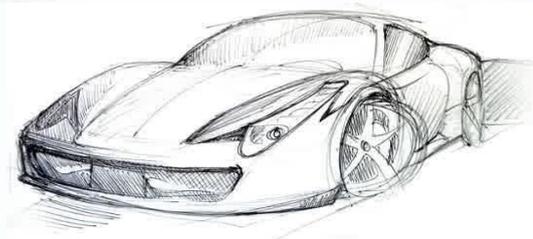
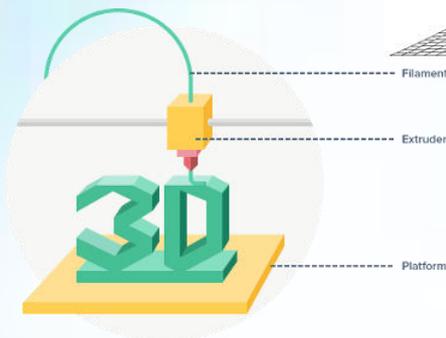
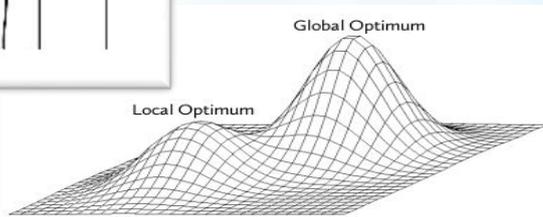
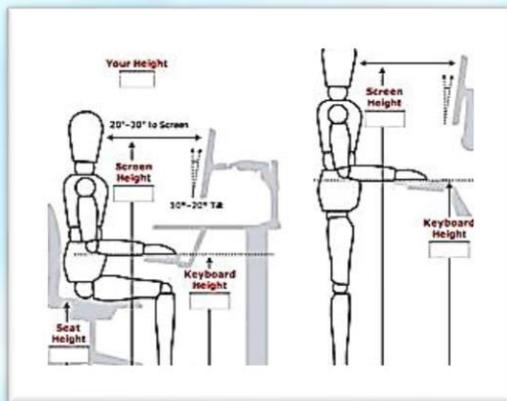


JURNAL REKAVASI

Jurnal Rekayasa & Inovasi Teknik Industri



Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta					
Jurnal REKAVASI	Vol. 3	No. 1	Hlm. 1-60	Yogyakarta Mei 2015	ISSN: 2338-7750

Daftar Isi

Analisis Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja (PAK) pada Pekerja <i>Ground Handling</i> di Bandara Adisutjipto Yogyakarta (Studi Kasus PT. Gapura Angkasa) <i>Agusta Wahyu Saputra, Endang Widuri Asih, Imam Sodikin</i>	1-7
Analisis Metode 5-S dan Metode RCM pada Sistem <i>Maintenance</i> guna Meningkatkan Keandalan pada Mesin Minami (Studi Kasus PT. Betawimas Cemerlang) <i>David Christian Sianturi, P. Wisnubroto, Hj. Winarni</i>	8-16
Analisis Postur Kerja dengan Metode OWAS dan NIOSH pada Pekerja <i>Manual Material Handling</i> Bagian <i>Loading-Unloading</i> Bandara Adisutjipto Yogyakarta (Studi Kasus PT. Gapura Angkasa) <i>Irwantika Dwi Ningrum, Joko Susetyo, Titin Isna Oesman</i>	17-24
Analisis Produktivitas Menggunakan Metode Cobb Douglas dan Metode Habberstad (POSPAC) (Studi Kasus di Pabrik Pengecoran Logam PT Baja Kurnia) <i>Firman Tejo Supriyanto, Muhammad Yusuf, P. Wisnubroto</i>	25-32
Analisis Produktivitas pada Proses Penyepuhan dengan Metode <i>Green Productivity</i> <i>Netty Widyastuti, Cyrilla Indri Parwati, Endang Widuri Asih</i>	33-38
Analisis Tingkat Stres Kerja Karyawan pada PT. Karoseri New Niaga Purworejo <i>Agus Dwi Ponggo, Risma Adelina Simanjuntak</i>	39-46
Peningkatan Penjualan Bakpia Pathok 25 Yogyakarta dengan Analisis SWOT dan AHP <i>Sapto Budi Pamungkas, Winarni, Endang Widuri Asih</i>	47-53
Usulan Pemilihan Metode Upah dalam Meningkatkan Kesejahteraan Karyawan dengan Menggunakan Metode Sistem <i>Halsey, Rowan & Taylor</i> di PT. Sapta Sentosa Jaya Abadi <i>Wahyu Triyono, Muhammad Yusuf, Titin Isna Oesman</i>	54-59

