



## Literature Review of Total Productive Maintenance (TPM) and Recommendations for Application in the Defense Industries

Agus Mutaqiem<sup>1</sup>, Dwi Soediantono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Staf Dan Komando Angkatan Laut, Indonesia

*Abstract- Total Productive Maintenance (TPM) has been applied in various industries to increase productivity. The purpose of this article is to explore the benefits of implementing Total Productive Maintenance (TPM) in various industries and provide recommendations to be applied to the defense industry. The method of writing this article is a literature review, which is a review by collecting, understanding, analyzing and then concluding as many as 30 international journal articles published from 2010 to 2021 regarding the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in various industrial sectors and the defense industry. The analysis used used 25 content analyzes of journal articles, which had been collected and then looked for similarities and differences and then discussed to draw conclusions. The results of the literature review analysis state that the application of Total Productive Maintenance (TPM). The results of the literature review analysis state that the effect of the application of TPM contributes to factory performance. These effects are reduced costs, decreased quality, smoother product delivery, and increased productivity. improve machine and equipment performance, reduce reject and rework and increase production output. The implementation of TPM increases productivity due to good machine maintenance management, demonstrating the increased performance provided by these pillars. Simulation of the proposed maintenance process can reduce the average waiting time between failures which can be reduced and increase the available time. Based on the literature review, TPM is recommended to be applied to the defense industry.*

*Keywords: Total Productive Maintenance (TPM), Defense Industry, Literature Review*



## *Literature Review* Total Productive Maintenance (TPM) dan Rekomendasi Penerapannya Pada Industri Pertahanan

Agus Mutaqiem<sup>1</sup>, Dwi Soediantono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Staf Dan Komando Angkatan Laut, Indonesia

**Abstrak-** *Total Productive Maintenance* (TPM) telah diterapkan di berbagai industri untuk meningkatkan produktivitas. Tujuan artikel ini adalah mengeksplorasi manfaat penerapan Total Productive Maintenance (TPM) berbagai industri dan memberikan rekomendasi untuk diterapkan pada industri pertahanan. Metode penulisan artikel ini adalah *literature review* yaitu mereview dengan mengumpulkan, memahami, menganalisa lalu menyimpulkan sebanyak 30 artikel jurnal internasional yang terbit tahun 2010 sampai 2021 tentang penerapan Total Productive Maintenance (TPM) berbagai sector industri dan industri pertahanan. Analisis yang digunakan menggunakan 25 analisis isi artikel jurnal, yang sudah terkumpul kemudian dicari persamaan dan perbedaannya lalu dibahas untuk menarik kesimpulan. Hasil analisis literature review menyatakan bahwa penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Hasil analisis literature review menyatakan bahwa efek penerapan TPM memberikan kontribusi kepada performa pabrik. Efek tersebut adalah penurunan biaya, penurunan kualitas, pengiriman produk yang lancar, dan peningkatan produktifitas. meningkatkan performa mesin dan peralatan, mengurangi reject dan rework serta menaikkan hasil produksi. Penerapan TPM meningkatkan produktivitas adalah adanya manajemen perawatan mesin yang baik., menunjukkan peningkatan kinerja yang diberikan oleh pilar-pilar ini. Simulasi proses perawatan yang diusulkan dapat mengurangi waktu tunggu rata-rata antar kegagalan yang dapat dikurangi dan peningkatan waktu yang tersedia. Berdasarkan kajian literature review tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Kata kunci: *Total Productive Maintenance* (TPM), Industri Pertahanan, *Literature Review*

### Pendahuluan

Industri Pertahanan adalah industri nasional yang terdiri atas badan usaha milik negara dan badan usaha milik swasta baik secara sendiri maupun berkelompok yang ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa



pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis di bidang pertahanan dan keamanan yang berlokasi di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Penyelenggaraan Industri Pertahanan berfungsi untuk memperkuat Industri Pertahanan, mengembangkan teknologi Industri Pertahanan yang bermanfaat bagi pertahanan, keamanan, dan kepentingan masyarakat, meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan penyerapan tenaga kerja, memandirikan sistem pertahanan dan keamanan negara dan membangun dan meningkatkan sumber daya manusia yang tangguh untuk mendukung pengembangan dan pemanfaatan Industri Pertahanan. Industri pertahanan menjadi salah satu hal krusial dalam rangka mendukung sistem pertahanan negara untuk menjamin kelangsungan hidup maupun eksistensi bangsa dan negara. Industri pertahanan yang kuat mempunyai dua efek utama, yakni efek langsung terhadap pembangunan kemampuan pertahanan, dan efek terhadap pembangunan ekonomi dan teknologi nasional. Industri pertahanan merupakan bagian dari industri nasional yang ditetapkan oleh pemerintah untuk sebagian atau seluruhnya menghasilkan alat peralatan pertahanan dan keamanan, jasa pemeliharaan untuk memenuhi kepentingan strategis di bidang pertahanan dan keamanan. Dalam bidang pembangunan kemampuan pertahanan, industri pertahanan yang kuat tercermin dari tersedianya jaminan pasokan kebutuhan alutsista serta sarana pertahanan secara berkelanjutan. Ketersediaan pasokan tersebut juga menjadi prasyarat mutlak bagi kepastian dan keleluasaan dalam menyusun rencana jangka panjang pembangunan kemampuan pertahanan, sehingga meminimalisir kekhawatiran akan faktor-faktor politik dan ekonomi, seperti embargo atau restriksi. Industri pertahanan dapat memberikan efek pertumbuhan ekonomi dan industri nasional, yakni ikut menggairahkan pertumbuhan industri nasional yang berskala internasional, penyerapan tenaga kerja dalam jumlah yang cukup signifikan, transfer teknologi yang dapat menggairahkan sektor penelitian, dan pengembangan sekaligus memenuhi kebutuhan sektor pendidikan nasional di bidang sains dan teknologi

Industri pertahanan merupakan badan usaha milik negara yang ditetapkan oleh Pemerintah sebagai pemadu utama (*lead integrator*) yang menghasilkan alat utama sistem senjata dan/atau mengintegrasikan semua komponen utama, komponen, dan bahan baku menjadi alat utama. Industri komponen utama dan/atau penunjang yang memproduksi komponen utama dan/atau mengintegrasikan komponen atau suku cadang dengan bahan baku menjadi komponen utama Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan dan/atau wahana (*platform*) sistem alat utama sistem senjata. Industri komponen dan/atau pendukung (perbekalan) merupakan badan usaha milik negara dan/atau badan usaha milik swasta yang memproduksi suku cadang untuk alat utama sistem senjata, suku cadang untuk komponen utama, dan/atau yang menghasilkan produk perbekalan. Industri bahan baku yang merupakan badan usaha milik negara dan badan usaha milik swasta yang memproduksi bahan baku yang akan digunakan oleh industri alat utama, industri komponen utama dan/atau penunjang, dan industri komponen dan/atau pendukung (perbekalan).

Untuk membangun kekuatan pertahanan yang mandiri perlu ditopang oleh industri pertahanan yang mandiri serta komitmen membangun industri pertahanan yang kuat dan berdaya saing. Pemerintah berpandangan bahwa pertahanan yang kuat membutuhkan industri pertahanan yang



