

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDICATOR (EPI) PADA PRODUK SKM DENGAN METODE GREEN PRODUCTIVITY PADA PERUSAHAAN ROKOK ADI BUNGSU MALANG

ANALYSIS OF PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF SKM PRODUCTS BY USING GREEN PRODUCTIVITY METHOD IN PERUSAHAAN ROKOK ADI BUNGSU MALANG

Nachlia Nandha Indriati¹⁾, Arif Rahman²⁾, Ceria Farela Mada Tantrika³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : nandhaindriati23@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, ceria_fmt@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PR. Adi Bungsu merupakan salah satu unit usaha pengolahan tembakau dengan produk akhir berupa rokok. PR. Adi Bungsu merupakan salah satu unit usaha yang memiliki potensi pencemaran lingkungan terutama pada proses produksi rokok SKM. Dalam proses produksi rokok di PR. Adi Bungsu ditemukan bahwa terdapat massa yang hilang (mass loss). Selisih antara massa yang masuk dan massa yang keluar menjadi limbah. Selain itu, PR. Adi Bungsu juga menghasilkan air yang dibuang (water loss) dengan jumlah yang cukup banyak pada proses perendaman cengkeh. PR. Adi Bungsu ini sendiri belum memiliki perhatian yang serius terkait isu green. Penelitian ini difokuskan untuk mengurangi volume air yang dibuang, mengurangi produk gagal (reject), serta mengurangi polusi debu yang dihasilkan mesin pelintingan SKM. Dalam penelitian kali ini, metode yang digunakan adalah Green Productivity. Langkah awal yaitu menghitung tingkat produktivitas yang mengacu pada neraca massa dan menghitung indeks environmental performance indicator (EPI). Pada tahap planning dilakukan pemecahan masalah yang diawali dengan melakukan brainstorming. Pada tahap generation and evaluation of GP option, dimunculkan berbagai option yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dari beberapa option tersebut, option yang tidak cocok diterapkan di perusahaan dapat dieliminasi dengan sieve method. Kemudian dari option yang tersedia diprioritaskan sesuai dengan kepentingan berdasarkan kriteria tertentu dengan menggunakan weighted sum method. Solusi terbaik untuk permasalahan water loss adalah option 3, yaitu mengganti bak perendaman cengkeh dengan steam tube. Solusi terbaik untuk permasalahan mass loss adalah option 2, yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, serta menggunakan dust collector dengan penampungan tertutup.

Kata kunci : *Green Productivity (GP), Environmental Performance Indicator (EPI), Weighted Sum Method*

1. Pendahuluan

Meningkatnya permintaan masyarakat terhadap sejumlah produk mendorong tumbuhnya berbagai kegiatan industri yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya yaitu industri rokok. Perkembangan ini menuntut industri rokok untuk terus meningkatkan kinerjanya bahkan memenangkan kompetisi di antara berbagai industri lainnya. Yang dapat dilakukan oleh industri rokok ialah meningkatkan produktivitasnya. Produktivitas itu sendiri sering diartikan sebagai rasio antara luaran (*output*) dengan masukan (*input*) (Singgih, 2012). Nilai produktivitas dapat menunjukkan seberapa efektif suatu proses telah dilakukan dalam upaya meningkatkan output serta seberapa efisiennya input yang dapat dihemat. Di samping meningkatnya produksi,

industri rokok juga menghasilkan material yang dibuang dan memberikan berbagai dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya. Padahal proses produksi yang baik tidak hanya memperhatikan keamanan dan efek samping dari limbah sisa prosesnya, namun juga mereduksi limbah buangan yang dihasilkan dari proses produksinya tersebut. Hal ini juga seringkali diabaikan oleh pihak industri, padahal saat ini permasalahan lingkungan merupakan isu yang cukup hangat dibicarakan.

PR. Adi Bungsu merupakan salah satu unit usaha pengolahan tembakau dengan produk akhir berupa rokok. PR. Adi Bungsu memiliki potensi melakukan pencemaran lingkungan terutama pada proses produksi rokok SKM. Dalam proses produksi rokok di PR. Adi Bungsu ditemukan bahwa terdapat massa yang hilang. Adanya selisih antara massa yang

masuk dan massa yang keluar menjadi limbah. Sebagai contohnya, untuk setiap kali cengkeh datang diketahui massanya sebesar 2.443 kg. Kemudian setelah cengkeh kasar tersebut mengalami pre-proses untuk cengkeh seperti perendaman selama 2 hari, perajangan, dan pengeringan. Pada proses tersebut terjadi pengurangan massa mencapai 15-20% atau sebesar 343 kg. Adanya pengurangan massa seperti yang disebutkan membuat massa cengkeh yang siap untuk dicampurkan dengan tembakau ini hanya tersisa 2.182 kg. Pada proses perendaman cengkeh itu pun PR. Adi Bungsu menghasilkan limbah cair dengan volume $\pm 5.000 \text{ m}^3$ untuk setiap kali produksi. Hal yang sama terjadi pada pre-proses untuk tembakau, yaitu pada proses pencampuran. Pada proses tersebut, tembakau dicampurkan dengan saos rokok yang mengandung alkohol dan propilin. Tembakau yang dimasukkan dalam proses pencampuran sebesar 1.113 kg, kemudian setelah mengalami proses pencampuran massa tembakau berkurang menjadi 1.100 kg yang berarti terdapat pengurangan massa sebesar 13 kg. Selain itu, perusahaan juga mendapat keluhan dari masyarakat sekitar mengenai polusi yang ditimbulkannya. Oleh karenanya diperlukan suatu strategi minimalisasi limbah yang efektif sehingga akan meningkatkan efisiensi, kualitas produk dan hubungan yang baik dengan masyarakat serta perbaikan kualitas lingkungan.

