

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN KINERJA LINGKUNGAN  
MENGUNAKAN PENDEKATAN *GREEN PRODUCTIVITY* PADA PROSES  
PRODUKSI PUPUK ORGANIK  
(Studi Kasus di PT Tiara Kurnia, Malang)

*INCREASING PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE  
GREEN PRODUCTIVITY APPROACH USING ORGANIC FERTILIZER  
PRODUCTION PROCESS*  
(Case Study in PT Tiara Kurnia, Malang)

Jawahirur Lailatul Fitri<sup>1)</sup>, Nasir Widha Setyanto<sup>2)</sup>, Lely Riawati<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : [jawahirur@gmail.com](mailto:jawahirur@gmail.com)<sup>1)</sup>, [nazzyr.lin@ub.ac.id](mailto:nazzyr.lin@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [lely.riawati@ub.ac.id](mailto:lely.riawati@ub.ac.id)<sup>3)</sup>

**Abstrak**

*PT Tiara Kurnia merupakan salah satu industri pupuk organik granul yang memiliki potensi untuk menghasilkan limbah. Oleh sebab itu diperlukan usaha pengelolaan lingkungan yang tepat, salah satunya dengan melakukan usaha reduksi limbah (waste reduction). Melalui pendekatan Green Productivity yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan usaha reduksi limbah yang dilakukan dapat berpengaruh terhadap perbaikan kondisi lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas perusahaan. Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi adanya permasalahan pada perusahaan yang berhubungan dengan jumlah limbah yang berlebih dan berpotensi untuk direduksi. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi sumber penyebab limbah, menentukan tujuan dan target, dan menyusun alternatif greenproductivity serta mengestimasi kontribusi alternatif terpilih terhadap produktivitas dan kinerja lingkungan. Alternatif perbaikan dirumuskan dan dipilih berdasarkan kelayakannya untuk diimplementasikan melalui analisis finansial. Dari hasil penelitian, didapatkan alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tingginya jumlah limbah gas yaitu dengan membuat digester biogas, serta memanfaatkannya sebagai pengganti bahan bakar LPG pada mesin dryer. Alternatif ini mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan produktivitas penggunaan material sebesar 16%, peningkatan produktivitas total berdasarkan biaya sebesar 34%, peningkatan GPI sebesar 0,2 serta menurunkan limbah gas sebesar 3232,5 kg/jam.*

**Kata kunci:** *Green Productivity (GP), Green Productivity Index (GPI), Green Value Stream Mapping (GVSM), Biogas*

**1. Pendahuluan**

PT Tiara Kurnia merupakan salah satu perusahaan penghasil pupuk organik, di bawah asuhan PT Petrokimia Gresik. PT Tiara Kurnia ini memiliki beberapa proses produksi, dengan bahan baku utama berupa kotoran sapi dan kotoran ayam. PT Tiara Kurnia saat ini dituntut untuk meningkatkan produktivitas pada setiap proses produksi, baik dari segi peningkatan hasil produksi, kualitas produksi dan efisiensi penggunaan sumber daya. *Produktivitas* dapat diukur dengan membandingkan antara *output* dengan *input*. Di mana *output* merupakan produk yang dihasilkan melalui suatu proses produksi sedangkan *input* adalah sumber daya (*resource*) yang digunakan dalam suatu proses produksi. Dengan diketahui produktivitas, maka akan diketahui pula seberapa efisien sumber-sumber input telah berhasil dihemat. Menurut

*Asian Productivity Organization (2001:23)*, produktivitas merupakan hubungan antara apa yang dikeluarkan oleh sistem organisasi, baik dari segi kualitas produk dan layanan untuk memenuhi kebutuhan manusia, dan apa yang masuk ke sistem organisasi, dalam hal sumber daya yang dikonsumsi untuk menghasilkan produk-produk dan layanan.

Sejalan dengan adanya peningkatan produksi, ternyata timbul banyak permasalahan lingkungan disekitarnya. Permasalahan tersebut disebabkan karena proses produksi seringkali mengakibatkan pembuangan material dan energi yang akan membebani lingkungan, padahal proses produksi yang baik tidak hanya memperhatikan keamanan dan efek samping dari limbah sisa produksi, namun juga berusaha mereduksi limbah buangan yang dihasilkan. Permasalahan tersebut seringkali diabaikan oleh

pihak PT Tiara Kurnia, padahal permasalahan lingkungan menjadi isu yang cukup hangat dibicarakan. Oleh sebab itu, sangat penting bagi PT Tiara Kurnia untuk memperhatikan aspek-aspek lingkungan dalam tiap proses produksi agar tercipta keseimbangan lingkungan.

Pada proses produksi PT Tiara Kurnia tidak terlepas dari limbah atau sisa hasil produksi. Limbah yang sering kali ditimbulkan pada proses produksi memiliki kandungan zat organik maupun non organik, baik langsung maupun tidak langsung akan memberikan dampak pada lingkungan sekitar. Kondisi saat ini yang sering terjadi yaitu perusahaan kurang memperhatikan keamanan dan efek samping dari limbah yang dihasilkan. Berdasarkan pengamatan pada proses produksi pupuk organik, limbah terbesar berupa gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 373,56 kg/jam dan gas metana (CH<sub>4</sub>) sebesar 136,14 kg/jam. Limbah tersebut secara tidak langsung sering kali menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar dan pada manusia/pekerja.

Berdasarkan permasalahan di atas, limbah yang dihasilkan dari proses produksi tersebut akan berpengaruh pada penurunan kinerja lingkungan dan produktivitas perusahaan. Sehingga, diperlukan evaluasi terhadap alternatif di dalam menurunkan limbah atau *waste reduction* hasil proses produksi agar produktivitas perusahaan bisa meningkat. PT Tiara Kurnia juga mengharapkan adanya keuntungan ekonomis dari peningkatan produktivitas yang dihasilkan dan efisiensi penggunaan sumber daya dalam rangka perbaikan pengelolaan lingkungan tersebut. Di sini terdapat dua kepentingan yang berusaha untuk diselaraskan, yaitu kepentingan ekonomi dan kepentingan untuk perlindungan lingkungan.

