
**ANALISIS PRODUKTIVITAS PADA PROSES PENYEPUHAN DENGAN METODE
GREEN PRODUCTIVITY**

Endang Widuri Asih^{1*}, Cyrilla Indri Parwati², Netty Widyastuti³^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

*Email: endang.akprind@gmail.com

Abstrak

Industri penyepuhan perak memiliki potensi pencemaran limbah yang cukup tinggi. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat sisa penyepuhan. Limbah cair penyepuhan berupa air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses penyepuhan. Air limbah mengandung logam-logam terlarut, pelarut, dan senyawa berbahaya dan beracun. Limbah tersebut menyebabkan bau menyengat dan pencemaran pada air tanah sehingga dapat membahayakan bagi lingkungan.

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan adalah dengan menggunakan konsep green productivity. Green productivity dapat diartikan sebagai produktivitas ramah lingkungan. Konsep green productivity menggabungkan upaya peningkatan produktivitas dan penanganan terhadap dampak lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan adalah dengan menggunakan konsep green productivity. Green productivity dapat diartikan sebagai produktivitas ramah lingkungan. Konsep green productivity menggabungkan upaya peningkatan produktivitas dan penanganan terhadap dampak lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Pada penelitian ini, metode green productivity, yaitu meminimisir kadar zat kimia dalam limbah cair (waste) yang dihasilkan selama proses produksi. Alternatif solusi yang dibuat harus mencakup aspek ramah lingkungan dan dapat meningkatkan produktivitas, maka didapat pilihan alternatif solusi yaitu pertama dengan penggunaan kembali (reuse) cairan pembilas dengan sistem pembilasan lawan arah, dengan pembuatan bak pembilasan dan yang kedua pengolahan limbah cair penyepuhan dengan teknik koagulasi.

Hasil penelitian, alternatif solusi yang terpilih untuk meminimalisir limbah dan meningkatkan produktivitas yaitu pengolahan limbah dengan teknik koagulasi. Nilai keuntungan investasi dihitung menggunakan NPV diperoleh hasil sebesar Rp 53.789.550,72 selama lima tahun. Alternatif ini dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan produktivitas sebesar 1,25% serta berkontribusi terhadap perbaikan kualitas lingkungan melalui penurunan jumlah limbah cair 56.160 L/tahun dengan peningkatan indeks EPI sebesar 759,57.

Kata kunci : Green productivity, Produktivitas, Waste Reduction,

1. PENDAHULUAN

Suatu Industri untuk bisa bertahan dan bersaing dengan industry lain yang sejenis harus meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan, baik di industry besar maupun home industry. Produktivitas adalah penggunaan sumber daya (*input*) secara efisien dalam menghasilkan barang atau jasa (*output*). Efisien diartikan sebagai bentuk pengelolaan yang baik dari sistem produksi untuk menghasilkan suatu produk, sehingga tidak ada pemborosan selama proses produksi. (Sumanth, 1985).

Kotagede adalah salah satu kota di Yogyakarta yang terkenal dengan sebutan sebagai Kota Perak. Sebutan itu dikarenakan pada Kotagede banyak terdapat home industry perak. Kerajinan perak dibuat dari bahan dasar tembaga yang kemudian disepuh (dilapisi) menggunakan larutan perak. Hasil kerajinan perak adalah perhiasan seperti cincin, gelang, kalung, aksesoris dan beraneka macam bros. Dalam proses produksi perak terdapat proses penyepuhan perak. Proses penyepuhan dapat menutup *cost* produksi yang tinggi. Tingginya *cost* produksi disebabkan melambungnya harga perak murni yang awalnya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kerajinan perak. Usaha ini dilakukan agar pengrajin kecil tetap dapat beroperasi di tengah persaingan para pengusaha besar dan dapat meningkatkan produktivitasnya.

