

## ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) PADA MESIN CNC CUTTING

Hidayat<sup>1</sup>, Moh.Jufriyanto<sup>1</sup>, Akhmad Wasiur Rizqi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik.

Email: [hidayat@umg.ac.id](mailto:hidayat@umg.ac.id)

### ABSTRACT

*PT PAL Indonesia (Persero) is one of the state-owned industries and manufactures engaged in the maritime sector. This company has production equipment complete enough to carry out its production of ship components. There is a problem in this machine, it can be seen by the frequency of damage that occurs to machines or equipment due to the damage so that the production target is sometimes not achieved. Another consequence caused by damage to machines or equipment is in terms of the quality of the resulting product, where products that do not comply with quality standards will be reprocessed. Increasing production efficiency at this company is to measure the effectiveness of CNC Cutting machines using the OEE (Overall Equipment Effectiveness) method. The results of this study suggest that the company should pay more attention to factors of use of production time, work according to standards, operator knowledge, and maintenance of machines. By paying attention to these factors, it is expected that the company's productivity will increase and the production process will run effectively and efficiently.*

*Keywords: PT PAL, CNC Cutting, OEE (Overall Equipment Effectiveness)*

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur semakin meningkat dari tahun ke tahun, hal ini tentu saja membuat persaingan pada industri manufaktur kian pesat [1]. Perusahaan perlu melakukan usaha perbaikan dari segi peralatan dengan meningkatkan efektivitas mesin atau peralatan yang ada seoptimal mungkin [2]. Mesin atau peralatan yang digunakan harus dalam kondisi yang baik agar dapat bekerja secara optimal [3]. Untuk menjaga agar kondisi mesin agar tidak terjadi kerusakan ataupun gangguan-gangguan yang menyebabkan proses produksi terhenti, maka dibutuhkan perawatan yang baik sehingga hasilnya dapat meningkatkan efektivitas mesin atau peralatan dan kerusakan pada mesin atau peralatan dapat dihindari [4].

PT PAL Indonesia (Persero) adalah salah satu industri dan manufaktur milik negara yang bergerak di bidang maritim. Kegiatan dan usaha PT PAL adalah memproduksi kapal, perbaikan dan pemeliharaan kapal serta rekayasa umum (*offshore construction*). Perusahaan ini memiliki peralatan produksi yang cukup lengkap untuk melakukan produksi sendiri pada komponen kapal. Salah satunya yaitu memiliki mesin *CNC Cutting* untuk mempermudah pemotongan plat baja sesuai desain yang dibuat.

Dalam kenyataannya tingkat utilitas mesin yang ada pada perusahaan manufaktur yaitu sekitar setengah dari kemampuan mesin yang sesungguhnya. Dalam kasus ini pada PT. PAL terkadang mengalami problem pada mesin yang digunakan, seperti mesin mati sampai 3 hari berturut turut. Hal ini disebabkan tidak adanya

order pemotongan dan juga proses perawatan pada mesin tersebut masih kurang memenuhi standar.

Namun kadang kala mesin akan berhenti beroperasi karena masih ada produk hasil pemotongan yang belum dingin sehingga masih harus didiamkan sekitar 30 menit – 60 menit sebelum bisa diambil dan diganti dengan plat baja yang baru. Mesin juga akan berhenti sesaat ketika *nozzle* dan gas harus diganti.

Permasalahan penggunaan mesin yang kurang efektif ini tentu akan sangat berpengaruh terhadap tidak stabilnya tingkat produksi dari mesin *CNC Cutting* itu sendiri. Dalam upaya menghilangkan kerugian besar ini metode yang paling direkomendasikan yaitu dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) [5][6]. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan suatu metode pengukuran tingkat efektivitas pemakaian suatu mesin atau peralatan dengan menghitung ketersediaan mesin, performansi dan kualitas produk yang dihasilkan [7][8].