kuat. Jika industri pertahanan tidak kuat, pertahanan pun tidak kuat. Prinsip dasarnya adalah untuk membangun pertahanan yang tangguh tidak bisa terpusat, tapi harus disebar. Di antara industri pertahanan di Indonesia adalah PT Dirgantara Indonesia, PT Pindad, serta PT PAL. Ketiga industri pertahanan tersebut merupakan industri yang sangat penting untuk membangun kemandirian alutsista. PT Dirgantara Indonesia merupakan industri pesawat terbang yang pertama dan satu-satunya di Indonesia dan di Asia Tenggara. Adapun PT Pindad merupakan perusahaan industri dan manufaktur yang bergerak dalam pembuatan produk militer yang berpusat di Bandung, Jawa Barat dan Malang, Jawa Timur. Produk militer yang dimaksud mulai dari amunisi, senjata serbu dan pistol hingga kendaraan tempur. Sementara PT PAL yang bermarkas di Surabaya memproduksi berbagai jenis kapal perang dan kapal niaga, jasa perbaikan, pemeliharaan kapal, dan rekayasa. Perusahaan industri pertahanan BUMN yakni PT Dahana, PT Dirgantara Indonesia, PT Pindad, PT LEN Industri, dan PT Dok Kodja Bahari dan terdapat beberapa perusahaan swasta yang ikut yakni PT Famatex, PT Lundin *Industry Invest*, PT Saba Wijaya Persada, PT Sari Bahari, PT Palindo Marine. PT Indo Guardika Cipta Kreasi, PT Infoglobal Teknologi Semesta, PT Garda Persada, PT Persada Aman Sentosa, dan PT Daya Radar Utama. Industri pertahanan Indonesia dinilai belum optimal, sebagaimana tergambar dalam capaiannya. Impor industri pertahanan juga dinilai masih cukup besar, dimana Indonesia juga menjadi salah satu importir terbesar di dunia. Sementara jumlah ekspor Indonesia juga masih perlu ditingkatkan dalam rangka meningkatkan persaingan. Oleh karena itu diperlukan strategi untuk mampu mandiri dalam industri pertahanan dan berdaya saing di tingkat Internasional.

Menurut Sayed, et al.(2015) Pada era globalisasi ini dalam segala industri di tuntut untuk semakin produktif dengan kualitas yang baik di setiap hasil produksi atau jasanya. Menurut Agustiady et al.(2018); Azizi, (2015) Agar tetap dapat bertahan maka setiap usaha juga harus memperhatikan kelancaran proses produksinya. Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti sumber daya manusia serta kondisi dari fasilitas produksi yang dimiliki, seperti mesin dan peralatan lain sebagai pendukung. Rendahnya produktivitas mesin akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena ini sering diakibatkan oleh penggunaan mesin yang tidak efektif dan tidak efisien. Menurut Zott et al.(2019) Terdapat 6 faktor yang disebut *Six Big Losses*. *Six Big Losses* merupakan 6 faktor kerugian yang disebabkan rendahnya produktivitas mesin yang terdiri dari *Breakdown, Setting & Adjustment, Small Stop, Speed Reduction, Startup Reject*, dan *Reject*. Menurut Singh et al. (2015) Agar kondisi peralatan mesin produksi dapat selalu berada pada kondisi yang prima maka diperlukan perawatan sebagai pengoptimalkan dari komponen-komponen peralatan maupun sistem tersebut. Menurut et al. (2016) Penggunaan mesin yang dilakukan secara terus menerus harus didukung oleh kegiatan perawatan mesin yang baik juga dalam setiap perawatannya, dengan bertujuan untuk menghindari penurunan fungsi mesin saat beroperasi atau produksi dan yang utama agar terhindar dari terjadinya kerusakan total mesin (*breakdown*).

Total *Productive Maintenance* (TPM). Menurut Wafa et al.(2017); Wickramasinghe et al.(2016) TPM tidak hanya terfokus bagaimana mengoptimalkan produktivitas dari peralatan atau material



pendukung kegiatan kerja, tetapi juga memperhatikan bagaimana meningkatkan produktivitas dari para pekerja atau operator yang nantinya akan memegang kendali pada peralatan dan material tersebut. Menurut Bekar et al. (2016); Conrad et al. (2016); Choi et al. (2015) OEE didefinisikan sebagai metrik atau ukuran untuk mengevaluasi efektivitas peralatan yang berupaya untuk mengidentifikasi kehilangan produksi dan kehilangan biaya lain yang tidak langsung dan tersembunyi dan memiliki kontribusi besar terhadap biaya total produksi. Kehilangan/kerugian ini dirumuskan sebagai fungsi dari sejumlah komponen eksklusif yang berhubungan, yakni: Ketersediaan (*Availability - A*), Kinerja (*Performance - P*) dan Kualitas (*Quality - Q*). Menurut hakur et al.(2021) Maksimasi *equipment effectiveness* oleh TPM di indikasikan oleh 2 aktivitas. Aktivitas pertama yaitu *quantitative* dengan cara meningkatkan kemampuan total dan produktivitas dari segi jumlah waktu operasi. Aktivitas lain yaitu *qualitative* dengan cara meminimasi jumlah produk cacat dan meningkatkan kualitas produk. Adapun nilai keefektifan mesin secara keseluruhan diinterpretasikan dengan indeks OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) yang mendeskripsikan persentase penggunaan mesin secara real terhadap ketersediaannya dan telah memperhatikan jumlah produk yang dihasilkan serta cacat produk yang terjadi. Menurut Wickramasinghe et al.(2016);Zott et al.(2019) Total *Productive Maintenance* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas perusahaan manufaktur secara menyeluruh, dimana *overall equipment effectiveness* (OEE) sebagai metode yang digunakan untuk mengukur dan mengetahui kinerja mesin/peralatan. Banyaknya *breakdown* yang terjadi serta kurang maksimalnya jumlah produksi yang menyebabkan kurangnya nilai *indeks efektivitas* total mesin secara keseluruhan (OEE).

