

Available online at: <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

INVENTORY

Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry

| ISSN Online 2723-1895 |



Pengukuran dan Evaluasi Produktivitas Pada Industri Kecil dan Menengah Menggunakan Pendekatan *Green Productivity*

Ari Pranata Primisa Purba ¹, Nofan Hadi Ahmad ¹, Rizki Fadhilah Lubis ^{2,3*}

¹ Program Studi Manajemen Logistik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing, Padang, 25171, Indonesia

² Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing, Padang, 25171, Indonesia

³ Program Studi Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl. Wiliem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan, 20221, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: September 20, 2024

Revised: October 25, 2024

Accepted: November 02, 2024

KEYWORDS

Green Productivity, Productivity Evaluation, Productivity Measurement

CORRESPONDENCE*

Name: Rizki Fadhilah Lubis

E-mail: rizkylubis010@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted in one of the Small and Medium Industries engaged in the agro-industry based on meat processing in Padang City by producing ready-to-eat packaged rendang, dry jerky and wet rendang. In the production process, the rendang SME produces waste in the form of solid waste and liquid waste. The purpose of this study was to determine the productivity of rendang SMEs both partially and totally using the green productivity approach so that it can be analyzed in the part that produces the potential for waste to be processed and increase the productivity of the SME. The results of this study are able to provide information on the description of the best productivity improvement strategy options, the level of productivity that has been achieved by the company, and the level of productivity resulting from the implementation of the selected strategy.

PENDAHULUAN

Masalah produktivitas yang sering dihadapi oleh perusahaan adalah pemakaian sumber-sumber daya (*input*) yang berlebihan disebabkan ketidakmampuan dan kurangnya pemahaman perusahaan betapa pentingnya kegiatan mengukur, mengevaluasi, dan mengatur produktivitas para pekerja, biaya, energi, pemanfaatan mesin, bahan baku dan lain-lain. Nilai produktivitas memberikan gambaran seberapa efektif suatu proses telah dilaksanakan untuk meningkatkan produksi produk (*output*) serta memperhatikan seberapa efisiennya Input yang dapat dihemat. Peningkatan produksi suatu perusahaan akan menghasilkan material yang dibuang dan tidak diolah kembali. Sebuah proses produksi yang baik tidak hanya memperhatikan keamanan dan efek samping dari material limbah sisa prosesnya, namun juga memanfaatkan material limbah buangan yang dihasilkan dari proses produksinya tersebut menjadi sesuatu yang memiliki nilai tambah (*value added*) agar nilai produktivitas perusahaan tersebut dapat lebih meningkat [1].

Sumatera Barat memiliki 21.945 IKM yang bergerak dalam berbagai bidang dan diklasifikasikan ke dalam KBLI (Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia) berdasarkan data dari Dinas Perindag Provinsi Sumatera Barat [2]. KBLI merupakan klasifikasi rujukan yang digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas/kegiatan ekonomi Indonesia ke dalam beberapa lapangan usaha/bidang usaha yang dibedakan berdasarkan jenis kegiatan ekonomi yang menghasilkan produk/Output baik berupa barang maupun jasa. Salah satu kegiatan ekonomi dimaksud adalah komoditas peternakan [3].

Terdapat salah satu Industri Kecil dan Menengah (IKM) yang bergerak dalam bidang agroindustri berbasis pengolahan daging di Kota Padang dengan memproduksi olahan rendang kemasan siap saji, dendeng kering dan rendang basah. Produk IKM ini sudah menjadi salah satu pilihan oleh-oleh wisatawan yang berkunjung ke Sumatera Barat. IKM ini memiliki visi agar dapat menjadi pilihan oleh-oleh nusantara dan kedepannya akan dilakukan pengembangan serta inovasi produk guna semakin luasnya lapisan masyarakat yang dapat

menikmati produk industri rendang. Saat ini IKM sudah memiliki dokumen legalitas hukum dan dokumen perizinan produk serta sedang berupaya untuk melakukan ekspor. Penjajakan yang sudah dilakukan berupa perhitungan ongkos kirim via darat, udara dan laut, pengurusan izin-izin yang diperlukan, negosiasi harga jual/beli dan sistem pembayaran. Rencana ekspor meliputi negara Malaysia, Saudi Arabia dan Mesir.

Permasalahan terjadi pada proses produksi, dimana IKM rendang tersebut menghasilkan limbah berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah yang dihasilkan dari produksi rendang sebagian besar dalam bentuk limbah padat. Limbah padat yang dihasilkan berupa batok kelapa yang berasal dari proses persiapan bahan baku, kemudian limbah yang dihasilkan selama proses pengolahan adalah limbah ampas hasil perasan santan dan limbah cair yang dihasilkan seperti air cucian bahan dan air cucian alat-alat produksi dialirkan melalui saluran air yang belum dikelola dengan baik. Hal ini menyebabkan hasil uji limbah produksi tidak sesuai dengan Permen LHK RI No P. 68/MenLHK/Sekjen/Kum. 1/8/2016 Lampiran 1 [4] Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dapat dilihat pada Tabel 3.

Limbah padat dari proses produksi berupa batok kelapa dapat diolah menjadi briket kelapa, yang diharapkan dapat memberikan sumber energi alternatif dalam proses produksi dan juga bisa dipasarkan untuk umum dan Usaha Kecil Menengah (UKM) lainnya. Memanfaatkan sisa santan yang padat untuk membuat tepung kelapa [5], [6]. Tepung kelapa parut adalah tepung yang diperoleh dengan menggiling batok kelapa kering. Tepung kelapa parut dapat dibuat dari kelapa parut kering yang sebagian kandungan lemaknya telah dihilangkan selama proses pengepresan. Ampas kelapa merupakan sumber protein yang baik. Sebagai pakan ternak, ampas kelapa terbukti menghasilkan susu yang lebih kental dan rasa yang enak. Kandungan proteinnya, sekitar 23%, lebih besar dibandingkan dengan gandum, tetapi tanpa jenis protein spesifik yang ada pada tepung gandum, yaitu gluten [7].

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan manajemen yang baik dalam pengelolaannya supaya permasalahan limbah yang cukup besar tidak akan menimbulkan masalah. Salah satu cara menghadapi permasalahan ini adalah dengan menerapkan *Green Productivity*. Menurut [8], metode ini mengaplikasikan teknik, teknologi dan sistem manajemen untuk menghasilkan barang dan jasa yang ramah lingkungan. Bagian penting dari metodologi *Green Productivity* adalah memeriksa dan mengevaluasi proses produksi untuk mereduksi beban lingkungannya dan alternatif terbaik yang mengarah ke perbaikan produktivitas serta kualitas produk [9].

