

ANALISA EFISIENSI DAN PRODUKTIVITAS MESIN HEAT TREATMENT DI PT. XYZ

Afif Hakim¹, Ade Suhara²

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo Telukjambe Timur, Karawang 41361
Email : afif.hakim@ubpkarawang.ac.id, ade.suhara@ubpkarawang.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran efisiensi dan produktivitas penting dilakukan agar perusahaan dapat mengetahui pada tingkat mana efisiensi dan produktivitas proses bisnisnya sedang berjalan. Dengan mengetahui hal tersebut, perusahaan dapat melakukan perbaikan jika hasil efisiensi dan produktivitas yang didapatkan tidak sesuai dengan harapan. PT. XYZ mengoperasikan empat mesin Heat Treatment untuk proses pengerasan barang/parts agar sesuai dengan tingkat kekerasan yang sudah ditentukan pada standar. Mesin-mesin tersebut diberi nama mesin HT1, mesin HT2, mesin HT3 dan mesin HT4.

Analisa dilakukan terhadap inputan pada mesin heat treatment yaitu jam operasi, konsumsi energi/gas, jumlah produk, konsumsi larutan pendingin sedangkan outputnya yaitu berupa produk OK selama 3 tahun yaitu dari 2014 s.d 2016. Kejadian kurang efisien sepanjang tiga tahun tersebut didominasi oleh mesin HT2 sebanyak 9 kali yaitu pada tahun 2014 3 kali (bulan 4, 8 dan 10 dengan nilai efisiensi 0,899; 0,897; 0,913), pada tahun 2015 2 kali (bulan 4 dan 10 dengan nilai efisiensi 0,934 dan 0,869), dan pada tahun 2016 4 kali (bulan 3, 4, 6, dan 10 dengan nilai efisiensi 0,945; 0,988; 0,919; dan 0,871). Dengan demikian urutan mesin dengan nilai efisiensi dari yang terburuk adalah mesin HT2, HT1, HT4, dan HT3.

Efisiensi untuk keempat mesin heat treatment secara umum tidak mengalami perubahan/tetap (indeks perubahan efisiensi = 1). Sedangkan untuk perubahan teknologi ke empat mesin mengalami laju perubahan teknologi yang positif (indeks perubahan > 1). Hal ini menyebabkan kondisi TFP ketiga mesin secara umum selama 3 tahun yaitu dari tahun 2014 s.d 2016 juga mengalami laju produktivitas yang positif (indeks perubahan > 1). Karena indeks perubahan efisiensi selalu tetap (indeks perubahan efisiensi = 1), maka indeks perubahan TFP sama dengan indeks perubahan teknologinya.

Kata Kunci: Efisiensi, Produktivitas, Mesin Heat Treatment, TFP

PENDAHULUAN

Saat ini persaingan industri logam berbasis casting proses di Indonesia semakin ketat ditambah lagi dengan kemajuan teknologi yang cepat. Industri logam berbasis casting proses mayoritas digunakan sebagai *spare part* kendaraan bermotor baik roda dua ataupun roda empat. Sementara itu, permintaan akan kendaraan sendiri terutama kendaraan roda dua menurut data Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia dari tahun 2014 s.d 2016 memperlihatkan tren yang menurun. Secara nasional pada 2014 tercatat

7,867,195 unit penjualan, pada 2015 tercatat 6,480,155 unit dan pada 2016 tercatat hanya 5,931,585 unit penjualan. Hal ini mengharuskan setiap perusahaan untuk selalu berfikir bagaimana untuk menghilangkan pemborosan atau *waste* dalam operasional bisnisnya. Salah satu *issue* yang menjadi *concern* mengenai masalah pemborosan adalah efisiensi dan produktivitas. Perusahaan seharusnya mengukur dan mengetahui proses operasional yang dilakukan apakah sudah efisien atau belum sehingga dapat menentukan skala prioritas proses mana saja yang memerlukan perbaikan dan pembenahan.