Suatu pendekatan yang tepat untuk membantu perusahaan agar mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan dampak lingkungan adalah dengan model *Green Productivity*. *Green Productivity* adalah suatu strategi untuk meningkatkan produktivitas perusahaan dan performansi lingkungan secara bersamaan di dalam pembangunan sosial-ekonomi secara menyeluruh (APO, 2006). *Green Productivity* (GP) menerapkan produktivitas dengan *tool*, teknik-teknik, teknologi manajemen lingkungan yang tepat, untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan-kegiatan organisasi. Dengan implementasi *green*

*productivity* diharapkan bisa mereduksi *waste* yang ditimbulkan dari proses produksi pupuk organik tersebut serta menghasilkan capaian lingkungan di dalam penggunaan sumber daya dan energi material yang lebih sedikit sehingga akan berdampak pada pengurangan pemborosan dengan kata lain maka akan lebih efektif dalam proses kerja yang dilakukan. Implementasi GP juga memungkinkan terjadinya *eco-efficiency* yang ke depannya akan mengarah pada *sustainable development*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut: terdapat pengurangan massa pada beberapa proses produksi pupuk organik granul di PT Tiara Kurnia, terdapat limbah gas yang dihasilkan pada proses fermentasi dan memberikan dampak negatif pada lingkungan sekitar dan perusahaan masih belum melakukan upaya untuk menurunkan limbah atau *waste reduction* hasil proses produksi agar produktivitas dan kinerja lingkungan perusahaan bisa meningkat.

Tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan tingkat produktivitas dan indeks kinerja lingkungan produksi pupuk organik granul pada PT Tiara Kurnia, menentukan alternatif solusi perbaikan yang tepat untuk mereduksi limbah yang dihasilkan sekaligus meningkatkan produktivitas dan mengestimasi kontribusi alternatif solusi perbaikan terhadap peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan dengan implementasi *Green Productivity*.

## **2. Konsep Green Productivity**

*Green Productivity* dapat diartikan produktivitas ramah lingkungan yang merupakan bagian dari program peningkatan produktivitas yang ramah lingkungan dalam rangka menjawab isu global tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Konsep *Green Productivity* diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi pembangunan, yaitu: Perlindungan lingkungan dan Peningkatan Produktivitas.

Tiga langkah penting dalam metodologi *Green*

*Productivity* antara lain (APO, 2001):

### **a. Getting Started**

Permulaan dari proses *Green Productivity* adalah *walk-through survey* untuk menggabungkan informasi *base-line* dan

- mengidentifikasi ruang lingkup permasalahan.
- b. *Planning*  
Pada tahap *planning* ini dibagi lagi menjadidua langkah yaitu: mengidentifikasi problem dan penyebabnya dan menentukan tujuan dan target
  - c. *Generation and Evaluation of GP Options*  
Langkah ini mencakup pengembangan alternatif solusi untuk mempertemukan tujuanserta target yang telah dirumuskan di langkah sebelumnya. Hal ini mencakup sudut pandangterhadap pencegahan polusi dan prosedur kontrol yang telah direncanakan. Opsi-opsi dimunculkan dan diprioritaskan berdasarkan *Deret seragam netto* dan analisa kelayakanteknis. Semua itu kemudian disintesis kedalam rencana implementasi.
- ### 3. Metodologi Penelitian
- Terdapat 4 tahap dalam penelitian ini, yaitu:
1. Tahap Pendahuluan,  
Pada tahap ini diawali dengan studi lapangan, melakukan observasi langsung, dimana peneliti terjun ke lapangan tempat penelitian yaitu PT Tiara Kurnia. Silanjutnya dengan studi pustaka, untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang ada pada objek yang diteliti. Identifikasi Masalah, merupakan tahapan awal pemahaman terhadap permasalahan yang timbul untuk mencari solusi permasalahan tersebut, kemudian pr erumusan masalah, dan yang terakhir penetapan tujuan penelitian, hal ini ditujukan agar mempermudah untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya. Selain itu, tujuan penelitian diperlukan untuk mengukur keberhasilan dari suatu penelitian.
  2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.  
Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil adalah proses produksi yang berlangsung, jenis-jenis limbah produksi, dampak limbah produksi. Dalam penelitian ini data sekunder yang dibutuhkan adalah profil perusahaan, data aliran proses Produksi, spesifikasi Mesin dan *input* dan *Output* produksi, rekapan hasil analisis kandungan pupuk dan waktu proses produksi, dll.
  3. Pengolahan data. Tahap awal pengolahan data yaitu membuat *process flow diagram* dilanjutkan dengan membuat neraca massa untuk menggambarkan input, proses dan output produksi secara rinci. Pengukuran produktivitas berdasarkan neraca massa serta menggambarkan *values stream mapping* sebagai dasar menghitung *Green Productivity Index* (GPI). Identifikasi akar penyebab masalah menggunakan *fishbone diagram*. Penyusunan alternatif dilakukan dengan brainstorming dengan pihak-pihak terkait, selanjutnya dilakukan perhitungan finansial dengan *annual worth* untuk menentukan alternatif terbaik.
  4. Tahap analisis dan interpretasi, dilakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh pada tahap sebelumnya.
  5. Tahap penarikan kesimpulan dan saran, akan dirumuskan tentang solusi perbaikan yang terbaik yang mana dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan secara bersamaan.
- ### 4. Pengumpulan Data
- Permulaan dari proses *Green Productivity* adalah *walk through survey* dan mengumpulkan informasi. Adapun proses produksi pada PT Tiara Kurnia adalah
- a. Tahap awal dalam pembuatan pupuk organik granul yaitu proses fermentasi. Proses fermentasi ini dilakukan dengan menyiram cairan mikroorganisme ke kotoran sapi dan kotoran ayam. Fermentasi adalah suatu reaksi oksidasi reduksi di dalam sistem biologi yang menghasilkan energi, dimana sebagai donor dan asektor elektron digunakan senyawa organik.
  - b. Setelah proses fermentasi dan penjemuran, bahan baku berupa kompos kotoran sapi akan di campur dengan kompos kotoran ayam dan kapur pertanian. Kapur untuk pertanian adalah bahan yang mengandung unsur Ca yang dapat meningkatkan pH tanah
  - c. Pada proses penghalusan menggunakan mesin *crusher*. Mesin *crusher* berfungsi untuk menghaluskan bahan baku atau pupuk organik. Kompos yang telah kering selanjutnya dihaluskan dengan mesin penghalus kompos.
  - d. Pada proses pembuatan granul menggunakan mesin *pan granulator*. Bahan baku organik yang telah dicampur dengan kapur pertanian dan dihaluskan selanjutnya

- dimasukkan ke dalam pan granulator secara bertahap dan dalam keadaan mesin berputar.
- e. Pupuk organik granula yang baru keluar dari pan granulator kemudian diangkat oleh *conveyor* untuk dikeringkan dengan *rotary dryer* melalui saluran inlet berbentuk pipa karena biasanya masih basah oleh mextro.
  - f. Pengayakan dilakukan dengan tujuan agar ukuran pupuk organik granul memenuhi syarat dan seragam.
  - g. Pendinginan pupuk organik granul menggunakan *rotary cooler*. *Rotary cooler* merupakan drum sederhana yang berputar mengangkat granula kemudian menjatuhkannya pada arus udara yang masuk sehingga mengakibatkan perpindahan panas antara granula dengan udara tersebut.
  - h. Pupuk organik granul yang selesai didinginkan kemudian dikemas.