ANALISIS PRODUKTIVITAS PADA PROSES PENYEPUHAN DENGAN METODE *GREEN PRODUCTIVITY*

Netty Widyastuti, Cyrilla Indri Parwati, Endang Widuri Asih
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28 Yogyakarta
Email: widyastutinetty@gmail.com

ABSTRACT

Silver plating industry has big potential of waste pollution. The waste is generated in the form of liquid waste and solid waste residual plating. Silver plating businesses that are owned by H. Slamet Mulyono do not have a sewage treatment yet, they throw the waste into the septic tank directly. It's necessary to do environmental management by doing waste reduction using green productivity method, so it can improve the environmental conditions and company productivity.

This research identified the amount of contamination on the company that had excessive waste and its potential effort to do waste reduction. This research also conducted environmental performance measurement calculations using EPI (Environmental Performance Indicators) and measured productivity. The alternative improvements were formulated and selected based on financial analysis, the contribution of the alternatives estimation is to estimate the productivity level and contribution to the EPI level. Then, the implementation plan was arranged from chosen alternative.

Chosen alternative solution that minimizes waste and increases the productivity is waste treatment with coagulation technique. Value of the investment gains profit using NPV i.e., Rp 53,789,550.72 for five years. This alternative can give contribution to increase 1.25% of productivity and environmental quality improvement through the reduction of liquid wastes by 56,160 L/year with an increase 759.5 of EPI index.

Key words: productivity, waste reduction, EPI, green productivity

INTISARI

Industri penyepuhan perak memiliki potensi pencemaran limbah yang cukup tinggi. Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat, sisa penyepuhan. Usaha penyepuhan perak milik H. Slamet Mulyono belum memiliki pengolahan limbah, limbah yang dihasilkan tersebut dibuang langsung ke dalam *septic tank*. Usaha pengelolaan lingkungan perlu dilakukan dengan cara reduksi limbah (*waste reduction*) dengan metode *green productivity*, sehingga diharapkan dapat berpengaruh terhadap perbaikan kondisi lingkungan dan meningkatkan produktivitas perusahaan.

Adanya pencemaran pada perusahaan dengan jumlah limbah yang berlebih dan berpotensi diidentifikasi untuk dilakukan *waste reduction*. Pengukuran kinerja lingkungan dilakukan melalui EPI (*Environmental Performance Indicator*); selain itu, pengukuran produktivitas juga dilakukan. Alternatif perbaikan dirumuskan dan dipilih berdasarkan analisa finansial, estimasi kontribusi alternatif terhadap produktivitas dan estimasi kontribusi terhadap tingkat EPI. Langkah selanjutnya, rencana implementasi disusun dari alterternatif terpilih.

Alternatif solusi yang terpilih untuk meminimalisir limbah dan meningkatkan produktivitas adalah pengolahan limbah dengan teknik koagulasi. Nilai keuntungan investasi dihitung dengan NPV yang 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: produktivitas, *waste reduction*, EPI, *green productivity*

PENDAHULUAN

Penyepuhan perak banyak diminati oleh pengrajin perak Kotagede dalam pembuatan kerajinan perak. Penyepuhan dapat menutup produksi yang tinggi. Tingginya biaya produksi disebabkan oleh 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.

H. Slamet Mulyono adalah salah satu pengusaha kerajinan sepuh perak di Kotagede. Kerajinan yang dibuat berbahan dasar tembaga, kemudian disepuh (dilapisi) menggunakan larutan perak. Barang-barang yang dibuat ialah perhiasan seperti cincin, gelang, kalung, aksesoris dan beraneka macam bros. Usaha milik H. Slamet ini belum memiliki pengolahan limbah, limbah yang dihasilkan dibuang langsung ke dalam saluran air (*septic tank*).