Salah satu metode untuk mengukur efisiensi berdasarkan data-data historical input dan output adalah metode *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA dapat digunakan untuk mengukur sekaligus merangking/membandingkan (*benchmarking*) efisiensi dan produktivitas secara baik antara unit-unit yang saling diperbandingkan (Dula, 2002). Efisiensi yang dihasilkan oleh DEA adalah efisiensi relatif (Avenzora dan Moeis, 2008). Disamping itu pula, Ray (2004) menyebutkan bahwa DEA bukanlah fungsi biaya ataupun keuntungan, sehingga data keuangan yang sering kali sulit didapatkan boleh tidak diikutkan. Terdapat dua model utama DEA yaitu CRS dan model VRS sebagai pengembangannya (Osman et al, 2008). Sedangkan salah satu metode untuk mengukur tingkat produktivitas berdasarkan data-data historical adalah *Malmquist Productivity Index* (MPI) (Ramanathan, 2003). MPI berguna untuk melihat faktor produktivitas total (TFP) yang dapat dipecah menjadi dua komponen yaitu perubahan efisiensi (*efficiency change*) dan perubahan teknologi (*technology change*) (Avenzora dan Moeis, 2008). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode DEA dalam mengukur efisiensi dan metode MPI dalam mengukur produktivitas.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *spare parts* logam untuk kendaraan bermotor roda dua dan roda empat yang berbasis *casting* proses. Salah satu proses yang ada dalam produksi *spare parts* adalah proses *heat treatment*. Setelah melalui proses *casting* (pencetakan) sebagai proses pembentukan, *parts* diteruskan ke proses *heat treatment* untuk mendapatkan sifat kekerasan tertentu sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Perusahaan mengoperasikan empat mesin *heat treatment* yaitu mesin HT1, mesin HT2, mesin HT3, dan mesin HT4. Keempat mesin tersebut memerlukan banyak input untuk dapat beroperasi yaitu jam operasi, energi/gas, *parts* yang kan diproses, larutan pendingin. Sedangkan outputnya berupa *parts* OK yang sudah selesai proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat efisiensi dan produktivitas pada keempat mesin *heat treatment* tersebut, sehingga dapat terlihat mesin mana yang mempunyai tingkat efisiensi dan produktivitas yang sudah bagus dan yang kurang bagus. Pengukuran efisiensi dan produktivitas ini dilakukan untuk periode tiga tahun yaitu 2014, 2015, dan 2016. Dari hasil tersebut, perusahaan dapat menentukan tindakan selanjutnya untuk mengurangi pemborosan-pemborosan pada mesin yang kurang efisien.

TINJAUAN PUSTAKA

Farrel (1957) dalam **Abidin dan Endri (2009)** menyatakan bahwa efisiensi sebuah perusahaan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu efisiensi teknis (*technical efficiency*) dan efisiensi alokatif (*allocative efficiency*). Efisiensi teknis menunjukkan kemampuan perusahaan untuk mencapai output semaksimal mungkin dari sejumlah input tertentu atau kemampuan perusahaan untuk mencapai output tertentu dari sejumlah input seminimal mungkin. Sedangkan efisiensi alokatif menunjukkan kemampuan perusahaan untuk menggunakan input dengan proporsi seoptimal mungkin pada tingkat harga input tertentu. Kedua komponen ini kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan ukuran efisiensi total atau efisiensi ekonomis (*economic efficiency*) (**Abidin dan Endri, 2009**).

Konsep pengukuran efisiensi ekonomis ini dapat dilihat dari sisi input (*input minimizing*) maupun dari sisi output (*output maximizing*) (**Ramanathan, 2003**). Kedua pendekatan ini dapat dilakukan dan secara konsisten pada akhirnya akan menghasilkan kesimpulan yang sama mengenai efisiensi relatif sebuah perusahaan terhadap sekawannya.

