkan sebesar 15% sehingga menjadi sekitar 155 menit per 100 pcs. Solusi teknis meliputi eliminasi aktivitas non-value added, tata letak ulang peralatan produksi untuk mempersingkat aliran material, serta standarisasi SOP kerja. Pendekatan lean ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi pemborosan dalam proses produksi [18], [22]. Dari penjelasan mengenai usulan perbaikan diatas maka Tabel 2 usulan perbaikan dari penelitian terdahulu pada permasalahan limbah pada pabrik tahu seperti berikut:

Tabel 2. Usulan perbaikan

No	Fokus Perbaikan	Target Perbaikan	Solusi Teknis	Dasar / Referensi
1	Konsumsi Air	Pengurangan $\pm 25\%$ (≈ 4.922 L/bulan)	- Reuse air cucian kedelai untuk pencucian awal. - Pemasangan keran hemat air & tangki penampungan.	[18]
2	Konsumsi Energi	Pengurangan $\pm 20\%$ (≈ 59.610 kWh/bulan)	- Pemanfaatan biogas dari limbah cair fermentasi. - Pernggantian tungku kayu dengan LPG/biopellet. - Melakukan perawatan rutin boiler untuk efisiensi panas.	[18]
3	Limbah Cair (BOD/COD)	Reduksi 40–60% beban polutan	- Instalasi IPAL berbasis biofilter anaerob dan MBR. - Alternatif: fermentasi limbah cair menjadi pupuk organik cair (POC).	[19] [20] [21]
4	Limbah Padat (Ampas Tahu)	Pemanfaatan $\pm 30\%$ (≈ 2.365 kg/bulan)	- Pemanfaatan sebagai pakan ternak. - Produksi kompos atau tempe gembus.	[22]
5	Emisi (CO ₂ eq.)	Penurunan $\pm 15\%$ (≈ 1.693 kg/bulan)	- Substitusi energi fosil dengan biogas. - Mengoptimasi pembakaran (tungku hemat energi). - Perawatan peralatan produksi.	[23] [24]
6	Lead Time (GVSM)	Pengurangan $\pm 15\%$ (dari 182 $\rightarrow$ 155 menit/100 pcs)	- Eliminasi aktivitas non-value added. - Tata letak ulang peralatan produksi. - Standarisasi SOP kerja.	[22]

Usulan perbaikan yang ditawarkan bukan hanya memperbaiki kinerja lingkungan, tetapi juga berdampak langsung pada produktivitas ekonomi melalui efisiensi bahan, energi, dan pengelolaan limbah yang lebih baik[19]. Pendekatan ini mengintegrasikan prinsip *Green productivity* secara menyeluruh, menciptakan sistem produksi yang efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan[20]. Berdasarkan implementasi usulan perbaikan yang mencakup efisiensi air, energi, dan pengelolaan limbah diatas maka kondisi GVSM *future state* seperti pada gambar 3 *future* GVSM berikut::



Gambar 3. Future Green Value Stream Mapping Produksi tahu

Setelah terlihat pada gambar 3 future GVSM diatas selanjutnya akan menghitung menggunakan nilai *enviroment impact* yang baru seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 EI &= 0,375 \times GWG + 0,25 \times WC + 0,125 \times SWG \\
 &= 0,375 \times 9594 + 0,25 \times 14767 + 0,125 \times 5519 \\
 &= 3597,75 + 3691,75 + 689,87 \\
 &= 7979,37 \text{ Kg atau } 7,9 \text{ ton} .
 \end{aligned}$$

Terdapat pengurangan pada nilai EI dari nilai 10,1 menjadi 7,9 ton dengan beberapa solusi teknis diatas sangat membantu untuk mengurangi dampak pada lingkungan. Selanjutnya perhitungan GPI adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 GPI &= \frac{\text{produktivitas}}{\text{Enviromental Impact}} \\
 &= \frac{98,07}{7,9} \\
 &= 12,41 \%
 \end{aligned}$$