Usaha yang dapat dilakukan terkait kurangnya perhatian perusahaan mengenai isu *green* tersebut yaitu mengurangi sejumlah limbah yang ditimbulkan perusahaan dengan konsep *waste reduction* (Minnesota Pollution Control Agency, 1993). Hal ini dapat dilakukan misalnya dengan efisiensi sumber daya yang digunakan dalam proses produksi. dengan efisiensi sumber daya ini maka limbah dari proses produksi dapat dikurangi sehingga perusahaan dapat meningkatkan produktivitasnya.

Green Productivity (GP) adalah suatu strategi untuk meningkatkan produktivitas bisnis dan kinerja lingkungan pada saat yang 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*, 2006). Konsep *Green Productivity* diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi

pembangunan, yaitu perbaikan produktivitas dan perlindungan lingkungan. Diharapkan dengan metode ini, peneliti dapat memberikan alternatif solusi perbaikan untuk peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan pada PR. Adi Bungsu Malang.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif yaitu penelitian yang menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis berdasarkan penjelasan objektif, kenyataan yang ada, komparasi dan evaluasi sebagai bahan pengambilan keputusan bagi yang berwenang.

2.1 Langkah – langkah Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Lapangan (*Field Research*)
Metode ini digunakan dalam pengumpulan data yang dilakukan secara langsung, dimana peneliti terjun ke lapangan tempat penelitian, yakni PR. Adi Bungsu. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi *real* perusahaan dan memperoleh data yang sebenarnya dari perusahaan mengenai proses produksi dan penanganan limbahnya.
2. Studi Literatur (*Library Research*)
Studi literatur merupakan suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mempelajari literatur serta membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan. Dengan studi literatur ini diperoleh secara teori mengenai permasalahan utama dalam penelitian, yaitu produktivitas, *green productivity* (GP) dan kinerja lingkungan.
3. Identifikasi Masalah
Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami suatu persoalan agar dapat diberikan solusi pada permasalahan tersebut.
4. Perumusan Masalah
Setelah mengidentifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan, yaitu mengetahui berapa tingkat produktivitas dan kinerja lingkungan serta bagaimana merencanakan alternatif perbaikan yang tepat.

5. Penentuan Tujuan Penelitian
Tujuan penelitian perlu ditetapkan agar penulisan skripsi dapat dilakukan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang dibahas. Selain itu, tujuan penelitian diperlukan untuk mengukur keberhasilan suatu penelitian. Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.
6. Pengumpulan Data
Pengumpulan data adalah pencatatan hal/informasi sebagian atau seluruh elemen yang menunjang dan mendukung penelitian. Data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:
 - a. Profil perusahaan PR. Adi Bungsu
 - b. Struktur Organisasi PR. Adi Bungsu
 - c. Alur proses produksi
 - d. Limbah yang dihasilkan
 - e. Data input – output produksi untuk menghitung produktivitas
 - f. Hasil uji limbah
7. Pengolahan Data
Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dan dianalisis, adapun langkah pengolahan data sebagai berikut :
 - a. Perhitungan neraca massa
Neraca massa sangat diperlukan untuk mengetahui kesetimbangan massa yang dimasukkan ke dalam proses dengan massa yang dikeluarkan pada setiap prosesnya. Kemudian dari neraca massa ini diketahui selisih massa yang disebut limbah.
 - b. Perhitungan produktivitas
Tujuan pada tahap ini yaitu untuk mengetahui tingkat produktivitas yang telah dicapai perusahaan berdasarkan data input-output yang mengacu pada neraca massa.
 - c. Perhitungan kinerja lingkungan
Perhitungan kinerja lingkungan dilakukan dengan mengalikan level bahaya masing-masing zat kimia yang terkandung dalam limbah dengan bobot masing-masing zat tersebut. Pembobotan dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada pihak pabrik.
 - d. Penentuan tujuan perusahaan terkait GP
Setelah mengetahui permasalahannya, selanjutnya menentukan tujuan yang ingin dicapai perusahaan berkaitan dengan tujuan GP yaitu meningkatkan

produktivitas dengan mereduksi limbah dan memperhatikan dampak terhadap lingkungan.

- e. Penyusunan alternatif solusi (GP *Option*)
Penyusunan beberapa alternatif solusi ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Pada tahapan ini dilakukan *brainstorming* dan konsultasi untuk mengembangkan ide-ide perbaikan dengan konsep *waste reduction*.
 - f. Pemilihan alternatif perbaikan
Setelah beberapa pilihan (alternatif) tersusun, selanjutnya pilihan-pilihan tersebut disaring dengan menggunakan *Sieve Method* dan dilakukan pemilihan dengan menggunakan *Weighted Sum Method*.
8. Analisa dan Kesimpulan
Analisis dan kesimpulan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:
 - a. Analisa dan pembahasan, pada tahap ini dari hasil pengolahan data produktivitas dan indeks EPI kemudian dimunculkan GP *option* dan menganalisa *option* terpilih.
 - b. Menarik kesimpulan dari hasil pembahasan serta memberikan saran untuk perusahaan dan kegiatan penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini menguraikan data-data yang dikumpulkan dan langkah-langkah pengolahan data yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan penyelesaian masalah yang terjadi di PR. Adi Bungsu.

3.1 Perhitungan Tingkat Produktivitas

Perhitungan untuk tingkat produktivitas dapat dilakukan dengan output dibagi dengan input (Gaspersz, 2000), dimana input dan output yang digunakan dalam perhitungan ini didapatkan dari neraca massa. Neraca massa merupakan suatu *tool* yang dapat menunjukkan keseimbangan antara material yang masuk (input) dengan output yang dihasilkan (Himmelblau, 1999). Rekap perhitungan neraca massa dapat dilihat pada Tabel 1.