Menurut **Nugroho (2007)** jika diamati lebih jauh lagi, efisiensi teknis yang terukur dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Efisiensi absolut merupakan efisiensi yang dimiliki oleh suatu perusahaan jika dan hanya jika inputnya dan outputnya dapat diperbaiki tanpa merusak atau membandingkan dengan input dan output perusahaan lain. Dengan kata lain, nilai $TE = 1$ atau perusahaan tersebut terletak pada garis pembatas.
2. Efisiensi relatif merupakan efisiensi yang dimiliki oleh suatu perusahaan yang diharapkan mencapai nilai 1 dengan membandingkannya dengan perusahaan lain yang memiliki efisiensi absolut. Dengan kata lain, $TE < 1$ atau perusahaan tersebut tidak terletak pada garis pembatas.

Salah satu metode untuk mengukur efisiensi adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA pertama kali diperkenalkan oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes pada tahun 1978. *Data Envelopment Analysis* (DEA) merupakan suatu metode analisa non-parametrik yang digunakan untuk mengukur tingkat efisiensi relatif suatu unit kegiatan (**Ray, 2004**). Salah satu definisi tentang DEA adalah DEA didefinisikan sebagai teknik pemrograman matematis yang melibatkan sejumlah input dan output untuk mengukur performansi (efisiensi) dari beberapa unit yang sama yang saling diperbandingkan dalam suatu populasi (**Ramanathan, 2003**). Unit yang sama tersebut dikenal dengan istilah *Decision Making Unit* (DMU) yang berupa perusahaan, organisasi, universitas, sekolah, bank, rumah sakit, dan sebagainya (**Ramanathan, 2003**). DEA mensyaratkan kegiatan atau proses yang berjalan pada unit-unit yang diperbandingkan harus sama atau minimal identik (**Ramanathan, 2003**).

Metode DEA menghitung efisiensi teknis untuk seluruh DMU. Skor efisiensi untuk setiap unit adalah relatif, tergantung pada tingkat efisiensi dari DMU-DMU lainnya di dalam populasi. Setiap DMU dalam populasi dianggap memiliki tingkat efisiensi yang tidak lebih dari 1, dan tidak negatif (antara 0 s.d 1) dengan ketentuan, 1 menunjukkan efisiensi yang sempurna. Sebaliknya, semakin menjauhi angka 1 (mendekati angka 0) semakin dianggap tidak efisien (Wong, 2007). Selanjutnya, DMU-DMU yang memiliki nilai satu ini digunakan dalam membuat *envelope* untuk *frontier* efisiensi, sedangkan DMU lainnya yang ada di dalam *envelope* menunjukkan tingkat ketidakefisienan (inefisiensi) (Abidin dan Endri, 2009).

Ramanathan (2003) menyederhanakan formulasi matematis untuk DEA dengan rasio :

$$\max E_m = \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} Y_{jm}}{\sum_{i=1}^I u_{im} X_{im}}$$

subject to

$$0 \leq \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} Y_{jn}}{\sum_{i=1}^I u_{im} X_{in}} \leq 1; \quad n = 1, 2, \dots, N$$

$$v_{jm}, u_{im} \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J$$

Dimana :

E_m adalah efisiensi dari DMU ke – m

Y_{jm} adalah output ke – j dari DMU ke – m

v_{jm} adalah bobot dari output ke – j dari DMU ke – m

X_{im} adalah input ke – i dari DMU ke – m

u_{im} adalah bobot dari input ke – i dari DMU ke – m

Y_{jn} dan X_{in} adalah output ke – j dan input ke – i, masing-masing dari DMU ke – n, $n = 1, 2, \dots, N$

Inti dari DEA adalah menentukan bobot (v dan u) untuk setiap output dan input DMU. Bobot tersebut memiliki sifat :

1. Tidak bernilai negatif
2. Bersifat universal, artinya setiap DMU dalam *sample* harus dapat menggunakan seperangkat bobot yang sama untuk mengevaluasi rasionya. Rasio tersebut nilainya berkisar antara 0 dan 1 sebagaimana yang telah disebutkan di atas.