### METODOLOGI PENELITIAN

Mesin yang akan dijadikan objek penelitian ini ialah mesin *CNC Cutting*. Ini dikarenakan mesin ini sangat vital dan sangat penting untuk pembuatan bangunan kapal baru. Semua plat baja sebelum *diassembly* akan dipotong dan dibentuk di mesin *CNC Cutting*. Namun kenyataannya tidak semua order yang diberikan dapat terselesaikan tepat waktu. Ini disebabkan beberapa hal seperti waktu *set-up* yang lama, plat baja masih ada karat yang nempel. Jika permasalahan ini tidak segera diatasi

maka akan menjadi permasalahan yang terus menerus terjadi yang berpotensi mengganggu proses produksi kapal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Data yang digunakan adalah data produksi pemotongan, data produksi *rework* dan *gross* produk, serta data jam kerja dan delay mesin.

**Data Produksi Pemotongan**

Data yang tersedia diberikan dalam sebelas bulan dengan satuan waktu (jam) dan panjang pemotongan (mm) per bulannya. Asumsi yang diberikan dalam melakukan pemotongan dengan kualitas yang baik adalah dengan kecepatan pemotongan 5 mm per detik. Tabel 1 berikut merupakan hasil rekapan pemotongan plat baja perbulannya:

Tabel 1. Data produksi pemotongan

Bulan Ke-	Aktif produksi (jam)	Menit	Detik	Produksi (mm)
1	116,87	7012,2	420732	2103660
2	113,15	6789	407340	2036700
3	100,30	6018	361080	1805400
4	132,45	7947	476820	2384100
5	117,40	7044	422640	2113200
6	134,51	8070,6	484236	2421180
7	108,68	6520,8	391248	1956240
8	138,07	8284,2	497052	2485260
9	123,50	7410	444600	2223000
10	133,85	8031	481860	2409300
11	133,61	8016,6	480996	2404980

**Data Produksi Rework dan Gross Produk**

Berikut merupakan data hasil rekapan *rework* dan *gross product* pada Tabel 2.

Tabel 2. Data *rework* dan *gross product*

Bulan Ke-	Rework (jam)	Rework (jam)	Rework (jam)	Rework (jam)	Gross Produk (mm)
1	5,3	318	19080	95400	2008260
2	6,9	414	24840	124200	1912500
3	3,2	192	11520	57600	1747800
4	2,7	162	9720	48600	2335500
5	5,2	312	18720	93600	2019600
6	2,4	144	8640	43200	2377980
7	4,7	282	16920	84600	1871640
8	3,5	210	12600	63000	2422260
9	5,1	306	18360	91800	2131200
10	3,1	186	11160	55800	2353500
11	7,4	444	26640	133200	2271780

**Data Jam Kerja dan Delay Mesin**

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu orang di lapangan bagian CNC ada beberapa hal yang menjadi penyebab terganggunya kinerja mesin *CNC Cutting* yaitu :

- a. Pencucian mesin yaitu lama waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan part mesin yang kotor semisal serpihan baja hasil pemotongan, lelehan baja yang sudah mengeras, pembersihan alas mesin dari bekas las.
- b. *Warm up time* yaitu lama waktu persiapan mesin sebelum dioperasikan; semisal: waktu

memposisikan plat baja ke mesin CNC serta memposisikan plat baja ke posisi koordinat 0 mesin, dan mengelas plat baja ke alas mesin.

- c. *Schedule shutdown* yaitu lama waktu berhentinya produksi yang ditetapkan oleh perusahaan. Semisal penggantian plat baja alas *CNC Cutting* serta penyetelan part yang longgar serta pelumasan mesin.
- d. *Planned downtime* yaitu waktu *downtime* yang telah dijadwalkan dalam rencana produksi. Semisal: tidak ada pembuatan bangunan kapal baru.
- e. *Machine break* yaitu kerusakan atau gangguan terhadap mesin yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi untuk sementara waktu. Semisal penggantian *nozzle* pada mesin *CNC Cutting* karena sudah tidak mampu menghasilkan api runcing.
- f. *Power cut-off* yaitu berhentinya operasi mesin diakibatkan oleh gangguan *supply energy*. Semisal: gangguan listrik, penggantian gas LPG.