Setelah mengetahui jumlah input dan output untuk masing-masing proses, maka tingkat produktivitas dapat dicari dengan membagi output dengan input yang dikeluarkan. Berikut contoh perhitungannya:

Sistem Steril Conditioning

$$\text{Total Productivity} = \frac{43 \text{ kg}}{43,48 \text{ kg}} = 0,98896 \quad (\text{pers. 1})$$

$$\approx 0,99 \text{ atau } 99 \%$$

Tabel 1. Neraca Massa

Sistem	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	Limbah (kg/jam)
Penimbangan	Tembakau krosok	42,79	42,79	-
Steril Conditioning	Tembakau krosok	42,79	-	-
	Tembakau basah	-	43	0,21
	Uap air	0,69	-	0,27
Pemberian Saus Casing	Tembakau basah	43	-	-
	Tembakau covered	-	44,19	2,1
	Saus Casing	1,75	-	-
	Air	1,71	-	-
Pemberian Saus Ramuan	Campuran Air dan Saus	-	-	0,17
	Tembakau covered	44,19	-	-
	Saus Ramuan	1,46	-	-
	Tembakau jadi	-	42,31	2,05
Perendaman	Campuran Air dan Saus	-	-	1,28
	Cengkeh kering	83,76	-	-
	Cengkeh basah	-	100,52	-
Perajangan	Air	286,88	-	270,12
	Cengkeh basah	100,52	-	-
	Cengkeh halus	-	95,49	-
Pengeringan	Debu	-	-	5,03
	Cengkeh halus	95,49	-	-
	Uap air	0,69	-	0,17
	Cengkeh jadi	-	79,67	-
Pencampuran	Air	-	-	16,34
	Tembakau	41,67	-	-
	Cengkeh	4,17	-	-
Pelinting (SKM)	Campuran Bahan Jadi	-	41,25	4,58
	Campuran Bahan Jadi	15,625	-	2.023,96
	Rokok Linting	-	13,600	-
	Debu	-	-	1,04

Tabel 2. Tingkat Produktivitas

No	Sistem	Tingkat Produktivitas (%)	Urutan
1	Penimbangan Tembakau	100%	1
2	Steril Conditioning Tembakau	99%	2
3	Pemberian Casing	95%	3
4	Pemberian Saus Ramuan Aroma	93%	5
5	Perendaman Cengkeh	27%	9
6	Perajangan Cengkeh	95%	4
7	Pengeringan Cengkeh	83%	8
8	Pencampuran	90%	6
9	Pelinting (SKM)	87%	7

Rekap untuk perhitungan tingkat produktivitas masing-masing sistem dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil perhitungan mengenai tingkat produktivitas menunjukkan bahwa tingkat produktivitas PR. Adi Bungsu bersifat fluktuatif berdasarkan sistem. Tingkat produktivitas terendah berada pada sistem perendaman cengkeh 27%, pengeringan cengkeh 83%, dan pelinting (SKM) 87%. Hal ini dapat dikarenakan adanya *mass loss*, *water loss*, ataupun *loss* karena efisiensi alat tidak 100%, serta dihasilkannya produk gagal (*reject*) sehingga mengakibatkan tingkat

produktivitas menurun. Angka ini menunjukkan bahwa pada ketiga sistem ini harus dilakukan perbaikan agar mencapai produktivitas lebih baik.

3.2 Environmental Performance Indicator (EPI)

Environmental performance adalah kinerja perusahaan dalam menciptakan lingkungan yang baik atau dengan kata lain *green* (Suratno dkk., 2006). Sebuah indikator lingkungan merupakan salah satu hal yang diperkirakan dapat merefleksikan berbagai dampak dari suatu aktivitas pada lingkungan serta usaha untuk mereduksinya (Tyteca, 1996). EPI merupakan tolok ukur kinerja/performance lingkungan suatu perusahaan. Sesuai dengan neraca massa, sistem perendaman cengkeh menghasilkan limbah cair dengan jumlah banyak. Maka dari itu, perlu dilakukan penentuan level bahaya limbah cair tersebut. Kemudian dilakukan *pairwise comparison* untuk membandingkan tingkat bahaya antara zat-zat kimia (parameter) yang terkandung dalam limbah cair tersebut hingga mendapatkan bobot masing-masing parameter yang dilakukan oleh pihak perusahaan, yaitu Manajer Produksi. Setelah mendapatkan level bahaya dan bobot masing-masing parameter, dapat dilakukan perhitungan indeks *Environmental Performance Indicator* (EPI). Kandungan zat kimia dalam limbah cair PR. Adi Bungsu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Air Limbah

No	Parameter	Hasil Analisa	Metode Analisis
1	BOD	673,45 mg/L ± 2,79	Titrisasi Redoks
2	COD	757,20 mg/L ± 0,00	Titrisasi Redoks
3	N-NH ₃ (Amonia)	11,79 mg/L ± 0,00	Spektrofotometri
4	pH	6,85 mg/L ± 0,00	pHmetri
5	Fenol	8,67 mg/L ± 0,00	Spektrofotometri

3.2.1 Penentuan Level Bahaya Kandungan Zat Kimia dalam Limbah Cair

Dalam menentukan level bahaya kandungan zat kimia dalam limbah cair tersebut dengan menggunakan *traffic light system*. Skala penentuan tingkat bahaya ini berkisar antara 1 sampai 10. Angka yang diletakkan pada Level 0 yaitu kondisi terburuk zat kimia tersebut, angka yang diletakkan pada level 3 yaitu kadar maksimal zat kimia tersebut terkandung dalam air limbah menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2010. Sehingga apabila level menunjukkan diatas

level 3 yang merupakan kadar maksimal air limbah, berarti dikatakan sangat berbahaya. Kemudian angka yang diletakkan pada level 8 adalah kadar maksimal zat kimia tersebut terkandung dalam air minum menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Sedangkan angka yang diletakkan pada level 10 yaitu target yang ingin dicapai perusahaan maupun kondisi terbaik zat kimia tersebut terkandung. Angka yang berkisar antara level 8 hingga level 10 dikatakan aman. Hasil rekap level bahaya kandungan zat kimia dalam limbah cair PR. Adi Bungsu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rekap Level Bahaya Kandungan Zat Kimia dalam Limbah Cair

No	Parameter	Level
1	BOD	1,76
2	COD	1,75
3	N-NH3 (Amoniak)	0,56
4	pH	9,64
5	Fenol	0,52

Hasil penentuan level bahaya zat kimia (parameter) dalam limbah cair menunjukkan bahwa parameter BOD, COD, Amoniak, dan Fenol berada pada indikator warna merah dalam *traffic light system*. Hal ini berarti bahwa limbah cair yang dihasilkan PR. Adi Bungsu dikategorikan tidak aman dan harus segera dilakukan perbaikan.