Process flow diagram ditunjukkan pada Gambar 1 tentang aliran proses produksi produk pupuk organik granul PT Tiara Kurnia.

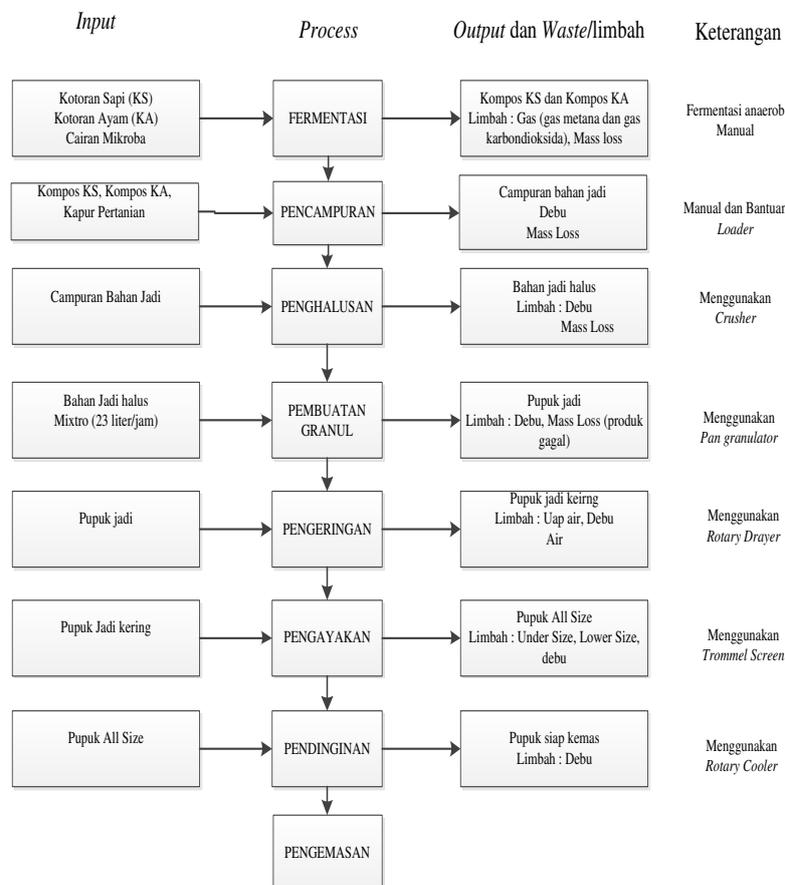
Prinsip dasar *Material Balance* adalah mudah dimengerti . Paling sederhana *material*

*balance* untuk sistem produksi disusun sesuai dengan prinsip berikut (Himmelblau and Riggs, 1986):

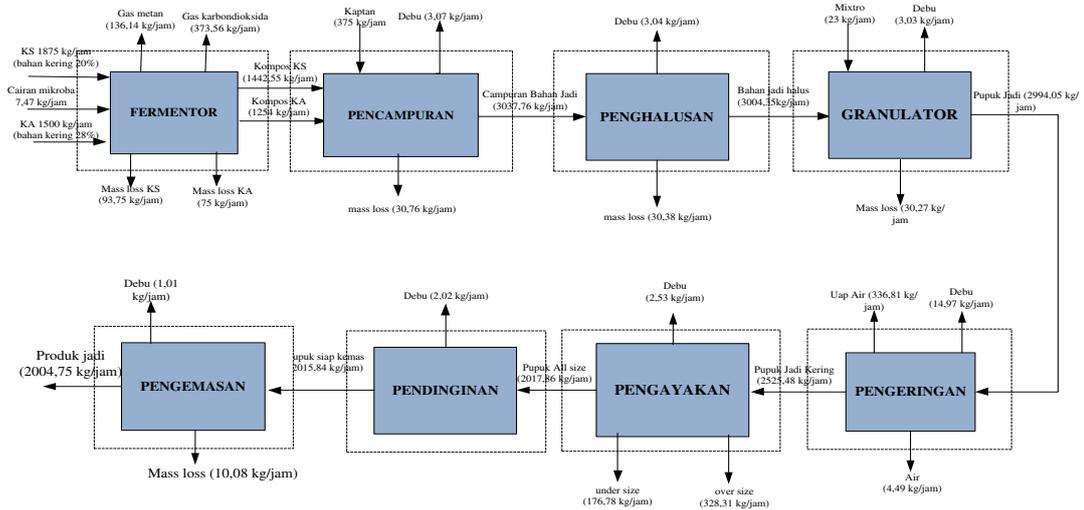
$$\text{Material dan Energy Input} = \text{Products} + \text{Waste} \quad (\text{pers. 1})$$

Neraca massa *overall* ditunjukkan pada Gambar 2, dimana setiap proses produksi terjadi penyusutan massa, penyusutan massa diakibatkan karena hasil waste yang dihasilkan cukup besar. Pada GVSM diidentifikasi tujuh pembangkit limbah yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas.

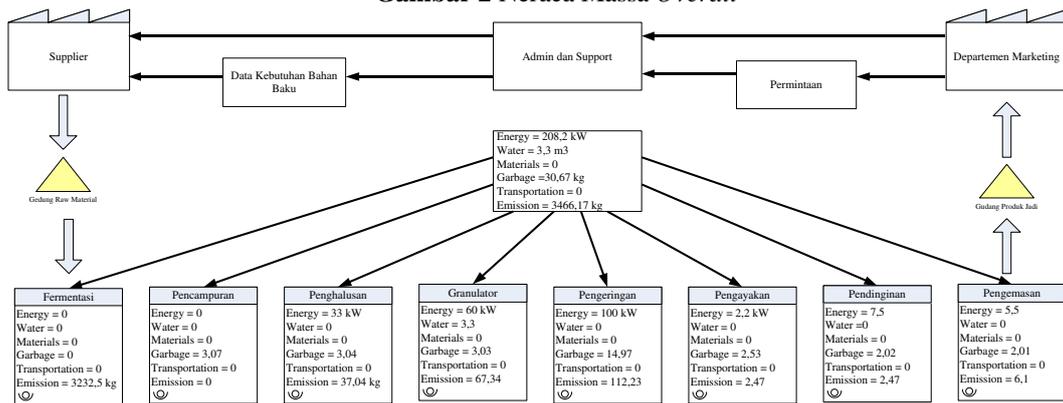
Identifikasi limbah berdasarkan *Seven Green Wastes* yang terdiri atas pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodeversitas. Untuk hasil limbah diidentifikasi pada tahap sebelumnya yaitu dengan menggunakan *process flow diagram* dan neraca massa. GVSM (*current state*) ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 1** Flow Diagram Process