Semakin banyak masyarakat khususnya pelaku usaha IKM yang menyadari pentingnya menjaga lingkungan untuk kelestarian dan kualitas sumber daya alam. Hal ini mendorong dilaksanakannya beberapa penelitian yang memikirkan cara meningkatkan produktivitas sebuah industri sambil mempertimbangkan aspek lingkungan terutama pada industri makanan dan minuman. Penelitian yang dilakukan [10] pada industri pengolahan dan pendinginan ikan dengan pendekatan *green productivity* merekomendasikan beberapa hal meskipun biaya awal yang dikeluarkan cukup mahal, penambahan *dissolve air flotation* pada pompa dapat mengurangi kadar TSS hingga 40% dan meningkatkan nilai EPI (*Environmental Performance Index*) dari 8.65 menjadi 134.66, membantu mengurangi beban kerja sistem pengolahan limbah. Alat ini juga memiliki daya tahan yang lebih lama dibandingkan dengan alat penyaring manual. Penelitian yang dilakukan [11] adalah untuk meningkatkan produktivitas hijau dalam proses produksi susu bubuk dewasa. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan pemanas yang dimodulasi dapat meningkatkan indeks produktivitas hijau, juga dikenal sebagai indeks produktivitas hijau, sebesar 15,38%. Untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan di Pabrik Gula Sragi [12] juga melakukan penelitian dengan pendekatan *green productivity*. Hasil penelitian yang dilakukan merekomendasikan solusi untuk pemasangan alat *heat exchanger* mengurangi penggunaan bahan bakar; pemasangan *floatation* udara terdisolvel untuk mengurangi kandungan minyak; dan penggunaan blotong mengurangi pencemaran udara. [13] juga melakukan penelitian dengan pendekatan *green productivity* pada industri makanan Pia Apel dan Keripik Pisang di Kota Batu dan Malang. Pada input bahan baku, usulan untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan produksi pia apel termasuk pengadaan alat pemotong apel otomatis dan penyangga di bak penampung, pengadaan perjanjian bahwa apel yang tidak sesuai standar akan dikembalikan, dan pengadaan nilai GPI awal 0,016. Nilai GPI ini dipengaruhi oleh nilai indikator ekonomi 1,781 dan nilai dampak lingkungan 105. Untuk meningkatkan produktivitas, solusi alternatif seperti penggunaan limbah kulit pisang dan pengurangan penggunaan air diharapkan dapat meningkatkan nilai indikator ekonomi menjadi 1,864 dan nilai dampak lingkungan sebesar 71,78 kg. Penerapan alternatif solusi menjadikan nilai GPI naik menjadi 0,025 saat kedua alternatif diterapkan

Penelitian yang dilakukan [14] pada industri yang mengolah bahan baku kedelai menjadi tempe. Limbah padat, cair, dan gas berasal dari kulit kedelai dan abu kayu bakar, limbah cair berasal dari sisa air dari proses produksi, dan asap pembakaran kayu bakar merupakan sumber limbah gas dan padat. Penggunaan air kembali

selama proses penyaringan dipilih sebagai solusi perbaikan. Nilai estimasi dampak lingkungan alternatif adalah 1,2862, nilai produktivitas 1,3501, dan nilai GPI 1,04. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas IKM rendang baik secara parsial maupun total menggunakan pendekatan *green productivity* sehingga dapat dianalisa pada bagian yang menghasilkan potensi limbah untuk diolah dan meningkatkan produktivitas IKM tersebut. Kondisi IKM yang tidak aware terhadap lingkungan dan potensi kerugian akibat limbah yang dihasilkan serta karakteristik limbah IKM rendang akan menjadi pembahasan pada penelitian ini.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian telah dilakukan selama enam bulan yang dilaksanakan dari bulan April sampai dengan September 2022. Tempat penelitian akan dilaksanakan di salah satu IKM pengolahan rendang yang berlokasi di Kota Padang, Sumatera Barat.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang didapatkan berupa data operasional dan proses produksi seperti jumlah *Input* dan *Output* perusahaan, data jumlah limbah dan data *material balance* perusahaan.

Analisis Data

Hasil dari pengumpulan data kemudian diolah menggunakan teknik dan tools *Green Productivity* dilakukan menggunakan 3 langkah utama yaitu:

1. **Getting started**, untuk studi lapangan dan perhitungan tingkat produktivitas awal IKM. Pada tahap ini yang dilakukan adalah melakukan pencarian informasi dengan melakukan walk through survey terkait data-data yang diperlukan. Pada tahap ini harus sudah menentukan process flow diagram, dan menghitung produktivitas awal IKM sebelum penerapan *Green Productivity*. Kemudian mengetahui operasi-operasi yang menghasilkan waste termasuk estimasi atau perkiraan mengenai waste yang dihasilkan dari tiap-tiap proses berbeda yang kemudian akan diukur Indeks *Environmental Performance Indicator* untuk mendapatkan gambaran dampak lingkungan dari proses produksi yang diterapkan selama ini dengan melibatkan jumlah *Input* dan *Output*.
2. **Planning**, untuk mengidentifikasi permasalahan dan penyebabnya serta menentukan tujuan dan target *Green Productivity*. Pada tahap *planning*, berdasarkan pada informasi yang telah dikumpulkan, melakukan identifikasi permasalahan serta penyebabnya dengan

menggunakan tool antara lain diagram sebab akibat (*cause effect diagram*) dan brainstorming. Kemudian mengidentifikasi permasalahan tersebut, maka perlu ditentukan tujuan dan target yang akan dicapai sebagai petunjuk tim GP untuk memilih alternatif solusi.

3. **Generation and Evaluation of Green Productivity Option**, untuk penyusunan alternatif solusi dan pemilihan alternatif solusi yang telah disusun dan dirancang. Tahap ini adalah tahap yang paling kritis dan memerlukan kreativitas untuk menemukan metode-metode dan alternatif-alternatif inovasi yang dapat memecahkan permasalahan. Alternatif-alternatif tersebut kemudian dievaluasi untuk dipilih dengan menggunakan metode-metode pemilihan alternatif, salah satunya dengan menggunakan analisa finansial dan kinerja lingkungan.

Produktivitas Awal

Produktivitas kondisi awal perusahaan dihitung dengan perbandingan antara total *Output* dan *Input*. Maka dibutuhkan total biaya *Input* dan *Output*, total biaya *Input* didapat dengan menambahkan seluruh biaya *Input* yang dikeluarkan perusahaan. Biaya *Input* terdiri dari biaya bahan, tenaga kerja, energi, dan perawatan [15].

$$\text{Total biaya Input} = \text{BB} + \text{TK} + \text{VC} \quad (1)$$

Keterangan:

BB = Biaya bahan

TK = Biaya tenaga kerja

VC = Biaya variabel (energi dan *maintenance*)

$$\text{Total biaya Output} = \text{HJ} \times \text{JP} \quad (2)$$

Keterangan:

HJ = Harga jual per kilogram

JP = Jumlah unit produksi

Tingkat produktivitas perusahaan dapat diperoleh dengan membandingkan total *Input* dengan total *Output* atau dapat dilihat dengan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Total Output}}{\text{Total Input}} \quad (3)$$

Pengukuran Environmental Performance Indicator

Indeks *Environmental Performance Indicator* (EPI) adalah indikator yang bertujuan untuk mengukur kinerja lingkungan pada perusahaan terkait jumlah limbah yang dihasilkan pada proses produksi dan memiliki dampak terhadap lingkungan yang didasarkan pada jumlah yang diteliti atau dihitung. Kinerja lingkungan atau *environmental performance* merupakan ukuran kinerja perusahaan dalam usahanya menjaga kualitas lingkungan untuk menciptakan lingkungan yang hijau (*green*), menggunakan rumus:

$$\text{Indeks EPI} = \sum_{i=1}^k W_i \times P_i \quad (4)$$

Keterangan:

k = Jumlah Indikator yang dianalisis

W_i = Nilai Bobot Ke-i

P_i = Nilai Penyimpangan Ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Input

Data *Input* digunakan untuk perhitungan produktivitas awal perusahaan, data yang dapat dikumpulkan dari periode bulan Juli 2021 sampai dengan Juni 2022 dilihat pada Tabel 1. Input yang dihitung terdiri dari:

a. Input biaya bahan

Biaya bahan adalah salah satu komponen biaya yang terbesar dalam suatu proyek dimana persentasenya dapat mencapai 50-60% dari total nilai produksi. Biaya bahan

dan material yang digunakan meliputi bahan baku, bahan tambahan dan bahan penolong yang dihitung secara keseluruhan.

b. Input biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja adalah harga yang dibebankan untuk penggunaan tenaga kerja manusia. Biaya tenaga kerja juga dihitung sebagai salah satu Input yang menjadi salah satu faktor pengukuran produktivitas perusahaan.

c. Input biaya energi

Data biaya energi yang digunakan yaitu listrik dari PLN dan air PDAM, dalam pelaksanaan proses produksi daging rendang dihitung secara keseluruhan.

d. Input biaya maintenance

Data biaya *maintenance* dihitung untuk setiap kegiatan pemeliharaan mesin dan instalasi di perusahaan. Perawatan mesin dilakukan secara rutin setiap minggu.