Dengan pendekatan pada sisi output (*output maximizing*), formulasi di atas dapat diubah menjadi program linear sebagai berikut.

$$\max z = \sum_{j=1}^J v_{jm} Y_{jm}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{subject to} \\
 & \sum_{i=1}^I u_{im} X_{im} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^J v_{jm} Y_{jn} - \sum_{i=1}^I u_{im} X_{in} \leq 0; \quad n = 1, 2, \dots, N \\
 & v_{jm}, u_{im} \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, I \quad j = 1, 2, \dots, J
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk pendekatan pada sisi input (*input minimizing*), formulasi di atas dapat diubah menjadi program linear sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \min z' &= \sum_{i=1}^I u'_{im} X_{im} \\
 & \text{subject to} \\
 & \sum_{j=1}^J v'_{jm} Y_{jm} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^J v'_{jm} Y_{jn} - \sum_{i=1}^I u'_{im} X_{in} \leq 0; \quad n = 1, 2, \dots, N \\
 & v'_{jm}, u'_{im} \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, I \quad j = 1, 2, \dots, J
 \end{aligned}$$

Metode DEA yang menggunakan bobot input dan output sebagai u dan v sebagaimana yang telah dijelaskan di atas adalah bentuk *Multiplier* DEA. Sedangkan DEA yang menggunakan bobot dengan lambang θ dan λ disebut sebagai *Envelopment* DEA (**Ramanathan, 2003**). *Multiplier* DEA dan *Envelopment* DEA seperti teori primal dan dual dalam riset operasi. Dalam *Envelopment* DEA dikenal istilah *input oriented* dan *output oriented*. Kedua istilah tersebut sebanding dengan istilah *output maximizing* dan *input minimizing* dalam *Multiplier* DEA. *Envelopment* DEA dengan pendekatan pada sisi input (*input oriented*) adalah sebanding dengan *Multiplier* DEA dengan pendekatan pada sisi output (*output maximizing*), begitu juga sebaliknya.

Jika disimpulkan, maka terdapat empat macam metode DEA, yaitu (**Ramanathan, 2003**):

1. *Output maximizing multiplier* DEA
2. *Input minimizing multiplier* DEA
3. *Output oriented envelopment* DEA
4. *Input oriented envelopment* DEA

Berikut ini adalah formula untuk keempat macam metode DEA di atas :

<p><i>Output maximizing multiplier</i> DEA</p> $\max z = V_m^T Y$ <p>Subject to</p> $U_m^T X_m = 1$ $V_m^T Y - U_m^T X \leq 0$ $V_m^T, U_m^T \geq 0$	<p><i>Input oriented envelopment</i> DEA</p> $\min \theta_m$ <p>Subject to</p> $Y\lambda \geq Y_m$ $X\lambda \leq \theta_m X_m$ $\lambda \geq 0; \theta_m \text{ bebas}$
<p><i>Input minimizing multiplier</i> DEA</p> $\min z = V_m^T X$ <p>Subject to</p> $U_m^T Y_m = 1$ $V_m^T Y - U_m^T X \leq 0$ $V_m^T, U_m^T \geq 0$	<p><i>Output oriented envelopment</i> DEA</p> $\max z \phi_m$ <p>Subject to</p> $Y\mu \geq Y_m$ $X\mu \leq \phi_m X_m$ $\mu \geq 0; \phi_m \text{ bebas}$

Littre (1949) dalam **Summanth (1984)** mendefinisikan produktivitas sebagai kemampuan menghasilkan (*faculty to produce*). Pada awal abad 20-an, **Summanth (1984)** mengartikan produktivitas secara umum sebagai perbandingan antara keluaran dan masukan. Produktivitas dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu : *Partial Factor Productivity* (PFP) atau yang sering disebut sebagai produktivitas parsial dan *Total Factor Productivity* (TFP) atau yang sering disebut sebagai produktivitas total (**Summanth, 1984**).

PFP adalah rasio antara total output dengan hanya satu unsur input saja. TFP adalah rasio antara total output dengan agregat dari semua input (**Avenzora dan Moeis, 2008**). TFP memperhitungkan semua input secara serentak untuk mengukur produktivitas. Kalau rasio meningkat berarti lebih banyak output dapat diproduksi dengan menggunakan jumlah input tertentu atau sejumlah output tertentu dapat diproduksi dengan menggunakan lebih sedikit input (**Avenzora dan Moeis, 2008**).