Penyepuhan perak menimbulkan banyak permasalahan lingkungan dikarenakan bahan untuk menyepuh adalah bahan-bahan kimia bersifat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Proses penyepuhan perak menghasilkan hasil sampingan berupa limbah buangan (*waste*) meliputi limbah

padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat berasal dari proses *polishing* dan endapan sisa penyepuhan. Limbah cair penyepuhan berupa air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses penyepuhan. Air limbah mengandung logam-logam terlarut, pelarut, dan senyawa berbahaya dan beracun. Limbah tersebut menyebabkan bau menyengat dan pencemaran pada air tanah sehingga dapat membahayakan bagi lingkungan.

Usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas dan mengatasi permasalahan lingkungan yaitu dengan menggunakan konsep *green productivity*. *Green productivity* dapat diartikan sebagai produktivitas ramah lingkungan. Konsep *green productivity* menggabungkan upaya peningkatan produktivitas dan penanganan terhadap dampak lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. *Green productivity* adalah suatu strategi untuk meningkatkan produktivitas bisnis dan kinerja lingkungan pada saat bersamaan dalam pengembangan sosial ekonomi secara keseluruhan. Metode ini mengaplikasikan teknik, teknologi dan sistem manajemen untuk menghasilkan barang dan jasa yang sesuai dengan lingkungan atau ramah lingkungan (*Asian Productivity Organization*, 2003).

Dalam penelitian ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yaitu; Wulan, Fajar., (2013), tentang “*Penerapan Green Productivity Sebagai Upaya Untuk Peningkatan Produktivitas Perusahaan*”, pada penelitian ini memberikan alternatif solusi penanganan limbah batik dengan pengambilan keputusan berdasarkan analisis finansial agar produktivitas perusahaan dapat meningkat. Singgih, M.L. & N. Afida., (2008), dalam penelitian yang berjudul “*Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction Dengan Pendekatan Green Productivity (Study Kasus PT. ABC)*”, membahas peningkatan produktivitas perusahaan melalui pengurangan volume limbah *sludge* dan lemak/koyor yang dihasilkan selama proses produksi dengan pendekatan *green productivity*. Singgih, M.L. & Ketut Ratna Dewi, (2007), dalam penelitian yang berjudul “*Evaluasi dan Perbaikan Kinerja Lingkungan dan Peningkatan Produktivitas Menggunakan Metode Green Productivity di Pabrik Gula*”, pada penelitian ini melakukan evaluasi untuk mencari faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas lingkungan dan menurunkan dampak limbah industri gula terhadap lingkungan. Dari sumber acuan tersebut secara umum membahas tentang produktivitas dan kinerja lingkungan menggunakan metode *Green Productivity* dengan meminimalisir limbah. Pada penelitian ini peningkatan produktivitas dengan pengurangan *waste* agar limbah yang dihasilkan pada proses penyepuhan dapat diminimalisir dengan *Green Productivity*, dan pengambilan keputusan menggunakan perhitungan *Net Present Value*.

Perusahaan terus meningkatkan *environment performance* dan memperoleh keuntungan yang lebih besar, dengan menerapkan *eco-efficiency* (DeSimore, et al, 1997). Kata “*eco*” meliputi baik sumber daya *ecological* maupun *economic* dan kata “*efficiency*” menjelaskan usaha untuk mengoptimalkan pemakaian sumber daya, yaitu memanfaatkan dalam jumlah minimal untuk mendapat hasil maksimal. Menurunkan limbah dan polusi, serta menghemat pemakaian energi dan bahan baku sehingga akan berdampak positif terhadap lingkungan dan dapat meningkatkan profit bagi perusahaan.

Sustainable development didefinisikan sebagai pembangunan yang dapat menjawab kebutuhan dari generasi masa kini tanpa mengorbankan kemampuan dari generasi berikutnya untuk memenuhi kebutuhannya (*Asian Productivity Organization*, 2011). Definisi ini mencakup penggunaan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dasar dan meningkatkan kualitas hidup. Keseluruhan siklus hidup dari produk dan jasa tersebut harus berdasarkan pada minimasi penggunaan sumber-sumber daya alam dan bahan-bahan berbahaya yang dapat menyebabkan emisi. Sehingga dengan penerapan *eco-efficiency* perusahaan dapat meningkatkan produktivitas serta dapat ikut serta dalam pemeliharaan lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan (*Sustainable development*).