Data jam kerja dan delay mesin ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data jam kerja dan delay mesin (jam)

Bulan ke-	Jam Kerja Tersedia	Schedule Shutdown	Planned Downtime	Pencucian Mesin	Machine Break	Warm up	Power Cut Off	Total Delay
1	166,5	1,30	17,50	12,80	3,50	13,30	1,23	49,63
2	160	1,30	14,50	11,70	3,00	15,20	1,15	46,85
3	163,5	1,70	36,00	12,40	1,30	10,40	1,40	63,20
4	168,5	2,00	0,00	15,00	2,80	14,30	1,95	36,05
5	162,5	23,00	0,00	5,00	4,50	11,60	1,00	45,10
6	167,5	1,70	7,00	9,30	1,30	12,30	1,39	32,99
7	152,5	1,40	14,00	12,30	3,40	11,60	1,12	43,82
8	170	2,00	3,50	10,50	2,00	11,80	2,13	31,93
9	175	1,60	18,50	13,40	3,70	12,80	1,50	51,50
10	178	1,30	14,00	12,50	1,80	13,40	1,15	44,15
11	163,5	1,70	0,00	11,00	2,60	13,50	1,09	29,89

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan Availability Ratio**

*Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan terhadap *loading time* [9][10]. Persamaan 1 berikut merupakan rumus untuk mencari *Availability ratio* :

$$availability\ ratio = \frac{Operation\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana,

$$operation\ time = Loading\ time - total\ downtime$$

$$Loading\ time = Availability\ time - planned\ downtime$$

Hasil perhitungan *loading time* secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4. *Downtime* mesin merupakan waktu dimana mesin tidak dapat melakukan aktivitas produksi secara normal karena adanya gangguan terhadap mesin CNC [11]. Dalam hal ini yang menyebabkan *downtime* ialah pencucian mesin, *schedule shutdown*, *power cut off*, *warm up* dan *machine break*.

Tabel 4. Perhitungan *loading time* (dalam jam)

Bulan Ke-	Available Time	Planned Downtime	Loading Time
1	166,5	17,50	149,00
2	160	14,50	145,50
3	163,5	36,00	127,50
4	168,5	0,00	168,50
5	162,5	0,00	162,50
6	167,5	7,00	160,50
7	152,5	14,00	138,50
8	170	3,50	166,50
9	175	18,50	156,50
10	178	14,00	164,00
11	163,5	0,00	163,50

Hasil perhitungan *Availability ratio* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil perhitungan *availability ratio*

BULAN KE-	Loading Time	Total Downtime	Operation Time	Avaibility Rasio (%)
1	149,00	32,13	116,87	78,44
2	145,50	32,35	113,15	77,77
3	127,50	27,20	100,30	78,67
4	168,50	36,05	132,45	78,61
5	162,50	45,10	117,40	72,25
6	160,50	25,99	134,51	83,81
7	138,50	29,82	108,68	78,47
8	166,50	28,43	138,07	82,92
9	156,50	33,00	123,50	78,91
10	164,00	30,15	133,85	81,62
11	163,50	29,89	133,61	81,72

**Perhitungan Performance Efficiency**

Sebelum menghitung *performance efficiency* maka harus dihitung *ideal cycle time*, dimana *ideal cycle time* merupakan waktu siklus ideal mesin CNC *cutting* dalam melakukan pemotongan plat baja. Sebelum menghitung *ideal cycle time* maka harus dihitung persentase jam kerja terhadap *delay* [12].

Tabel 6. Hasil perhitungan % jam kerja

BULAN KE-	Available Time	Total delay	Jam Kerja %
1	166,5	49,63	70,19
2	160	46,85	70,72
3	163,5	63,20	61,35
4	168,5	36,05	78,61
5	162,5	45,10	72,25
6	167,5	32,99	80,30
7	152,5	43,82	71,27
8	170	31,93	81,22
9	175	51,50	70,57
10	178	44,15	75,20
11	163,5	29,89	81,72

$$\text{Efficiency pada Waktu siklus} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{panjang pemotongan}}$$

Dengan perhitungan yang sama berikut merupakan hasil dari perhitungan dari *ideal cycle time*.