Salah satu metode untuk mengukur produktivitas adalah *Malmquist Productivity Index* (MPI). MPI pada dasarnya adalah kelanjutan dari pengukuran efisiensi dengan metode DEA yang telah banyak dijelaskan di atas. Penambahannya adalah adanya unsur rentetan waktu (*time series*) dalam pengukuran MPI. Hal ini mengingat bahwa tingkat efisiensi sebuah perusahaan boleh jadi sama dari tahun ke tahun, atau juga berubah baik meningkat ataupun menurun yang disebabkan karena berbagai faktor. Perbedaan tingkat efisiensi sebuah industri dari tahun ke tahun kemudian disebut perubahan efisiensi teknis (*technical efficiency change*) sementara pergeseran kurva *frontier* dari tahun ke tahun diinterpretasikan sebagai perubahan teknis (*technical change*) (**Coelli, 1996**).

Perubahan teknis ini di beberapa literatur ada yang menyebutkan sebagai perubahan teknologi (*technological change*). Perkalian dari indeks perubahan efisiensi teknis dan indeks perubahan teknis inilah kemudian disebut sebagai *Malmquist Productivity Index*

(MPI) (Avenzora dan Moeis, 2008). Dengan demikian, MPI dapat dituliskan dalam formulasi :

$$MPI = TEC \times TC$$

Dimana TEC dan TC dengan pendekatan sisi input dapat dihitung dengan formulasi :

$$TEC_i^{t,t+1} = \frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}$$

$$TC_i^{t,t+1} = \left(\frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(y^t, x^t)}{D_i^t(y^t, x^t)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Sehingga formulasi MPI menjadi :

$$MPI_i^{t,t+1} = \left(\frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \right) \times \left(\frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(y^t, x^t)}{D_i^t(y^t, x^t)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana $D(y, x)$ adalah *input distance function*.

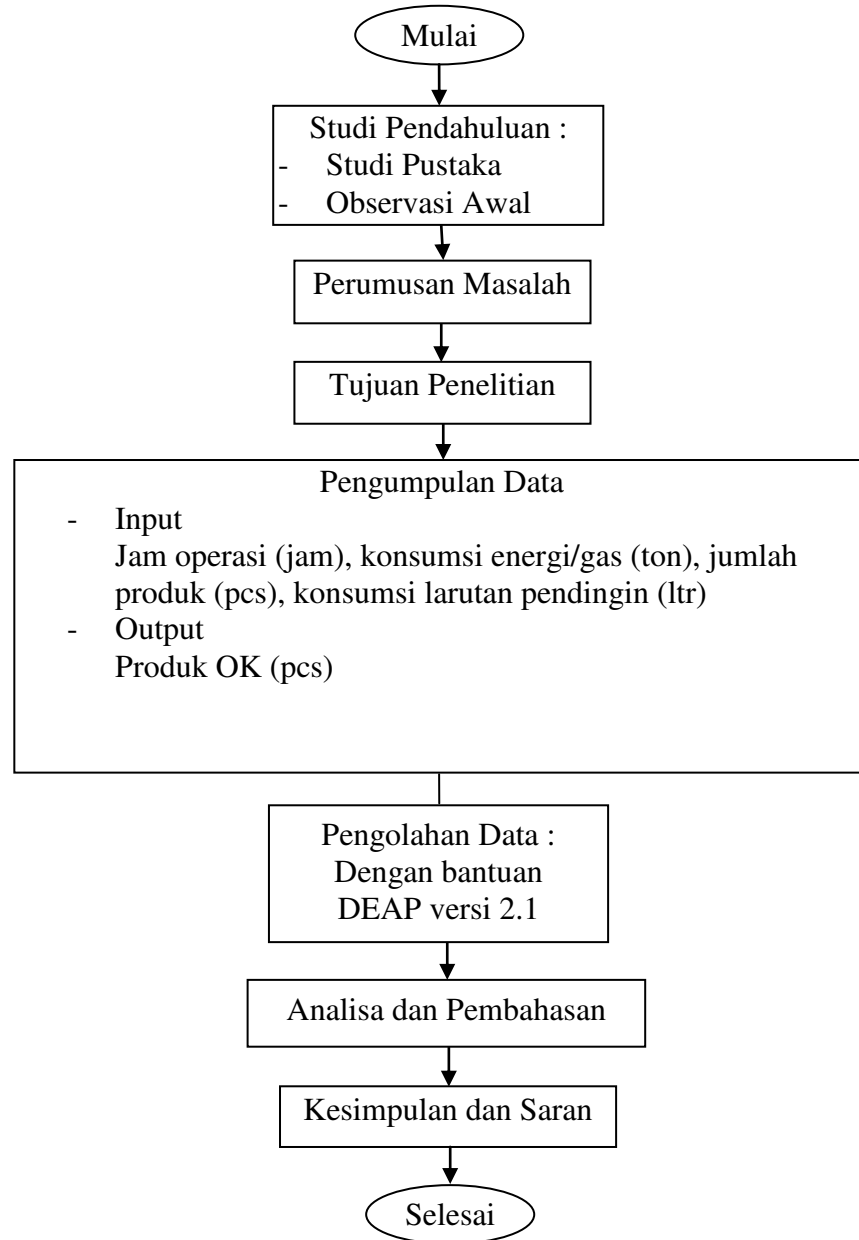
MPI memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut (Avenzora dan Moeis, 2008).

