



Usulan Penerapan Total Productive Maintenance pada Transfer Conveyor 17A

Sahrupi Sahrupi*, Juriantoro Juriantoro

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Jalan Raya Serang, Cilegon KM. 5 Taman Drangong, Kota Serang, Banten 42116 Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Article history:

Received: March 19, 2018

Revised: April 25, 2018

Accepted: July 27, 2018

Kata Kunci:

Maintenance
Overall Equipment Effectiveness
Transfer Conveyor 17A

Keywords:

Maintenance
Overall Equipment Effectiveness
Transfer Conveyor 17A

*Corresponding Author

Sahrupi Sahrupi
E-mail: sahrupi@gmail.com

A B S T R A K

Kuantitas dan kualitas batubara mempengaruhi efisiensi unit pembangkit, maka dari itu pemanfaatan *Transfer Conveyor 17A* sangat perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar (batubara) unit pembangkit PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Suralaya. *Transfer conveyor* adalah elemen tambahan dalam suatu rangkaian *belt conveyor* yang berfungsi untuk menyalurkan batubara dari *unloading area* sampai *coal bunker (power plant)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai OEE *Transfer Conveyor 17A* yang digunakan sebagai dasar usulan perbaikan berdasarkan nilai terendah dari ketiga parameter dalam OEE. Konsep penelitian mengadopsi metode OEE dengan nilai *quality* diasumsikan 97,50 % dikarenakan peralatan yang menjadi objek penelitian tidak menghasilkan produk. Hasil dari perhitungan diperoleh nilai OEE sebesar 82,98 % dengan rasio *Availability* 86,76% *Performance Efficiency* 98,09 % dan *Rate of Quality* sebesar 97,50%. Perlu diadakan tindakan perawatan yang terencana untuk menghindarkan kerusakan mesin yang tidak terprediksi seperti, operator melakukan pengecekan mesin sebelum mesin tersebut dioperasikan, memberikan pelatihan secara berkala kepada para operator dan maintenance untuk meningkatkan kemampuan mereka.

A B S T R A C T

The quantity and quality of coal affects the efficiency of the generating unit, therefore the utilization of *Transfer Conveyor 17A* is very necessary to fulfill the fuel requirement (coal) of PT Indonesia Power Unit Generation Unit Suralaya. *Transfer conveyor* is an additional element in a conveyor belt circuit that serves to channel coal from unloading area until coal bunker (power plant). This study aims to find out the value of OEE *Transfer Conveyor 17A* which is used as the basis of proposed improvement based on the lowest value of the three parameters in OEE. The concept of research adopting OEE method with the value of quality is assumed 97,50% because the equipment that becomes the object of research does not produce the product. The result of calculation obtained by OEE value equal to 82,98% with ratio *Availability* 86,76% *Performance Efficiency* 98,09% and *Rate of Quality* 97,50%. A planned maintenance action is required to avoid unpredictable engine damage such as the operator checking the machine before it is operated, providing periodic training to operators and maintenance to improve their capabilities.

© 2018 Penerbit UNSERA. All rights reserved

PENDAHULUAN

Sistem penanganan batubara (*Coal Handling System*) di PLTU Suralaya adalah suatu proses untuk menyalurkan Energi Primer (batubara) untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar Unit

Pembangkit dengan menggunakan *Belt Conveyor*. Untuk menjaga ketersediaan bahan bakar PLTU, diperlukan kuantitas dan kualitas batubara pada proses penyaluran energi primer secara efektif dan efisien. *Belt conveyor* di dalam *Coal handling system* merupakan

peralatan yang sangat vital dan berfungsi untuk mentransmisikan batubara dari *unloading area (Intake Hopper)* sampai *Coal bunker (power plant)*, beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan *Belt Conveyor* yaitu meminimalisasi biaya dan waktu saat memindahkan batubara, meningkatkan efisiensi pemindahan material, dan meningkatkan kondisi lingkungan kerja.

Kuantitas dan kualitas batubara mempengaruhi efisiensi pada Unit Pembangkit. Di PT. Indonesia Power pembongkaran dari Dermaga 2 & 3 hanya dapat disalurkan pengisian langsung ke Unit 1 s/d 7 serta *stacking* hanya melalui ST/RE 02. Bila kondisi level bunker dan stock ST/RE 02 penuh maka proses pembongkaran terhenti.