Setelah dilakukan penentuan tingkat bahaya zat kimia yang terkandung dalam limbah cair PR. Adi Bungsu, dilakukan pembobotan pada masing-masing kandungan zat kimia (parameter) tersebut. Untuk proses pembobotan ini, sebelumnya data hasil *brainstorming* dengan pihak dari PR. Adi Bungsu yaitu bagian produksi terutama manajer produksi dikumpulkan dalam bentuk kuesioner perbandingan. Skor penilaian berkisar antara 1 sampai 9, semakin besar angkanya berarti menunjukkan tingkat bahaya yang semakin tinggi (Saaty, 1993). Hasil pembobotan masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pembobotan

No	Parameter	Bobot
1	BOD	0,421
2	COD	0,302
3	N-NH3 (Amonia)	0,088
4	pH	0,137
5	Fenol	0,052
Jumlah		1
Inconsistency Ratio		0,05
Keterangan		Konsisten

3.2.2 Perhitungan Indeks EPI

Indeks EPI didapatkan dengan mengalikan bobot dari masing-masing parameter dengan level dimana parameter teruji tersebut berada. Hasil perhitungan indeks EPI ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Indeks EPI

No	Parameter	Level	Bobot	Indeks EPI
1	BOD	1,76	0,421	0,74
2	COD	1,75	0,302	0,53
3	N-NH3 (Amoniak)	0,56	0,088	0,05
4	pH	9,64	0,137	1,32
5	Fenol	0,52	0,052	0,03
Total Indeks EPI				2,67

Indeks EPI PR. Adi Bungsu adalah bernilai 2,67. Dalam *traffic light system*, angka ini berada dalam indikator warna merah. Indikator warna merah menandakan bahwa masih terdapat banyak kandungan zat kimia dalam limbahnya yang melebihi batas maksimum standar dari Menteri Negara Lingkungan Hidup. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja lingkungan PR. Adi Bungsu masih di bawah standar. Angka ini berarti bahwa kandungan zat-zat kimia dalam limbah cair tidak memenuhi baku mutu limbah maupun baku mutu air minum yang telah ditetapkan dan dinyatakan tidak aman bagi lingkungan sehingga harus dilakukan perbaikan segera terhadap kinerja lingkungan.

3.3 Penentuan Tujuan Perusahaan terkait GP

Berkaitan dengan permasalahan produktivitas dan kinerja lingkungan yang dimiliki perusahaan, maka selanjutnya disusun tujuan yang ingin dicapai oleh perusahaan sehubungan dengan implementasi GP. Dari perhitungan produktivitas didapatkan tiga sistem dengan tingkat produktivitas terendah, yaitu sistem perendaman cengkeh, sistem pengeringan cengkeh, serta sistem pelintangan (SKM). Cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi bahkan mengantisipasi *water loss* dan *mass loss* yang dapat membuat tingkat produktivitas dan kinerja lingkungan rendah adalah meminimasi jumlah air yang keluar dengan memperhatikan standar baku mutu air limbah tersebut, meningkatkan output pelintangan SKM dengan mengurangi produk gagal karena efisiensi alat yang tidak sempurna, serta dapat mengurangi polusi yang disebabkan mesin pelintangan SKM dengan mengumpulkan debu dalam penampungan tertutup.

3.4 Penyusunan Alternatif Solusi (GP Option)

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka langkah selanjutnya yaitu menyusun alternatif-alternatif solusi yang dapat memecahkan permasalahan mengenai produktivitas dan kinerja lingkungan pada PR. Adi Bungsu sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Sehubungan dengan penerapan *Green Productivity*, berikut merupakan beberapa alternatif solusi (*GP option*) yang dapat dipertimbangkan:

1. *Water loss*

Tujuan yang ingin dicapai untuk mengurangi *water loss* yang terjadi yaitu meminimalisir volume air yang terbuang. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi bahkan mencegah terjadinya banyaknya *water loss* dan meningkatkan output adalah sebagai berikut:

- a. Memasang alat filtrasi untuk menetralkan air rendaman cengkeh sehingga air dapat digunakan kembali untuk proses perendaman cengkeh selanjutnya.
- b. Menggunakan air limbah dari proses pengeringan cengkeh untuk digunakan kedalam *boiler* yang akan mengaliri uap untuk proses melembabkan cengkeh dengan *steam tube*.
- c. Mengganti bak perendaman cengkeh dengan *steam tube* yang berkapasitas hampir sama dengan bak perendaman cengkeh. *Steam tube* menggunakan uap yang dialiri *boiler* untuk melembabkan cengkeh. Dengan menggunakan *steam tube* dapat mengurangi volume air yang dibuang.
- d. Menggunakan *sprayer* untuk menyemprotkan air kepada cengkeh agar cengkeh tersebut melunak sebagai pengganti dari proses perendaman cengkeh.