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

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur produktivitas perusahaan, menentukan indeks EPI (*Environmental Performance Indicator*), mengestimasi kontribusi peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan yang dapat dicapai dengan metode *green productivity* serta menyusun rancangan implementasi solusi perbaikan yang terpilih. Oleh karena itu, penelitian ini dapat dirumuskan "Bagaimana cara untuk meningkatkan produktivitas perusahaan dengan *waste reduction* pada proses produksi dengan metode *green productivity*?"

Penelitian ini dibatasi pada tiga hal. Pertama, produktivitas yang diukur adalah produktivitas pada bulan Januari-Desember 2013. Kedua, limbah yang dianalisa adalah limbah cair pada penyepuhan. Ketiga, penelitian dilakukan sampai dengan tahap rencana implementasi.

Penelitian ini menggunakan beberapa asumsi. Asumsi tersebut meliputi (1) tidak ada perubahan harga material, tenaga kerja, energi dan listrik selama periode penelitian, (2) tenaga kerja bekerja selama 26 hari dalam satu bulan (8 jam kerja/hari), (3) konsentrasi kandungan zat kimia dalam limbah selama penelitian tidak mengalami perubahan serta (4) biaya variabel dihitung 10% dari biaya produksi.

METODE PENELITIAN

Penyepuhan

Penyepuhan atau *electroplating* atau lapis listrik merupakan salah satu pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Benda yang dilakukan pelapisan harus merupakan konduktor atau dapat menghantarkan arus listrik (Purwanto, 2005).

Produktivitas

Produktivitas berkaitan dengan 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).

Berdasarkan faktor yang terlibat Sumanth (1985) mengelompokkan pengukuran produktivitas ke dalam tiga jenis, yaitu *partial productivity*, *total factor productivity* dan *total productivity*.

Partial Productivity

Partial productivity merupakan rasio dari *output* dengan salah satu jenis *input* yang masuk ke dalam proses. Misalnya produktivitas tenaga kerja (rasio *output* dengan *input* tenaga kerja). Persamaan *partial productivity* dapat dilihat pada Persamaan 1-4.

$$\text{Human productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Human Input}} \quad (1)$$

$$\text{Material productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Material Input}} \quad (2)$$

$$\text{Capital productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Capital Input}} \quad (3)$$

$$\text{Energy productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Energy Input}} \quad (4)$$

Total Factor Productivity

Total factor productivity merupakan rasio dari *output* bersih dengan jumlah *input* tenaga kerja dan modal. *Output* bersih memiliki pengertian selisih antara *output* total dengan material dan jasa. Persamaan TFP (*Total Factor Productivity*) dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$\text{TFP} = \frac{\text{Net output}}{(\text{labor} + \text{capital})\text{input}} \quad (5)$$

Total Productivity

Total productivity merupakan rasio antara *output* total dengan jumlah semua *input*. *Input* yang dimaksud disini adalah material, tenaga kerja, modal, energi dan *input* lain-lain. Secara garis besar produktivitas total dapat diketahui dengan Persamaan 6.

$$\text{Total productivity} = \frac{\text{Total output}}{\text{Total input}} \quad (6)$$

Green Productivity

Green productivity adalah suatu strategi untuk meningkatkan produktivitas bisnis dan kinerja lingkungan secara 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*).

Indeks EPI dapat dihitung dengan Persamaan 7 (Fajar, 2013). Sedangkan, perhitungan persentase penyimpangan dikerjakan dengan Persamaan 8.