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada home industri perak H. Slamet Mulyono yang beralamat di Gedung KG III/60 Kotagede, Yogyakarta. Obyek yang diteliti yaitu limbah cair yang dihasilkan pada proses penyepuhan. Tahapan penelitian sebagai berikut :

- Perhitungan Produktivitas
- Menentukan Indeks *Environmental Performance Indicator* (EPI)

Perhitungan indeks EPI diperoleh dengan mengalikan bobot yang diperoleh dari penyebaran kuisisioner dengan prosentase penyimpangan antara standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh Keputusan Gubernur DIY No 7 tahun 2010 dengan hasil analisa limbah perusahaan. Kuisisioner dibuat untuk sepuluh orang responden yang ahli di bidang kimia lingkungan, kuisisioner diuji validitas dan reabilitas dengan menggunakan alat bantu SPSS.

- Identifikasi Masalah dan Penyebabnya
Identifikasi masalah dilakukan dengan studi lapangan (*walk trough survey*), sedangkan identifikasi penyebabnya menggunakan *tool* diagram sebab akibat (*cause effect diagram*).
- Menentukan Tujuan dan Target
Identifikasi masalah dan penyebab timbulnya *waste*, selanjutnya dapat ditentukan tujuan dan target penelitian yang ingin dicapai yaitu meminimalisir *waste* dan meningkatkan produktivitas perusahaan dengan metode *green productivity*.
- Menyusun Alternatif Solusi
Pada tahap ini dikembangkan beberapa alternatif solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, tujuannya untuk mengoptimalkan penggunaan *input* (material, tenaga kerja, energi dan lain-lain). Pada tahap ini alternatif yang dibuat harus memiliki aspek ramah lingkungan, meminimalisir timbulnya *waste* selama produksi serta dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.
- Memilih Alternatif Solusi
Terdapat 3 hal yang menjadi dasar pertimbangan pemilihan alternatif solusi yaitu :
 - a. Analisis finansial dari tiap alternatif solusi yang telah dibuat dengan metode *Net Present Value*.
 - b. Estimasi kontribusi tiap alternatif terhadap tingkat produktivitas.
 - c. Estimasi kontribusi tiap alternatif terhadap tingkat EPI.
- Menyusun Rencana Implementasi
Setelah didapatkan alternatif solusi perbaikan yang memiliki kontribusi terbesar terhadap peningkatan produktivitas dan pengurangan *waste* selanjutnya dilakukan penyusunan rencana implementasi dari alternatif solusi yang terpilih. Pada tahap ini dilakukan perencanaan tindakan-tindakan yang akan dilakukan pihak pelaksana solusi yang terpilih serta sumber daya yang akan digunakan.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pada proses penyepuhan kerajinan perak. Penyepuhan perak menimbulkan banyak permasalahan lingkungan dikarenakan bahan untuk menyepuh adalah bahan-bahan kimia bersifat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Pada proses penyepuhan perak menghasilkan hasil sampingan berupa limbah buangan (*waste*) meliputi limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat berasal dari proses *polishing* dan endapan sisa penyepuhan. Obyek penelitian adalah limbah cair, karena limbah cair penyepuhan berupa air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses penyepuhan. Air limbah mengandung logam-logam terlarut, pelarut, dan senyawa berbahaya dan beracun. Limbah tersebut menyebabkan bau menyengat dan pencemaran pada air tanah sehingga dapat membahayakan bagi lingkungan. Berbagai jenis limbah yang dihasilkan pada proses penyepuhan seperti pada table 1.