2. *Mass loss*

Tujuan yang ingin dicapai perusahaan berkaitan dengan *mass loss* yang terjadi pada proses produksi yaitu mengurangi produk gagal dan mengurangi polusi debu. Yang dimaksud *mass loss* dalam hal ini, yaitu banyaknya produk *reject*, campuran bahan jadi yang terbuang dan debu yang dihasilkan disebabkan oleh mesin yang tidak berfungsi secara efisien. Contohnya, ketika campuran bahan jadi dimasukkan ke dalam mesin, terdapat campuran bahan jadi yang tidak mengalami proses pengangkatan dan dihisap oleh pipa penghisap untuk dibawa ke proses selanjutnya. Hal ini bisa disebabkan karena

mesin sudah lama digunakan sehingga terjadi aus dan *blank miss*.

Sedangkan produk dikatakan gagal apabila tidak memenuhi standar berat dan ukuran yang telah ditentukan dan diatur, hal ini juga dapat mengurangi produktivitas suatu proses produksi. Penyebab dari produk gagal yang dihasilkan ini seperti pisau pemotong kotor yang menyebabkan pemotongan tidak rata. Selain itu, hal utama yang dapat membuat produk tersebut gagal yaitu karena kerusakan bahan bakunya. Kerusakan bahan baku ini bisa disebabkan karena *supplier* yang berbeda-beda. Beberapa perbaikan untuk meningkatkan produktivitas serta kinerja lingkungan sebagai berikut :

- a. Menambah mesin penghisap mampu agar melakukan operasi penghisapan campuran bahan jadi secara optimal, mengganti pisau pemotong, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup.
- b. Membersihkan pisau pemotong dibersihkan secara rutin dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup.
- c. Membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup, menggunakan *supplier* bahan baku yang sama.
- d. Mengganti pisau pemotong, menggunakan *supplier* bahan baku yang sama, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup.

3.5 Pemilihan Alternatif Solusi (GP Option)

Langkah awal dalam memilih *GP option* yang sesuai untuk diterapkan, yaitu dengan *Sieve Method*. Metode ini melibatkan pengaturan nilai *cutoff* untuk parameter kritis tertentu seperti biaya, waktu, dan sumber daya manusia. Semua pilihan GP yang melebihi nilai *cutoff* ini langsung tereliminasi (APO, 2001). Pemilihan dengan *sieve method* ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 7 ditunjukkan bahwa *GP option* yang tidak sesuai untuk diterapkan terkait permasalahan *water loss* pada PR. Adi Bungsu yaitu *option 2* sehingga harus dieliminasi. *Option 2* yaitu menggunakan kembali air limbah proses pengeringan. *Option* ini bisa diterapkan namun pelaksanaannya secara bertahap karena pelaksanaan *option 2* dianggap rumit, informasi yang ada tidak cukup untuk menerapkan *option* ini serta terlebih

dahulu sebaiknya melakukan percobaan skala laboratorium. Karena option ini merupakan program *reuse*, dimana air yang akan digunakan kembali merupakan air limbah, maka dibutuhkan *person power*, peralatan serta informasi yang cukup untuk melakukan pengolahan air limbah pengeringan cengkeh sehingga dapat digunakan kembali pada proses lainnya.

Tabel 7. Sieve Method untuk Water Loss

No	GP Option	Biaya (cutoff : > 50 juta)	Waktu (cutoff : > 6 bulan)	Sumber Daya Manusia	Ket.
1	Memasang alat filtrasi untuk menetralsir air rendaman cengkeh	Moderate 30.000.000	Moderate (5 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi
2	Menggunakan kembali air limbah proses pengeringan	Moderate 25.000.000	High ; phased 6 bulan – 1 tahun	×	Tereeliminasi
3	Mengganti bak perendaman dengan <i>steam tube</i>	Moderate 30.000.000	Low (2 – 3 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi
4	Menggunakan <i>sprayer</i>	Low 10.000.000	Low (1 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi

Tabel 8. Sieve Method untuk Mass Loss

No	GP Option	Biaya (cut off : > 250 juta)	Waktu (cut off : > 12 bulan)	Sumber Daya Manusia	Ket.
1	Menambah mesin penghisap (<i>vacum</i>), mengganti pisau pemotong, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup.	High 300.000.000	High (12 bulan)	√	Tereeliminasi
2	Membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup.	Low 75.000.000	Low (1-2 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi
3	Membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup, menggunakan <i>supplier</i> yang sama.	Moderate 155.000.000	Moderate ; phased (6 – 8 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi
4	Mengganti pisau pemotong, menggunakan <i>supplier</i> yang sama, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup.	Moderate 200.000.000	Moderate (7 bulan)	√	Tidak Tereeliminasi

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa option yang tereliminasi terkait dengan permasalahan *mass loss*, yaitu option 1. Option 1 adalah menambah mesin penghisap (*vacum*), mengganti pisau pemotong, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup. Tujuan dari option 1 ini adalah agar campuran bahan jadi yang masuk ke dalam sistem pelintangan dapat dihisap secara maksimal dan dilakukan pengolahan sehingga tidak ada campuran bahan jadi yang terjatuh dan menumpuk, serta dapat mengurangi produk gagal dengan mengganti pisau pemotong, juga mengurangi polusi debu yang dihasilkan mesin. Namun hal ini belum dapat diterapkan karena option 1 membutuhkan biaya yang sangat tinggi dalam penerapannya.

Langkah selanjutnya yaitu dengan memberikan peringkat kepada *GP option* yang tidak tereliminasi untuk memilih option yang paling sesuai diterapkan terkait permasalahannya berdasarkan kepentingan terhadap kriteria tertentu dengan menggunakan *Weighted Sum Method*. *Weighted Sum Method* adalah cara yang efektif untuk menentukan peringkat beberapa pilihan yang tersedia sesuai dengan kepentingan mereka berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria-kriteria tersebut antara lain *cost in action*, *cost of inaction*, *time required*, *risk*, *benefits*, and *technical feasibility / complexity*. Dalam metode ini, peringkat kriteria diurutkan berdasarkan pentingnya dengan memberikan bobot. Pilihan-pilihan tersebut kemudian diurutkan dengan pemberian bobot untuk masing-masing kriteria. Skala untuk pembobotan yaitu 1-10, dimana 1 menunjukkan performansi terburuk sedangkan 10 untuk menunjukkan performansi paling baik. Hasil dari bobot kriteria dan bobot individu pilihan untuk tiap kriteria akan membentuk skor untuk pilihan itu. Nilai dari pilihan untuk masing-masing kriteria tersebut kemudian ditambahkan untuk mendapatkan skor total. Total skor dari semua pilihan kemudian dibandingkan dan pilihan dengan total skor tertinggi dipilih sebagai pilihan yang paling cocok untuk kriteria yang diberikan. (APO, 2001).