1. MPI merupakan metode non-parametrik sehingga tidak memerlukan spesifikasi bentuk fungsi produksi.
2. Indeks ini tidak memerlukan asumsi perilaku DMU seperti minimisasi biaya atau maksimisasi profit, sehingga sangat berguna apabila tujuan dari DMU berbeda-beda atau tidak diketahui.
3. Penghitungan indeks tidak memerlukan data harga-harga, yang seringkali tidak tersedia.

MPI dapat dipecah menjadi dua komponen yaitu perubahan efisiensi teknis dan perubahan teknis atau teknologi. Hal ini sangat berguna karena analisa dapat dilakukan secara lebih spesifik menurut komponen.

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan penelitian secara umum dapat pula dilihat dalam diagram alir penelitian berikut ini :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil perhitungan efisiensi dan produktivitas dengan menggunakan *software* DEAP versi 2.1.

Tabel 1. Efisiensi relatif mesin HT1, HT2, HT3 dan HT4 per bulan tahun 2014

Bulan	DMU			
	HT1	HT2	HT3	HT4
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,000	1,000	1,000	1,000
3	1,000	0,899	1,000	1,000
4	1,000	1,000	1,000	1,000
5	1,000	1,000	1,000	0,988
6	1,000	1,000	1,000	1,000
7	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1,000	0,897	1,000	1,000
9	1,000	1,000	1,000	1,000
10	1,000	0,913	1,000	1,000
11	1,000	1,000	1,000	1,000
12	1,000	1,000	1,000	1,000

Dari tabel di atas, pada tahun 2014 terlihat jelas nilai efisiensi relatif masing-masing mesin pada setiap bulannya. Secara umum terlihat bahwa nilai efisiensi dari setiap mesin tidak ada yang berbeda secara signifikan. Mesin yang kurang efisien adalah mesin HT2, hal ini terlihat pada nilai efisiensinya pada bulan ke-3, bulan ke-8, dan bulan ke-10 yang kurang dari 1. Kemudian disusul oleh mesin HT5 yang mempunyai nilai efisiensi kurang dari 1 pada bulan ke-5, namun angkanya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan mesin HT2.