Gambar 2 Neraca Massa Overall



Gambar 3 Green Value Stream Mapping (Current State)

## 5. Pengolahan Data

### 5.1 Produktivitas

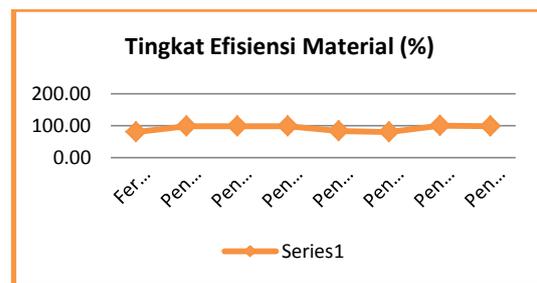
Produktivitas diperoleh dengan membandingkan *input* penggunaan material dengan *input* penggunaan material yang ada pada neraca massa. Faktor *input* meliputi input material. Sedangkan, faktor *output* merupakan output hasil produksi. Input dan *Output* setiap proses produksi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Input dan Output Setiap Proses Produksi

No	Sistem	Jenis bahan baku	Input (kg /jam)	Output (kg /jam)
1	Fermentasi	Kotoran sapi Kotoran Ayam Cairan mikroba	3375	2696,55
2	Pencampuran	Kompos KS dan KA, kapur pertanian	3071,55	3037,76 3
3	Penghalusan	Kompos KA, Kompos KS, dan kapur pertanian	3037,76	3004,35
4	Pembuatan Granul	Kompos KA, Kompos KS, kapur pertanian dan mixtro	3027,35	2994,05
5	Pengeringan	Kompos KA, Kompos KS, kapur pertanian dan mixtro	2994,05	2525,48

Lanjutan Tabel 1 Input dan Output Setiap Proses Produksi

No	Sistem	Jenis bahan baku	Input (kg /jam)	Output (kg /jam)
6	Pengayakan	Kompos KA, Kompos KS, kapur pertanian dan mixtro	2525,48	2017,86
7	Pendinginan	Kompos KA, Kompos KS, kapur pertanian dan mixtro	2017,86	2015,84
8	Pengemasan	Kompos KA, Kompos KS, kapur pertanian dan mixtro + Karung ukuran 25 kg	2015,84	2004,75



Gambar 4 Grafik Tingkat Efisiensi Material Setiap Proses

Hasil perhitungan mengenai tingkat produktivitas menunjukkan bahwa tingkat produktivitas PT Tiara Kurnia bersifat fluktuatif berdasarkan masing-masing sistem. Pada Gambar 4 tampak bahawa semua sistem memiliki produktivitas di bawah 100%. Hal ini terjadi dikarenakan adanya mass loss, debu, limbah ataupun *loss* akibat efisiensi alat tidak 100% sehingga mengakibatkan produktivitas setiap proses mengalami penurunan. Tingkat efisiensi penggunaan material paling terendah pada sistem fermentasi, sistem pengeringan dan sistem pengayakan.

### 5.2 Analisa Kinerja Lingkungan

Identifikasi limbah berdasarkan *Seven Green Wastes* yang terdiri atas pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan biodeversitas. Tujuh sumber pembangkit limbah pada produksi pupuk organik granul setiap 1 jam kerja, ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** GVSM (*current state*)

Jenis Limbah	proses kegiatan								Total
	Fer Men Tasi	Pen cam Puran	Peng ha Lusan	Gra no Lator	Pe nge ringan	Pe nga yakan	Pendi Ngi nan	Penga Masan	
Energi (kWh)	0	0	33	60	100	2,2	7,5	5,5	208,2
Air (liter atau kg)	0	0	0	3,3	0	0	0	0	3333,33
Material (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sampah (kg)	0	3,07	3,04	3,03	14,97	2,03	2,02	2,01	30,67
Transportasi (km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emisi CO <sub>2</sub> (kg)	3232,5	0	37,04	67,34	112,23	2,47	8,42	6,17	3466,17
Biodeversitas (hal)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pada tahap perhitungan *environmental impact* (EI), total hasil analisis ketujuh sumber pembangkit limbah yang telah didapatkan dari peta aliran material hijau (*current state*) proses produksi pupuk organik granul digolongkan ke dalam 4 variabel lingkungan *Green Productivity Index* (GPI), sesuai dengan jenis limbahnya.

Besarnya *environmental impact* (EI) tergantung dari akumulasi tiga jenis indikator lingkungan, dimana sebelumnya masing-masing nilai indikator lingkungan didapatkan melalui perkalian antara bobot menurut pakar pada ESI (2005) dengan jumlah yang dihasilkan pada proses produksi tersebut. Semakin besar nilai EI, maka hal tersebut menunjukkan semakin besar dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi.

Emisi pada proses kegiatan digolongkan sebagai variabel *gaseous wastes generation* (GWG), penggunaan air digolongkan ke dalam variabel *water consumption* (WC), sampah

yang dihasilkan digolongkan ke dalam *solid wastes generation* (SWG), dan penggunaan material digolongkan ke dalam variabel *land contamination* (LC) (Putra dalam Puspita, 2014).

Menurut Gandhy dalam puspita (2014), maka dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EI = (0,5 \times GWG) + (0,33 \times WC) + (0,17 \times SWG) \quad (\text{pers. 2})$$

$$EI = (0,5 \times 3466,17) + (0,33 \times 3333,33) + (0,17 \times 30,67)$$

$$EI = 2838,3 \text{ kg}$$

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari semua kegiatan produksi pupuk organik granul adalah 2838,3 kg atau 2,83 ton.

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diketahui total biaya kebutuhan proses produksi pupuk organik granul per hari sebesar Rp45.327.850,00 sehingga rata-rata untuk kebutuhan biaya produksi per jam adalah Rp 1.888.660,457. Kemudian besar pendapatan yang diperoleh dari penjualan pupuk organik granul selama sebulan.

Harga jual 1 kg pupuk organik granul = Rp1300,00. Harga jual produk keseluruhan = Rp1300,00 x Rp2015,84 kg/hari (hasil produksi berdasarkan neraca massa) = Rp 2.620.592,00.