Menurut Wickramasinghe et al.(2016);Zott et al.(2019) total *productive Maintenance* (TPM) merupakan filosofi yang berasal dan dikembangkan di Jepang. Saat ini konsep TPM tidak hanya diterapkan di Jepang atau oleh perusahaan Jepang saja, TPM juga sudah diterapkan di seluruh dunia. Menurut Meca Vital et al.(2020) Perusahaan yang berasal dari Amerika, Eropa, dan negara-negara lain di luar Jepang juga menerapkan TPM untuk operasional pabriknya. Penerapan TPM terbukti memberikan perubahan yang baik pada perusahaan berupa peningkatan produktivitas, peningkatan kualitas, pengendalian biaya, ketepatan pengiriman produk kepada konsumen, menjaga keselamatan dan peningkatan semangat dalam menciptakan tempat kerja yang kondusif untuk operasi pabrik. Menurut MAJUMDAR et al. (2017); Mandal et al.(2019) Total *Productive Maintenance* (TPM) merupakan pendekatan inovatif dalam perawatan mesin untuk mengoptimalkan efektivitas mesin dan peralatan, mengeliminasi kerusakan atau *breakdowns* dan membentuk kegiatan perawatan mandiri (*autonomous maintenance*) oleh operator pada kegiatan sehari-hari. Menurut Meca Vital et al.(2020);Moreno et al.(2020);Mwanza et al.(2015); Mandal et al.(2019) TPM merupakan program atau sistem perawatan dan produksi yang dirancang utama untuk memaksimalkan efektivitas seluruh peralatan dan sarana melalui partisipasi dan dukungan dari seluruh individu atau karyawan dalam suatu perusahaan. Menurut Meca Vital et al.(2020);Moreno et al.(2020) TPM dapat pula didefinisikan sebagai suatu siklus terintegrasi dengan pendekatan pada aktor perawatan atau pemeliharaan dan faktor dukungan melalui transformasi dari sistem tradisional, dengan lebih melibatkan peran karyawan, pembentukan kompetensi, transformasi proses dan peraturan yang bertujuan untuk



meningkatkan keuntungan perusahaan. Menurut Meca Mwanza et al.(2015); MAJUMDAR et al.(2017);Mandal et al.(2019) TPM menjadi salah satu peralatan struktural dalam peningkatan atau perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) yang mengarah pada optimalisasi efektivitas melalui identifikasi dan eliminasi *losses* atau kerugian produksi dengan adanya partisipasi aktif dari seluruh karyawan perusahaan (Goriwondo, et al, 2011). Dalam TPM, kehandalan dan avabilitas mesin merupakan tujuan yang dicapai dengan melakukan eliminasi *losses* utama atau mayor, dikenal 6 (enam) *losses* utama yang meliputi *equipment faillure* (kegagalan mesin), *set-up* dan *adjustment time* (pemasangan dan pengaturan mesin), *idling* dan *minor stoppages* (pemalasan/ penurunan kinerja dan henti mesin), penurunan kecepatan mesin, *defect* (kecacatan), dan penurunan *yeild*.

## Metode

Metode penulisan artikel ini adalah literature review yaitu mereview dengan mengumpulkan, memahami, menganalisa lalu menyimpulkan sebanyak 28 artikel jurnal internasional yang terbit tahun 2010 sampai 2021 tentang penerapan TPM berbagai sektor industri dan industri pertahanan. Analisis yang digunakan menggunakan 30 analisis isi artikel jurnal, kemudian dilakukan coding terhadap isi jurnal yang *direview*, Data yang sudah terkumpul kemudian dicari persamaan dan perbedaannya lalu dibahas untuk menarik kesimpulan.