Sehingga terlihat secara signifikan nilai produktivitas dari 9,07 menjadi 12,41 naik sekitar 28% jadi usulan perbaikan sangat cocok dan mempengaruhi nilai produktivitas.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan metode *Green productivity* pada UD XYZ efektif dalam meningkatkan produktivitas dan menurunkan dampak lingkungan. Melalui integrasi MBD, GVSM, dan GPI, diperoleh gambaran menyeluruh tentang pemborosan bahan, air, dan energi dalam proses produksi tahu. Sebelum dilakukan perbaikan, nilai produktivitas ekonomi mencapai 98,07%, namun berdampak pada tingginya limbah dan emisi yang menghasilkan EI sebesar 10,1 ton serta GPI hanya sebesar 9,07. Setelah implementasi strategi perbaikan berupa efisiensi air, pengelolaan limbah padat dan cair, serta pengurangan konsumsi energi, diperoleh peningkatan GPI menjadi 12,41 dan penurunan EI hingga 7,9 ton. Perbaikan ini menunjukkan bahwa produktivitas dapat

ditingkatkan tanpa mengabaikan aspek lingkungan. Pendekatan ini memberikan solusi yang aplikatif dan berkelanjutan, terutama untuk industri kecil menengah yang ingin bertransformasi menuju proses produksi yang ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) dan UD. XYZ atas kesempatan yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] N. Goncharenko And V. Shapoval, "Eco-Innovation Financing As An Element Of A 'Green' Economy Formation In The Globalization Conditions Of Sustainable Development," *Green, Blue & Digital Economy Journal*, Vol. 2, No. 2, Pp. 15–23, May 2021, Doi: 10.30525/2661-5169/2021-2-3.
- [2] L. Qiu, L. Yang, H. Zhou, And F. Hu, "Deconstruction Of Green Product Innovation Drivers For Regional Export-Oriented Industrial Enterprises In China: The Product Space Perspective," *Humanit Soc Sci Commun*, Vol. 11, No. 1, Dec. 2024, Doi: 10.1057/S41599-024-03896-4.
- [3] M. Rasyid, Atina Buton, Dian Pratiwi Sahar, And Erwin S. Wagola, "Pengukuran Produktivitas Dan Kinerja Lingkungan Menggunakan *Green Productivity* Pada IkM Minyak Kayu Putih Di Pulau Buru," *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering*, Vol. 9, No. 1, Pp. 24–35, May 2025, Doi: 10.31289/Jime.V9i1.13212.
- [4] K. K. Sinha, P. Kumar, M. Kumar Gupta, And M. K. Banerjee, "*Green Productivity* In Water Efficiency & Treatment," Vol. 18, No. 6, Pp. 1191–1198, 2021, [Online]. Available: [Http://Www.Webology.Org](http://www.webology.org)
- [5] K. Yulianto And S. D. Ismanto, "Strategy For Improving Rice Agroindustry Production Processes Based On Green Value Stream Mapping," *Journal La Lifesci*, Vol. 5, No. 6, Pp. 570–582, Dec. 2024, Doi: 10.37899/Journallalifesci.V5i6.1801.
- [6] R. Budihardjo And W. Hadipuro, "Green Value Stream Mapping: A Tool For Increasing *Green Productivity* (The Case Of Pt. Nic)," 2022.
- [7] I. Geral, V. Hutagalung, And V. Kartikasari, "Perbaikan Produktivitas Melalui *Green Productivity*."
- [8] H. Pagoray, S. Sulistyawati, And F. Fitriyani, "Limbah Cair Industri Tahu Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air Dan Biota Perairan," *Jurnal Pertanian Terpadu*, Vol. 9, No. 1, Pp. 53–65, Jun. 2021, Doi: 10.36084/Jpt.V9i1.312.
- [9] B. D. M. Moh. Risky Maulana, "Penerapan Teknologi Membran Untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: Ukm Sari Bumi, Kabupaten)," *Jurnal Teknik Its*, Vol. 10, No. 02, Pp. 54–59, 2021.
- [10] C. Aji Putra, D. Rachmadi, R. Anggoro Restio Widodo, And S. Alana Devanty, "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Di Kelurahan Pakunden Kota Blitar," *I-Com: Indonesian Community Journal*, Vol. 2, No. 2, Pp. 195–202, Jun. 2022, Doi: 10.33379/Icom.V2i2.1438.
- [11] G. Z. Wali And W. Handayani, "Analisis Kinerja Lingkungan Dengan Metode *Green Productivity* Pada Limbah Cair Pabrik Tahu Fn Gresik," *Al-Kharaj : Jurnal Ekonomi, Keuangan & Bisnis Syariah*, Vol. 4, No. 4, Pp. 1227–1239, Jan. 2022, Doi: 10.47467/Alkharaj.V4i4.910.
- [12] I. A. S. Wulandari, N. R. Hanun, And A. S. Cahyana, "A Model For Enhancing The Environmental Performance By Integrating Lean And *Green Productivity* Concept: A Case Study Of Food Production," *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 25, No. 1, Pp. 83–96, Feb. 2024, Doi: 10.22219/Jtiumm.Vol25.No1.83-96.
- [13] I. A. S. Wulandari, H. C. Wahyuni, I. Mardiyah, And N. R. Hanun, "Environment Performance Index Assessment On Food Production: A Case Study In Indonesia," *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 23, No. 2, Pp. 93–104, Aug. 2022, Doi: 10.22219/Jtiumm.Vol23.No2.93-104.
- [14] J. Prayugo And L. X. Zhong, "*Green Productivity*: Waste Reduction With Green Value Stream Mapping. A Case Study Of Leather Production," *International Journal Of Production Management And Engineering*, Vol. 9, No. 1, Pp. 11–16, 2021, Doi: 10.4995/Ijpme.2021.12254.
- [15] H. Dwimas, Y. Z. Yusrina, A. M. Marali, And A. Arwin, "Peningkatan Produktivitas Dan Kinerja Lingkungan Pada Industri Kayu Menggunakan Metode *Green Productivity*," *Sebatik*, Vol. 27, No. 1, Pp. 320–326, Jun. 2023, Doi: 10.46984/Sebatik.V27i1.2278.
- [16] I. A. S. Wulandari, H. C. Wahyuni, I. Mardiyah, And N. R. Hanun, "Environment Performance Index Assessment On Food Production: A Case Study In Indonesia," *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 23, No. 2, Pp. 93–104, Aug. 2022, Doi: 10.22219/Jtiumm.Vol23.No2.93-104.
- [17] K. Kulsum Et Al., "Strategi Peningkatan Produktivitas Dengan Pendekatan *Green Productivity* Pada Agroindustri Kedelai," *Journal Industrial Servicess*, Vol. 8, No. 1, P. 71, Jun. 2022, Doi: 10.36055/Jiss.V8i1.14445.