Tabel 1. Total Biaya *Input* Perusahaan

Tahun	Bulan	Biaya				Total Biaya <i>Input</i>
		Bahan	Tenaga Kerja	Energi	Maintenance	
2021	Juli	Rp156.490.410	Rp30.912.480	Rp3.331.320	Rp1.250.000	Rp191.984.210
	Agustus	Rp109.733.776	Rp32.091.105	Rp3.340.890	Rp220.000	Rp145.385.771
	September	Rp108.170.058	Rp31.089.705	Rp2.304.180	Rp145.000	Rp141.708.943
	Oktober	Rp140.986.212	Rp30.325.110	Rp3.427.200	Rp1.050.000	Rp175.788.522
	November	Rp219.209.613	Rp31.204.545	Rp5.832.480	Rp250.000	Rp256.496.638
	Desember	Rp270.150.285	Rp31.373.100	Rp5.116.650	Rp280.000	Rp306.920.035
2022	Januari	Rp158.694.500	Rp30.110.250	Rp4.149.450	Rp1.060.000	Rp194.014.200
	Februari	Rp116.701.000	Rp30.452.600	Rp4.554.000	Rp1.675.000	Rp153.382.600
	Maret	Rp260.409.400	Rp30.684.700	Rp3.971.900	Rp200.000	Rp295.266.000
	April	Rp284.045.750	Rp28.430.700	Rp4.068.300	Rp180.000	Rp316.724.750
	Mei	Rp173.855.900	Rp30.705.700	Rp4.293.900	Rp4.734.500	Rp213.590.000
	Juni	Rp182.673.050	Rp31.014.200	Rp4.329.900	Rp130.000	Rp218.147.150

Data Output

Data *output* berupa jumlah produksi rendang yang dihasilkan selama periode Juli 2021 – Juni 2022. Besar jumlah produksi dan limbah produksi rendang selama periode Juli 2021 – Juni 2022, ditunjukkan pada Tabel 2. Data output juga memperlihatkan Zat kimiawi yang terkandung dalam limbah dan kadarnya digunakan dalam penentuan *Environmental Performance Indicator* (EPI). Data kandungan zat kimia dalam limbah produksi rendang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Data *Output* Produksi Rendang

Tahun	Bulan	Σ Produksi (Kg)	Σ Limbah Rendang (kg)
2021	Juli	710	127,8
	Agustus	630	113,4
	September	540	97,2
	Oktober	680	122,4
	November	870	156,6
	Desember	1050	189
2022	Januari	720	129,6
	Februari	670	120,6
	Maret	1300	234
	April	1370	246,6
	Mei	690	124,2
	Juni	710	127,8

Sumber: IKM Rendang

Tabel 3. Kandungan Zat Kimiawi Limbah

No	Parameter	Satuan	Standar Baku Limbah *	Hasil Uji**
1	pH	-	-	5,81
2	BOD	mg/L	30	285
3	COD	mg/L	100	391
4	TSS	mg/L	30	84
5	Minyak Lemak	mg/L	5	19
6	Amoniak	mg/L	10	29,5
7	Total <i>Coliform</i>	Jml/100 ml	3000	2400

Ket: *) Sumber: Permen LHK RI No P. 68/MenLHK/Sekjen/Kum. 1/8/2016 Lampiran 1 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik [4]

**) Sumber: IKM Rendang

Perhitungan Produktivitas Awal

Produktivitas kondisi awal perusahaan dihitung dengan perbandingan antara total *Output* dan *Input*. Maka dibutuhkan total biaya *Input* dan *Output*, total biaya *Input* didapat dengan menambahkan seluruh biaya *Input* yang dikeluarkan perusahaan selama periode Juli 2021 – Juni 2022. Biaya *Input* terdiri dari biaya bahan, tenaga kerja, energi, dan perawatan.

Total biaya *Output* didapat dari besar pendapatan (*revenue*) yang diterima perusahaan pada periode Juli 2021 – Juni 2022 dengan cara mengalikan jumlah produksi rendang dengan harga jual per kilogramnya. Banyaknya produksi rendang dapat dilihat pada Tabel 2. sedangkan harga jual per kilogramnya sebesar Rp 315.000. Tingkat produktivitas perusahaan dapat diperoleh dengan membandingkan total *Input* dengan total *Output*. Hasil perhitungan tingkat produktivitas proses produksi rendang selama Juli 2021 – Juni 2022 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat Produktivitas Perusahaan

Tahun	Bulan	Indeks Produktivitas
2021	Juli	1,1649
	Agustus	1,3650
	September	1,2003
	Oktober	1,2185
	November	1,0684
	Desember	1,0776
2022	Januari	1,1690
	Februari	1,3760
	Maret	1,3869
	April	1,3625
	Mei	1,0176
	Juni	1.0252

Dari hasil perhitungan produktivitas perusahaan dapat dilihat bahwa produktivitas total tidak terlalu mengalami

fluktuasi nilai indeks yang signifikan. Produktivitas yang paling terlihat sangat mengalami penurunan yaitu pada periode April 2022-Mei 2022. Produktivitas yang paling rendah berada pada bulan November 2021 yang disebabkan oleh pengaruh dari bahan baku dan penggunaan energi yang terlalu banyak.

Environmental Performance Indicator (EPI)

Indeks EPI adalah indikator yang bertujuan untuk mengukur kinerja lingkungan pada perusahaan terkait jumlah limbah yang dihasilkan pada proses produksi dan memiliki dampak terhadap lingkungan yang didasarkan pada jumlah yang diteliti atau dihitung. Kinerja lingkungan atau *environmental performance* merupakan ukuran kinerja perusahaan dalam usahanya menjaga kualitas lingkungan untuk menciptakan lingkungan yang hijau (*green*). Dalam melakukan pengukuran indeks EPI, langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan wawancara kepada pekerja dan beberapa ahli lingkungan untuk mendapatkan bobot dari tingkat bahaya indikator lingkungan yang diukur dalam indeks EPI. Pembobotan dilakukan pada skala antara 1 sampai 5 dimana semakin besar angka yang ditunjukkan maka semakin tinggi tingkat bahayanya.

Wawancara dilakukan dengan menggunakan instrumen kuesioner untuk menunjukkan tingkat dampak bahaya yang ditimbulkan zat-zat yang terkandung dalam limbah cair terhadap pencemaran ekosistem flora dan fauna dan terhadap kesehatan manusia. Proses wawancara dilakukan menjadi 2 bagian yaitu wawancara untuk pembobotan pengaruh zat-zat yang terkandung dalam limbah cair terhadap kesehatan manusia dan wawancara pengaruh terhadap kesehatan flora fauna. Kedua parameter memiliki persentase yang sama karena zat kimia yang dianggap berbahaya bagi kesehatan flora fauna dapat diidentifikasi sebagai berbahaya juga bagi kesehatan manusia, hal ini disebabkan manusia mengolah dan mengonsumsi makanan yang bersumber dari hewan dan tumbuhan. Untuk mendapatkan pembobotan, wawancara dilakukan kepada 3 responden dari karyawan dan 2 responden dari ahli memiliki kompetensi di bidang kimia lingkungan.

