

ANALISA PENGUKURAN PRODUKTIVITAS MESIN CNC MILLING DENGAN MENGGUNAKAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS DI PT. PAL INDONESIA

Liveone Anugrah Gusti

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : Liveonegusti@mhs.unesa.ac.id

Nur Aini Susanti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : nursusanti@unesa.ac.id

Abstrak

PT. PAL Indonesia adalah perusahaan industri galangan kapal di kota Surabaya. Sebagai satu perusahaan besar, pengembangan produktivitas mesin diperlukan untuk menjaga efektivitas dan efisiensi produk, ini dimaksudkan agar perusahaan dapat terus bersaing dengan perusahaan galangan kapal lainnya. Di Divisi GE (Rekayasa Umum), Mesin Penggilingan CNC FF dan Mesin Penggilingan MNC CNC. Evaluasi bahan yang diperlukan untuk mengelola, faktor-faktor produksi untuk meningkatkan produktivitas kerja adalah pengukuran efektivitas dan efisiensi dua mesin. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bantuan program komputer, pendekatan perbatasan non-parametrik menggunakan Data Envelopment. Metode Analisis (DEA) dan menggunakan perangkat lunak DEAP (dengan Microsoft Excel) untuk memproses data. Penelitian ini menemukan penyebab rendahnya produktivitas dan efisiensi mesin Milling CNC FF dan mesin Milling CNC MNC. Kesimpulan dari penelitian ini adalah produktivitas Penggilingan FF-CNC memiliki nilai produktivitas yang lebih tinggi daripada Mesin Penggilingan MNC-CNC. Hasil Mesin Penggilingan FF-CNC yang dilakukan pada bulan Juni-Agustus memiliki hasil berturut-turut yaitu 97,14% pada bulan Juni, 95,08% pada bulan Juli dan 99,77% pada bulan Agustus. Nilai produktivitas dalam Mesin Penggilingan MNC-CNC memperoleh jumlah berturut-turut 95,42% pada bulan Juni, 93,71% pada bulan Juli, dan 96,57% pada bulan Agustus.

Kata kunci: Produktivitas, Efisiensi, Efektivitas, Metode DEA.

Abstract

PT. PAL Indonesia is a shipyard industrial company in the city of Surabaya. As one large company, a development in engine productivity is needed to maintain the effectiveness and efficiency of the product, this is intended so that the company can continue to compete with other shipyard companies. In the GE (General Engineering) Division, FF CNC Milling Machine and the MNC CNC Milling Machine. Material evaluation needed to manage, the factors of production to increase work productivity are the measurement of the effectiveness and efficiency of the two machines. The tools used in this study are help of a computing program, a non-parametric frontier approach using the Data Envelopment Analysis (DEA) method and using DEAP software (with Microsoft Excel) for processing data. This research found out the causes of the low productivity and efficiency of FF CNC Milling machines and MNC CNC Milling machines. The conclusion of this study was the FF-CNC Milling's productivity had a higher productivity value than the MNC-CNC Milling Machine. The results of the FF-CNC Milling Machine conducted in June-August had results in a row that is 97.14% in June, 95.08% in July and 99.77% in August. The value of productivity in MNC-CNC Milling Machines obtained a number of consecutive 95.42% in June, 93.71% in July, and 96.57% in August.

Keywords: Productivity, Efficiency, Effectiveness, DEA Method.

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan memiliki tujuan untuk mencari keuntungan semaksimal mungkin, perusahaan harus bisa mempertahankan produktivitas serta meningkatkan pengembangan daya saing. Pengukuran produktivitas diperlukan untuk mengetahui baik atau buruk produktivitas perusahaan agar dapat dilakukan strategi perbaikan. (Sumanth, 1979) mengutarakan bahwa model manfaat produktivitas (*productivity Benefit Model*) adalah dengan peningkatan produktivitas secara total akan memberikan manfaat kepada banyak pihak seperti

konsumen, pekerja, pemilik perusahaan dan masyarakat dan negara secara keseluruhan. Dari teori tersebut disimpulkan bahwa perbaikan produktivitas sangat dibutuhkan untuk menunjang daya saing suatu perusahaan. Peningkatan produktivitas sendiri memiliki dua faktor penting yang mempengaruhinya yaitu efektivitas dan efisiensi. Efektivitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai. Dimana makin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektivitasnya (Hidayat, 1986). Sedangkan menurut

Prasetyo Budi Saksono, (1984) efektivitas adalah seberapa besar tingkat kelengkapan output yang dicapai dengan output yang diharapkan dari sejumlah input. Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan rencana penggunaan masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau perkataan lain penggunaan yang sebenarnya (Mulyama, 1987) sedangkan menurut (Soekartawi, 1989) Efisiensi adalah suatu ukuran keberhasilan yang dinilai dari segi besarnya sumber/biaya untuk mencapai hasil dari kegiatan yang dijalankan.