Tabel 7. Hasil perhitungan *ideal cycle time*

Bulan ke-	Produksi (mm)	Loading Time (Minute s)	Ideal Cycle Time (jam/mm)
1	2103660	149,00	0,000049716
2	2036700	145,50	0,000050521
3	1805400	127,50	0,000043323
4	2384100	168,50	0,000055556
5	2113200	162,50	0,000055556
6	2421180	160,50	0,000053234
7	1956240	138,50	0,000050455
8	2485260	166,50	0,000054412
9	2223000	156,50	0,000049683
10	2409300	164,00	0,000051186
11	2404980	163,50	0,000055556

Perhitungan *performance efficiency* dilakukan sebagai berikut:

$$\text{Performance} = \frac{\text{processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

Dengan perhitungan yang sama maka berikut merupakan hasil perhitungan untuk *performance efficiency*

Tabel 8. Hasil perhitungan *performance efficiency*

BULAN KE-	Gross Product	Ideal Cycle Time	Operation Time	Performance Efficiency (%)
1	2008260	0,000049716383	116,87	85,43
2	1912500	0,000050520833	113,15	85,39
3	1747800	0,000043323140	100,30	75,49
4	2335500	0,000055555556	132,45	97,96
5	2019600	0,000055555556	117,40	95,57
6	2377980	0,000053233831	134,51	94,11
7	1871640	0,000050455373	108,68	86,89
8	2422260	0,000054411765	138,07	95,46
9	2131200	0,000049682540	123,50	85,74
10	2353500	0,000051186017	133,85	90,00
11	2271780	0,000055555556	133,61	94,46

**Perhitungan Rate of Quality Product**

*Rate of quality product* merupakan sebuah rasio untuk menggambarkan suatu kemampuan mesin CNC *Cutting* untuk menghasilkan produk sesuai dengan standar yang ditentukan sebelumnya [13].

$$ROQ = \frac{\text{Processed amount} - \text{defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan perhitungan yang sama maka di bawah akan disajikan Tabel 9 hasil perhitungan ROQ.

Tabel 9. Hasil perhitungan ROQ

Bulan ke-	Gross Product	Total Broke	Rate Of Quality (%)
1	2008260	95400	95,25
2	1912500	124200	93,51
3	1747800	57600	96,70
4	2335500	48600	97,92
5	2019600	93600	95,37
6	2377980	43200	98,18
7	1871640	84600	95,48
8	2422260	63000	97,40
9	2131200	91800	95,69
10	2353500	55800	97,63
11	2271780	133200	94,14

**Perhitungan Overall Equipment Effectiveness**

Overall Equipment Effectiveness merupakan sebuah metode untuk mengetahui besarnya efektivitas mesin atau peralatan secara keseluruhan. Sebelum melakukan perhitungan OEE, maka harus melakukan perhitungan Availability Ratio, Performance Efficiency, dan ROQ [14][15]. Berikut merupakan formula rumus untuk mencari nilai OEE:

$$OEE = \text{Availability\%} \times \text{Performance\%} \times \text{ROQ\%}$$

Hasil perhitungan OEE ditunjukkan pada Tabel 10.

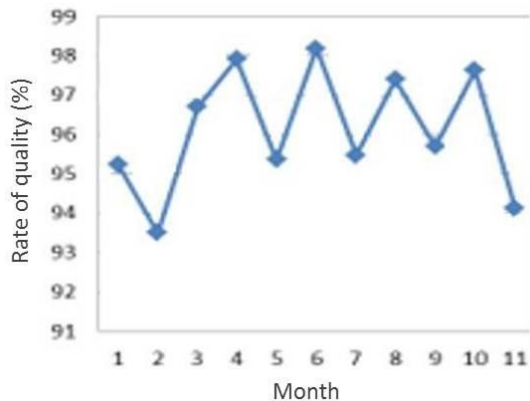
Tabel 10. Hasil perhitungan OEE

BULAN KE-	Rate Of Quality (%)	Performance Efficiency (%)	Availability Rasio (%)	OEE (%)
1	95,25	85,43	78,44	63,83
2	93,51	85,39	77,77	62,09
3	96,70	75,49	78,67	57,43
4	97,92	97,96	78,61	75,40
5	95,37	95,57	72,25	65,85
6	98,18	94,11	83,81	77,44
7	95,48	86,89	78,47	65,10
8	97,40	95,46	82,92	77,10
9	95,69	85,74	78,91	64,74
10	97,63	90,00	81,62	71,71
11	94,14	94,46	81,72	72,67
<b>RATA-RATA</b>	<b>96,12</b>	<b>89,68</b>	<b>79,38</b>	<b>68,49</b>

