



ANALISA KEANDALAN TURBIN UAP DENGAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) DAN 4 DISIPLINE OF EXECUTION DI PABRIK KELAPA SAWIT

Zulham Effendi, Siti Aisyah, Muhammad Bagus

Institut Teknologi Sawit Indonesia, Indonesia

*Corresponding author E-mail: zulham@itsi.ac.id

DOI : 10.30605/biogenerasi.v11i1.8114

Accepted : 4 Februari 2026 Approved : 13 Februari 2026 Published : 14 Februari 2026

Abstract

A steam turbine is an energy conversion machine whose converted energy is used by other machines to generate power. This study aims to analyze the reliability of turbine engines using the Total Productive Maintenance (TPM) method and the 4 Disciplines of Execution (4DX). In this study, TPM was used to identify various major causes of production time loss, such as breakdowns, setup time, and loading time. Meanwhile, 4DX focuses on achieving key objectives through consistent and measurable actions, namely zero breakdowns and zero stagnation. The results of this study indicate that the Availability value is 98.69%, the Performance value is 98.14%, the Quality value is 99.74%, and the OEE value is 96.61%, which means that the turbine is in a reliable condition. In addition, 4DX plays a role in accelerating the achievement of improvement targets by providing a more focused approach, monitoring daily activities, and enhancing accountability. The research results indicate that the combination of these two methods is effective in improving turbine reliability, extending equipment lifespan, and fostering employee discipline

Keywords : *Steam Turbine, Reliability, TPM, OEE, 4DX*

PENDAHULUAN

Untuk menunjang kelancaran pelayanan dan pengoperasian di dalam dunia industri dalam hal ini di industri kelapa sawit dibutuhkan mesin-mesin yang memadai diantaranya adalah mesin turbin. Didalam pabrik energi listrik dimanfaatkan untuk mengoperasikan mesin-mesin yang ada di pabrik. Salah satu mesin konversi energi yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah turbin uap [1]. Turbin dituntut harus mempunyai kemampuan untuk beroperasi dengan kestabilan yang cukup dalam jangka waktu yang lama dari keadaan tanpa beban hingga dalam keadaan beban penuh. Oleh karena itu turbin berpotensi untuk mengalami kerusakan. Kerusakan yang sering terjadi pada turbin yaitu getaran tinggi pada turbin, kerusakan pada sudu-sudu turbin, kerusakan thrust bearing, bending shaft. Oleh karena itu, mesin-mesin yang tersedia perlu dilakukan perencanaan manajemen pemeliharaan mesin yang menjadi salah satu kegiatan penting dalam operasi perusahaan manufaktur [2].

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kinerja kegiatan pemeliharaan adalah menerapkan metode *Total Productive Maintenance* yang kemudian kerap dikenal dengan metode TPM. TPM merupakan salah satu perawatan mesin yang dapat diimplementasikan dengan menggunakan metode OEE untuk mencapai produktifitas yang tinggi serta tidak adanya interupsi kerusakan mesin (*zero breakdown*) [3]. Selain perlunya menjaga mesin agar mesin tetap dalam keadaan yang baik, di perlukan juga karyawan yang dapat berkerja sesuai dengan peraturan yang berlaku pada perusahaan. Untuk menjaga kedisiplinannya, salah satu cara yang digunkan untuk mengukur kedisiplinan karyawan adalah dengan menggunakan metode 4 *disipline of excecution* (4DX). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pencapaian keberhasilan perawatan mesin turbin pada pabrik kelapa sawit dengan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *Disipline of Excecution*, meminimalisir kerusakan pada mesin Turbin guna mencapai produksi sebanyak banyaknya dan menganalisa kesesuaian terhadap pelaksanaan perawatan dengan sasaran yang ingin dicapai.