Tabel 2. Efisiensi relatif mesin HT1, HT2, HT3 dan HT4 per bulan tahun 2015

Bulan	DMU			
	HT1	HT2	HT3	HT4
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,000	1,000	1,000	1,000
3	1,000	1,000	1,000	1,000
4	1,000	0,934	1,000	1,000
5	1,000	1,000	1,000	1,000
6	1,000	1,000	1,000	1,000
7	0,998	1,000	1,000	1,000
8	1,000	1,000	1,000	1,000
9	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 2. Efisiensi relatif mesin HT1, HT2, HT3 dan HT4 per bulan tahun 2015
(lanjutan)

Bulan	DMU			
	HT1	HT2	HT3	HT4
10	1,000	0,869	1,000	1,000
11	1,000	1,000	1,000	1,000
12	1,000	1,000	1,000	1,000

Dari tabel di atas, pada tahun 2015 terlihat jelas nilai efisiensi relatif masing-masing mesin pada setiap bulannya. Secara umum terlihat bahwa nilai efisiensi dari setiap mesin tidak ada yang berbeda secara signifikan. Mesin yang kurang efisien adalah mesin HT2, hal ini terlihat pada nilai efisiensinya pada bulan ke-4 dan bulan ke-10 yang kurang dari 1. Kemudian disusul oleh mesin HT1 yang mempunyai nilai efisiensi kurang dari 1 pada bulan ke-7, namun angkanya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan mesin HT2.

Tabel 3. Efisiensi relatif mesin HT1, HT2, HT3 dan HT4 per bulan tahun 2016

Bulan	DMU			
	HT1	HT2	HT3	HT4
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,000	1,000	1,000	1,000
3	1,000	0,945	1,000	1,000
4	1,000	0,988	1,000	1,000
5	1,000	1,000	1,000	1,000
6	1,000	0,919	1,000	1,000
7	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1,000	1,000	1,000	1,000
9	1,000	1,000	1,000	1,000
10	1,000	0,871	1,000	1,000
11	0,986	1,000	1,000	1,000
12	1,000	1,000	1,000	1,000

Dari tabel di atas, pada tahun 2016 terlihat jelas nilai efisiensi relatif masing-masing mesin pada setiap bulannya. Secara umum terlihat bahwa nilai efisiensi dari setiap mesin tidak ada yang berbeda secara signifikan. Mesin HT2 masih merupakan mesin yang kurang efisien sepanjang tahun 2016, hal ini terlihat pada nilai efisiensinya pada bulan ke-3, bulan ke-4, bulan ke-6 dan bulan ke-10 yang kurang dari 1. Kemudian disusul oleh mesin HT1 yang mempunyai nilai efisiensi kurang dari 1 pada bulan ke-11, namun angkanya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan mesin HT2.

Tabel 4. *Malmquist Index* pertahun untuk semua mesin heat treatment

Tahun	DMU	Perubahan efisiensi	Perubahan teknologi	Perubahan TFP/MPI
2015	HT1	1,000	1,457	1,457
	HT2	1,000	1,113	1,113
	HT3	1,000	1,892	1,892
	HT4	1,000	1,001	1,001
2016	HT1	1,000	1,993	1,993
	HT2	1,000	1,530	1,530
	HT3	1,000	2,014	2,014
	HT4	1,000	1,846	1,846