Setelah dilakukan wawancara dan perhitungan bobot tingkat bahaya parameter lingkungan maka didapatkan bobot setiap parameter akan pengaruhnya terhadap lingkungan. Langkah selanjutnya yaitu menghitung indeks EPI (*Environmental Performance Indicator*). Tabel 5 menunjukkan *Environmental Performance Indicator* untuk kesehatan flora dan fauna.

Tabel 5. Indeks EPI untuk Kesehatan Flora dan Fauna

Parameter	Bobot (Wi)	Standar Baku	Hasil Analisis	Penyimpangan (Pi)	WiPi
TSS	3,6	30	84	-1,8	-6,48
pH	3,4	9	5.81	0,35	1,21
BOD	4	30	285	-8,5	-34
COD	4	100	391	-2,91	-11,64
Amonia	3,4	10	29.5	-1,95	-6,63
Total Coliform	3,4	3000	2400	0,2	0,68
Minyak & Lemak	4	5	19	-2,8	-11,2
Total					-68,07

Berdasarkan hasil perhitungan indeks EPI didapatkan nilai total indeks EPI masih bernilai negatif yaitu sebesar -68,07 untuk kesehatan flora dan fauna dan -66,35 untuk kesehatan manusia. Hal ini menandakan secara umum kandungan zat kimia dalam limbah masih ada yang

belum memenuhi standar yang ditentukan. Nilai indeks EPI dapat dikatakan semakin baik jika memiliki nilai positif dan semakin besar. Tabel 6 menunjukkan indeks EPI untuk kesehatan manusia.

Tabel 6. Indeks EPI untuk Kesehatan Manusia

Parameter	Bobot (Wi)	Standar Baku	Hasil Analisis	Penyimpangan (Pi)	WiPi
TSS	3,6	30	84	-1,8	-6,48
pH	3,4	9	5,81	0,35	1,21
BOD	4	30	285	-8,5	-34
COD	4	100	391	-2,91	-11,64
Amonia	3,4	10	29.5	-1,95	-6,63
Total Coliform	3,6	3000	2400	0,2	0,72
Minyak & Lemak	3,4	5	19	-2,8	-9,52
Total					-66,35

Penyusunan Alternatif Solusi

Langkah penyusunan alternatif solusi dilakukan untuk mempertemukan tujuan dan target yang telah dirumuskan sebelumnya. Usulan alternatif solusi yang diusulkan yaitu ada 3 alternatif yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Dari segi pencegahan dan pengendalian pencemaran lingkungan, sesuai dengan urutan 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle* omaka *reduce* memungkinkan untuk dilakukan dengan memanfaatkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sederhana untuk mengurangi jumlah padatan yang masuk ke tempat penampungan limbah. Penumpukan *sludge* yang tidak dikeluarkan secara berkala dapat menyebabkan bau yang tidak sedap dan menghasilkan amoniak yang mengakibatkan polusi berat pada lingkungan air dan juga dapat menjadi media perkembangbiakan mikroba mikroba dapat menyebabkan berkurangnya pasokan oksigen bagi biota air yang berakibat pada peningkatan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) bila pembuangannya tidak dilakukan dengan tepat. Potensi penghasil limbah cair terbanyak yaitu pada

proses perendaman (*thawing*) dan pencucian bahan daging dan alat yang tidak lolos standar mutu.

2. Berdasarkan hierarki tersebut, penggunaan metode *reuse* dan *recycle* menunjukkan bagaimana beberapa bahan limbah produksi masih dapat digunakan. Oleh karena itu limbah padat dari proses produksi rendang seperti batok kelapa dapat dimanfaatkan untuk membuat briket kelapa yang diharapkan mampu menjadi energi alternatif dalam proses produksi rendang dan juga dapat dipasarkan kepada masyarakat dan Industri Kecil Menengah (IKM) lainnya. Limbah padat berupa ampas hasil perasan santan dicoba untuk dimanfaatkan kembali dengan cara diolah menjadi tepung kelapa. Ampas kelapa merupakan sumber protein yang baik. Ampas kelapa merupakan hasil samping pembuatan santan, namun memiliki kandungan serat kasar cukup tinggi. Serat pangan ini juga mengontrol pelepasan glukosa seiring waktu, membantu pengontrolan dan pengaturan diabetes melitus dan obesitas.
3. Pada penggunaan metode *reuse* dan *recycle*, limbah padat yang coba dimanfaatkan kembali selain ampas santan kelapa adalah batok kelapa sisa produksi.

Batok kelapa dapat dimanfaatkan untuk membuat briket kelapa yang diharapkan mampu menjadi energi alternatif dalam proses produksi dan juga dapat dipasarkan kepada masyarakat dan Industri Kecil Menengah (IKM) lainnya. Briket memiliki kelebihan yaitu dalam penggunaannya lebih hemat dan ekonomis, selain itu juga aman dan ramah lingkungan. Briket dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif karena memanfaatkan limbah sumber daya alam dalam pembuatannya dan sangat ramah lingkungan.

Perhitungan biaya operasional dan *green productivity ratio* untuk setiap alternatif dilakukan untuk membandingkan solusi mana yang terbaik untuk dijadikan saran perbaikan bagi perusahaan. Evaluasi dilakukan pada 3 kondisi yang dapat terjadi yaitu kondisi awal perusahaan, alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3.

Kondisi Alternatif 1

Perhitungan kondisi alternatif 1 dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan Biaya Investasi Awal

Penerapan alternatif solusi 1 yang diusulkan adalah pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sederhana untuk mengurangi jumlah padatan yang masuk ke tempat penampungan limbah dan tetap menjaga ekosistem air jika limbah cair produksi dilepaskan ke saluran air seperti parit atau sungai. Proses pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sederhana untuk mengurangi jumlah padatan yang masuk ke tempat penampungan limbah. dibutuhkan beberapa alat dan bahan dalam proses pembuatannya. Perencanaan IPAL pengolahan limbah cair yang dijadikan alternatif mengacu pada [16] meliputi biaya investasi dan biaya operasional. Rincian biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya Investasi Awal Pemasangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Material	Jumlah	Biaya (Rp)	Total (Rp)
Grease Trap	1 Unit	4.223.008	4.223.008
Bak Pengendap	1 Unit	9.477.029	9.477.029
Bak Ekualisasi	1 Unit	21.235.138	21.235.138
Anaerobic baffled reactor	1 Unit	22.877.149	22.877.149
Constructed Wetland	1 Unit	17.487.676	17.487.676
Total			75.300.000

2. Perhitungan Biaya Operasional

Rincian biaya operasional dan *maintenance* untuk penerapan alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Biaya Operasional IPAL

Rincian Operasional	Biaya (Rp)
Biaya Perawatan	2.250.000
Biaya Listrik	500.000
Total	2.750.000