Hasil pengukuran produktivitas pada home industry Slamet Mulyono Kotagede menunjukkan bahwa Tingkat produktivitas mengalami fluktuasi setiap tahunnya, hal ini terlihat seperti pada table 2 Dalam table 2 menunjukkan produktivitas mengalami fluktuasi, pada bulan Mei sampai Juli cenderung naik, produktivitas tertinggi pada bulan Juli sebesar 131,62% dikarenakan pada bulan-bulan tersebut musim liburan sehingga penjualan meningkat. Penurunan terjadi pada bulan-bulan berikutnya karena permintaan pasar menurun, produktivitas terendah sebesar 114,17% terjadi pada bulan Oktober. Terjadi peningkatan sedikit demi sedikit pada bulan November dan Desember bertepatan juga dengan musim liburan akhir tahun, kunjungan wisatawan domestik maupun manca negara meningkat dan mendorong tingkat penjualan kerajinan. Hal inilah yang dimanfaatkan oleh perusahaan untuk meningkatkan hasil output atau penjualannya. Jadi rata-rata produktivitas perusahaan selama tahun 2013 sebesar 121,21%.

Tabel .1 Limbah penyepuhan perak

Jenis Limbah	Bentuk Fisik	Sumber Limbah	Sifat Limbah	Dampak Limbah
Padat				
Sisa polishing	Padat (serbuk halus)	Proses polishing	Tidak berbahaya	Mengurangi nilai estetika
Endapan	Padat (pasta)	Endapan proses penyepuhan	Berbahaya	Menurunkan kualitas air tanah dan lingkungan
Cair				
Air limbah	Cair	Pencucian, pembersihan, pembilasan dan proses penyepuhan	Logam terlarut dan senyawa berbahaya dan beracun	Menurunkan kualitas air tanah dan lingkungan
Gas				
Emisi gas	Gas	Penguapan larutan, uap asam	Berbahaya	Berbahaya bagi kesehatan

Tabel 2. Produktivitas periode Januari-Desember 2013

Bulan	Total input (Rp) (1)	Total Output (Rp) (2)	Produktivitas (2/1)
Januari	36.380.000	42.680.000	117,32%
Februari	34.401.000	43.301.000	115,99%
Maret	24.817.000	28.817.000	116,12%
April	32.284.000	37.584.000	116,42%
Mei	35.134.000	41.234.000	117,36%
Juni	36.986.000	47.486.000	128,39%
Juli	38.900.000	51.200.000	131,62%
Agustus	40.635.000	50.535.000	124,36%
September	34.638.000	39.838.000	115,01%
Oktober	33.880.000	38.860.000	114,17%
November	31.866.000	38.066.000	119,45%
Desember	30.143.000	37.443.000	124,22%

Untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan meminimasi limbah cair yang ada proses penyepuhan. Untuk itu perlu dilakukan penentuan indeks *Environmental Performance Indicator* (EPI). Penentuan indeks EPI dengan melakukan pembobotan melalui penyebaran kuisisioner kepada sepuluh orang responden, kuisisioner dibagikan kepada responden yang memiliki kompetensi dalam bidang kimia lingkungan. Kuisisioner terdiri dari 2 jenis penilaian terhadap kesehatan manusia dan penilaian terhadap lingkungan, dimaksudkan mengetahui tingkat bahaya dari masing-masing variabel terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Variabel terdiri dari 4 zat kimia yaitu COD, BOD, Cu, dan pH. Skala penilaian adalah 1-5, semakin besar nilainya, maka semakin besar pula bahaya yang ditimbulkan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Dari hasil pembobotan tersebut digunakan untuk menentukan indeks EPI.