Kriteria *cost* yaitu meliputi biaya pelaksanaan dan pemeliharaan opsi dan biaya tidak bertindak. Kriteria *time required* adalah waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan dan kerja yang diperkirakan dari opsi tersebut. Kriteria *risk* mengacu pada risiko kegagalan dibandingkan dengan investasi, manfaat yang diharapkan atau bahaya fisik akibat implementasi. Kriteria *benefits*, menilai potensi opsi tersebut dalam menyelesaikan masalah. *Benefits* secara luas dapat dibagi menjadi ekonomi, lingkungan dan sosial. Kriteria *technical feasibility/complexity* berhubungan dengan keahlian teknis yang diperlukan dalam industri untuk menerapkan opsi ini. Yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah memberi peringkat untuk masing-masing kriteria tersedia. Kemudian untuk tingkat kepentingan tiap option untuk masing-masing kriteria ditetapkan oleh pihak dari perusahaan, dalam hal ini Manajer Produksi yang telah dikumpulkan dalam bentuk kuesioner. Pemilihan option dengan *weighted sum method* ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Weighted Sum Method untuk Water Loss

Criteria	Criteria Weight	Option 1	Option 3	Option 4
		Memasang alat filtrasi untuk menetralkan air rendaman cengkeh	Mengganti bak perendaman dengan <i>steam tube</i>	Menggunakan <i>sprayer</i> sebagai pengganti bak perendaman
Cost of Action	10	6 (60)	6 (60)	9 (90)
Cost of Inaction	8	4 (32)	5 (40)	6 (48)
Time Required	6	4 (24)	8 (48)	10 (60)
Risk	6	4 (24)	7 (42)	6 (36)
Benefits	9	8 (72)	9 (81)	4 (36)
Technology or Complexity	4	3 (12)	5 (20)	5 (20)
Total		224	291	290

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa total nilai tertinggi yaitu pada option 3 sebesar 291. Hal ini berarti bahwa *option 3*, yaitu mengganti bak perendaman dengan *steam tube* merupakan *option* yang terbaik untuk memecahkan permasalahan *water loss* pada PR. Adi Bungsu berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Tabel 10. Weighted Sum Method untuk Mass Loss

Criteria	Criteria Weight	Option 2	Option 3	Option 4
		Membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup.	Membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup, menggunakan <i>supplier</i> yang sama.	Mengganti pisau pemotong, menggunakan <i>supplier</i> yang sama, menggunakan <i>dust collector</i> dengan penampungan tertutup.
Cost of Action	10	9 (90)	6 (60)	5 (50)
Cost of Inaction	8	2 (16)	4 (36)	5 (40)
Time Required	6	9 (54)	5 (30)	6 (36)
Risk	6	7 (42)	4 (24)	4 (24)
Benefits	9	6 (54)	7 (63)	8 (72)
Technology or Complexity	4	9 (36)	5 (20)	4 (16)
Total		292	233	238

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat bahwa total nilai tertinggi yaitu pada option 2 sebesar 292. Hal ini berarti bahwa *option 2*, yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup merupakan *option* yang terbaik untuk memecahkan permasalahan *mass loss* pada PR. Adi Bungsu berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

3.6 Analisa dan Pembahasan

3.6.1 Analisa Produktivitas dan EPI

Dari perhitungan produktivitas didapatkan tingkat produktivitas PR. Adi Bungsu dengan memproduksi rokok SKM. Nilai produktivitas ditinjau dari masing-masing sistem. Perhitungan tingkat produktivitas ini mengacu pada neraca massa yang telah dibuat

sebelumnya. Produktivitas total produk SKM di PR. Adi Bungsu yaitu 81%. Pada sistem penimbangan memiliki produktivitas 100%. Hal ini dapat terjadi karena pada penimbangan tidak terdapat perbedaan massa yang masuk dan massa yang keluar. Maka dari itu, sistem penimbangan tembakau merupakan sistem dengan tingkat produktivitas paling tinggi. Sedangkan sistem dengan tingkat produktivitas paling rendah yaitu dengan tingkat produktivitas 27% yang berada pada sistem perendaman cengkeh. Hal ini dikarenakan pada sistem perendaman cengkeh terjadi *water loss* yang cukup tinggi. Jumlah air yang digunakan pada sistem perendaman cengkeh sebanding dengan jumlah air yang dibuang sehingga mengakibatkan tingkat produktivitas rendah pada sistem perendaman cengkeh.

Tingkat produktivitas terendah kedua yaitu pada sistem pengeringan cengkeh dengan tingkat produktivitas 83%. Hal yang mempengaruhi tingkat produktivitas pada sistem pengeringan cengkeh adalah adanya *water loss* serta *mass loss* dari cengkeh itu sendiri. *Water loss* disebabkan karena berkurangnya kadar air cengkeh yang diinginkan perusahaan. Kemudian tingkat produktivitas terendah pada urutan ketiga yaitu pada sistem pelintangan (SKM). Tingkat produktivitas pada sistem pelintangan (SKM) mencapai 87%. Hal yang membuat sistem ini belum cukup produktif adalah karena banyaknya *mass loss* akibat dari efisiensi alat yang tidak 100% juga karena adanya debu yang dihasilkan.