**Analisis Hasil Perhitungan**

**Rate of Quality**

Hasil pengolahan data rate of quality disajikan pada Gambar 1.

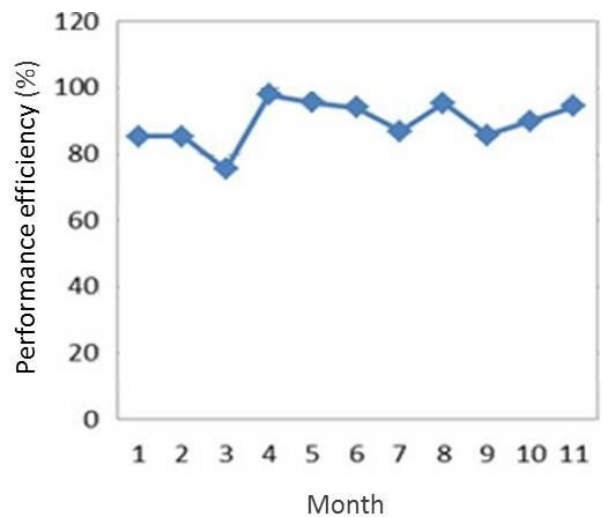


Gambar 1. Part grafik rate of quality

Dari Gambar 1.dapat disimpulkan bahwa nilai ROQ tertinggi terletak pada bulan 6 dan terendah terletak pada bulan 2 yaitu sebesar 93.5%. Meskipun demikian perbandingan produk yang dihasilkan tanpa cacat hampir 100% sehingga disimpulkan kemampuan memotong plat baja masuk kategori sempurna.

**Performance Efficiency**

Gambar 2 merupakan hasil pengolahan data performance efficiency yang disajikan dengan grafik.

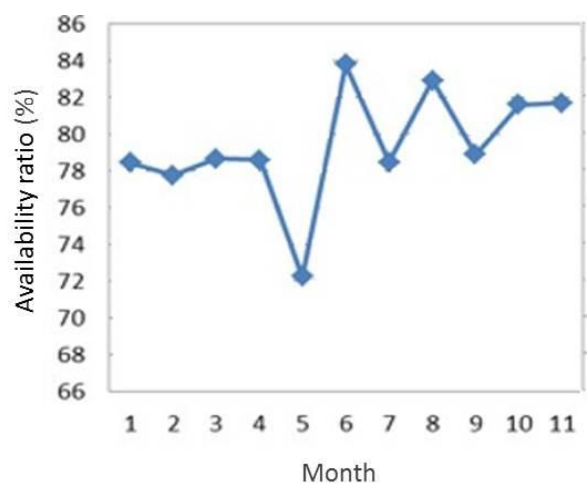


Gambar 2. Performance efficiency

Berdasarkan Gambar 2.dapat disimpulkan bahwa titik terendah terletak pada bulan ketiga yaitu sebesar 75,49% pada bulan ketiga dan titik tertinggi 97.96% pada bulan keempat. Namun secara keseluruhan performance efficiency bisa dikatakan masih normal.

**Availability ratio**

Gambar 3 adalah hasil pengolahan data availability ratio yang disajikan dengan grafik.