Indeks EPI diperoleh dengan mengalikan bobot yaitu penyimpangan standar baku mutu dengan hasil analisa. Hasil perhitungan pada tabel3 indeks EPI COD adalah -1052,39, hasil analisa COD melebihi baku mutu artinya pencemaran COD tinggi pada limbah yang dihasilkan. Untuk

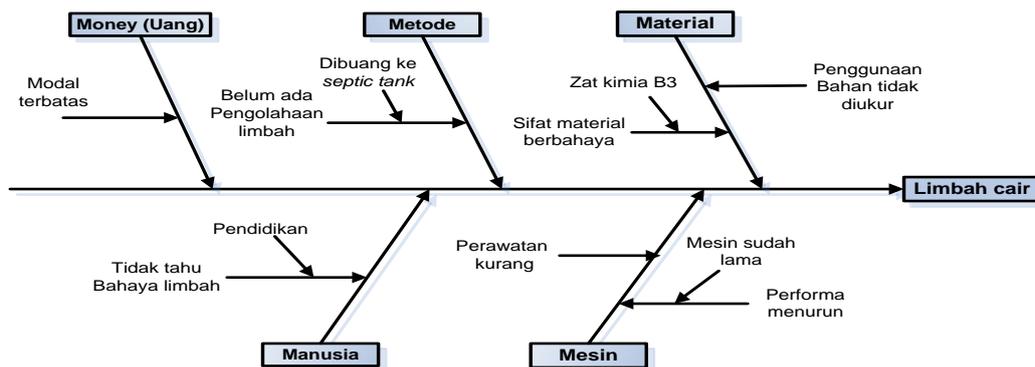
hasil analisa BOD, Cu dan pH berada di bawah baku mutu limbah sehingga nilai indeks EPI yang diperoleh positif, artinya kadar BOD, Cu dan pH tidak berpotensi mencemari lingkungan. Nilai total indeks EPI perusahaan bernilai -1034,33. Artinya kinerja lingkungan perusahaan masih di bawah standar mutu. Nilai EPI negatif berarti pencemaran lingkungan yang terjadi masih tinggi. Untuk itu perlu adanya identifikasi masalah tersebut.

Tabel 3. Hasil perhitungan indeks EPI

Variabel	Bobot (Wi)	Standar baku mutu limbah cair	Hasil analisa	Penyimpan gan (Pi)	Indeks EPI (Wi *Pi)
COD	17,75	125mg/L	7536,40 mg/L	-59,29	-1052,39
BOD	10,75	50 mg/L	< 0,86 mg/L	0,98	10,535
Cu	12,5	2 mg/L	0,9925 mg/L	0,50	6,25
pH	18,25	6,0 -9,0	7,00	0,07	1,2775
Total Indeks EPI					-1034,33

Identifikasi masalah dilakukan dengan analisa 5W+1H, untuk mengetahui permasalahan limbah yang paling dominan dari proses penyepuhan. Permasalahan yang terjadi diidentifikasi penyebabnya menggunakan *cause effect diagram*. Dari analisa 5W+1H diketahui limbah cair adalah faktor pencemaran yang paling dominan. Kemudian dibuat *cause effect diagram* (gambar 1) dapat dijelaskan faktor-faktor penyebab terjadinya limbah cair pada proses penyepuhan karena beberapa factor yaitu;