Total Productive Maintenance (TPM) adalah suatu kegiatan perencanaan kegiatan pemeliharaan peralatan dari aspek pemeriksaan, perbaikan kecil sampai perbaikan yang terencana yang melibatkan semua personel yang berkaitan kegiatan pemeliharaan [1], [2]. Pelaksanaan TPM membutuhkan kerjasama semua pihak yang terkait, terutama bagian produksi dan *maintenance* [3]. Kegiatan TPM lebih menekankan peran operator dalam melakukan identifikasi dan perbaikan ringan sebelum terjadi kerusakan yang lebih fatal.

TPM menggambarkan hubungan sinergis di antara semua fungsi organisasi, terutama bagian produksi, dan pemeliharaan untuk peningkatan berkelanjutan kualitas produk, efisiensi operasional, produktivitas, dan keselamatan [4]. TPM memfokuskan *manajemen pemeliharaan dalam menghilangkan downtime* peralatan. TPM membantu pemeliharaan peralatan dalam mencapai tingkat produktif yang maksimal melalui kerjasama dari semua bidang fungsional dari sebuah organisasi [5].

Metode yang digunakan untuk mengukur kegiatan TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. OEE adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengevaluasi dan memperbaiki atau meningkatkan produktivitas peralatan [6]. OEE dapat digunakan untuk mengukur kinerja peralatan secara berkala sehingga memudahkan dalam rencana perbaikan jika terjadi penurunan kinerja [7].

OEE mempertimbangkan inisiatif peningkatan optimalisasi peralatan dalam proses produksi, menyediakan metode sistematis untuk menetapkan target produksi, dan menggabungkan alat dan teknik manajemen untuk mencapai keseimbangan ketersediaan

proses, kinerja dan kualitas [8]. OEE berfokus pada *waste* (waktu yang terbuang ketika mesin tidak bekerja), dan pada in-efisiensi dalam proses manufaktur [9]. Selain itu, OEE dapat digunakan sebagai indikator peningkatan proses dan sebagai pendekatan untuk mencapainya seperti peningkatan proses di bidang manufaktur [10]. OEE digunakan sebagai dasar penggerak kinerja bisnis perusahaan yang berkonsentrasi pada kualitas, produktivitas, dan masalah pemanfaatan mesin untuk mengurangi kegiatan-kegiatan yang tidak bernilai tambah dalam proses bisnis perusahaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai OEE *Transfer Conveyor 17A* yang digunakan sebagai dasar usulan perbaikan berdasarkan nilai terendah dari ketiga parameter dalam OEE. Usulan perbaikan ini diharapkan sebagai dasar keputusan manajemen dalam mengoptimalkan kinerja *Transfer Conveyor 17A* melalui peningkatan nilai OEE di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan objek penelitian di lapangan yaitu *transfer conveyor 17A*. Pengumpulan data dilakukan baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa data yang dibutuhkan dalam proses analisis adalah : waktu operasi *conveyor 17A*, *loading time*, *set up* dan *downtime*. Data bersumber dari Laporan Harian pengoperasian *Transfer Conveyor 17 A*, Laporan Pembongkaran Batu Bara dari Dermaga 1, Dermaga 2, dan SPOJ selama bulan Agustus 2016.

Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis dengan OEE yang terdiri dari faktor *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Tahap selanjutnya dilakukan analisis akar penyebab masalah dengan melakukan *brainstorming* terhadap beberapa pekerja yang memahami permasalahan tersebut, kemudian dituangkan dalam *fishbone diagram* untuk dibuat usulan perbaikan. Usulan perbaikan untuk meningkatkan efektivitas *Transfer Conveyor 17A* dilakukan dengan melakukan sejumlah perbaikan terhadap beberapa akar penyebab masalah dengan menggunakan tabel 5W+1H serta usulan perbaikan untuk menjaga konsistensi dalam pemeliharaan *Transfer Conveyor 17A* melalui pendekatan TPM.