Environmental Performance Indicator (EPI) dapat dijadikan suatu ukuran dari kinerja lingkungan yang telah dicapai perusahaan. Indikator yang digunakan untuk menggambarkan indeks EPI ini digunakan *traffic light system* yang memiliki skala antara 1 sampai 10. Sebelumnya dilakukan penentuan level bahaya dan bobot untuk masing-masing parameternya. Bobot tertinggi untuk parameter dalam limbah cair PR. Adi Bungsu adalah BOD dengan bobot sebesar 0,421 dan COD dengan bobot sebesar 0,302. Kedua parameter ini berada dalam indikator warna merah dalam *traffic light system*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua parameter ini memiliki tingkat bahaya yang tinggi bagi manusia maupun lingkungan.

Dari hasil perhitungan, indeks EPI yang dimiliki perusahaan saat ini yaitu sebesar 2,67. Angka ini berada pada indikator warna merah. Hal ini berarti kinerja lingkungan PR. Adi

Bungsu masih benar-benar dibawah target yang telah ditetapkan dan perlu dilakukan perbaikan segera.

Permasalahan yang terjadi di PR. Adi Bungsu adalah *water loss* yang cukup tinggi pada sistem perendaman cengkeh dan sistem pengeringan cengkeh. Pada sistem perendaman cengkeh, air yang masuk sebanding dengan air yang keluar. Jumlah air yang digunakan (input) pada sistem perendaman cengkeh yaitu sebesar 286,88 kg/jam, sedangkan jumlah air yang dikeluarkan (output) sebesar 270,12 kg/jam. Hal ini sangat berpengaruh pada produktivitas juga kinerja lingkungan. Air yang keluar setelah proses perendaman cengkeh merupakan air limbah dengan jumlah yang banyak, dimana air limbah ini tidak memenuhi standar baku mutu air limbah yang telah ditetapkan sehingga dapat mencemari air untuk kehidupan. Sedangkan *water loss* yang terjadi pada sistem pengeringan cengkeh karena cengkeh mendapatkan perlakuan panas, kandungan minyak yang terdapat dalam cengkeh akan keluar, sehingga mengakibatkan *mass loss* serta kandungan air yang terdapat dalam cengkeh akan berkurang yang mengakibatkan *water loss*.

Permasalahan berikutnya yaitu *mass loss* yang terjadi pada sistem pelintingan (SKM). Salah satu penyebab banyaknya *mass loss* adalah proses produksi terkadang gagal maupun dari segi ukuran, bentuk, berat dan hasil produk yang gagal tersebut langsung dibuang dalam bentuk lintingan, padahal terkadang tembakau dalam lintingan tersebut masih bisa digunakan dan di proses ulang. Selain itu, *mass loss* juga disebabkan adanya debu yang dihasilkan dari proses produksi yang berlangsung. Debu yang dihasilkan bisa mencapai 25 kg per hari untuk setiap mesinnya. Fungsi dari pipa penghisap (*vacuum*) yang terdapat pada mesin SKM juga belum maksimal. Terbukti dengan masih ada campuran bahan jadi yang tidak terhisap sehingga tidak di proses dan menjadi tumpukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan untuk mengurangi jumlah air yang keluar dari sistem dan untuk mengurangi produk gagal serta mengumpulkan debu yang dihasilkan sehingga tidak menjadi polusi agar dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan perusahaan.

3.6.2 Analisa Penyusunan dan Pemilihan Alternatif

Setelah mendapatkan permasalahan yang terjadi, maka disusun beberapa alternatif solusi

yang dapat memperbaiki permasalahan terkait *water loss* dan *mass loss*. Dalam hal pemilihan alternatif ini melibatkan pihak perusahaan yang memahami tentang proses produksi rokok SKM di PR. Adi Bungsu. Terdapat masing-masing 4 option untuk permasalahan *water loss* dan *mass loss*.

1. Water Loss

- a. *Option 1* untuk *water loss* menggunakan program *reuse / recycle*, yaitu dengan memasang alat filtrasi untuk menetralkan air rendaman cengkeh. Sebelumnya di PR. Adi Bungsu pernah menerapkan alternatif semacam ini, yaitu menggunakan IPAL namun belum terlaksana dengan baik. Dengan memasang alat filtrasi ini, perusahaan dapat menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung dalam limbah sehingga air rendaman cengkeh tersebut dapat digunakan untuk merendam cengkeh lainnya. Biaya yang dibutuhkan Rp30.000.000 dan dibutuhkan waktu 5 bulan. Dengan menerapkan *option 1* ini, air dapat digunakan untuk 2 kali perendaman.
- b. Program *reuse / recycle* juga diterapkan untuk *option 2*, yaitu menggunakan air limbah dari proses pengeringan cengkeh. *Option 2* melakukan penghematan penggunaan air. Namun air yang akan digunakan tersebut harus melalui uji laboratorium terlebih dahulu. Biaya yang dikeluarkan untuk menerapkan *option 2* yaitu Rp25.000.000 dengan jangka waktu 6 bulan hingga 1 tahun. Sedangkan perbaikan di PR. Adi Bungsu harus segera dilakukan.
- c. *Option* selanjutnya adalah menerapkan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah air yang dibuang pada sistem program *new equipment*, yaitu mengganti bak perendaman cengkeh dengan *steam tube*. *Steam tube* akan dialiri uap yang berfungsi untuk melembabkan cengkeh sehingga tidak akan banyak air yang dibuang. Untuk menerapkan *option 3* ini dibutuhkan biaya sekitar Rp30.000.000 dengan dibutuhkan waktu 2 hingga 3 bulan.
- d. *Option 4* merupakan option yang paling ekonomis dan mudah untuk diterapkan. Dengan penggunaan *sprayer* untuk menyemprotkan air kepada cengkeh untuk melunakkan cengkeh sebagai ganti dari sistem perendaman cengkeh. Biaya yang dibutuhkan untuk menerapkannya yaitu Rp10.000.000. Namun *option* ini masih

terdapat probabilitas yang cukup untuk jumlah air terbuang yang cukup tinggi.