PT. PAL Indonesia merupakan badan usaha milik negara di bidang industri galangan kapal berkantor pusat di Surabaya. Sebagai salah satu perusahaan besar tentu saja diperlukan suatu pengembangan dalam produktivitas mesin guna menjaga efektivitas serta efisiensi produk, hal ini ditujukan agar perusahaan dapat tetap bersaing dengan perusahaan galangan kapal lain. PT. PAL Indonesia memiliki mesin MNC CNC Milling dan mesin FF CNC Milling. Namun mesin CNC Milling di PT. PAL hanya mampu berproduktivitas sebesar 61% per produksi, hal ini tidak memenuhi standar SNI yang telah ditetapkan sebesar $\pm 85\%$ per produksi. Penggunaan metode DEA (*Data Envelopment Analysis*) untuk mengetahui faktor penurunan produktivitas mesin yang berdampak pada hasil produktivitas. Kedua mesin tersebut memerlukan banyak input yaitu jam operasi, energi/listrik, material yang akan diproses, dan tenaga kerja untuk operator mesin tersebut. Tentu saja untuk mengelola faktor-faktor produksi agar meningkatkan produktivitas kerja diperlukan bahan evaluasi yakni pengukuran efektivitas dan efisiensi pada kedua mesin tersebut. Hal ini mengharuskan perusahaan untuk selalu melakukan pembenahan dalam perawatan mesin. Tentu saja bila perusahaan menggunakan kedua mesin tersebut untuk proses produksi memakan biaya operasional dan perawatan cukup besar, perusahaan melakukan pengukuran efektivitas dan efisiensi metode sumanth, tapi dalam hal ini metode sumanth dirasa kurang memiliki hasil produksi yang baik. Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) merupakan metode non parametrik dalam penelitian operasi dan ekonomi untuk memperkirakan batas produksi. Metode DEA (*Data Envelopment Analysis*) sendiri dapat digunakan untuk mengukur sekaligus meranking/ membandingkan (*benchmarking*) produktivitas secara baik antara unit-unit yang saling diperbandingkan (Dula, 2002). Oleh karena itu dengan menerapkan metode DEA (*Data Envelopment Analysis*) diharapkan PT.PAL dapat mengetahui faktor-faktor penyebab kecilnya presentase hasil produktivitas kedua jenis mesin CNC (*Computer Numerical Control*) milling, serta dapat menentukan jenis perawatan apa yang paling tepat untuk meningkatkan produktivitas mesin tersebut.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang ditemui sebagai berikut:

- Faktor Input dan Output Mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling yang mempengaruhi efektivitas hasil produksi
- Belum diketahuinya hasil pengukuran produktivitas Mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling.
- Diketahui penyebab rendahnya produktivitas dan mengetahui jenis perawatan yang tepat untuk mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah, agar lingkup penelitian menjadi jelas dan tidak melebar. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Penelitian dilakukan pada Mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling yang dimiliki oleh PT. PAL INDONESIA.
- Penelitian ini menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA).
- Data-data penelitian ini meliputi data input dan output perbulan dari kedua Mesin CNC Milling.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah antara lain permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimanakah hasil pengukuran efektivitas dan efisiensi pada Mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling dengan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)?
- Bagaimanakah hasil pengukuran produktivitas pada Mesin FF CNC Milling dan Mesin MNC CNC Milling dengan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian sebagai berikut:

- Untuk mengetahui hasil pengukuran efektivitas dan efisiensi pada mesin FF-CNC Milling dan Mesin MNC-CNC Milling dengan Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)?
- Untuk mengetahui hasil produktivitas pada Mesin FF-CNC Milling dan Mesin MNC-CNC Milling dengan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)?