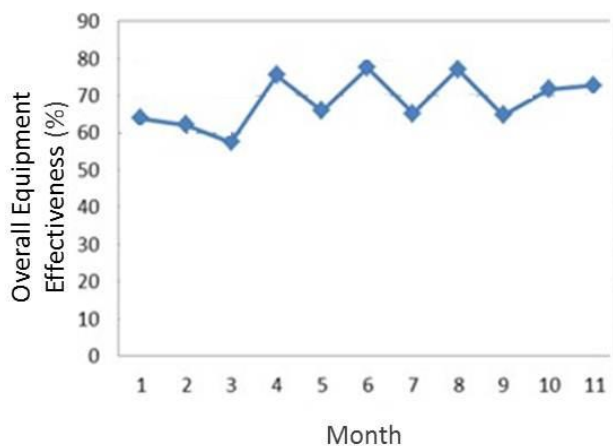


Gambar 3. Grafik Availability ratio

Berdasarkan Gambar 3. titik terendah terletak pada bulan 5 yaitu sebesar 72.24% dan titik tertinggi terletak pada bulan ke 6 yaitu sebesar 83%. Dengan rata rata sebesar 79.37% secara garis besar waktu downtime mesin harus segera diperbaiki agar tidak mengganggu terhadap kapasitas produksi pemotongan. Salah satu penyebab rendahnya *availability ratio* adalah peletakan benda kerja ke dalam mesin yang memakan waktu cukup lama yaitu bisa mencapai waktu 20-30 menit. Dan penyebab lainnya adalah waktu pengambilan benda kerja yang selesai dipotong yang harus didiamkan selama minimal 30 menit.

### Overall Equipment Effectiveness

Gambar 4 menyajikan grafik hasil pengolahan data *Overall Equipment Effectiveness*.



Gambar 4. Grafik *Overall Equipment Effectiveness*

Dari Gambar 4 terlihat titik terendah pada bulan ketiga yaitu sebesar 57.43% serta tertinggi terletak pada bulan 6 yaitu sebesar 77.4%. dengan rata-rata sebesar 68.48%.

Berikut merupakan klasifikasi nilai OEE serta akibat yang akan ditimbulkan (Leflar, 1998):

- OEE < 65% tidak dapat diterima. Ada kerugian ekonomi penting. Daya saing sangat rendah.
- 65% < OEE < 75% standar. Diterima hanya jika berada dalam proses perbaikan. Kerugian ekonomi. Rendah daya saing.
- 75% < OEE < 85% diterima. Lanjutkan perbaikan di atas 85% dan bergerak menuju kelas dunia. Sedikit kerugian ekonomi. Daya Saing sedikit rendah.
- 85% < OEE < 95% Bagus. nilai kelas dunia, Daya saing baik .
- OEE > 95% Unggul. nilai kelas dunia. Daya saing sempurna.

Berikut merupakan beberapa masalah yang menyebabkan tingkat efektivitas mesin *CNC Cutting* masuk kategori standar

- Pengetahuan operator masih rendah tentang cara mengkomposisikan gas dan oksigen yang tepat.
- Penaruhan plat baja ke mesin *CNC Cutting* yang sangat lama, karena sistem *material handling* masih kurang bagus
- Operator kurang handal saat memposisikan *nozzle* ke titik awal pemotongan

- Proses *preheating* tidak sesuai standar yaitu selama 60 sec, namun kenyataan hanya dilakukan selama 25-30 sec. sehingga menyebabkan plat baja tidak terpotong.
- Plat baja mudah memuai saat proses pemotongan.
- Proses *sandblasting* yang kurang sempurna sehingga masih meninggalkan karat. Akibatnya plat baja lebih sukar untuk dipotong.
- Proses penjadwalan yang kurang baik sehingga kadangkala mesin menganggur sampai berhari hari. Kadang kala ada proses pemotongan molor tidak sesuai jadwal.
- Staf operator CNC masih kurang dikarenakan tidak ada *cleaning service* yang bertugas untuk membersihkan sisa potongan plat baja sehingga operator menyisakan waktu untuk membersihkan CNC.
- Penggantian alas *CNC Cutting* bisa memakan waktu sekitar 4-5 hari
- Tidak adanya kipas angin sehingga operator kadangkala lebih cepat lelah karena suhu ruangan cukup panas
- Proses pengambilan benda kerja yang sudah dipotong terlalu lama yaitu sekitar 30-60 menit supaya dingin. sehingga menghambat proses pemotongan selanjutnya

### KESIMPULAN

Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berkisar pada rentang 65%<OEE<75%. Bahwa tingkat efektifitas dari mesin *CNC Cutting* masuk kategori standar, serta dapat dianggap wajar jika masih dalam tahap perbaikan atau masa *training* pada operator. Namun dari segi ekonomi perusahaan akan mengalami kerugian.