Penelitian ini mengadopsi penelitian yang dilakukan tanpa memperhatikan nilai *quality* dengan asumsi peralatan yang diteliti tidak bisa menghasilkan produk [10]. Dalam penelitian ini

kualitas produk diasumsikan 97,50% dengan asumsi ada batubara yang tidak keluar jalur karena vibrasi conveyor. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metrik kuantitatif yang digunakan dalam industri untuk mengontrol dan memantau produktivitas peralatan produksi serta sebagai indikator dan penggerak proses dan peningkatan kinerja [8] Metrik ini telah diterima secara luas sebagai alat kuantitatif yang penting untuk pengukuran produktivitas dalam operasi manufaktur [11]

Dalam konsep ini, OEE dapat mengukur kinerja, mengidentifikasi peluang pengembangan, dan fokus dalam upaya peningkatan yang terkait dengan peralatan atau pemanfaatan proses (*availability*), tingkat operasional (*performance*) dan kualitas (*quality*). OEE memiliki standar 90 persen ketersediaan, 95 persen efisiensi kinerja, dan 99 persen tingkat kualitas [1]. Secara keseluruhan, 85 persen *benchmark* OEE dianggap sebagai kinerja kelas dunia [12]. Ukuran OEE memberikan dorongan kuat untuk meningkatkan nilai OEE pada program TPM selanjutnya.

$$OEE = availability \times performance \times quality \quad (1)$$

Availability adalah perbandingan antara aktual waktu mesin memproduksi dengan jumlah waktu yang dijadwalkan untuk produksi [13]. Faktor penting dalam elemen *availability* adalah *loading time*. *Loading time* dapat didefinisikan sebagai total *loading time* setelah pengurangan untuk *downtime* yang terjadi [10]. *Downtime* yang terjadi dapat disebabkan oleh kegagalan peralatan, waktu tunggu, listrik padam, atau yang lainnya yang menyebabkan peralatan tidak bekerja.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (2)$$

Performance adalah perbandingan antara kemampuan mesin aktual dengan kemampuan mesin yang ditetapkan. *Performance* akan dipengaruhi oleh umur peralatan, beban kerja peralatan, dan faktor lain yang dapat menurunkan *performance* peralatan.

$$Performance = \frac{Actual\ speed}{Normal\ speed} \times 100\% \quad (3)$$

Quality merupakan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk, yaitu perbandingan antara jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dengan jumlah produk yang diproduksi [14]. Formula ini sangat membantu untuk

memonitoring masalah kualitas dalam proses produksi. Dalam penelitian ini, nilai *quality* dianggap 97,50% dengan asumsi bahan bakar yang keluar karena vibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transfer conveyor adalah suatu elemen tambahan dalam suatu rangkaian *belt conveyor*. Di PLTU Suralaya ada salah satu *transfer conveyor* yang diberi nama *Transfer conveyor 17 A*. Mayoritas pembongkaran batubara mulai tahun 2015 dilakukan di Dermaga 2, dengan kapal yang memiliki kapasitas 30.000 ton s/d 65.000 ton.

Proses pembongkaran dari Dermaga 2 tidak bisa dilakukan *stacking* ke area *Unit Coal Handling 1 – 4* yang melalui *Telescopic Chute 07 / 08* dan *ST/RE 01*, dikarenakan tidak ada line *Conveyor* yang mengakomodir proses tersebut. Yang dapat dilakukan dari Dermaga 2 ke Unit 1 – 4 hanya melalui proses pengisian langsung ke *Unit Power Plant*.

Dengan demikian maka ada opsi untuk melakukan *Tapping Discharge Chute BC 17A* ke *BC 05 & BC 06*. Oleh karena itu untuk melakukan *Project* agar efektif dan efisien maka dilakukan *Tapping Conveyor* dari *BC 17A* ke *BC 05* dan *BC 06 Coal Handling* yang disebut dengan *Transfer conveyor*.

Transfer Conveyor BC 17A adalah *tapping saluran discharge chute BC 17A* yang diarahkan ke *BC 05* dan *BC 06*. *BC 17A* adalah line conveyor pembongkaran dari Dermaga 2 & 3 yang hanya bisa disalurkan langsung ke pengisian bunker Unit 1-4. *Belt Conveyor 05 & Belt Conveyor 06* adalah *line conveyor* pembongkaran dari Dermaga 1 & SPOJ yang bisa disalurkan ke pengisian langsung Unit 1-4, *Stacking* melalui *ST/RE 01*, *Stacking* melalui *Telescopic Chute 08 (BC 07/08)*.



Gambar 2. *Transfer Conveyor 17A*

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan nilai OEE berdasarkan data operasi *transfer conveyor* selama bulan Agustus 2016.