Penelitian kepustakaan atau kajian literatur merupakan penelitian yang mengkaji atau meninjau secara kritis pengetahuan, gagasan, atau temuan yang terdapat di dalam tubuh literatur berorientasi akademik, serta merumuskan kontribusi teoritis dan metodologisnya untuk topik tertentu, Literature review tidak hanya bermakna membaca literatur, tapi lebih ke arah evaluasi yang mendalam dan kritis tentang penelitian sebelumnya pada suatu topik.

Artikel jurnal internasional tentang penerapan *lean six sigma* (LSS) yang akan direview adalah Agustiady et al.(2018);Azizi,(2015);Bekar et al.(2016);Conrad et al.(2016);Choi et al.(2015);Effendi et al.(2022);Faris et al.(2021);Gupta et al.(2016);Guedes et al.(2021);Habidin et al.(2017);Hama Kareem et al.(2015);Hernández et al.(2018);Jamkhaneh et al.(2018);Khalaf et al.(2020);Meca Vital et al.(2020);Moreno et al.(2020);Mwanza et al.(2015);MAJUMDAR et al.(2017);Mandal et al.(2019);Ngadiman et al.(2020);Nurprihatin et al.(2019);Pradana et al.(2019);Pačaiová et al.(2019);Prabowo et al.(2018);Sayed,et al.(2015);Singh et al.(2015); Seng et al.(2017);Thakur et al.(2021);Tortorella et al.(2018);Wafa et al.(2017);Wickramasinghe et al.(2016);Zott et al.(2019)

## Hasil dan Pembahasan



Hasil literature review terhadap artikel-artikel jurnal internasional mengenai penerapan TPM sebagai berikut:

Menurut Agustiady et al.(2018);Azizi,(2015);Bekar et al.(2016) penerapan TPM bisa menghasilkan kenaikan produktivitas sebesar 20% dari sebelumnya. Hal ini bisa dicapai meski perusahaan baru menjalankan tiga pilar TPM, yaitu *Continuous improvement, autonomous Maintenance, dan training and education*. Penelitian lain di 30 perusahaan listrik dan elektronik yang dilakukan oleh Conrad et al.(2016);Choi et al.(2015) menunjukkan bahwa efek penerapan TPM memberikan kontribusi kepada performa pabrik. Efek tersebut adalah penurunan biaya, penurunan kualitas, pengiriman produk yang lancar, dan peningkatan produktifitas. Menurut Choi et al.(2015) menyatakan bahwa pilar *planned maintenance* adalah pilar yang paling berpengaruh memberikan kontribusi meningkatnya performa pabrik. Berdasarkan kajian literature review tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Menurut Effendi et al.(2022);Faris et al.(2021) menyatakan bahwa diperlukan waktu 2,5 tahun sampai dengan tiga tahun untuk mengimplementasikan TPM. Waktu yang dibutuhkan bisa mencapai tiga tahun sampai dengan lima tahun di beberapa perusahaan dengan jumlah karyawan yang banyak. Penelitian tentang penerapan TPM juga dilakukan oleh Menurut Gupta et al.(2016);Guedes et al.(2021);Habidin et al.(2017) mengungkapkan bahwa penerapan TPM menghasilkan peningkatan produktivitas yang baik. Penelitian dilakukan dengan mengukur OEE *boiler plant* di pabrik gandum ini dan menghasilkan adanya peningkatan OEE sekitar 5–10% dibandingkan dengan sebelum penerapan TPM. Penerapan pilar TPM *autonomous Maintenance* dan *planned maintenance* dapat meningkatkan performa mesin dan peralatan, mengurangi reject dan rework serta menaikkan hasil produksi. Menurut Guedes et al.(2021);Habidin et al.(2017) menyimpulkan bahwa salah satu unsur penting meningkatkan produktivitas adalah adanya manajemen perawatan mesin yang baik. Tidak adanya *maintenance engineer* dan *maintenance planner* dalam organisasi divisi perawatan menyebabkan tidak berjalannya program perawatan mesin yang terjadwal, Berdasarkan kajian *literature review* tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Menurut Hama Kareem et al.(2015);Hernández et al.(2018) Cakupan dampak implementasi program TPM meliputi peningkatan OEE, penurunan inventori, peningkatan *output plan*, penurunan *reject* oleh *costumer*, penurunan kecelakaan kerja, penurunan biaya perawatan, penurunan *refect* dan *rework*, penurunan *breakdown*, penurunan biaya untuk energi, dan peningkatan saran *improvement* dari karyawan Implementasi TPM memberikan peningkatan nilai OEE secara progresif yang merujuk pada peningkatan produktivitas, dengan peningkatan nilai mengarah pada pencapaian *world class OEE* (85%). Menurut Jamkhaneh et al.(2018);Khalaf et al.(2020) Rendahnya nilai OEE disebabkan oleh adanya *downtime*. Identifikasi faktor penyebab penurunan efisiensi proses untuk dilakukan penyusunan prioritas *improvement*, Berdasarkan