Secara umum efisiensi untuk semua mesin pada setiap tahun yang diteliti tidak mengalami perubahan (indeks perubahan efisiensi = 1). Sedangkan untuk perubahan teknologi dan pertumbuhan TFP, keduanya mengalami laju produktivitas yang positif (indeks perubahan > 1). Nilai perubahan teknologi selalu sama dengan nilai pertumbuhan TFP-nya. Hal ini disebabkan karena indeks perubahan efisiensi selalu satu (tetap) di setiap tahunnya (perubahan TFP = perubahan efisiensi x perubahan teknologi). Keadaan seperti ini menggambarkan operasi pada ketiga mesin tiap tahunnya berada di atas optimum dan ada indikasi peningkatan dalam hal teknologi/teknik. Perubahan TFP pada tiap tahunnya menunjukkan trend yang meningkat. TFP tertinggi terjadi pada tahun 2016 yaitu pada mesin HT3. Sedangkan, tahun 2014 tidak dapat dihitung produktivitasnya karena tahun tersebut adalah tahun dasar untuk pengolahan TFP yang memerlukan unsur perubahan.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kondisi efisiensi pada keempat mesin heat treatment selama 3 tahun tahun yaitu dari tahun 2014 s.d 2016 secara umum dapat dikatakan mempunyai efisiensi yang sempurna (efisiensi = 1). Kejadian kurang efisien sepanjang tiga tahun tersebut didominasi oleh mesin HT2 sebanyak 9 kali yaitu pada tahun 2014 3 kali (bulan 4, 8 dan 10 dengan nilai efisiensi 0,899; 0,897; 0,913), pada tahun 2015 2 kali (bulan 4 dan 10 dengan nilai efisiensi 0,934 dan 0,869), dan pada tahun 2016 4 kali (bulan 3, 4, 6, dan 10 dengan nilai efisiensi 0,945; 0,988; 0,919; dan 0,871). Urutan selanjutnya adalah mesin HT1 dengan 2 kejadian kurang efisien yaitu pada bulan 7 tahun 2015 dengan nilai efisiensi 0,998 dan pada bulan 11 tahun 2016 dengan nilai efisiensi 0,998. Urutan selanjutnya adalah mesin HT4 dengan 1 kejadian kurang efisien yaitu pada bulan 5 tahun 2014 dengan nilai efisiensi 0,988. Dengan demikian urutan mesin dengan nilai efisiensi dari yang terburuk adalah mesin HT2, HT1, HT4, dan HT3 sehingga *Management* harus melakukan peningkatan/*improvement* mulai dari mesin HT2 sebagai prioritas.

2. Efisiensi untuk keempat mesin heat treatment secara umum tidak mengalami perubahan/tetap (indeks perubahan efisiensi = 1). Sedangkan untuk perubahan teknologi ke empat mesin mengalami laju perubahan teknologi yang positif (indeks perubahan > 1). Hal ini menyebabkan kondisi TFP ketiga mesin secara umum selama 3 tahun yaitu dari tahun 2014 s.d 2016 juga mengalami laju produktivitas yang positif (indeks perubahan > 1). Karena indeks perubahan efisiensi selalu tetap (indeks perubahan efisiensi = 1), maka indeks perubahan TFP sama dengan indeks perubahan teknologinya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abidin, Zaenal and Endri. 2009. *Kinerja Efisiensi Teknis Bank Pembangunan Daerah: Pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA)*. Jurnal Akuntansi dan Keuangan, vol. 11, no. 1
2. Avenzora, Ahmad and Jossy P. Moeis. 2008. *Analisis Produktivitas dan Efisiensi Industri Tekstil dan Produk Tekstil di Indonesia Tahun 2002-2004*. Parallel Session IVB : Industri dan Manufaktur Hotel Nikko, Jakarta
3. Coelli, T. 1996. *A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) Program*. CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England, Armidale
4. Dula, Jose H and Fransisco J. Lopez. 2002. *Data Envelopment Analysis (DEA) in Massive Data Sets*. Kluwer Academic Publishers
5. Nugroho, Irfan Aditya. 2007. *Tingkat Efisiensi Industri Makanan dan Minuman, Tembakau Tekstil dan Kulit di Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2000 - 2004*. Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
6. Osman, Ibrahim H, Aline Hitti, dan Baydaa Al-Ayoubi. 2008. *Data Envelopment Analysis: A Tool for Monitoring The Relative Efficiency of Lebanese Banks*. European and Mediterranean Conference on Information Systems 2008 (EMCIS2008) Late Breaking Paper May 25-26 2008, Al Bustan Rotana Hotel, Dubai
7. Ramanathan, R. 2003. *An Introduction to Data Envelopment Analysis*. New Delhi : Sage Publications
8. Ray, Subhash C. 2004. *Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge : Cambridge University Press.
9. Summmanth, D.J. 1984. *Productivity Engineering and Management*. McGraw – Hill Book Company
10. Wong, Wai Peng and Kuan Yew Wong. 2007. *Supply Chain Performance Measurement System Using Dea Modeling*. Industrial Management & Data Systems Vol. 107 No. 3, 2007 pp. 361-381