### SARAN

Hasil dari penelitian ini menyarankan kepada pihak perusahaan untuk lebih memperhatikan faktor penggunaan waktu produksi, kerja sesuai standar, pengetahuan operator, dan perawatan dari mesin. Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut diharapkan produktivitas perusahaan akan meningkat dan proses produksi telah berjalan efektif dan efisien.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alvira D., Yanti, H, dkk. 2015. Usulan Peningkatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Mesin Taping Manual dengan Meminimumkan Six Big Losses. *JurnalInstitut Teknologi Nasional*. Vol. (3) 240-251.
- A. Said dan J. Susetyo. 2008. Analisis *Total Productive Maintenance* pada lini produksi mesin perkakas guna memperbaiki kinerja perusahaan. Prosiding Seminar Nasional

- Aplikasi Sains dan Teknologi, 2008, hal. 77 – 81.
- [3] A. Y. Tobe, D. Widhiyanuriawan, and L. Yuliaty, 2018. The Integration of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Lean Manufacturing Concept to Improve Production Performance (Case Study: Fertilizer Producer). *J. Eng. Manag. Ind. Syst.* Vol. 5 (2) 102–108.
- [4] Dani, D. 2012. Usulan Perbaikan Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Mesin Fin Forming Dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Di PT. XYZ. Skripsi S1, Universitas Guna Darma : Jakarta.
- [5] Delia dkk. 2014. Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Cetak Manual Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Studi Kasus Di Perusahaan Kerupuk TTN) Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas)
- [6] D. Agung, F. Debora, and H. H. Purba, 2018. Increased Productivity of Injection Molding with Analysis of Overall Equipment Effectiveness ( OEE ). *Int. J. Res. Eng. Sci. Manag.* Vol. 1 (12) 1–7.
- [7] Diandra. 2016. Analisa *Total Productive Maintenance* terhadap produktivitas kapal/armada menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada PT. Global Trans Energy International 9, No 1.
- [8] Fahmi, A., dan Arif, R. 2012. Implementasi *Total Productive Maintenance* sebagai Penunjang Produktivitas dengan Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Mesin Rotary KTH-8 Studi Kasus PT. Indonesiaan Tobacco, *Jurnal Teknik Industri Universitas Brawijaya*, 75-84. Malang
- [9] M. M. Firmansyah, A. Susanty, and D. Puspitasari, 2015. Analisis *Overall Equipment Effectiveness* dan *Six Big Losses* pada Mesin Pencelupan Benang (Studi Kasus PT. Pismatex Textile Industry), *Ind. Eng. Online J.* Vol. 4 (4)
- [10] Nugroho, Asrofi. 2015. Usulan Perbaikan TPM dengan Perhitungan OEE Pada *Mechine Wrapping Horizontal* Di PT. XYZ. Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal
- [11] Nursanti, Ida dan Yoko Susanto. 2014. Analisis perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *packing* Untuk meningkatkan nilai *availability* mesin *packing* untuk meningkatkan nilai *availability*.
- [12] Rahayu, A. 2014. Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln dengan Penerapan *Total Productive Maintenance* pada Pabrik II/III PT Semen Padang, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*
- [13] Rahmad, Pratikto, dan S. Wahyudi, 2012. Penerapan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM). *Jurnal Rekayasa Mesin.* Vol. 3 (3). 431 – 437,
- [14] Septian. 2012. Pengukuran nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai pedoman perbaikan efektivitas mesin *CNC Cutting*. *Jurnal Teknik Pomits.* Vol. 1 (1) 1-6.
- [15] S. Nakajima, *Introduction to TPM Total Productive Maintenance*, Cambridge: Productivity Press, 1988.