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian antara lain:

- Bagi Penulis
 - Untuk mengembangkan ilmu yang didapat dari

bangku kuliah secara teori dengan kenyataan yang ada di perusahaan.

- Untuk memberikan pengalaman bagi penulis dalam penelitian di lapangan.
- Bagi Perusahaan, sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan di dalam memantau keadaan perusahaan, sehingga diharapkan penelitian ini menjadi sumbangan pemikiran bagi perusahaan dalam mengelola faktor-faktor produksinya secara lebih baik di masa-masa mendatang.

METODE

Pada penelitian ini, peneliti menganalisa pengukuran produktivitas Mesin CNC Milling dengan menggunakan Metode *Data Envelopment Analysis* Di PT. PAL Indonesia

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian

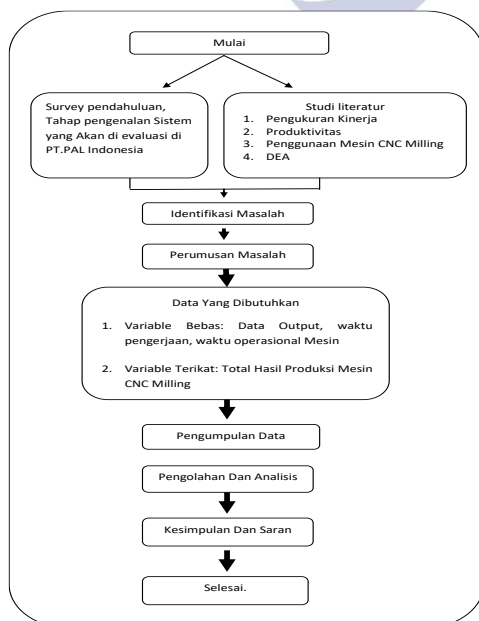
Penelitian ini dilaksanakan di PT PAL Indonesia yang beralamat di Jl. Hangtuah, kel. Ujung, kec. Semampir, Surabaya-Jawa Timur 60115.

Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2019 sampai bulan November 2019 dan waktu pengambilan data dimulai setelah melakukan uji proposal. Data yang diambil dari perusahaan adalah proses produksi pada Mesin *CNC Milling* dan Mesin *mnc CNC Milling*.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini memiliki diagram alur sebagai berikut:



Gambar 1. Skema Rancangan Penelitian

Tahapan Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu meliputi:

- Mulai
- Survei Pendahuluan
Dalam tahap ini penulis melihat secara langsung di industri tentang masalah-masalah yang ada di industri terutama mengenai produktivitas penggunaan mesin.
- Studi Literatur
Studi literatur merupakan tahap awal mengumpulkan teori-teori yang mendukung tentang mesin terutama mesin press, produktivitas maupun pengukuran dengan metode DEA (*Data Envelopment Analysis*).
- Identifikasi masalah
Dalam tahap ini penulis mengambil keputusan akan mengangkat masalah yang berhubungan dengan produktivitas penggunaan mesin CNC milling yang selama ini belum ada metode atau model perhitungan yang digunakan dalam melakukan pengukuran produktivitas.
- Perumusan masalah
Perumusan masalah yang akan diambil yakni pengukuran tingkat produktivitas pada mesin CNC milling.
- Data yang dibutuhkan
Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni data dari Mesin *FF-CNC Milling* dan Mesin *MNC-CNC Milling* yang meliputi data kapasitas efektif mesin, data output aktual, waktu pengerjaan, serta waktu operasional dari kedua mesin tersebut. Mulai dari bulan Februari, Maret dan April 2019.
- Pengumpulan data
Penulis melakukan survey langsung di lapangan atau industri untuk mengambil data yang diperoleh secara langsung, baik dari hasil wawancara dengan pekerja secara langsung ataupun dari pihak-pihak yang bertanggung jawab pada objek penelitian serta melihat catatan-catatan yang ada di perusahaan tersebut yang berhubungan dengan penelitian ini.
- Pengolahan data Analisis data
Pada tahap ini akan dilakukan analisis dengan pengukuran menggunakan metode DEA dan menggunakan *Microsoft Excel* untuk pengolahan datanya.
- Simpulan dan Saran
Berisi rangkuman hasil penelitian dan saran yang diberikan sebagai pengembangan pada perusahaan
- Selesai

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian pengaruh tingkat produktivitas pada Mesin FF-CNC Milling dan Mesin MNC-CNC Milling terhadap total produksi yang menggunakan mesin CNC Milling tersebut di PT. PAL Indonesia ini adalah berupa lembar observasi dan wawancara.