Perhitungan indikator ekonomi dihitung sebagai perbandingan antara pendapatan penjualan produk dengan total biaya produksi produk tersebut sehingga diperoleh: Indikator Ekonomi atau Produktivitas Pendapatan / Total Biaya = Rp 2.620.592,00/ 1.888.660,457. Produktivitas atau indikator ekonomi = 1.39. Indeks Produktivitas Hijau (GPI)

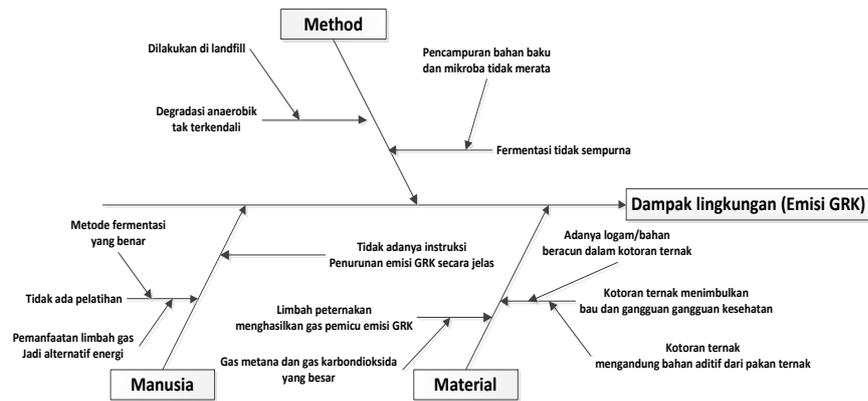
$$= \frac{SP}{PC} \quad (\text{pers. 3})$$

$$= \frac{1,39}{2,83} = 0,49$$

Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat produktivitas masih lebih rendah dari dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi pupuk organik granul. Secara umum, semakin tinggi nilai indeks produktivitas hijau yang dicapai, maka tingkat produktivitas dan indikator ekonomi akan semakin tinggi, sedangkan dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi akan semakin rendah.

### 5.3 Identifikasi masalah

Identifikasi masalah berupa emisi gas rumah kaca (GRK) ditunjukkan pada fishbone diagram pada Gambar 5.



Gambar 5 Cause-effect diagram emisi gas rumah kaca

### 5.4 Penentuan Tujuan dan Target

Bedasarkan akar penyebab dari permasalahan yang terjadi pada PT Tiara, maka dapat ditentukan tujuan utama dalam melakukan perbaikan atau penyelesaian yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rencana Implementasi Solusi

Tujuan	Target
Mengurangi dampak lingkungan dari emisi gas rumah kaca	- Mengurangi emisi gas rumah kaca hasil fermentasi anaerob - Mengolah kandungan gas metan dan gas karbondioksida menjadi alternatif energi terbarukan

### 5.5 Perumusan Alternatif Perbaikan

GP option untuk permasalahan limbah gas dan limbah cair ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 GP Option untuk Pengelolaan Limbah Gas

Tujuan	Pro gram	Tindakan	Penanggung g Jawab
Mengurangi emisi Gas Rumah Kaca	Redu se/ Recy cle	Pembuatan digester biogas fixed domed plant, sebagai pengganti energi LPG (pada proses drayer)	Manajer Produksi Manajer Quality Control Manajer Keuangan
Memanfaatkan kembali limbah cair		Pembuatan digester biogas fixed domed plant, dan pemanfaatan sebagai pembangkit tenaga listrik	Manajer Produksi Manajer Quality Control Manajer Keuangan

### 5.6 Alternatif pada Permasalahan

Diketahui jumlah potensi biogas dan konversi biogas yang dapat dihasilkan oleh limbah kotoran sapi dan kotoran ayam yang

berada di PT Tiara Kurnia melalui perhitungan sebagai berikut:

- Jumlah bahan baku kotoran sapi = 45000 kg = 45 ton
- Kandungan bahan kering untuk kotoran sapi adalah 20 % maka kandungan bahan kering total adalah = 45000 kg x 0,20 = 9000 kg. Berat Kering
- Sehingga, potensi biogas dari kotoran sapi adalah sebesar : 9000 x 0,040 = 360 m<sup>3</sup>/hari
- Konversi biogas dari kotoran sapi ke LPG adalah : = jumlah bio gas (m<sup>3</sup>) x 0,42 kg/m<sup>3</sup> (pers. 4) = 360 m<sup>3</sup> x 0,42 kg/m<sup>3</sup> = 151,2 kg LPG = 12,6 tabung (ukuran 12 kg) = 13 tabung

Sedangkan potensi biogas yang dihasilkan dari kotoran ayam adalah sebagai berikut:

- Jumlah bahan baku kotoran ayam = 36000 kg = 36 ton
- Kandungan bahan kering untuk kotoran ayam adalah 28 % maka kandungan bahan kering total adalah = 36000 kg x 0,28 = 10080 kg. Berat Kering
- Sehingga, potensi biogas dari kotoran ayam adalah sebesar : 10080 x 0,04 = 403,2 m<sup>3</sup>/hari
- Konversi biogas kotoran ayam ke LPG adalah : = 403,2 m<sup>3</sup>/hari x 0,42 kg/m<sup>3</sup> = 169,344 kg LPG = 14,11 tabung (ukuran 12 kg) = 14 tabung

Jadi potensi biogas yang dihasilkan setiap hari sekitar 360 m<sup>3</sup>/hari + 403,2 m<sup>3</sup>/hari = 763,2 m<sup>3</sup>/hari

**a. Alternatif 1**

Untuk mengetahui investasi awal yang dibutuhkan dalam pembuatan digester tipe *fixed dome* atau *fixed drum digester type*. Model ini merupakan model paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi *digester* dibuat dalam tanah dengan konstruksi permanen. Selain dapat menghemat lahan, pembuatan *digester* di dalam tanah juga berguna mempertahankan suhu *digester* stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri methanogen. *Digester* tipe ini mempunyai keuntungan biaya konstruksi rendah karena konstruksi sederhana dan umurnya cukup panjang sekitar kurang lebih 20 tahun. *Digester* menggunakan jenis mengalir, aliran bahan baku dimasukkan dan residu dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Biaya dan penghematan dari alternatif 1 ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5** Biaya dan Penghematan Alternatif 1

<b>Investasi</b>	Pembuatan digester	Rp 3.645.000.000,00
	Tanah	Rp 143.904.000,00
<b>Biaya O &amp; M</b>	Pegawai	Rp 98.100.000,00
	Non Pegawai	Rp 19.620.000,00
<b>Penghematan</b>	Penggunaan Energi	Rp 832.395.996,40

Perhitungan *Annual Worth* (deret seragam)

Untuk mengetahui apakah alternatif 1 layak untuk dilaksanakan dapat diketahui melalui perhitungan Deret Seragam dengan membandingkan antara penghematan yang didapatkan dengan biaya tahunan yang dikeluarkan untuk melaksanakan alternatif 1. Untuk menghitung deret seragam, tingkat bunga (*i*) yang digunakan sebesar 8 % (berdasarkan tingkat suku bunga yang berlaku saat ini oleh Bank Indonesia, nilai dibulatkan ke atas). Periode yang digunakan (*N*) adalah 20 tahun, sesuai dengan umur ekonomis degester alternatif 1.