- [18] M. R. Rabbani And A. Mansur, “Design Of Production System Improvement To Increase Productivity With Quality Control Circle Approach,” *Prozima (Productivity, Optimization And Manufacturing System Engineering)*, Vol. 8, No. 1, Pp. 1–10, Jun. 2024, Doi: 10.21070/Prozima.V8i1.1669.
- [19] O. I. F. Handoko, “Green Industrial System (Pendekatan Baru Dalam Meningkatkan Daya Saing),” 2020.
- [20] F. Purba, O. Suparno, And A. Suryani, “*Green Productivity In The Indonesian Leather-Tanning Industry*,” *Leather And Footwear Journal*, Vol. 20, No. 3, Pp. 245–266, Sep. 2020, Doi: 10.24264/Lfj.20.3.4.
- [21] R. Ningsih, A. Kusumastuti, And M. P. Putri, “Energy Audits In The Tofu Industry: An Evaluation Of Energy Consumption Towards A Green And Sustainable Industry,” *Environment, Development And Sustainability*, Vol. 26, No. 8, Pp. 101–119, 2024. Doi: 10.1007/S10668-024-05109-Z.
- [22] Z. R. A. Zunidra, A. Santosa, And D. P. N. Wardhana, “Tofu Liquid Waste Treatment Using Anaerobic–Aerobic Biofilm Aeration System To Reduce Bod, Cod And Ammoniac Content,” *Asian Pac. J. Environ. Cancer*, Vol. 3, No. 2, Pp. 53–58, 2020.
- [23] M. R. Maulana And B. D. Marsono, “Penerapan Teknologi Membran Untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: Ukm Sari Bumi, Kabupaten Sumedang),” *J. Tek. Its*, Vol. 10, No. 2, Pp. F54–F59, 2021.
- [25] A. Rojali, M. Y. Fitri, And T. Hartati, “Transforming Tofu Wastewater Into Sustainable Organic Fertilizer: A Fermentation Approach With Em4 And Coconut Water,” *Int. J. Environ. Manag. Sustain.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 21–31, 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.