kajian *literature review* tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Menurut Ngadiman et al.(2020);Nurprihatin et al.(2019) Implementasi kaizen dan *autonomous maintenance* memberikan peningkatan nilai OEE dan penurunan biaya pekerja Penerapan 5S, OEE dan produktivitas memiliki hubungan positif yang saling berkaitan Nilai OEE pada industri farmasi masih dalam kategori rendah jika dibandingkan dengan sektor lain. Perlu dilakukan upaya pencegahan *downtime*, salah satunya melalui implementasi TPM terutama pada peningkatan kualitas dan kompetensi pekerja. Menurut Pačaiová et al.(2019);Prabowo et al.(2018) Implementasi pilar TPM di Indonesia telah berjalan relatif baik. Penerapan pilar TPM memiliki hubungan yang reliable terhadap kinerja manufaktur.

Salah satu manfaat dan tujuan utama TPM adalah meningkatkan produktivitas pabrik dan peralatan dengan investasi sederhana dalam pemeliharaan. Dengan melakukan investasi, contoh: perawatan peralatan, kerugian peralatan dapat dicegah. Ada enam kerugian yang dapat dicegah atau umum disebut dengan 6 *big losses* (bahasa Inggris: six big losses): Kerusakan yang disebabkan oleh peralatan (*Breakdown losses caused by the equipment*). Kerugian *Set-up* dan penyesuaian (*Set-up and adjustment losses*). Kerugian penghentian kecil (*Minor stoppage losses*) Kerugian kecepatan (*Speed losses*). Kerugian kualitas dan pengerjaan ulang (*Quality defect and rework losses*). *Yield losses*

Menurut Ngadiman et al.(2020);Nurprihatin et al.( 2019);Pradana et al.(2019) Manfaat dari penerapan TPM secara sistematis dalam rencana kerja jangka panjang pada perusahaan pada khususnya menyangkut faktor-faktor Peningkatan produktivitas dengan menggunakan prinsip-prinsip TPM akan meminimalkan kerugian-kerugian pada perusahaan. Meningkatkan kualitas dengan TPM, meminimalkan kerusakan pada mesin peralatan dan *downtime* mesin dengan metode yang terfokus. Waktu *delivery* ke konsumen dapat ditepati, karena produksi yang tanpa gangguan akan lebih mudah untuk dilaksanakan. 4 biaya produksi rendah karena rugi dan pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah dapat dikurangi. Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja lebih baik. Meningkatkan motivasi tenaga kerja, karena hak dan tanggung jawab didelegasikan pada tiap orang. Berdasarkan kajian *literature review* tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Menurut Wickramasinghe et al.(2016);Zott et al.(2019) Pendekatan TPM sangat berorientasi pada pemberdayaan karyawan dan mendorong karyawan untuk mengambil alih kepemilikan mesin mereka untuk bisa senantiasa mengungkapkan permasalahan / abnormalitas yang jika segera diselesaikan dengan cepat maka kerusakan bisa dihindarkan sehingga akan meningkatkan waktu kerja produksi. Menurut ortorella et al.(2018);Wafa et al.(2017) TPM membuat operator bertanggung jawab melaksanakan tugas pemeliharaan dan pembersihan peralatan dasar, dan mendorong sikap proaktif jika menemukan masalah. Menurut Thakur et al.(2021);Tortorella et al.(2018) memberikan kebebasan pada staf pemeliharaan untuk melakukan lebih banyak tugas