Penghematan = Rp 938.433.600,00

Rumus deret seragam adalah sebagai berikut, (Pujawan, 2004) adalah

Pengeluaran = Investasi (A/P, 8%, 20)

+ Biaya Operasional dan Perawatan (pers. 5)

= Rp 3.788.904.000,00 (0,1019)

+ Rp 117.720.000,00 =Rp 386.089.317,6

+ Rp 117.720.000,00= Rp 504.809.317,6

Maka nilai deret seragam untuk alternatif 1 dapat dihitung,

A = Penghematan – Pengeluaran (pers. 6)

= Rp 938.433.600,00 - Rp 504.809.317,6

= Rp 433.624.282,4

**b. Alternatif 2**

Pada Tabel 6 menunjukkan biaya dan penghematan dari alternatif 2 berupa pembuatan digester, serta pemanfaatannya sebagai energi listrik.

**Tabel 6** Biaya dan Penghematan Alternatif 2

<b>Investasi</b>	Pembuatan digester	Rp 3.788.904.000,00
	Generator Listrik	Rp 90.000.000,00
<b>Biaya Operasional dan Maintenance</b>	Digester Biogas	Rp 117.720.000,00
	Mesin pembangkit Tenaga Listrik	Rp 120.181.501,40
<b>Penghematan</b>	Penggunaan Energi	Rp 938.433.600,00

Perhitungan Nilai *Annual Worth*

Penghematan = Rp 832.395.996,4/th

Pengeluaran = Investasi (A/P, 8 %, 20)

+ Biaya Operasional dan Perawatan (pers. 7)

= Rp 3.788.904.000,00 (0,1019)

+ Rp 237.901.501.4 = Rp 395.260.317,6

+ Rp 237.901.501.4= Rp 633.161.819,00

Maka nilai deret seragam untuk alternatif 2 dapat dihitung

= Rp 832.395.996,4/th - Rp 633.161.819,00

= Rp 832.395.996,4/th

**5.7 Pemilihan Alternatif Solusi**

Pemilihan alternatif solusi dilakukan berdasarkan nilai deret seragam terbesar diantara kedua laternatif solusi diatas. Alternatif 1 memiliki penghematan LPG dan Alternatif 2 memiliki penghematan listrik. Alternatif 1 memiliki keunggulan berupa nilai investasi atau pengeluaran yang lebih rendah, maka nilai deret seragam netto alternatif 1 lebih besar dibandingkan nilai deret seragam netto milik alternatif 2 yang memiliki nilai negatif. Dengan keunggulan-keunggulan serta pertimbangan dari pihak perusahaan, maka alternatif 1 dipilih. Pertimbangan pemilihan alternatif 1 dibanding alternatif 2, juga dilihat dari segi kemudahan untuk implementasi. Perbandingan deret seragam netto setiap alternatif ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7** Data Deret Seragam Netto

Alter Natif	Penghematan	Pengeluaran	Deret Seragam Netto
1	938.433.600,00	504.809.317,6	433.624.282,4
2	832.395.996,4	633.161.819,00	199.234.177,4

**5.8 Estimasi Kontribusi Alternatif Terpilih.**

a. Estimasi produktivitas

Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan produktivitas yang dapat dicapai jika melaksanakan alternatif 1, maka dapat diestimasi berdasarkan penghematan yang dapat diperoleh.

1) Estimasi *Output*

Jika melaksanakan alternatif 1 diperkirakan tidak terjadi perubahan terhadap *output*, sehingga *output* nya diestimasi berdasarkan rata-rata *output* selama Januari 2013 – Desember 2013.

Estimasi *Output* (kg) = 12.813.870 kg/tahun  
 Estimasi *Output* (Rp) = 12.813.870 kg x 1300  
 = Rp 16.658.031.000,00/tahun

2) Estimasi *Input*

*Input* yang digunakan untuk perhitungan produktivitas adalah *input* material utama, material pendukung (bahan-bahan kimia), biaya variabel, dan biaya tenaga kerja.

- Estimasi *input* material utama

Jika melaksanakan alternatif 1 diperkirakan tidak terjadi perubahan terhadap jumlah *input* material utama (kotoran sapi dan kotoran ayam), sehingga :

Estimasi = Rp 620.100.000,00/bulan  
 = Rp 7.441.200.000,00/tahun

- Estimasi *input* material pendukung

Berbeda dengan *input* material utama, alternatif 1 mempengaruhi jumlah *input* material pendukung yang akan digunakan karena terjadi penghematan penggunaan cairan mikroba untuk proses fermentasi. Dengan diadakannya digester biogas, maka perusahaan tidak lagi perlu melakukan pengomposan untuk kotoran sapi maupun kotoran ayam. Estimasi = *Input* rata-rata – penghematan (pers. 8)

= Rp 326.256.125,00/bulan  
 – Rp 10.400.000/bulan  
 = Rp 315.856.125,00/bulan  
 = Rp 3.790.273.500,00/tahun

- Estimasi biaya energi

Dengan adanya pembuatan digester *fixed dome*, akan mengurangi dalam penggunaan LPG sebagai bahan bakar untuk *drayer*. Konsumsi LPG = Rp 3.007.800,00/hari (27 tabung x Rp 111.400,00) = Rp 78.202.800,00

Dengan adanya alternatif 1 akan terjadi penghematan penggunaan LPG yang dapat mempengaruhi jumlah biaya energi yang dikeluarkan.