Teknik Analisis Data

Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan bantuan program komputer, pendekatan frontier non-parametrik menggunakan metode Data Envelopment Analysis (DEA) untuk mengukur, menganalisis efektivitas dan efisiensi teknik industri. Penelitian ini sudah dilakukan menggunakan microsoft excel untuk pengolahan datanya.

- Data Envelopment Analysis (DEA)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin yang diteliti adalah Mesin MNC-CNC Milling dan Mesin FF-CNC Milling. Data yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai produktivitas, efisiensi serta efektivitas berasal dari kedua mesin CNC Milling. Data diambil dari divisi GE (*General Engineering*), pada proses data yang terkumpul yaitu dari bulan juni sampai desember (selama enam bulan).

Data yang telah terkumpul selanjutnya dilakukan proses analisa data dengan menggunakan rumus perhitungan efisiensi, efektivitas dan produktivitas. Dalam penelitian ini nilai efektivitas mesin CNC Milling diperoleh dari hasil pembagian waktu pengerjaan dengan waktu operasional mesin. Untuk mendapatkan nilai efisiensi diperoleh dari hasil pembagian output aktual dengan kapasitas efektif. Setelah nilai efektivitas dan efisiensi dapat diketahui nilainya, maka nilai produktivitasnya dapat diketahui yang berasal dari hasil bagi efisiensi dengan efektivitas pada masing – masing mesin CNC Milling.

Hasil Penelitian

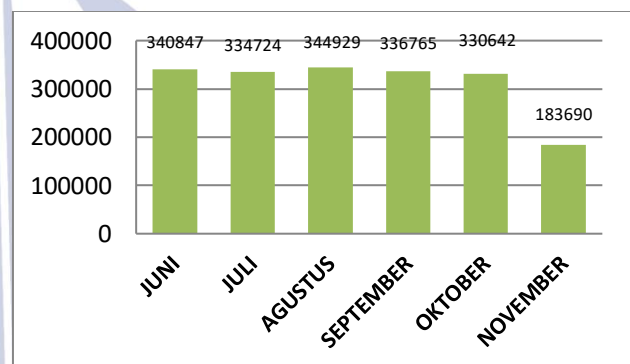
Deskripsi Data Produksi Pada Mesin MNC-CNC Milling

Variabel Produksi Pada Mesin MNC-CNC Milling yang merupakan variabel bebas pertama dari data yang didapatkan oleh peneliti di PT. PAL Indonesia, maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Total Data Perhitungan Hasil Produksi Mesin CNC Milling

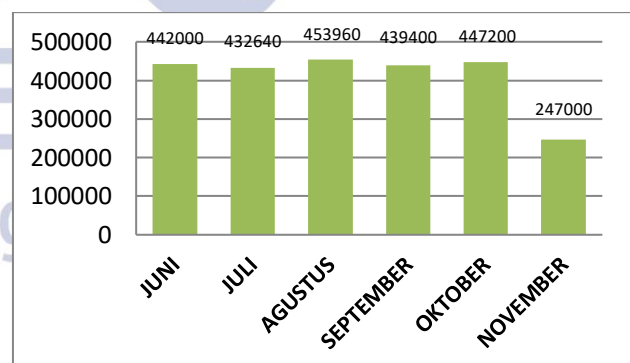
No.	Bulan	Total Produksi Mesin CNC Milling
1.	Juni	782.847
2.	Juli	767.364
3.	Agustus	789.889
4.	September	776.165
5.	Oktober	777.842
6.	November	430.690
Total		4.324.797

Dari tabel data perhitungan hasil produksi pada Mesin MNC-CNC Milling dari bulan Juni-November. Maka dapat dibentuk menjadi histogram sebagai berikut:



Gambar 2. Histogram Perhitungan Hasil Produksi Mesin MNC-CNC

Dari tabel data perhitungan hasil produksi pada Mesin FF-CNC Milling dari bulan Juni-November. Maka dapat dibentuk menjadi histogram sebagai berikut:



Gambar 3. Histogram Perhitungan Hasil Produksi Mesin FF-CNC Milling

Metode yang digunakan sebagai alat pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan Metode Observasi lalu dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan Metode Data Envelopment Analysis.