3. Perhitungan Green Productivity Ratio Alternatif 1

Perhitungan *green productivity ratio* kembali dilakukan pada penerapan alternatif 1 terhadap material, tenaga kerja, energi, dan *maintenance* dengan mengidentifikasi jumlah dari setiap faktor sebagai berikut:

a. Data Output

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah *Output* yang dihasilkan. Maka jumlah *Output* alternatif 1 diestimasikan menggunakan nilai rata-rata *Output* pada periode Juli 2021 sampai Juni 2022 yaitu sebesar Rp 260.925.000

b. Data Input material

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah *Input material* yang dibutuhkan. Maka jumlah *Input material* alternatif 1 diestimasikan menggunakan nilai rata-rata *Input material* pada periode Juli 2021 sampai Juni 2022 yaitu sebesar Rp 181,759,996

c. Data Input tenaga kerja

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah *Input* tenaga kerja karena operator yang akan memantau dan menjalankan sistem IPAL ini adalah karyawan yang sudah bekerja pada saat ini. Karyawan memantau dan menjalankan sistem IPAL pada saat proses produksi dilakukan. Data *Input* tenaga kerja berupa rata-rata biaya yang dikeluarkan IKM ini bagi tenaga kerja untuk proses produksi rendang selama periode Bulan Juli 2021 sampai Juni 2022 yaitu sebesar Rp 30.699.516

d. Data Input energi

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *Input* energi yang dibutuhkan akibat pemakaian listrik tambahan untuk IPAL. Maka jumlah *Input* energi alternatif 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Input energi} &= \text{rata-rata Input energi periode Juli 2021} \\ &\quad \text{sampai Juni 2022} + \text{biaya listrik IPAL} \\ &= \text{Rp. 4.060.014} + \text{Rp. 500.000} \\ &= \text{Rp. 4.560.014} \end{aligned}$$

e. Data Input maintenance

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *Input maintenance* yang dibutuhkan untuk biaya perawatan IPAL. Maka jumlah *Input maintenance* alternatif 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Input maintenance} &= \text{rata-rata Input maintenance periode} \\ &\quad \text{Juli 2021 sampai Juni 2022} + \\ &\quad \text{penambahan biaya} \\ &\quad \text{maintenance} \\ &= \text{Rp 931.208} + \text{Rp 2.200.000} \\ &= \text{Rp 3.131.208} \end{aligned}$$

f. Data waste

Apabila alternatif 1 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah waste yang dihasilkan. Maka jumlah *Output waste* alternatif 1 diestimasi menggunakan nilai rata-rata jumlah waste pada periode Juli 2021 sampai Juni 2022 sebesar sebesar 149.1 Kg. Berdasarkan data kondisi alternatif 1, maka hasil perhitungan *green productivity ratio* perusahaan untuk setiap *Input* dan limbah dapat dilihat pada Tabel 9. Contoh perhitungan GPR material adalah sebagai berikut:

$$GPR_{material} = \frac{Output}{Input \text{ Material}} = \frac{260.925.000}{181.759.996} = 1,43$$

Penerapan Alternatif 1 diprediksi mampu menurunkan kandungan kimiawi limbah yaitu TSS sebesar 70-80%,

COD sebesar 83-96%, BOD sebesar 85-95%, minyak dan lemak sebesar 40%, Amonia sebesar 75%, (Dinda Syifa, et.al, 2018) (Arifudin et.al, 2019). Maka nilai indeks EPI untuk parameter Kesehatan flora dan fauna dapat dilihat pada Tabel 10. dan nilai indeks EPI untuk parameter kesehatan manusia dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 9. Hasil Perhitungan GPR Kondisi Alternatif 1

<i>Input</i>	<i>Green Productivity Ratio</i>
Material	1,43
Tenaga Kerja	8,50
Energi	57,22
Maintenance	83,33
Waste	0,18

Tabel 10. Indeks EPI Kesehatan Flora dan Fauna Alternatif 1

Parameter	Bobot (Wi)	Standar Baku	Hasil Analisis	Penyimpangan (Pi)	WiPi
TSS	3,6	30	16,8	0,44	1,584
pH	3,4	9	5,81	0,35	1,21
BOD	4	30	14,25	0,525	2,1
COD	4	100	15,64	0,844	3,374
Amonia	3,4	10	7,375	0,2625	0,893
Total Coliform	3,4	3000	2400	0,2	0,68
Minyak & Lemak	4	5	11,4	-1,28	-5,12
Total					4,716

Tabel 11. Indeks EPI Kesehatan Manusia Alternatif 1

Parameter	Bobot (Wi)	Standar Baku	Hasil Analisis	Penyimpangan (Pi)	WiPi
TSS	3,6	30	16,8	0,44	1,584
pH	3,4	9	5,81	0,35	1,21
BOD	4	30	14,25	0,525	2,1
COD	4	100	15,64	0,8436	3,374
Amonia	3,4	10	7,375	0,2625	0,893
Total Coliform	3,6	3000	2400	0,2	0,72
Minyak & Lemak	3,4	5	11,4	-1,28	-4,352
Total					5,524

Dapat dilihat nilai EPI setelah adanya sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk parameter kesehatan flora dan fauna meningkat menjadi sebesar 4,716 dan untuk kesehatan manusia sebesar 5,524. Dengan adanya sistem IPAL diperoleh perbaikan yang pada kandungan kimiawi limbah dari yang sebelumnya nilai indeks EPI bernilai negatif menjadi positif.

Setelah dihitung *Green Productivity Ratio* dan nilai EPI, alternatif 1 dianalisis dari sisi finansial dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) dengan asumsi suku bunga pinjaman sebesar 8%. Data yang diperlukan untuk analisis finansial adalah biaya investasi awal, biaya operasional dan pendapatan dari penjualan produk

alternatif 1. Analisis finansial dari alternatif 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 NAW &= AW^+ - AW^- \\
 &= 0 - \left\{ P \left(\frac{A}{P}, 8\%, 12 \right) + A \right\} \\
 &= 1.011.500 - \{ 75.300.000(0,1327) + 2.750.000 \} \\
 &= 0 - 12.742.310 \\
 &= -12.742.310
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis finansial alternatif 1 memberikan nilai kerugian -12.742.310 per bulan. Berdasarkan analisis finansial penambahan sistem IPAL ini tidak terlalu baik, namun dari analisis lingkungan, alternatif 1

dapat meningkatkan nilai EPI secara signifikan sekitar 70-90%.

Kondisi Alternatif 2

Perhitungan kondisi alternatif 2 dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan biaya investasi awal

Penerapan alternatif solusi 2 dibutuhkan beberapa alat tambahan untuk pembuatan pengolahan tepung ampas kelapa. Rincian biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Biaya Investasi Awal Pengolahan Tepung Ampas Kelapa

Material	Jumlah	Biaya (Rp)	Total (Rp)
Oven Gas	1 Unit	1.200.000	1.200.000
Mesin Milling	1 Unit	950.000	950.000
Alat Pengayak Tepung	1 Unit	175.000	175.000
Total			2.325.000

2. Perhitungan biaya operasional

Rincian biaya operasional dan *maintenance* untuk penerapan alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Biaya Operasional Pengolahan Tepung Ampas Kelapa

Rincian Operasional	Biaya (Rp)
Biaya Perawatan	107.500
Gaji operator overtime 8 jam / bulan	416.000
Biaya Energi	67.000
Total	590.500

3. Perhitungan Green Productivity Ratio Alternatif 2

Perhitungan *Green Productivity Ratio* kembali dilakukan pada penerapan alternatif 2 terhadap material, tenaga kerja, energi, dan *maintenance* dengan mengidentifikasi jumlah dari setiap faktor sebagai berikut:

a. Data Output

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *Output* yang dihasilkan disebabkan tambahan penghasilan dari produksi tepung ampas kelapa. Untuk mampu bersaing, tepung ampas kelapa diasumsikan dijual dengan harga jual Rp 70.000/Kg. Potensi jumlah tepung ampas kelapa yang dihasilkan sebanyak 30% dari jumlah limbah ampas kelapa (Prasetyo, et al. 2014). Dengan asumsi jumlah limbah ampas kelapa sebesar rata-rata 73,278 kg/bulan yang menghasilkan 22 kg/bulan atau 264 kg/tahun tepung ampas kelapa. Maka jumlah *Output* alternatif 2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Output} &= \text{rata-rata Output periode Juli 2021 sampai Juni 2022} + \text{Pendapatan tepung ampas kelapa} \\ &= \text{Rp } 260.925.000 + (\text{Rp } 70.000 \times 22 \text{ kg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 260.925.000 + \text{Rp } 1.540.000 \\ &= \text{Rp } 262.465.000 \end{aligned}$$