- **Material**
Material yang digunakan dalam proses penyepuhan belum terukur secara kuantitatif sehingga terjadi pemborosan, hal ini menjadi penyebab timbulnya *waste*. Air pembilasan diganti terus menerus setiap proses, menyebabkan volume limbah cair yang dihasilkan cukup banyak. Sifat bahan kimia untuk penyepuhan bahan berbahaya dan beracun (B3) apabila dibuang langsung ke lingkungan tanpa ada proses pengolahan terlebih dahulu dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia maupun hewan dan tumbuhan.
- **Metode**
pengolahan limbah belum ada sehingga menimbulkan pencemaran. Limbah cair yang dihasilkan dibuang langsung ke *septic tank*, padahal kandungan zat-zat kimia tidak dapat terurai dan akan meresap ke dalam air tanah, sehingga perlu dilakukan penanganan pada pengolahan limbah sebelum di buang. Dengan pengolahan limbah diharapkan dapat mereduksi kandungan zat kimia dan potensi pencemaran dapat diminimalisir.
- **Money (uang)**
Modal yang terbatas dan harga bahan baku yang terus naik membuat pengusaha belum berpikir pentingnya membuat instalasi pengolahan limbah.
- **Mesin**
Alat penyepuhan yang digunakan performanya menurun disebabkan karena mesin sudah lama, sehingga efisiensi proses kurang optimal. Elektroda pada alat penyepuhan tidak dapat bekerja secara optimal, sehingga larutan mengendap di dasar bak penyepuh dan konsentrasi larutan sisa penyepuhan masih tinggi. Alat tidak dapat bekerja secara optimal karena kurangnya perawatan dan alat jarang dibersihkan.
- **Manusia**
Pemilik usaha maupun karyawan belum mengetahui bahaya yang ditimbulkan dari limbah yang dihasilkan. Ketidaktahuan ini disebabkan dari faktor pendidikan, pekerja lulusan SMA/SMK yang tidak mempelajari bahaya limbah. Anggapan pemilik usaha bahwa pengolahan limbah membutuhkan biaya yang besar.



Gambar 1. cause effect diagram

Dari permasalahan yang timbul akibat volume limbah cair yang tinggi, maka disusun alternatif solusi yang dapat memperbaiki hal tersebut. Dua alternatif perbaikan yang telah disusun, akan dipilih satu alternatif solusi yang nantinya akan digunakan sebagai rencana implementasi.

1. Alternatif 1

Penggunaan kembali (*reuse*) cairan pembilas dengan sistem pembilasan lawan arah, dengan pembuatan bak pembilasan. Bak pembilasan dibuat 3 buah dengan ukuran yang sama yaitu 32dm x 19dm x 13dm (volume 80 liter). Bak pertama dipasang dekat bak plating untuk pembilasan pertama, Bak kedua dan bak ketiga digunakan untuk pembilasan dan pencucian akhir. Dari bak pertama akan diperoleh larutan yang semakin pekat sehingga dapat dipakai sebagai elektrolit tambahan pada bak plating, sedangkan larutan bak kedua dapat diisikan ke bak pertama begitu juga untuk bak ketiga konsentrasi larutan semakin encer diisikan ke bak kedua, penambahan air murni hanya dilakukan pada bak ke tiga. Dengan alternatif ini dapat dilakukan penghematan penggunaan air pembilas sebanyak 160 L/hari. Konsentrasi kandungan zat kimia juga berkurang seiring dengan penurunan jumlah limbah cair. Jumlah penurunan yaitu kadar COD sebesar 60% apabila menggunakan bak pembilasan lawan arah (Mahida, 1984).

2. Alternatif 2

Alternatif kedua yang diusulkan adalah Pengolahan limbah cair penyepuhan dengan teknik koagulasi (Widjajanti, Endang. dkk. 2011).. Dengan pembuatan bak pengendapan tawas, kemudian air limbah dialirkan ke bak plastik yang didalamnya disusun lapisan-lapisan zat yang dapat menjerab atau mengikat anion dan kation sehingga limbah hasil olahan bebas dari bahan kimia berbahaya. Air hasil pengolahan dapat dimanfaatkan kembali pada proses pembilasan. Jika alternatif ini diterapkan, air limbah yang dihasilkan dari proses koagulasi dapat digunakan untuk proses pembilasan. Limbah yang diolah sebanyak 185 L/hari, karena air limbah mengalami proses pengolahan akan mengalami pengurangan, diperkirakan jumlahnya menjadi 180L/hari. Sehingga pada proses pembilasan tidak perlu menggunakan air kran tetapi menggunakan air hasil proses koagulasi.