$$\text{Indeks EPI} = \sum_{i=1}^k (W_i \cdot P_i) \quad (7)$$

dengan:

k = jumlah kriteria limbah yang diajukan

W_i = bobot dari masing-masing kriteria

P_i = persentase penyimpangan antara standar baku mutu dengan analisa perusahaan

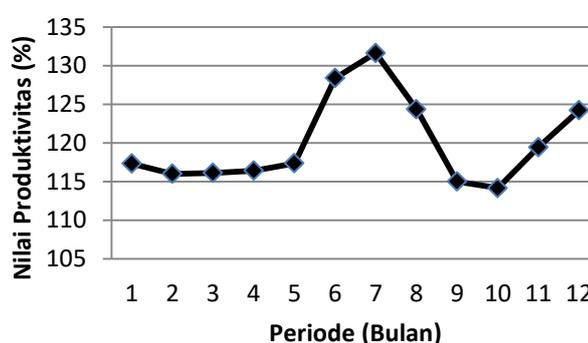
$$P_i = \frac{\text{Standar-Analisa}}{\text{Standar}} \times 100\% \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas selalu di atas 100% sepanjang Januari-Desember 2013 (Tabel 1 dan Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan mendapat keuntungan. Keuntungan mengalami fluktuasi, pada bulan Mei sampai Juli, produktivitas cenderung naik, sedangkan produktivitas tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 131,62% karena bulan-bulan tersebut adalah musim liburan, sehingga penjualan meningkat. Penurunan terjadi pada bulan-bulan berikutnya karena permintaan pasar menurun, produktivitas terendah sebesar 114,17% yang terjadi pada bulan Oktober. Peningkatan sedikit demi sedikit terjadi pada bulan November dan Desember yang bertepatan juga dengan musim liburan akhir tahun (kunjungan wisatawan domestik maupun manca negara meningkat dan mendorong penjualan kerajinan). Hal inilah yang dimanfaatkan oleh perusahaan untuk meningkatkan *output* atau penjualannya. Jadi, rata-rata produktivitas perusahaan sebesar 121,21% selama tahun 2013.

Tabel 1. 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%



Gambar 1. Produktivitas periode Januari-Desember 2013

Indeks EPI diperoleh dengan mengalikan bobot penyimpangan standar baku mutu dengan hasil analisa. Indeks EPI COD adalah -1052,39 (Tabel 2), hasil COD tersebut melebihi baku mutu, yang berarti bahwa 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 yang berarti kadar BOD, Cu dan pH tidak berpotensi mencemari lingkungan. Nilai total indeks EPI perusahaan bernilai -1034,33. Hal tersebut menunjukkan kinerja lingkungan perusahaan masih di bawah standar mutu. Nilai EPI yang negatif berarti pencemaran lingkungan yang terjadi masih tinggi.

Tabel 2. Hasil perhitungan indeks EPI

Variabel	Bobot (Wi)	Standar baku mutu limbah cair	Hasil analisa	Penyimpangan (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

Penyusunan Alternatif Solusi

Terdapat dua alternatif solusi. Pertama, penggunaan kembali (*reuse*) cairan pembilas dengan sistem pembilasan lawan arah dengan pembuatan bak pembilasan. Bak pembilasan tersebut 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. Sedangkan bak kedua dan bak ketiga digunakan untuk pembilasan dan pencucian akhir. Larutan yang semakin pekat akan diperoleh dari bak pertama, sehingga dapat

dipakai sebagai elektrolit tambahan pada bak plating, sedangkan larutan bak kedua dapat diisi ke bak pertama, begitu juga untuk bak ketiga konsentrasi larutan semakin encer diisi 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.

Kedua, pengolahan limbah cair penyepuhan dengan teknik koagulasi. Teknik ini dimulai dengan pembuatan bak pengendapan tawas, kemudian air limbah dialirkan ke bak plastik yang didalamnya disusun lapisan-lapisan zat yang dapat menjerat atau mengikat anion dan kation, sehingga limbah bebas dari bahan kimia berbahaya. Air hasil pengolahan dapat dimanfaatkan kembali pada pembilasan. Jika alternatif ini diterapkan, air limbah yang dihasilkan dari proses koagulasi dapat digunakan untuk pembilasan. Limbah yang diolah sebanyak 185 L/hari, karena air limbah mengalami pengolahan akan mengalami pengurangan, maka jumlahnya diperkirakan menjadi 180L/hari. Oleh karena itu, pembilasan tidak perlu menggunakan air kran tetapi menggunakan air hasil proses koagulasi.