2. Mass Loss

- a. Dengan program *process optimization* dan *modification in existing process* untuk mengurangi *mass loss* dapat dilakukan dengan *option 1*, yaitu menambah mesin penghisap (*vacum*), mengganti pisau pemotong, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup. Hal ini dilakukan agar campuran bahan jadi dapat terhisap secara maksimal sehingga tidak terjadi penumpukan dan campuran bahan jadi yang terbuang dan tidak ada polusi debu. Untuk menerapkan ini dibutuhkan biaya yang sangat tinggi yaitu Rp300.000.000 dan dibutuhkan waktu hingga 12 bulan untuk menambahkan *vacum* ini.
- b. *Option 2* untuk permasalahan *mass loss* juga menggunakan program *process optimization, modification in existing process*, dan yaitu membersihkan pisau pemotong dan diberikan pelumas serta menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup. Hal ini bertujuan untuk menghindari pemotongan yang tidak rata dan mengurangi polusi debu. *Option* ini merupakan *option* ekonomis dan mudah diterapkan. Biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan *option* ini sebesar Rp75.000.000,- dan *option* bisa langsung diterapkan.
- c. *Option* yang ketiga untuk permasalahan *mass loss*, yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup, menggunakan *supplier* bahan baku yang sama.. Hal ini bertujuan untuk menyamakan kualitas dari bahan baku untuk mengurangi produk gagal yang diakibatkan kerusakan bahan baku dan juga mengurangi produk gagal. Hal ini mungkin diterapkan, namun ada kecenderungan dimana terkadang satu-satunya *supplier* tersebut tidak bisa memenuhi permintaan perusahaan dan hal tersebut menjadi resiko untuk perusahaan. Biaya untuk menerapkan *option* ini sebesar Rp155.000.000 dan dilakukan dalam waktu 6 hingga 8 bulan secara bertahap.
- d. *Option* selanjutnya untuk mengatasi masalah *mass loss*, yaitu dengan mengganti pisau pemotong, menggunakan *supplier* bahan baku yang sama, menggunakan *dust*

collector dengan penampungan tertutup. Untuk menerapkan *option* ini membutuhkan biaya Rp200.000.000 dan dibutuhkan waktu 7 bulan.

3.6.3 Analisa Alternatif Terpilih

Option 3 untuk *water loss* yaitu mengganti bak perendaman dengan *steam tube* merupakan *option* yang terbaik untuk memecahkan permasalahan *water loss* pada PR. Adi Bungsu. Walaupun biaya penerapannya cukup tinggi namun dengan mengimplementasikan *option* ini dapat meningkatkan produktivitas dengan mengurangi volume air yang terbuang.

Sedangkan untuk permasalahan *mass loss* dipilih *option 2*, yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup untuk memecahkan permasalahan *mass loss* pada PR. Adi Bungsu. *Option 2* ini bukan hanya ekonomis dan cepat penanganannya, namun juga sangat membantu dalam mengatasi permasalahan *mass loss* akibat produk gagal. Dengan mengimplementasikan GP akan dapat memberikan peningkatan produktivitas serta indeks EPI.

4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat produktivitas pada produk SKM di PR. Adi Bungsu, yaitu 81%. Sedangkan produktivitas terendah berada pada sistem dintinjau perendaman cengkeh dengan tingkat produktivitas 27%, pengeringan cengkeh dengan tingkat produktivitas 83%, dan sistem pengeringan cengkeh dengan tingkat produktivitas 87%. Indeks EPI PR. Adi Bungsu adalah bernilai 2,67. Angka ini menunjukkan bahwa kinerja lingkungan PR. Adi Bungsu berada di dalam indikator warna merah.
2. Solusi terbaik untuk permasalahan *water loss* yaitu *option 3*. *Option 3* adalah mengganti bak perendaman cengkeh dengan *steam tube*. Solusi terbaik untuk permasalahan *mass loss* yaitu *option 2*. *Option 2*, yaitu membersihkan pisau pemotong dan memberikan pelumas, menggunakan *dust collector* dengan penampungan tertutup merupakan *option* yang terbaik untuk memecahkan permasalahan *mass loss* pada PR. Adi Bungsu berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Daftar Pustaka

- Asian Productivity Organization. (2001). *Concept of Green Productivity*. APO. Tokyo.
- Asian Productivity Organization. (2006). *Handbook on Green Productivity*. APO. Tokyo.
- Gaspersz, Vincent. (2000). *Manajemen Produktivitas Total : Strategi Peningkatan Produktivitas Bisnis Global*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Himmelblau, David M. (1996). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering. 6th Edition*. Prentice Hall Inc.
- Terjemahan Ir. Ita Ananta, MSc. (1999). *Prinsip-Prinsip Dasar dan Kalkulasi Dalam Teknik Kimia. Jilid 2*. PT Prenhallindo. Jakarta.
- Minnesota Pollution Control Agency. (1993). *What is Waste Reduction?* www.pca.state.mn.us/waste/pubs/2_60.pdf
- Saaty, Thomas L. (1993). *Pengambilan Keputusan Bagi dengan AHP*. PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Singgih, Moses L. (2012). *Green Productivity: Konsep dan Aplikasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Suratno, Ignatius Bondan, dkk. (2006). *Pengaruh Environmental Performance terhadap Environmental Disclosure dan Economic Performance (Studi Empiris Pada Perusahaan Manufaktur yang Terdaftar di Bursa Efek Jakarta Periode 2001-2004)*. Simposium Nasional Akuntansi 9. Padang.
- Tyteca, D. (1996). *Business Organisational Response to Environmental Challenges : Performance Measurement and Reporting*. IAG School Management.