Pemilihan alternatif solusi pada penelitian ini berdasarkan beberapa hal yang menjadi bahan pertimbangan yaitu *Net Present Value*, indeks Produktivitas, Indeks EPI (dan pengurangan limbah sebagai rencana implementasi seperti pada table berikut ini :

Tabel 4. Pertimbangan dalam pemilihan alternatif

No	Pertimbangan	Alternatif 1	Alternatif 2
1	Analisis finansial berdasarkan NPV	Rp 52.403.988,80	Rp 53.789.550,72
2	Estimasi terhadap produktivitas	122,36 %	122,46 %
3	Peningkatan nilai EPI	642,07	759,57
4	Pengurangan jumlah limbah cair	49.920 L/tahun	56.160 L/tahun

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang telah dibahas di atas, maka alternatif 2 yaitu pengolahan limbah dengan teknik koagulasi yang dipilih. Pengolahan limbah dengan teknik koagulasi nilai keuntungan investasinya sebesar Rp 53.789.550,72 selama lima tahun dengan kontribusi alternatif terpilih terhadap peningkatan produktivitas maupun kinerja lingkungan. Hal ini menjadi bukti bahwa metode *green productivity* dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.

4.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa dapat disimpulkan :

1. Tingkat produktivitas perusahaan periode Januari-Desember 2013 fluktuatif antara 114,17% - 131,62%. Ini berarti kinerja perusahaan tidak stabil karena permintaan kerajinan perak bersifat musiman.
2. Besarnya indeks EPI adalah -1034,33 yang artinya tingkat kinerja lingkungan pada perusahaan kurang dan kandungan zat kimia dalam limbah melebihi standar baku mutu ini berarti pencemaran yang terjadi masih tinggi.
3. Hasil estimasi kontribusi peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan, menunjukkan bahwa solusi yang terpilih yaitu alternatif 2 memberikan peningkatan indeks produktivitas sebesar 1,25% dari kondisi awal dan peningkatan indeks EPI (kinerja lingkungan) meningkat sebesar 759,57 dan pengurangan jumlah limbah cair sebesar 56.160 L/tahun.
4. Rencana implementasi solusi perbaikan yang terpilih adalah pengolahan limbah dengan teknik koagulasi. Nilai keuntungan investasi dihitung menggunakan NPV diperoleh hasil sebesar Rp 53.789.550,72 selama lima tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- APO. 2011. *Achieving Higher Productivity Through Green Productivity*. Tokyo. Asian Productivity Organization.
- DeSimone, LD & Frank Popoff. 1997. *Eco-Efficiency : The Business Link to Sustainable Development*. Massacusetts. The MIT Press.
- Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air Dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Penerbit Rajawali. Jakarta.
- Singgih, M.L. & Ketut Ratna Dewi. 2007. ‘‘Evaluasi dan Perbaikan Kinerja Lingkungan dan Peningkatan Produktivitas Menggunakan Metode Green Productivity di Pabrik Gula’’. Proceeding Seminar Nasional, Pertemuan dan Presentasi Ilmiah II, Semarang , UNDIP. Semarang.
- Singgih, M.L. & Kistanthy, H. 2007. ‘‘ Evaluasi Penerapan Green Productivity pada Proses Frosting di Perusahaan Gelas Lampu’’. Proceeding International Conference on Green Technology & Engineering. Malahayati University. Bandar Lampung.
- Singgih, M.L & N. Afida. 2003. ‘‘Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction Dengan Pendekatan Green Productivity (Study Kasus PT. ABC)’’. Surabaya. Jurnal Purifikasi, Teknik Industri Institut Sepuluh November (ITS) vol.9, No. 2, P. 137-146.
- Sumanth, David J. 1985. ‘‘Productivity Engineering and Management’’. International Student McGraw-Hill Book Company. New York.
- Widjajanti, Endang. dkk. 2011. ‘‘Rancang Bangun Instalasi Pengolah Limbah Cair Industri Electroplating’’. FMIPA UNY. Yogyakarta.

Wulan, Fajar. 2011. "Penerapan *Green Productivity* sebagai Upaya untuk Peningkatan Produktivitas Perusahaan". Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.