Turbin uap merupakan salah satu mesin pengkonversi energi yang hasil konversi energinya digunakan mesin lain untuk mendapatkan hasil daya. Didalam turbin ada beberapa perubahan dari energi potensial uap menjadi energi kinetik kemudian diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin, selanjutnya energi mekanik dirubah kembali menjadi energi listrik pada generator [4]. Siklus yang terjadi pada turbin uap adalah siklus *rankine*, ialah berupa siklus tertutup yang uap bekas dari turbin digunakan kembali dengan cara mendinginkannya pada kompresor, setelah itu dialirkan ke pompa dan seterusnya sehingga merupakan siklus tertutup.

Perawatan(*maintenance*) merupakan salah satu kegiatan utama dalam suatu perusahaan dalam menjaga fasilitas dan peralatan dalam kondisi yang siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Perawatan adalah cara untuk menjaga dan memelihara mesin dari kerusakan dan gangguan akibat kondisi yang tidak menentu. Keausan (*wear out*), korosi (*corrosion*), dan kelelahan adalah beberapa penyebab terjadinya kerusakan pada mesin [5].

Total Productive Maintenance (TPM) adalah hubungan kerjasama yang erat antara perawatan dan organisasi produksi secara menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi, mengurangi *weast*, mengurangi biaya produksi, meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur [6].

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah suatu metode pengukuran tingkat efektifitas pemakaian suatu peralatan atau sistem dengan mengikut sertakan beberapa sudut pandang dalam proses perhitungan tersebut. OEE merupakan suatu pengukuran efektivitas mesin/peralatan dengan menghitung ketersediaan mesin (*Availability*), Kinerja mesin (*Performance*), dan kualitas produk (*Quality*) yang dihasilkan. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin,

Availability adalah rasio dari waktu operasi, dikurangi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*, yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. Rumus *Avaibility* sebagai berikut:

$$Avaibility = \frac{Operating\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

Performance efficiency adalah rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk. Rasio ini dihasilkan dari waktu cycle ideal dan jumlah yang diproses. Rumus *Performance efficiency* sebagai berikut:

$$Performance = \frac{Processed\ Amount}{Waktu\ Tersedia \times Cycle\ Time} 100\%$$

Rate of quality product adalah rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar, atau rasio jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses secara keseluruhan [7]. Rumus *Quality Rate*:

$$Quality = \frac{Processed\ amount - Product\ defect}{Processed\ amount} 100\%$$

Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* OEE ialah perkalian nilai-nilai *Availability*, *Performance Efficiency* dan *Rate Of Quality Product* yang sudah diperoleh sebelumnya.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \times 100\%$$

Menurut Nakajima nilai *Word Class Ideal* OEE adalah sebagai berikut [8] :

1. *Availability (AV)* $\geq 90\%$
2. *Performance Efficiency (PE)* $\geq 95\%$
3. *Rate of Quality product (RQ)* $\geq 99\%$
4. *Overall equipment effectiveness (OEE)* $\geq 85\%$

4 *disciplines of Execution* adalah sebuah sistem berdasarkan prinsip yang menyederhanakan kompleksitas eksekusi sehari-hari dan secara konsisten meningkatkan nilai dalam jangka waktu tertentu [9]. Metode ini digunakan untuk mendisiplinkan kinerja karyawan untuk melakukan perawatan pada mesin, adapun hal yang dilakukan berfokus pada :

- a. Disiplin 1 : *Wildly Important Goals*
- b. Disiplin 2 : Bertindak pada *lead measure*
- c. Disiplin 3 : Membuat penilaian *score board*
- d. Disiplin 4 : Menciptakan irama yang akuntabilitas/berkelanjutan

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret tahun 2025 di PMKS Topas PT Tunggul Yunus. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Metode

studi kasus digunakan untuk TPM dengan mengamati, merangkum, dan mencatat data sekunder dari jurnal harian mandor. Data ini termasuk jam kerja mesin, jam henti mesin, data produksi, sampel gagal, waktu set up, dan waktu mulai mesin kemudian di olah dengan menggunakan perhitungan OEE. Begitu juga dengan metode empat disiplin dalam eksekusi menggunakan data program kerja harian, yaitu harian, mingguan, bulanan, semester, dan tahunan.