Pengumpulan dan pencatatan data yang dilakukan oleh penulis di PT. PAL Indonesia merupakan

pengamatan serta Metode Observasi yang dilakukan guna dapat menemukan hasil banding dari Mesin MNC-CNC Milling dengan Mesin FF-CNC Milling. Adapun hasil selisih banding yang di dapat dari observasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Data Produksi Periode Juni 2019

Unit Mesin CNC Milling	Keterangan yang dibutuhkan			
	Output Aktual	Kapasitas Efektif	Waktu Pengerjaan	Waktu Operasional
Mesin MNC-CNC	340.847 mm	408.200 mm	14 jam	16 jam
Mesin FF-CNC	442.000 mm	520.000 mm	14 jam	16 jam

Setelah semua data produksi yang dibutuhkan telah diperoleh pada bulan juni 2019 telah terpenuhi maka data dapat diolah menggunakan metode Data Envelopment Analysis (DEA) dan bantuan output dari software DEAP (Microsoft Excel) dengan perhitungan sebagai berikut:

Mesin MNC-CNC Milling Periode Juni

Mencari Efisiensi

Dimana:

Output Aktual = hasil pemakanan

Kapasitas Efektif = total pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi per hari} &= \frac{\text{Output perhari}}{\text{Kapasitas manual}} \times 100\% \\
 &= \frac{13109,5}{15700} \times 100\% \\
 &= 84\%
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

Jadi efisiensi perhari yang diperoleh senilai 84%. Dengan max. 15700 mm, untuk min. 10000 mm. Sedangkan hasil proses diperoleh rata rata 13109,5 mm per hari. Nilai dari hasil proses berada di antara max. Dan min. Disimpulkan bahwa mesin MNC-CNC berjalan perhari cukup baik.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{\text{Output Aktual}}{\text{Kapasitas Efektif}} \times 100\% \\
 &= \frac{340.847}{408.200} \times 100\%
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

$$\text{Efisiensi} = 83,5\%$$

Jadi menurut indikator diatas Mesin MNC-CNC Milling periode produksi Juni 2019 nilai efisiensinya adalah 83,5 %

Mencari Efektivitas

Dimana:

Wbmax = waktu pengerjaan

Wbst = waktu operasional mesin

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas} &= \frac{Wbmax}{Wbst} \times 100\% \\
 &= \frac{14 \text{ Jam}}{16 \text{ Jam}} \times 100\%
 \end{aligned}
 \quad (3)$$

$$\text{Efektivitas} = 87,5\%$$

Jadi menurut indikator diatas Mesin MNC-CNC Milling periode produksi Juni 2019 nilai efektivitasnya adalah 87,5 %

Mencari Produktivitas

Setelah nilai efisiensi dan efektivitas dari Mesin MNC-CNC Milling pada produksi periode Juni 2019, maka nilai dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

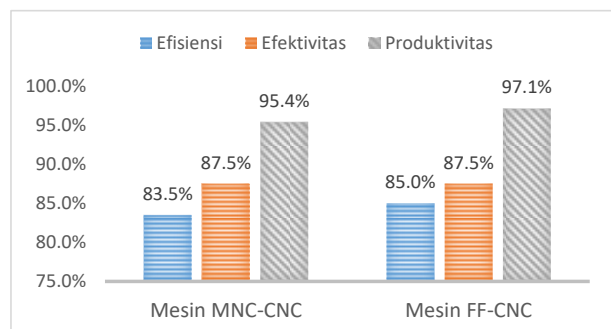
$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Efisiensi}}{\text{Efektivitas}} \times 100\% \\
 &= \frac{83,5\%}{87,5\%} \times 100\% \\
 \text{Produktivitas} &= 95,42\%
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

Jadi menurut indikator diatas Mesin MNC-CNC Milling periode produksi pada bulan Juni 2019 dikategorikan produktif karena nilai produktivitasnya 95,42%

Tabel 3. Hasil Presentase Periode Juni 2019

Unit Mesin CNC Milling	Presentase Pencapaian		
	Efisiensi	Efektivitas	Produktivitas
Mesin MNC-CNC	83,5%	87,5%	95,42 %
Mesin FF-CNC	85%	87,5%	97,14 %