b. Data Input material

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah *Input material* yang dibutuhkan. Maka jumlah *Input material* alternatif 1 diestimasikan menggunakan nilai rata-rata *Input material* pada periode Juli 2021 sampai Juni 2022 yaitu sebesar Rp 181,759,996

c. Data Input tenaga kerja

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi jumlah *Input tenaga kerja* karena pengerjaannya dilakukan dengan menggunakan *overtime* selama 8 jam perbulan dengan 1 orang tenaga kerja. Maka jumlah *Input tenaga kerja* alternatif 2 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Input tenaga kerja} &= \text{rata-rata Input tenaga kerja periode Juli 2021 sampai Juni 2022} + @ \\ &\quad 1 \text{ orang Rp } 181.808 \\ &= \text{Rp } 30.699.516 + \text{Rp } 181.808 \\ &= \text{Rp } 30.881.324 \end{aligned}$$

d. Data Input energi

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *Input energi* yang dibutuhkan akibat pemakaian listrik dan gas tambahan untuk mesin milling, pengayak dan oven gas. Maka jumlah *Input energi* alternatif 2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Input energi} &= \text{rata-rata Input energi periode Juli 2021 sampai Juni 2022} + \text{tambahan biaya listrik} \\ &= \text{Rp. } 4.060.014 + \text{Rp } 67.000 \\ &= \text{Rp } 4.127.014 \end{aligned}$$

e. Data Input maintenance

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *Input maintenance* yang dibutuhkan untuk biaya perawatan mesin milling, pengayak dan oven gas diestimasikan sebesar 5% dari biaya investasi awal. Maka jumlah *Input maintenance* alternatif 2 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Input maintenance} &= \text{rata-rata Input maintenance periode Juli 2021 sampai Juni 2022} + \\ &\quad \text{penambahan 5% dari biaya investasi} \\ &= \text{Rp } 931.208 + \text{Rp } 107.500 \\ &= \text{Rp } 1.038.708 \end{aligned}$$

f. Data waste

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi akan memengaruhi jumlah *waste* yang dihasilkan. Jumlah *waste* diestimasikan akan menurun sebesar 20% hal ini diakibatkan dari pengolahan limbah ampas santan kelapa menjadi tepung kelapa. Maka jumlah *waste* alternatif 2 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Waste} &= \text{rata-rata waste periode Juli 2021 sampai Juni 2022} - \text{pengurangan 20\%} \\ &= 149.1 \text{ Kg} - (20\% \times 149.1) \text{ Kg} \\ &= 119.28 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan data kondisi alternatif 2, maka hasil perhitungan *green productivity ratio* UKM untuk setiap *Input* dan limbah dapat dilihat pada Tabel 14. Contoh perhitungan GPR material adalah sebagai berikut:

$$GPR_{\text{material}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input Material}} = \frac{262.465.000}{181.759.996} = 1,444$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan GPR Kondisi Alternatif 2

<i>Input</i>	<i>Green Productivity Ratio</i>
Material	1,44
Tenaga Kerja	8,50
Energi	63,60
<i>Maintenance</i>	252,70
Waste	0,14

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi besar kandungan kimiawi dalam limbah. Maka nilai indeks EPI alternatif 2 menggunakan nilai indeks EPI -68,07 untuk kesehatan flora dan fauna dan -66,35 untuk kesehatan manusia. Setelah dihitung *Green Productivity Ratio*, setiap alternative dianalisis dari sisi finansial dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) dengan asumsi suku bunga pinjaman sebesar 8%. Data yang diperlukan untuk analisis finansial adalah biaya investasi awal, biaya operasional dan pendapatan dari penjualan produk alternatif 2. Analisis finansial dari alternatif 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NAW} &= \text{AW}^+ - \text{AW}^- \\ &= 1.540.000 - \left\{ P \left(\frac{A}{P}, 8\%, 12 \right) + A \right\} \\ &= 1.540.000 - \{ 2.325.000(0,1327) + 590.500 \} \\ &= 1.540.000 - 902.610,4 \\ &= \text{Rp } 637.389,6 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis finansial alternatif 2 dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) memberikan nilai keuntungan 637.389,6 per bulan. Berdasarkan analisis finansial

penerapan alternatif 2 yaitu pemanfaatan ampas santan kelapa menjadi tepung kelapa sudah baik dan menguntungkan. Berdasarkan analisis lingkungan alternatif 2 dapat mengurangi *waste* sebesar 20% dari total *waste*.

Kondisi Alternatif 3

Kondisi alternatif ini dilakukan untuk mengolah limbah padat berupa batok kelapa yang merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan rendang selain daging dan sangat dibutuhkan dalam proses produksinya. Adapun langkah – langkah yang dilakukan pada alternatif ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Biaya Investasi Awal

Penerapan alternatif solusi ke-3 ini membutuhkan beberapa peralatan untuk dimana proses dimulai dengan pembuatan arang dan kemudian diolah kembali untuk dijadikan briket dengan perekat. Rincian biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Biaya Investasi Awal Pengolahan Briket Batok Kelapa

<i>Material</i>	<i>Jumlah</i>	<i>Biaya (Rp)</i>	<i>Total (Rp)</i>
Tungku Pembuatan Arang Sederhana	1	1.000.000	1.000.000
Alat Pencetak Briket	1	1.400.000	1.400.000
Total			2.400.000

Sumber: pengolahan data

2. Perhitungan Biaya Operasional

Rincian biaya operasional dan *maintenance* untuk penerapan alternatif solusi ke-3 dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Biaya Operasional Pengolahan Tepung Ampas Kelapa

<i>Rincian Operasional</i>	<i>Biaya (Rp)</i>
Biaya perawatan berupa oli <i>grease</i> (Rp1.200.000/16kg/tahun pemakaian)	Rp 100.000
Biaya <i>Overtime/ Production Run/ Month</i>	Rp 363.616
- Gaji lembur per jam = 2 x gaji reguler	
- Gaji reguler per jam = Rp 2.000.000 : (22 hari kerja x 8 jam) = Rp 11.363	
- Waktu yang dibutuhkan dalam sekali proses = 4 hari (4 jam tiap hari)	
Lem Kanji Rp 750.000/50 kg	Rp 120.000
Total	Rp 583.616

Sumber: pengolahan data

3. Perhitungan Green Productivity Ratio

Perhitungan *green productivity ratio* kembali dilakukan pada penerapan alternatif ke-3 terhadap material, tenaga kerja, energi, dan *maintenance* dengan mengidentifikasi jumlah dari setiap faktor sebagai berikut:

a. Data Output

Apabila alternatif 3 diterapkan, diprediksi akan mempengaruhi jumlah *Output* yang dihasilkan disebabkan tambahan penghasilan dari produksi briket. Untuk mampu bersaing, briket diasumsikan dijual dengan harga jual Rp 8.500/kg. Potensi batok kelapa yang dapat dijadikan briket dari limbah yang

ada adalah sebesar 80% dari rata rata limbah yang ada per bulan. Persentase rata – rata limbah per bulan adalah 18% dari 828 kg, yakni sebesar 149 kg. Maka jumlah *Output* alternatif ke-3 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Output} &= \text{rata – rata Output periode 2021/2022} + \\ &\quad \text{pendapatan briket} \\ &= \text{Rp } 260.925.000 + \text{Rp } 8.500 \times 119 \text{ kg} \\ &= \text{Rp } 260.925.000 + \text{Rp } 1.011.500 \\ &= \text{Rp } 261.936.500 \end{aligned}$$