Berdasarkan data, diketahui pada tanggal 14 dan 16 Agustus terjadi *downtime* yang mengakibatkan *transfer conveyor* tidak beroperasi sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Data *Loading* dan *Downtime Transfer Conveyor 17A*

No.	Tanggal	<i>Loading Time</i> (Menit)	<i>Operation Time</i> (Menit)	<i>Set Up</i> (Menit)	<i>Breakdown</i> (Menit)
1	9	600	590	10	0
2	10	600	590	10	0
3	11	600	590	10	0
4	12	600	590	10	0
5	13	600	590	10	0
6	14	600	0	0	600
7	15	600	590	10	0
8	16	600	0	0	600
9	17	600	590	10	0
10	18	600	590	10	0
11	19	600	590	10	0
12	20	600	590	10	0
13	21	600	590	10	0
14	22	600	590	10	0
15	23	600	590	10	0
16	24	600	590	10	0
17	25	600	590	10	0
Total		10200	8850	150	1200

Tabel 2. Data Spesifikasi *Transfer Conveyor 17A*

DATA SPESIFIKASI TRANSFER CONVEYOR 17		
Lebar <i>Belt</i>	1500	mm
<i>Idlear Pitch Carrier</i> (jarak <i>roll</i> atas)	1200	mm
Diameter <i>Idlear Carier</i>	166	mm
Panjang <i>Idlear Carier</i>	480	mm
Jumlah <i>Idlear Carier</i> (<i>roll</i>)	3	Buah
Kemiringan <i>Idlear Carier</i>	35	derajat
<i>Idlear Pitch Return</i> (jarak <i>roll</i> bawah)	1300	mm
Diameter <i>Idlear Return</i>	166	mm
Panjang <i>Idlear Return</i>	1470	mm
Jumlah <i>Idlear Return</i> (<i>roll</i>)	1	buah
Kemiringan <i>Idlear return</i>	0	derajat
Kapasitas <i>Belt</i>	1000	ton/jam
Kecepatan	3,14	m/s
<i>Handling Distance</i> (<i>horizontal</i>)	105,19	m
<i>Handling Distance</i> (<i>vertical</i>)	24,8	m
Diameter <i>Pulley</i>	1000	mm
<i>Driven Motor</i> (<i>power</i>)	221	KW
Jumlah Putaran <i>Pulley</i> Permenit	60	Putaran

Berdasarkan data di atas maka diperoleh nilai *availability*, *performance* dan *quality*. Nilai ini yang digunakan untuk menentukan Nilai OEE.

$$Availability = \frac{10.200 - 1.350}{10.200} \times 100\%$$

$$Availability = 86,76 \%$$

Nilai *availability* untuk *transfer conveyor* pada periode bulan Agustus 2016 adalah tidak ideal, karena nilai *availability* (86,76 %) di bawah 90%. Rendahnya nilai *availability* diakibatkan tingginya nilai *downtime* karena adanya *breakdown* yaitu pada tanggal 14 dan 16 Agustus 2016.

$$Normal\ Speed = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{60}$$

$$Normal\ Speed = \frac{(2 \times 3,14 \times 0,5 \times 60)}{60}$$

$$Normal\ Speed = 3,14\ m/s$$

$$Aktual\ Speed = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{60}$$

$$Aktual\ Speed = \frac{(2 \times 3,14 \times 0,5 \times 59)}{60}$$

$$Aktual\ Speed = 3,08\ m/s$$

$$Performance = \frac{3,08}{3,14} \times 100\%$$

$$Performance = 98.09 \%$$

Tingkat *Performance Efficiency* untuk *transfer conveyor* 17A pada periode bulan Agustus 2016 adalah ideal, karena nilai *Performance Efficiency* (98.09 %). Untuk nilai *Performance Efficiency* masih ideal karena *transfer conveyor* 17A merupakan peralatan baru di Penyaluran Energi Primer. Dalam pengambilan data hanya terdapat selisih satu putaran dalam satu menit.

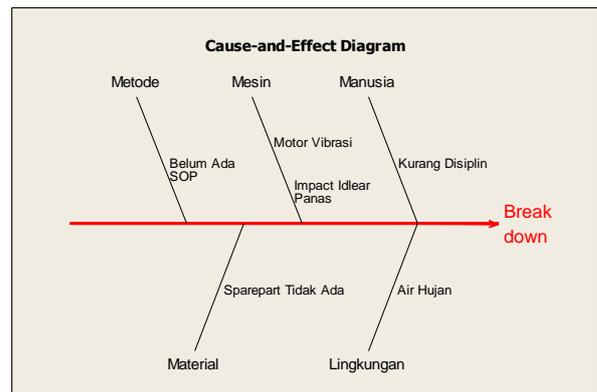
Tingkat *quality* untuk *transfer conveyor* pada periode bulan Agustus 2016 diasumsikan sebesar 97,50 %. 2,5% dianggap *scrap* sebagai batu bara yang tidak terangkut oleh *transfer conveyor* 17 A karena *conveyor* mengalami gangguan (vibrasi).