Estimasi = *Input* rata-rata – penghematan LPG (pers. 9)

= Rp 146.043.000,00/bulan  
 – Rp 78.202.800,00  
 = Rp 67.840.200,00/bulan  
 = Rp 814.082.400/tahun

- Estimasi *input* tenaga kerja

Alternatif 1 mempengaruhi jumlah *input* tenaga kerja yang digunakan. Dengan penerapan alternatif 1 akan ada penambahan biaya tenaga kerja sebesar Rp 8.175.000,00 (dari hasil perhitungan dari Rp 98.100.000,00/12 bulan). Jadi keseluruhan biaya Tenaga kerja adalah

= Rp 8.175.000,00/bulan  
 + Rp 82.000.000,00/bulan  
 = Rp 90.175.000,00/bulan  
 = Rp 1.082.100.000,00/thn

3) Estimasi Biaya produksi setelah melaksanakan alternatif 1 estimasi *input* keseluruhannya adalah: Estimasi Biaya tidak tetap = material utama + material pendukung + biaya energi + TK (pers. 10)

= Rp 7.441.200.000,00/tahun  
 + Rp 3.790.273.500,00/tahun  
 + Rp 814.082.400/tahun  
 + Rp 1.082.100.000,00/tahun  
 = Rp 13.127.655.900,00/tahun

Estimasi biaya produksi keseluruhan

= Biaya tidak tetap + Biaya tetap  
 = Rp 49.500.000/tahun  
 + Rp 13.127.655.900,00/tahun  
 = Rp 13.177.155.900,00/tahun

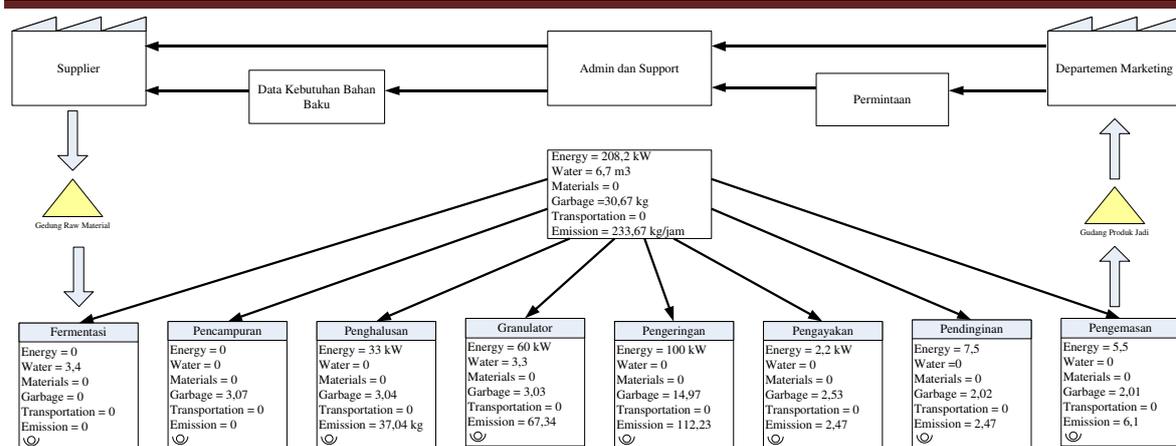
4) Estimasi produktivitas berdasarkan *input* dan *output* biaya produksi pada tahun sebelumnya. Produktivitas pada tahun 2013 adalah :

Produktivitas = *output* / *input* (pers. 11)  
 = Rp 16.658.031.000,00/Rp  
 : Rp 16.318.026.346 = 102% = 1,02

Alternatif 1 akan memberikan perubahan tingkat produktivitas, karena terjadi perubahan pada jumlah *input*. Estimasi produktivitas = estimasi *output* / estimasi *input* (pers. 12)

= Rp 1.388.169.250,00  
 / Rp 1.019.383.950,00 = 136% = 1,36

b. Estimasi Kontribusi terhadap kinerja lingkungan. Terjadi pengurangan dampak emisi pada proses fermentasi karena gas metan dan gas karbondioksida yang dihasilkan, diolah kembali (*recycle*) menjadi biogas. *Future State* untuk GVSM (*future state*) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Green Value Stream Mapping (Future State)

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan dari analisis tujuh sumber pembangkit limbah, selanjutnya dilakukan perhitungan variabel dampak lingkungan sebagai berikut :

- 1) Jumlah Produksi Pupuk Organik Berdasarkan pengamatan dan hasil dari neraca massa adalah 2015,84/jam
- 2) Pembangkit Limbas Gas (GWG) Emisi yang dihasilkan dari kegiatan produksi pupuk organik granul setelah dilakukan perbaikan akan berkurang menjadi 233,67/jam.
- 3) Konsumsi Air (WC) Konsumsi air yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi akan mengalami penambahan, pada awal penelitian hanya 1 proses yang membutuhkan air yaitu proses penggranulan sebesar 80 m<sup>3</sup>/hari. Namun setelah perbaikan konsumsi air akan dibutuhkan pada proses pencampuran bahan baku sebesar 81 m<sup>3</sup> sehingga total air yang dibutuhkan sebesar 161 m<sup>3</sup>/hari, untuk setiap jamnya rata-rata air yang dibutuhkan adalah 6,7 m<sup>3</sup> atau 6700 kg/jam. Karena densitas air 1 kg/l maka konsumsi air sebanyak 6700 kg/jam.
- 4) Pembangkit Limbah Padat (SWG) Merupakan debu yang berasal dari setiap kegiatan produksi, berdasarkan informasi serta perhitungan neraca massa, dihasilkan 30,67 kg/jam limbah padat. Estimasi jumlah limbah padat setelah perbaikan adalah tidak ada perubahan.
- 5) Dampak lingkungan (EI) yang dihasilkan dari proses dapat dirumuskan sebagai berikut :  

$$EI = (0,5 \times 233,67) + (0,33 \times 6700)$$

$$+ (0,17 \times 30,67)$$

$$EI = 2333,04 \text{ kg/jam}$$

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari semua kegiatan adalah 2333,04 kg atau 2,33 ton.

- 1) Pendapatan penjualan/harga jual pupuk organik granul. Harga jual produk keseluruhan = Rp 1300 x 2015,84 kg/hari = Rp 2.620.592,00
- 2) Perhitungan indikator ekonomi. Pada perhitungan IE setelah perbaikan, akan terjadi perubahan pada total biaya *input* di mana yang semua total biaya *input* pada kondisi awal sebesar Rp 1.359.835.529,00/th dan setelah perbaikan menjadi Rp1.019.383.950,00. Hal tersebut terjadi karena dengan penerapan alternatif 1 akan ada biaya penghematan baik dari segi pemakaian energi bahan bakar juga penghematan dari bahan baku pendukung. Sehingga, bisa diestimasikan biaya produksi perjamnya adalah Rp 1.633.628,125.