Adapun pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut: Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari sumber yang diamati melalui proses observasi maupun wawancara langsung dengan pihak-pihak yang berkaitan dan memiliki otoritas terhadap objek penelitian. Data sekunder adalah data yang didapat dengan cara mengambil data dari buku/literatur/dokumen yang dimiliki oleh perusahaan serta keterangan lain yang berkaitan dengan objek penelitian. Data pemeliharaan mesin, produk reject bulan Januari-Juni 2024.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi di lapangan, studi pustaka dengan tinjauan literatur, serta wawancara. Data yang dihimpun meliputi catatan kerusakan mesin, data *set up* mesin, data *downtime*, data *planned downtime*, data produksi, *available time*, serta *operating time* selama periode Januari hingga Juni 2024.

Pada penelitian ini pengolahan data diolah menggunakan rumus OEE dengan mencari nilai *Avaibility Rate*, *Performance Rate* dan *Quality Rate* selanjutnya menganalisa menggunakan metode 4 disipline of execution sebagai berikut:

- a. *Wildly Important Goals* dengan target zero breakdown dan *zero stagnasi* aktivitas yang dilakukan Merencanakan dan menetapkan tujuan utama untuk meningkatkan keandalan mesin Turbin.
- b. *Lead Measure* dengan target menurunkan nilai frekuensi kerusakan yang terjadi pada Turbin dan mempercepat waktu pemulihan saat gangguan, aktivitas yang dilakukan yaitu menjalankan pemeriksaan harian oleh operator menjalankan jadwal maintenance mingguan dan bulanan.
- c. *Scoreboard* dengan target menumbuhkan keterlibatan operator dalam pencapaian *Wildly Important Goal* aktivitas yang

dilakukan yaitu menyusun papan visual di area kerja yang menampilkan data *downtime* harian dan *overall equipment effectiveness*.

d. Irama Akuntabilitas dengan target meningkatkan komitmen individu dan tim dengan aktivitas evaluasi penggunaan antara operator dengan asisten.

HASIL PENELITIAN

Berikut ini merupakan hasil perhitungan analisa performa mesin turbin menggunakan metode OEE :

a. Availability Rate



Gambar 1 Grafik nilai *availability rate*

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa untuk nilai *availability* rata rata dari bulan Januari-Juni sebesar 98,69 % yang mana hal ini menunjukkan bahwa nilai *availability* turbin pada PMKS Topas PT Tunggal Yunus sudah memenuhi standart *availability* yaitu > 90 % maka dari itu PMKS Topas termasuk dalam kategori efektif dan mencapai target. Hal ini dapat dicapai karena *downtime* yang terjadi pada mesin turbin cukup rendah. Tingginya nilai *availability* menunjukkan bahwa mesin turbin dapat bekerja secara efektif selama 6 bulan berturut-turut. Hal ini dapat dilihat dari pencapaian nilai *availability* perbulannya dimulai mulai dari bulan Januari sebesar 98,54 %, Februari sebesar 98,49 %, Maret sebesar 98,53 %, April sebesar 98,82 %, Mei sebesar 98,96 % dan Juni sebesar 98,81% dimana keseluruhan bulan telah melampaui standart. Penurunan nilai *availability rate* di bulan Maret dipengaruhi oleh *breakdown* yang terjadi akibat adanya kerusakan pada turbin sehingga menyebabkan nilai *availability* menurun. Nilai *downtime* akibat waktu *set up* yang tinggi setiap bulannya juga mempengaruhi nilai *availability*, hal tersebut terjadi karena turbin tidak beroperasi secara kontinuitas sehingga setiap hari membutuhkan waktu *set up* mesin sebelum turbin beroperasi.