Dari perolehan hasil presentase pada Mesin MNC-CNC Milling dan Mesin FF-CNC Milling bulan Juni 2019 diatas dapat digambarkan ke dalam bentuk histogram sebagai berikut:



Gambar 4. Histogram Perhitungan Hasil Produksi periode bulan Juni 2019

Pengukuran presentase produksi ini mempunyai indikator:

- <75 % = dikategorikan tidak tercapai
- 75% - 95% = dikategorikan cukup
- 100% > = dikategorikan memuaskan

(Sumber: sugiyono. 2016. Statistika Untuk penelitian. Bandung: Alfabeta.)

PENUTUP

Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat peneliti adalah sebagai berikut:

- Hasil dari pengamatan jumlah hitung dari rata-rata produktivitas mesin MNC-CNC Milling dan Mesin FF-CNC Milling menunjukkan rata-rata produktivitas yang baik yaitu mencapai 90,18% pada Mesin FF-CNC Milling memiliki hasil lebih tinggi dibanding Mesin MNC-CNC Milling 87,33%. Untuk MNC-CNC dan FF-CNC antara lain 85% dan 88% per hari.
- Perhitungan tingkat produktivitas menggunakan Metode *Data Envelopment Analysis (DEA)* pada Mesin CNC Milling, menunjukkan Mesin FF-CNC Milling memiliki tingkat efisiensi yang baik dibanding Mesin MNC-CNC Milling yang mencapai angka 78,91%. Hasil hitung tingkat efektivitas kedua jenis Mesin CNC Milling memiliki hasil nilai yang sama yaitu 76,41, disebabkan dari waktu pengerjaan dan operasional mesin yang sama.

Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan peneliti di PT. PAL Indonesia mengenai perbandingan produktivitas kedua jenis mesin CNC Milling dan berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, adapun peneliti menyampaikan beberapa saran yang bisa dijadikan bahan pertimbangan guna meningkatkan produktivitas perusahaan dalam bidang produksi. Adapun saran yang ingin diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

- PT.PAL Indonesia diharapkan untuk lebih meningkatkan perawatan pada mesin-mesin yang menunjang kegiatan produksi di Divisi GE (*General Engineering*) khususnya perawatan pada Mesin CNC Milling guna mengurangi resiko kerusakan berat mesin yang akan menimbulkan dampak penurunan produksi di Divisi GE (*General Engineering*) serta untuk menunjang kinerja hasil produksi dan dapat goal / tercapai sesuai target pemesanan.
- Diharapkan PT. PAL, memperhatikan peningkatan produksi yang lebih produktif lagi dengan cara:
 - Peningkatan kualitas mesin / penjadwalan proses

perbaikan mesin secara berskala, dalam kata lain tidak menunggu sampai mesin mengalami kerusakan parah / kerusakan total.

- Peningkatan SDM yang lebih memumpuni / sesuai profesional antara jam kerja aktif dan waktu break time.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, Nicole, Lea Friedman dan Zilla Sinuany-Stern. 2002. *Review of Ranking Methods in The Data Envelopment Analysis Context*. European Journal of Operational Research 140 (2002) 249–265
- Arikunto, Suharsisni . 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta
- 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
- Dameria, Anne. 2009. *Mengenal Mesin CNC router daban pengaplikasiannya*. Jakarta: Wikipedia.
- Hantoro, Sirod dan Thomas Sukarsi. 1990. *Teknologi Pemeliharaan Mesin Perkakas*. Yogyakarta: Liberty
- Kuspriyanto. 2011. *Mesin CNC Jurnal Departemen Teknologi Elektro Fakultas Teknik Industri*. Institut teknologi Bandung.
- Rachman, Dini Yuliana. 2006. *Analisis efisiensi Industri Perbankan Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA)*. Depok. Skripsi. Departemen Manajemen. Fakultas Ekonomi , Universitas Indonesia.
- Ray, Subhash C. 2004. *Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Suhairi. 2010. *Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Dalam Meningkatkan Produktivitas*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
- Susanto, 2005. *Pengertian Efektivitas*. Universitas Negeri Yogyakarta: Lumbung Pustaka.
- Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.