b. *Data Input Material*

Apabila alternatif ke-3 diterapkan, diprediksi akan mempengaruhi jumlah *Input* material yang dibutuhkan untuk pembelian bahan kimiawi pengolahan limbah. Harga lem kanji Rp 750.000 per 50 kg. Pemakaian Lem tersebut adalah 5% dari total arang yang digunakan, yakni 5% x 149 kg = 8 kg. Maka jumlah *Input* material alternatif ke-3 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Input material} &= \text{rata – rata Input material periode} \\ &\quad \text{2021/2022} + \text{biaya bahan baku} \\ &\quad \text{pengolahan material} \\ &= \text{Rp } 181.759.996 + \text{Rp } 15.000 \times 8 \text{ kg} \\ &= \text{Rp } 181.759.996 + \text{Rp } 120.000 \\ &= \text{Rp } 181.879.996 \end{aligned}$$

c. *Data Input Tenaga Kerja*

Apabila alternatif ke-3 diterapkan, diprediksi akan mempengaruhi jumlah *Input* tenaga kerja akibat dari waktu lembur di luar jam kerja selama sepekan. Maka jumlah *Input* tenaga kerja alternatif ke-3 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Input tenaga kerja} &= \text{rata – rata Input tenaga kerja} \\ &\quad \text{periode 2021/2022} + \text{biaya lembur} \\ &= \text{Rp } 30.699.516 + \text{Rp } 363.616 \\ &= \text{Rp } 31.063.132 \end{aligned}$$

d. *Data Input Energi*

Apabila alternatif ke-3 diterapkan, diprediksi tidak akan mempengaruhi jumlah *Input* energi karena peralatan yang digunakan masih manual. Maka jumlah *Input* energi alternatif 3 diestimasi menggunakan nilai rata – rata jumlah *Input* energi pada periode 2021/2022 sebesar Rp 4.060.014

e. *Data Input Maintenance*

Apabila alternatif ke-3 diterapkan, diprediksi akan mempengaruhi jumlah *Input maintenance* akibat dari penambahan penggunaan oil grease pada biaya perawatan.

$$\begin{aligned} \text{Input maintenance} &= \text{rata – rata Input maintenance} \\ &\quad \text{periode 2021/2022} + \text{biaya} \\ &\quad \text{perawatan} \\ &= \text{Rp. } 931.208 + \text{Rp } 100.000 \\ &= \text{Rp } 1.031.208 \end{aligned}$$

f. *Data Waste*

Apabila alternatif 3 diterapkan, diprediksi akan mempengaruhi jumlah *waste* yang dihasilkan.

Jumlah *waste* diestimasi akan menurun sebesar 80% hal ini diakibatkan dari pengolahan limbah menjadi briket. Maka jumlah *waste* alternatif ke-3 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waste} &= \text{rata – rata waste periode 2021/2022} - \\ &\quad \text{pengurangan 80\%} \\ &= 149 \text{ kg} - (80\% \times 149) \\ &= 149 \text{ kg} - 119 \text{ kg} \\ &= 30 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan data kondisi alternatif 3, maka hasil perhitungan *green productivity ratio* perusahaan untuk setiap *Input* dan limbah dapat dilihat pada Tabel 17. Contoh perhitungan GPR material adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} GPR_{\text{material}} &= \frac{\text{Output}}{\text{Input Material}} = \frac{261.936.500}{181.879.996} \\ &= 1,4401 \end{aligned}$$

Tabel 17. Hasil Perhitungan GPR Kondisi Alternatif 3

<i>Input</i>	<i>Green Productivity Ratio</i>
Material	1,44
Tenaga Kerja	8,43
Energi	64,52
Maintenance	254
Waste	0,04

Apabila alternatif 2 diterapkan, diprediksi tidak akan memengaruhi besar kandungan kimiawi dalam limbah. Maka nilai indeks EPI alternatif 2 menggunakan nilai indeks EPI -68,07 untuk kesehatan flora dan fauna dan -66,35 untuk kesehatan manusia. Setelah dihitung *Green Productivity Ratio*, setiap alternative dianalisis dari sisi finansial dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) dengan asumsi suku bunga pinjaman sebesar 8%. Data yang diperlukan untuk analisis finansial adalah biaya investasi awal, biaya operasional dan pendapatan dari penjualan produk alternatif 3. Analisis finansial dari alternatif 3 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{NAW} &= AW^+ - AW^- \\ &= 1.011.500 - \left\{ P \left(\frac{A}{P}, 8\%, 12 \right) + A \right\} \\ &= 1.011.500 - \{ 2.400.000(0,1327) + 583.616 \} \\ &= 1.011.500 - 902.096 \\ &= \text{Rp. } 109.404 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis finansial alternatif 3 dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) memberikan nilai keuntungan 109.404 per bulan. Berdasarkan analisis finansial penerapan alternatif 3 yaitu pemanfaatan batok kelapa menjadi energi alternative yaitu briket kelapa sudah baik dan menguntungkan. Berdasarkan analisis lingkungan, alternatif 3 dapat mengurangi *waste* sebesar 80% dari total *waste*.

Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif dilakukan berdasarkan kinerja lingkungan dan analisis finansial. Hasil evaluasi

alternatif dengan melakukan perhitungan biaya masing-masing kondisi untuk kondisi awal perusahaan, alternatif

1, alternatif 2 dan alternatif 3 didapatkan biaya yang dibutuhkan perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Perhitungan Biaya untuk Masing-Masing Alternatif

Output	Kondisi Awal	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
<i>Revenue</i>	Rp 260.925.000	Rp 260.925.000	Rp 262.465.000	Rp 261.936.500
<i>Waste</i>	149,1 kg	149,1 kg	119.28 Kg	30 kg
Input				
Material	Rp 181,759,996	Rp181,759,996	Rp181,759,996	Rp 181.879.996
Tenaga Kerja	Rp30.699.516	Rp30.699.516	Rp 30.881.324	Rp 31.063.132
Energi	Rp 4.060.014	Rp.4.560.140	Rp 4.127.014	Rp 4.060.014
<i>Maintenance</i>	Rp 931.208	Rp 3.131.208	Rp 1.038.708	Rp 1.031.208

Penerapan alternatif solusi 1 yang diusulkan adalah pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sederhana untuk mengurangi jumlah padatan yang masuk ke tempat penampungan limbah dan tetap menjaga ekosistem air jika limbah cair produksi dilepaskan ke saluran air seperti parit atau sungai. Penerapan alternatif 2 adalah dengan mengolah ampas kelapa menjadi tepung, dan mengolah limbah padat berupa batok kelapa yang

merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan rendang menjadi briket. Perhitungan *green productivity index* (GPI) untuk mengetahui besarnya dampak dari penerapan alternatif perbaikan. GPI dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut menurut [17]

$$GPI_{Alternatif} = \frac{GPR_{Alternatif}}{GPR_{Dasar}}$$

Tabel 19. Hasil Perhitungan GPR dan GPI Masing-masing Alternatif

Indikator	Kondisi Awal		Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
	GPR	GPI	GPR	GPI	GPR	GPI	GPR	GPI
<i>Input Material</i>	1,43	1	1,43	1	1,44	1,01	1,44	1,01
<i>Input Tenaga Kerja</i>	8,50	1	8,50	1	8,5	1	8,43	0,99
<i>Input Energi</i>	64,26	1	57,22	0,89	63,6	0,98	64,52	1,004
<i>Input Maintenance</i>	280	1	83,33	0,30	252,7	0,90	254	0,90
<i>Waste</i>	0,18	1	0,18	1	0,14	0,77	0,04	0,22

Hasil perhitungan GPI alternatif untuk *Input* material, tenaga kerja, energi, dan *maintenance* yang bernilai di atas 1 maka menunjukkan peningkatan, sebaliknya untuk perhitungan GPI *waste* yang bernilai di atas 1 menunjukkan penurunan kinerja penanganan limbah yang diakibatkan oleh meningkatnya jumlah produksi limbah yang dihasilkan dibanding kondisi awal. Hasil perhitungan GPR dan GPI untuk masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 19. Dari hasil perhitungan setiap alternatif dapat dilihat pada alternatif 3 yang memiliki nilai yang paling mendekati dan berada di atas nilai 1 untuk indikator energi dan *maintenance* sehingga diketahui terdapat peningkatan dan indeks *waste* yang berada dibawah 1 yaitu 0,22 sehingga diketahui terjadi peningkatan kinerja penanganan limbah. Maka berdasarkan kinerja lingkungan alternatif yang terpilih adalah alternatif 3 karena mendapat nilai yang lebih tinggi dari alternatif 2 dan 1.