Setelah nilai *Availability*, *Performance* dan *Quality* pada alat *transfer conveyor* diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) untuk mengetahui seberapa besar tingkat efektivitas dalam penggunaan alat *transfer conveyor* 17 A.

$$OEE = (0,8676 \times 0,9809 \times 0,9750) \times 100\%$$

$$OEE = 82,98 \%$$

Secara keseluruhan di bulan Agustus diperoleh nilai OEE sebesar 82,99%. Perlu dilakukan perbaikan nilai OEE agar bisa mendekati atau sama dengan OEE dunia sebesar 85%. Dari ketiga parameter yang ada, nilai *availability* yang perlu mendapat perhatian lebih dikarenakan adanya *breakdown* selama 2 hari yang menyebabkan *transfer conveyor* 17 A tidak beroperasi.



Gambar 2. Fishbone Diagram Penyebab Breakdown

Langkah selanjutnya adalah menganalisa penyebab *breakdown* dengan menggunakan diagram sebab akibat. Gambar 2 menunjukkan proses yang menghambat pengoperasian *transfer conveyor* 17A. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meminimalkan permasalahan antara lain:

1. Faktor lingkungan : cuaca alam seperti angin kencang tidak dapat dihindari karena faktor alam, akan tetapi untuk hujan deras bisa diatasi dengan penutupan dengan atap area *belt conveyor*.
2. Faktor peralatan (mesin) motor mengakibatkan terjadinya vibrasi. Operator sebagai orang pertama yang mengontrol peralatan harus dibekali ilmu tentang vibrasi agar bisa mengetahui lebih dini tanda – tanda akan terjadinya *vibrasi*, sehingga tidak semakin parah atau besar tingkat nilai *vibrasinya*. Untuk *impact idlear* yang panas karena anjlok, operator dibekali keahlian atau ilmu *maintenance* dasar agar bisa melaksanakan *First Line Maintenance* (FLM).
3. Faktor manusia kurang teliti, maka diberikan pelatihan dalam pengawasan peralatan, pencatatan parameter – parameter yang dibutuhkan dan pelatihan pengoperasian tentang *transfer conveyor* 17A.

4. Faktor metode kerja yang belum standar untuk segera dibuatkan standart pengoperasian (SOP) sehingga aman untuk dioperasikan.
5. Faktor material seperti perbaikan motor vibrasi yang lama, karena *sparepart* motor tidak ada bisa diatasi dengan penyetokan *sparepart*, dalam hal ini divisi gudang atau pengadaan yang bertanggung jawab.

Konsep delapan pilar TPM dapat diterapkan untuk meminimalkan kejadian *breakdown*. Penerapan pilar TPM dapat dilakukan seperti berikut:

- a. 5S dapat dilakukan pembersihan dan pelumasan komponen *conveyor* secara rutin dan terjadwal.
- b. *Autonomous maintenance*, merupakan proses pemeliharaan yang dilakukan secara mandiri oleh operator dengan tujuan agar operator mampu menangani permasalahan-permasalahan yang sifatnya sederhana dan tidak memerlukan keterlibatan pihak *engineering* dalam proses perbaikannya.
- c. *Kaizen*, merupakan segala upaya perbaikan yang dilakukan agar kinerja *conveyor* 17 A dapat berjalan sesuai dengan harapan serta mencegah terjadinya masalah serupa. Adapun implementasi dari proses *kaizen* adalah dengan membuat instrumen pengendalian pemeliharaan *transfer conveyor* baik secara manual maupun otomatis.
- d. *Planned Maintenance*, sebagai upaya yang dilakukan untuk menjaga agar *transfer conveyor* 17 A tidak mengalami masalah selama proses berlangsung, kegiatan ini juga dilakukan untuk mendeteksi potensi-potensi masalah pada peralatan *conveyor* 17 A. Beberapa tindakan *Planned Maintenance* diantaranya adalah pemeriksaan alat secara menyeluruh, melakukan pembersihan, dan pelumasan dan penggantian komponen (*spare part*)
- e. *Quality Maintenance*, tindakan yang dilakukan untuk memastikan kinerja alat masih sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti melakukan pengawasan saat *transfer conveyor* mengirimkan batubara dan memastikan *conveyor* berjalan sesuai kapasitasnya, memeriksa kelayakan komponen dan menggantinya dan melakukan proses pemeriksaan secara rutin.
- f. *Training* (pelatihan rutin), dilakukan untuk meningkatkan *skill* operator dalam melakukan pemeliharaan *transfer conveyor* 17 A.
- g. *Office*, segala permasalahan yang ditemukan harus dicatat serta didokumentasikan agar