$$\text{Pendapatan} / \text{Total Biaya} = \text{Rp}2.620.592,00 / \text{Rp} 1.633.628,125$$

$$\text{Produktivitas atau indikator ekonomi} = 1,6$$

- 3) Berdasarkan hasil perhitungan dampak lingkungan dan indikator ekonomi kemudian dihitung nilai indeks produktivitas hijau (*future state*) dihasilkan 0, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Produktivitas Hijau (GPI)}$$

$$= \frac{1,6}{2,33} = 0,69$$

Manfaat finansial dikaitkan dengan potensi reduksi emisi GRK baik melalui reduksi Reduksi emisi metan dikaitkan

dengan CDM, dimana reduksi emisi GRK dapat diperdagangkan sesuai dengan protokol kyoto. Untuk keperluan ini, hasil estimasi produksi biogas/metan dikonversi ke dalam bentuk reduksi emisi karbon atau karbondioksida ekuivalen. Dengan menggunakan data harga reduksi emisi US\$ 20 per ton C, nilai kompensasi yang dapat diperoleh dari mekanisme proyek CDM dihitung sesuai dengan tingkat reduksi emisi yang dicapai. Manfaat finansial total merupakan gabungan dari manfaat finansial dari perolehan biogas sebagai bahan bakar dan manfaat lingkungan dari proyek CDM, yang keduanya dinyatakan dalam bentuk rupiah. sebuah digester Biogas dapat berpartisipasi di dalam mekanisme CDM. Dengan total manfaat yang didapat dari pemanfaatan gas metan dari kotoran sapi adalah Rp 1.552.872/hr dan untuk kotoran ayam adalah Rp 3.200.253,07/hr.

### 6. Analisis dan Pembahasan

Kontribusi solusi terpilih terhadap peningkatan produktivitas maupun kinerja lingkungan, yang diindikasikan melalui GPI, peningkatan nilai produktivitas serta penurunan hasil limbah. Pada Tabel 8, dapat dilihat bahwa solusi terpilih berupa alternatif 1, yaitu pembuatan *digester fixed domed* dan pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar pengganti LPG pada proses pengeringan, dapat memberikan peningkatan terhadap produktivitas maupun kinerja lingkungan, dengan peningkatan yang dicapai cukup besar. Hal ini memberikan bukti bahwa dengan mengimplementasikan GP akan dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.

**Tabel 8** Perbandingan perbaikan

Kriteria	Kondisi Awal	Perbaikan	Kontribusi
Produktivitas proses fermentasi berdasarkan neraca massa	79,8 %	95%	16%
GPI	0,49	0,69	0,2
GVSM (Limbah gas)	3466,17 kg/jam	233,67 kg/jam	3232,5 kg/jam
Produktivitas Total berdasarkan biaya	102%	136%	34%

### 7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- a. Tingkat produktivitas penggunaan material berdasarkan neraca massa, dihasilkan bahwa sistem fermentasi memiliki nilai paling rendah yaitu sebesar 79,8%. Selain itu, dihasilkan tingkat produktivitas total berdasarkan perhitungan biaya pada produksi pupuk organik granul PT Tiara Kurnia yaitu sebesar 102%. Untuk tingkat kinerja lingkungan dihitung berdasarkan nilai *Green Produktivity Index*, dihasilkan 0,49 untuk kondisi sebelum perbaikan.
- b. Terdapat 2 alternatif perbaikan untuk mengatasi masalah emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan dari kegiatan produksi pupuk organik granul. Alternatif 1 yaitu berupa pembuatan digester *fixed domed* dengan konversi energi biogas menjadi LPG. Dengan pembuatan digester biogas ini selain perusahaan berharap agar biaya energi bahan bakar LPG pada proses pengeringan bisa lebih ditekan dan menurunkan emisi gas rumah kaca. Alternatif 2 menggunakan program *reuse/recycle*, yaitu berupa pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Biogas. Solusi yang terpilih berdasarkan nilai deret seragam netto tertinggi adalah alternatif 1 sebesar Rp 433.624.282,4, yaitu pembuatan digester *fixed dome* serta pemanfaatan biogas sebagai alternatif bahan bakar LPG pada proses pengeringan. Dengan penerapan alternatif 1 akan memberikan penghematan biaya energi sebesar Rp 938.433.600,00/tahun atau Rp 3.007.800,00/hari.
- c. Kontribusi alternatif terpilih, dilihat dari meningkatnya nilai produktivitas serta kinerja lingkungan. Diestimasikan alternatif terpilih dapat memberikan kontribusi sebagai berikut:
  - 1) Peningkatan produktivitas total berdasarkan biaya sebesar 34 % dari kondisi awal sebesar 102% dan kondisi setelah perbaikan sebesar 136%.
  - 2) Diperkirakan memberikan kontribusi peningkatan GPI sebesar 0,2 dengan GPI awal sebesar 0,49 dan GPI akhir sebesar 0,69.
  - 3) Peningkatan nilai produktivitas penggunaan material sebesar 16% pada sistem fermentasi. Dimana pada kondisi awal produktivitas penggunaan material sebesar 79,8%

dan setelah perbaikan meningkat menjadi 95%.

- 4) Menurunkan jumlah emisi GRK pada proses produksi pupuk organik granul sebesar 3232,5 kg/jam, dengan kondisi awal 3466,17 kg/jam dan kondisi akhir sebesar 233,67 kg/jam

#### **Daftar Pustaka**

Asian Productivity Organization.(2006). *Handbook on Green Productivity*. Tokyo: APO. [http://www.apo-tokyo.org/publications/wp-content/uploads/sites/5/gp-hb\\_gp.pdf](http://www.apo-tokyo.org/publications/wp-content/uploads/sites/5/gp-hb_gp.pdf) (diakses 1September 2014)

Asian Productivity Organization. (2001). *Achieving Higher Productivity Through GP*. Tokyo: APO.[http://www.apo-tokyo.org/publications/wp-content/uploads/sites/5/ind\\_gp\\_ahptg.pdf](http://www.apo-tokyo.org/publications/wp-content/uploads/sites/5/ind_gp_ahptg.pdf).(diakses 1 September 2014)

Himmelblau and Riggs. (1989). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. America: Printice-Hall

Pujawan, I Nyoman. (2004). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Guna Widya

Puspita, Marimin (pembimbing 1), Arif (pembimbing 2). (2014). *Peningkatan Produktivitas Proses Produksi Ban Motor dengan Pendekatan Green Productivity Studi Kasus di PT XYZ*. Bogor: Tugas Akhir Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/68786/F14rpw.pdf?sequence=1>(diakses 5 Oktober 2014)

Yale Center for Environmental Law and Policy Report. (2005). *Environmental Sustainability Index : Benchmarking National Environmental Stewardship*.<http://earthmind.net/rivers/docs/yale-esi2005.pdf>. Yale:YaleUniversity (diakses 21 November 2014)