Berdasarkan hasil analisis finansial pada Tabel 20 diperoleh alternatif yang memberikan keuntungan per bulan adalah alternatif 2 dengan keuntungan per bulan Rp 637.389,6, sementara alternatif yang memberikan

keuntungan terkecil bahkan memberikan kerugian dari analisis finansial adalah alternatif 1 dengan kerugian Rp 12.742.310 tiap bulannya.

Tabel 20. Hasil Perhitungan Analisis Finansial Tiap Alternatif dengan Metode NAW

Indikator	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
<i>Net Annual Worth</i>	Rp -12.742.310	Rp 637.389,6	Rp 109.404

Berdasarkan hasil analisis kinerja lingkungan dan finansial yang telah dilakukan, dapat dibentuk juga alternatif baru, yaitu alternatif 4 dengan mengkombinasikan antar alternatif, misalnya penerapan kombinasi alternatif 2 dan 3 yang dapat memberi keuntungan sekitar Rp 746.793 per bulannya dan dapat mengurangi bahkan menghilangkan 100% *waste* dari proses produksi.

KESIMPULAN

Hasil identifikasi limbah cair yang ada pada perusahaan yaitu berasal dari proses penghasil limbah cair terbanyak

yaitu pada proses perendaman (*thawing*) dan pencucian bahan dan alat yang tidak lolos standar mutu. Limbah cair tidak ada proses penampungan dan belum ada proses perlakuan pengolahan limbah. Hal ini mempengaruhi kandungan kimia yang terkandung dari limbah cair yang mengandung zat kimia yang dapat mengganggu ekosistem. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian lab limbah cair dari 7 parameter pengukuran yang terpenuhi hanya 2, yaitu parameter pH dan Total Coliform, sementara parameter seperti TSS, BOD, COD, Amonia, Minyak & Lemak, semua jauh di atas standar baku.

Terdapat 3 alternatif solusi yang diberikan, yaitu alternatif 1 pembuatan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), alternatif 2 pemanfaatan kembali ampas santan kelapa menjadi tepung kelapa dan alternatif 3 pemanfaatan kembali limbah batok kelapa menjadi sumber energi alternatif yaitu, briket batok kelapa. Berdasarkan hasil perhitungan *green productivity ratio* dan *green productivity index* maka dipilih alternatif 3 sebagai alternatif solusi terpilih dan berdasarkan analisis finansial dengan metode *Net Annual Worth* (NAW) dipilih alternatif 2 dengan memberikan keuntungan Rp 637.389,6, tiap bulan. Berdasarkan hasil analisis kinerja lingkungan dan finansial yang telah dilakukan, dapat dibentuk juga alternatif baru, yaitu alternatif 4 dengan mengkombinasikan antar alternatif, misalnya penerapan kombinasi alternatif 2 dan 3.

ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan Terimakasih ditujukan kepada Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik ATI Padang atas fasilitas yang diberikan berupa dana Hibah Internal DIPA Politeknik ATI Padang Tahun 2022 Nomor Kontrak: 718/BPSDMI/ATI-PADANG/IV/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. N. Indriati, A. Rahman, and C. F. M. Tantrika, 'Analisis Produktivitas Dan Environmental Performance Indicator (EPI) Pada Produk SKM Dengan Metode Green Productivity Pada Perusahaan Rokok Adi Bungsu Malang', *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 2, no. 5, pp. 929–939, 2014, [Online]. Available: <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/139>.
- [2] Disperindag, 'Data IKM Tahun 2016', Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sumatera Barat, 2016.
- [3] Badan Pusat Statistik, *Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI)*. 2020.
- [4] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tentang Baku*

Mutu Air Limbah Domestik. 2016.

- [5] A. T. Prasetyo, A. A. Wibowo, C. Anand, D. A. Rahmayani, and H. Abdurahman, 'Potensi Limbah Ampas Kelapa (*Cocos nucifera*) Sebagai Tepung Substitusi Produk Mococo', 2014.
- [6] T. Yosefa, F. H. Hamzah, and Rahmayuni, 'PEMANFAATAN TEPUNG AMPAS KELAPA DALAM PEMBUATAN KERUPUK SAGU', *J. SAGU*, vol. 17, no. 2, pp. 1–8, 2018.
- [7] M. Yulvianti, W. Ernayati, Tarsono, and M. A. R, 'Pemanfaatan Ampas Kelapa Sebagai Bahan Baku Tepung Kelapa Tinggi Serat Dengan Metode Freeze Drying', *J. Integr. Proses*, vol. 5, no. 2, pp. 101–107, 2015.
- [8] Asian Productivity Organization, *Handbook on Green Productivity*. Asian Productivity Organization, 2006.
- [9] J. L. Fitri, N. W. Setyanto, and L. Riawati, 'PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN KINERJA LINGKUNGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN GREEN PRODUCTIVITY PADA PROSES PRODUKSI PUPUK ORGANIK (Studi Kasus di PT Tiara Kurnia, Malang)', *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 363–374, 2015, [Online]. Available: <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/207>.
- [10] M. L. Singgih, 'Penerapan Green Productivity Pada Pabrik Pengolahan dan Pendinginan Ikan', in *Seminar Nasional Green Product dan Pengembangan Product Ramah Lingkungan - UB*, 2008, no. July, pp. 1–6, [Online]. Available: moses@ie.its.ac.id.
- [11] R. Bahara, M. Marimin, and Y. Arkeman, 'Perbaikan Produktivitas Hijau Pada Proses Produksi Susu Bubuk Dewasa', *J. Apl. Bisnis dan Manaj.*, vol. 1, no. 2, pp. 65–74, Dec. 2015, doi: 10.17358/JABM.1.2.65.
- [12] H. Santoso and P. Nugrahaeni, 'Penerapan Green Productivity Untuk Peningkatan Produktivitas Dan Kinerja Lingkungan Di Pabrik Gula Sragi', 2015.
- [13] P. Deoranto, I. Purwaningsih, and W. G. Rohmah, 'Analisis Produktivitas Pada Proses Produksi Pia Apel Permata Agro Mandiri Kota Batu dan Keripik Pisang Aurasua Malang', *JSHI J. Stud. Hum. Interdisip.*, vol. 7, no. 4, pp. 14–29, 2023.
- [14] K. Kulsum *et al.*, 'Strategi peningkatan produktivitas dengan pendekatan green productivity pada agroindustri kedelai', *J. Ind. Serv.*, vol. 8, no. 1, p. 71, Jun. 2022, doi: 10.36055/jiss.v8i1.14445.
- [15] V. M. Tambunan, 'Analisis Tingkat Produktivitas dan Penanganan Limbah Dengan Pendekatan Green Productivity di PT. Medan Tropical Canning and Frozen Industries', Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [16] D. S. Sakinah and I. F. Purwanti, 'Perencanaan

DOI: <http://dx.doi.org/10.52759/inventory.v5i2.204>

IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga', *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 12–17, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29178.

[17] T. Hur, I. Kim, and R. Yamamoto, 'Measurement of green productivity and its improvement', *J. Clean. Prod.*, vol. 12, no. 7, pp. 673–683, 2004, doi: 10.1016/j.jclepro.2003.08.004.