Pemilihan Alternatif Solusi

Beberapa hal menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan alternatif sebagai rencana implementasi. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang telah dibahas di atas, alternatif 2 diputuskan lebih layak untuk disusun rencana implementasinya (Tabel 3). Nilai keuntungan investasi pengolahan limbah dengan teknik koagulasi sebesar Rp 53.789.550,72 selama lima tahun dengan kontribusi alternatif terpilih terhadap peningkatan produktivitas maupun kinerja lingkungan. Pengolahan limbah dengan teknik koagulasi dapat memberikan peningkatan terhadap produktivitas maupun kinerja lingkungan. Hal ini menjadi bukti bahwa metode *green productivity* dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan.

Tabel 3. 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

Penyusunan Rencana Implementasi Solusi

Alternatif 2 adalah alternatif terpilih untuk direncanakan implementasinya. Tujuan yang ingin dicapai yaitu mengurangi jumlah limbah cair penyepuhan agar kadar zat kimia berbahaya menurun (Tabel 4). Tindakan yang harus dilakukan adalah dengan pengolahan limbah dengan teknik koagulasi. Rencana implementasi ini dilaksanakan oleh bagian penyepuhan.

Tabel 4. Rencana implementasi solusi

Tujuan	Target	Action	Pelaksana
Mengurangi jumlah limbah cair penyepuhan	Kadar zat kimia berbahaya dan volume limbah cair (<i>waste</i>) berkurang	Pengolahan limbah dengan teknik koagulasi	Bagian penyepuhan

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Produktivitas perusahaan periode Januari-Desember 2013 fluktuatif, yaitu: 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 berarti tingkat kinerja lingkungan pada perusahaan kurang dan kandungan zat kimia dalam limbah melebihi standar baku mutu. Hal tersebut berarti pencemaran yang terjadi masih tinggi.
3. Hasil estimasi kontribusi peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan menunjukkan bahwa solusi yang terpilih adalah alternatif 2 yang 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.

Beberapa saran dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, implementasi *green productivity* sebaiknya dilaksanakan untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan perusahaan secara berkesinambungan. Kedua, penelitian selanjutnya tentang *green productivity* dapat diperluas pada peningkatan indeks EPI untuk mengurangi limbah padat endapan pada penyepuhan perak

DAFTAR PUSTAKA

- APO, 2001, *Green Productivity Training Manual*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- APO, 2003, *A Measurement Guide to Green Productivity*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- APO, 2011, *Achieving Higher Productivity through Green Productivity*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- DeSimone, L.D., and Popoff, F., 1997, *Eco-Efficiency: The Business Link to Sustainable Development*, The MIT Press, Massacusetts.
- Gasperz, V., 1998, *Manajemen Produktivitas Total: Strategi Peningkatan Produktivitas Bisnis Global*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Mahida, U.N., 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Penerbit Rajawali, Jakarta.
- Purwanto and Huda, S., 2005, *Teknologi Industri Elektroplating*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sari, Y.A., 2010, *Teknik Pengolahan Limbah Elektroplating dengan Pemanfaatan Kembali Limbah Elektroplating*, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Singgih, M.L. and 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. and N. Afida, 2003, Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity (Study Kasus PT. ABC), *Jurnal Purifikasi*, **9**(2), 137-146.
- Singgih, M.L., and Dewi, K.R., 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 4, UNDIP, Semarang.
- Sumanth, D.J., 1985, *Productivity Engineering and Management*, International Student McGraw- Hill Book Company, New York.
- Susetyo, J., 2009, *Ekonomi Teknik*, Akprind Press, Yogyakarta.
- Tyteca, D., 1996, *On The Measurement of The Environmental Performance of Firms Institut d'Administration et de Gestion*, Universite Catholique de Louvain, Places des Doyens, Belgium.
- Widjajanti, E. dkk., *Rancang Bangun Instalasi Pengolah Limbah Cair Industri Electroplating*, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wignjosoebroto, S., 1995, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Wulan, F., 2013, *Penerapan Green Productivity sebagai Upaya untuk Peningkatan Produktivitas Perusahaan*, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.