proses perbaikan dapat dilakukan tepat sasaran.

- h. *Safety Health Environment*, sebagai ketentuan dari perusahaan yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja, dimana setiap pegawai diwajibkan untuk mengenakan alat pelindung diri saat memasuki area kerja.

KESIMPULAN

Pengukuran tingkat efektivitas *transfer conveyor* 17A dengan menggunakan metode OEE selama periode Agustus 2016 diperoleh nilai OEE sebesar 82,93%. Langkah perbaikan yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya *breakdown* adalah operator melakukan pengecekan mesin sebelum mesin tersebut dioperasikan, sehingga dapat meminimalkan potensi kerusakan mesin. Memberikan pelatihan secara berkala kepada para operator dan *maintenance* untuk meningkatkan kemampuan mereka. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan perancangan penjadwalan *preventive maintenance* dan optimalisasi *autonomous maintenance* untuk meminimalkan *breakdown* yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nakajima, *TPM: Introduction to Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [2] E. Rimawan and A. Raif, "Analisis Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Proses Packaging di Line 2 (Studi Kasus PT. Multi Bintang Indonesia. Tbk)," *Sinergi J. Tek. Mercu Buana*, vol. 20, no. 2, pp. 140–148, 2016.
- [3] S. Supriyadi, G. Ramayanti, and R. Afriansyah, "Analisis Total Productive Maintenance Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis," *Sinergi J. Tek. Mercu Buana*, vol. 21, no. 3, pp. 165–172, 2017.
- [4] H. Sun, R. Yam, and N. G. Wai-Keung, "The implementation and evaluation of Total Productive Maintenance (TPM)—an action case study in a Hong Kong manufacturing company," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 22, no. 3–4, pp. 224–228, 2003.
- [5] I. P. S. Ahuja and J. S. Khamba, "Total productive maintenance: literature review and directions," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 25, no. 7, pp. 709–756,

- 2008.
- [6] R. M. Jannah, S. Supriyadi, and A. Nalhadi, "Analisis Efektivitas pada Mesin Centrifugal dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan| SENASSET*, 2017, pp. 170–175.
- [7] A. R. Widya, "Analisis Penerapan Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Power Press Combination Forming 60T," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 99–107, 2017.
- [8] J. Arturo Garza-Reyes, S. Eldridge, K. D. Barber, and H. Soriano-Meier, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Process Capability (PC) Measures: a Relationship Analysis," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 48–62, 2010.
- [9] R. Ramlan, Y. Ngadiman, S. S. Omar, and A. M. Yassin, "Quantification of machine performance through overall equipment effectiveness," in *Technology Management and Emerging Technologies (ISTMET), 2015 International Symposium on*, 2015, pp. 407–411.
- [10] B. Dal, P. Tugwell, and R. Greatbanks, "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement—a practical analysis," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 20, no. 12, pp. 1488–1502, 2000.
- [11] S. H. Huang, J. P. Dismukes, J. Shi, and Q. Su, "Manufacturing system modeling for productivity improvement," *J. Manuf. Syst.*, vol. 21, no. 4, p. 249, 2002.
- [12] B. S. Blanchard, "An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 69–80, 1997.
- [13] F. Zammori, M. Braglia, and M. Frosolini, "Stochastic Overall Equipment Effectiveness," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 49, no. 21, pp. 6469–6490, 2011.
- [14] S. Sunaryo and E. A. Nugroho, "Kalkulasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Mengetahui Efektivitas Mesin Komatsu 80t (Studi Kasus Pada PT. Yogya Presisi Tehnikatama Industri)," *J. Teknoin*, vol. 21, no. 4, pp. 225–233, 2016.