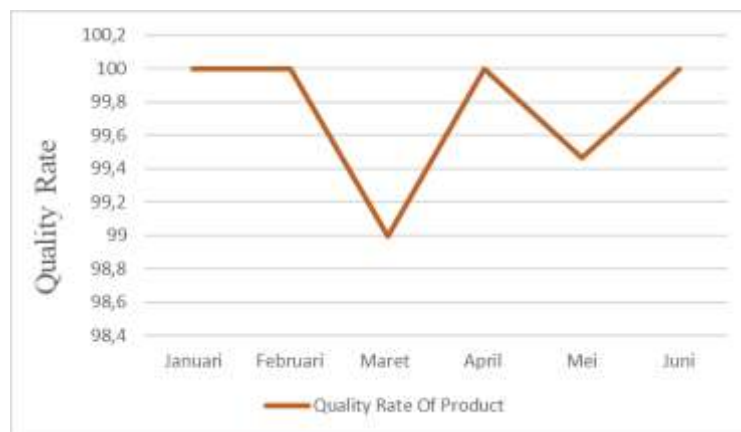
b. Performance Rate



Gambar 2 Grafik nilai *performance rate*

Dari grafik diatas diketahui bahwa rata-rata nilai *performance rate* dari bulan Januari-Juni sebesar 98,14 % di mana dari data tersebut menunjukkan nilai *performace rate* mesin turbin di PMKS Topas PT Tunggal Yunus sudah memenuhi nilai standart *performace rate* yaitu $> 95 \%$. Hal ini dapat dilihat dari pencapaian nilai *performance rate* yang di capai cukup stabil selama 6 bulan berturut-turut di mulai dari bulan Januari 97,79 %, Februari 97,24 %, Maret 97,79 %, April 98,79 %, Mei 98,86 % dan Juni 98,39 %. Hal ini menunjukkan bahwa mesin turbin mampu berkerja dengan efektif dan dapat bekerja dengan kecepatan optimal sesuai dengan waktu siklus yang direncanakan. Adanya penurunan nilai *performance* pada bulan Februari, Maret dan Mei disebabkan oleh waktu produksi yang sedikit pada bulan Februari ini dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku olah (TBS), dibulan Maret kerusakan terjadi pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) sehingga harus dilakukan perbaikan dan pada bulan Mei turbin mengalami over speed menyebabkan turbin trip sehingga harus melakukan penyesuaian sehingga mempengaruhi *performance* pada mesin turbin. Disamping itu ada beberapa aktivitas yang berperan untuk meningkatkan *performance* turbin meliputi suplai tekanan uap yang stabil dari boiler, pengawasan yang baik dari operator, pengecekan turbin sebelum dijalankan dan perbaikan/ maintenance rutin yang telah di jadwalkan.

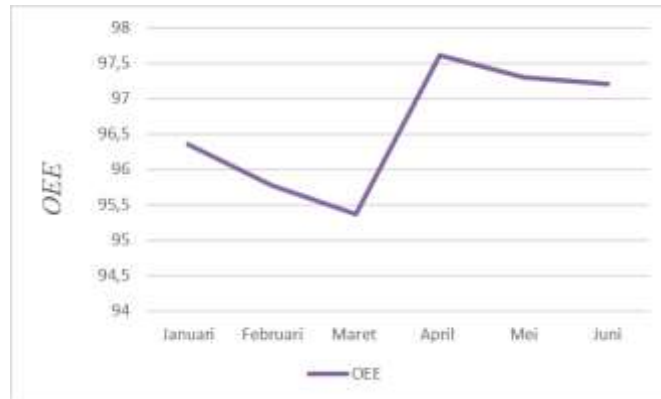
c. *Quality Rate*



Gambar 3 Grafik nilai *quality rate*

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai *quality rate* tertinggi terjadi pada bulan Januari, Februari, April dan Juni dimana pada bulan tersebut nilai *quality rate* mencapai 100 % hal ini menandakan pada bulan-bulan tersebut tidak memiliki defect amount pada produk yang dihasilkan sehingga memperoleh nilai *quality rate* 100 %. Sedangkan nilai *quality rate* terendah terjadi pada bulan Maret dan Mei dimana pada bulan Maret nilai ratio *quality rate* sebesar 98,99 % dan pada bulan Mei nilai ratio *quality rate* sebesar 99,46 % walaupun demikian PMKS Topas PT Tunggal Yunus sudah memenuhi standart *quality rate* yaitu $> 99 \%$ dan termasuk kategori efektif. Penurunan *quality rate* terjadi dikarenakan pada bulan Maret terjadi kerusakan pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) AVR berfungsi mengatur tegangan keluaran listrik agar tetap stabil dan sesuai standar. Hal ini yang mengakibatkan terjadinya *defect product* sehingga menurunkan nilai ratio *quality rate*, sementara itu pada bulan Mei terjadi terjadi over speed pada turbin sehingga mengakibatkan turbin menjadi trip hal ini juga menjadi penyebab product defect sehingga membuat nilai ratio *quality rate* menurun.

d. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*



Gambar 4 Grafik nilai OEE

Target *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin turbin adalah >85% sebagai indikator kinerja optimal dari aspek ketersediaan mesin. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai OEE dari bulan Januari- Juni telah memenuhi OEE standart internasional yaitu sebesar 85% hal ini dapat kita lihat dari perhitungan OEE per bulan yang dilakukan di mulai dari bulan Januari-Juni, pada bulan Januari nilai *overall equipment effectiveness* mencapai 96,36 %, Februari 95,76 %, Maret 93,94 %, April 97,62 %, Mei 96,11 % dan Juni 97,21 % selama 6 bulan berturut-turut tidak ada perhitungan OEE yang memperoleh nilai < 85 % oleh karena itu OEE di PMKS Topas PT Tunggal Yunus termasuk dalam kategori efektif. Nilai OEE yang tinggi menunjukkan kombinasi yang baik dari ketiga komponen yaitu *Avaibility*, *Performance* dan *Quality* yang dihasilkan. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai OEE yaitu seperti durasi waktu *breakdown/stagnasi*, banyaknya produk cacat (*defect* produk), *performance* alat juga menjadi yang yang mempengaruhi nilai OEE.

Analisa keselarasan Total Productive dan 4 *Disipline Of Execution*.

Total Productive Maintenance (TPM) dan *The Four Disciplines of Execution* (4DX) adalah dua pendekatan manajemen yang saling melengkapi dalam upaya mencapai efisiensi dan kinerja operasional yang optimal. TPM fokus pada optimalisasi perawatan mesin dan fasilitas produksi melalui keterlibatan seluruh anggota organisasi mulai dari operator hingga manajemen dengan sasaran utama *zero breakdown* dan *zero stagnasi*.

Sementara itu 4 disiplin dalam eksekusi merupakan kerangka kerja eksekusi strategis yang berfokus pada pencapaian tujuan paling penting di tengah banyaknya aktivitas rutin WIG (*widly importnad goals*). 4 disiplin dalam eksekusi ini sangat membantu pelaksanaan TPM agar berjalan secara efektif. Dengan saling melengkapi, kedua metode ini membangun dasar yang kokoh untuk mewujudkan keandalan turbin dan meningkatkan efisiensi operasional secara menyeluruh.

Tabel 1. Aktivitas penunjang WIG

		No	Aktivitas	
1. Peman ntaua n Kiner ja TPM Melal ui <i>Score board. d.</i> Untuk memastikan pelaksanaan <i>Total Productive</i>		1	<i>Breafing</i> Pagi	konsisten dan terfokus, diperlukan sistem pemantauan yang efisien. Salah satu pendekatanny a ialah memanfaatka n <i>scoreboard</i> . <i>Scoreboard</i> berfungsi menampilkan indikator
		2	Pembersihan Areal Turbin	
		3	Pengukuran Getaran <i>Bearing Pinion Front Side</i>	
		4	Pengukuran Getaran <i>Bearing Pinion Rear Side</i>	
		5	Pengukuran Getaran <i>Bearing Wheel Front Side</i>	
		6	Pengukuran Getaran <i>Bearing Wheel Rear Side</i>	
		7	Pengecekan Getaran <i>Alternator</i>	
		8	Pembersihan <i>Water Cooler</i>	
		9	Pengecekan <i>Temperatur Gouge</i>	
		10	Pengecekan Krangan	
		11	Pengecekan <i>Safety Valve</i>	

sehingga tim dapat mengawasi perkembangan pencapaian target secara real time. *Scoreboard* berisikan kegiatan-kegiatan atau aktivitas-aktivitas yang membantu meningkatkan kinerja turbin dengan melakukan kegiatan *preventif maintenance*. *Scoreboard* dan WIG (*widly important goals*) ini terdapat dalam metode *4 discipline of execution* yang dimanfaatkan untuk meningkatkan keandalan turbin. Berikut adalah tabel aktivitas yang terdapat dalam *scoreboard*:

Pada tabel 1 di atas menampilkan rangkaian kegiatan rutin pemeliharaan yang terdiri dari 11 aktivitas utama. Berdasarkan isi Tabel 1, terlihat bahwa kegiatan harian yang dijalankan oleh tim pemeliharaan sudah tersusun secara sistematis dan mencakup aspek-aspek penting untuk menjaga keandalan peralatan. Aktivitas tersebut antara lain *breafing* pagi sebagai sarana komunikasi dan koordinasi, pembersihan areal turbin, serta pemeriksaan dan perawatan komponen turbin. Seluruh kegiatan ini sejalan dengan prinsip *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *4 Disciplines of Execution* (4DX). Pemeriksaan serta perawatan *preventif* yang dilakukan juga sesuai dengan pilar TPM dalam upaya mencegah kerusakan dan mengurangi waktu henti mesin. Pelaksanaan kegiatan harian dengan penerapan TPM dan 4DX terbukti mampu mendukung peningkatan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Tingginya nilai OEE yang dicapai menunjukkan bahwa aktivitas harian memberikan kontribusi positif terhadap kinerja operasional yang optimal, yang tercapai berkat komitmen tim dalam menjaga efektivitas peralatan secara konsisten.

SIMPULAN DAN SARAN

Penerapan *4 Discipline Of Excecuion* (4 DX) pada Turbin Uap ternyata dapat membantu Turbin mencapai kinerja yang optimal dengan lebih terstruktur. Fokus pada tujuan utama seperti *zero breakdown* dan *zero stagnasi* menjadi prioritas yang harus dijalankan. *Lead Measures* dilakukan melalui perawatan rutin dan terjadwal untuk mencegah kerusakan. *Score board* membantu memastikan eksekusi strategi pemeliharaan dan operasional mesin turbin berjalan sesuai rencana dan target tercapai secara konsisten. Dengan menetapkan

WIG dan melaksanakan perawatan rutin, frekuensi gangguan pada mesin turbin dapat dikurangi, sehingga produksi dapat berjalan lebih stabil dan optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Sinaga Hendric, Cahyo Utomo, Tarigan Efrata, (2022). *Sinergi Polmed : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Analisis Performansi Turbin Uap Kapasitas 1,95 Mw Di PT Perkebunan Lembah Bhakti Astra Agro Lestari Tbk* in f o a r t i k e l. <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- [2] Prawirosentono, S. (2001). *Manajemen Operasi: Analisis dan studi kasus*
- [3] Ahuja, I. P. S., & Kumar, P. (2009). *A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(3), 241–258.
- [4] Aisyah, S., Effendi, Z., & Maha, D. (2021). *Aplikasi Interpolasi Lagrange Terhadap Efisiensi Turbin Pada Pabrik Kelapa Sawit Mayang Kapasitas 40 Ton/Jam. Agrotek*, 15, 172–176.
- [5] Prabowo, Hariyono Hendrik, & Rimawan Erry. (2020). *Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.
- [6] Morales Méndez, J. D., & Rodriguez, R. S. (2017). *Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, 1013–1026.
- [7] Rahmad, Pratikno, & Slamet Wahyudi. (2012). *Penerapan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dalam Implementasi Total Productive Maintenance*.
- [8] Prabowo, R. F. (2020). *Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.
- [9] McChesney, C., Covey, S., & Huling, J. (2012). *The 4 Discipline of Execution*. Penerbit PT Dunamis Intra Sarana, Jakarta.