yang memberi nilai tambah pemeliharaan mesin secara terus menerus akan menghasilkan mesin yang bersih dan sehat dan tidak akan ada kebocoran pelumas atau masalah yang tersembunyi. Selain itu, jika lingkungan kerja kotor akan menimbulkan risiko cedera dalam pengaturan industri, peralatan di tempat yang salah, penyiapan mesin yang salah, atau stasiun yang berantakan – berkurang. Menurut Ngadiman et al.(2020); Wafa et al.(2017); Wickramasinghe et al.(2016); Zott et al.(2019) Kegiatan TPM juga fokus pada tata letak dan aliran produk dan orang, Prosedur pembersihan sederhana dapat memberikan keajaiban bagi keselamatan. Meminimalkan pergerakan dan kekacauan serta memaksimalkan aliran produk melalui desain rantai akan mengurangi risiko keselamatan.

Menurut Meca Vital et al.(2020) Salah satu pilar TPM adalah *Quality Maintenance*, yang mengintegrasikan peningkatan kualitas ke dalam proses produksi. Pendekatan ini telah terbukti secara drastis meningkatkan kualitas dan kepuasan pelanggan. Menurut Mandal et al.(2019) Perusahaan dapat mengidentifikasi dimana cacat terjadi dalam proses produksi, sehingga kita dapat mengambil tindakan untuk memperbaiki sedini mungkin. Menurut MAJUMDAR et al.(2017); Mandal et al.(2019) perusahaan mengalami peningkatan kualitas produk dan tidak ditemukan keluhan dari pelanggan nol. Para staf juga akan mengalami peningkatan semangat dan dukungan untuk program TPM karena ada sedikit ‘pengerjaan ulang’ karena dapat mendeteksi cacat. Menurut Mwanza et al.(2015); MAJUMDAR et al.(2017) TPM adalah tentang meningkatkan keandalan peralatan melalui kepemilikan dan kebanggaan dalam pemeliharannya. Jika dilakukan dengan benar, TPM dapat memiliki hasil yang dapat diukur dan bertahan lama seperti peningkatan kualitas keluaran, perbaikan sistem pemeliharaan manufaktur, pengurangan pergantian dan budaya proaktif

Menurut Hama Kareem et al.(2015); Hernández et al. (2018) Manfaat yang didapat dari Total *Productive Maintenance* (TPM) dalam perusahaan untuk membuat rencana kerja dalam jangka lama maka dapat dilakukan melalui faktor-faktor tersebut untuk meningkatkan atau menambah produktivitas dengan menggunakan dasar-dasar Total *Productive Maintenance*(TPM) yang bertujuan untuk mengatasi kerugian yang terjadi pada perusahaan. Menurut Jamkhaneh et al.(2018); Khalaf et al.(2020) untuk menambah dan meningkatkan produksi dari segi kualitas dengan Total *Productive Maintenance*(TPM), dan mengurangi dan menghilangkan kerusakan yang sering terjadi pada peralatan dan mesin dengan cara-cara penanggulangan masalah yang sudah terfokus. Dapat menepati pesanan konsumen dengan tidak molor. Hal tersebut dapat meminimalisir gangguan yang akan terjadi pada perusahaan. Untuk produksi diharapkan bisa lebih rendah. Menurut; Khalaf et al.(2020) Memberikan jaminan kesehatan dan keselamatan lingkungan menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya. Menurut Jamkhaneh et al.(2018); Khalaf et al.(2020) Dapat meningkatkan dari motivasi atau pemikiran serta dorongan agar bisa menjadi tanggung jawab pada setiap individu.

Menurut Hama Kareem et al.(2015); Hernández et al.(2018); Jamkhaneh et al.(2018); Khalaf et al.(2020) Dalam analisis hasil evolusi pilar TPM, diverifikasi pentingnya pilar *Specific*



*Improvement* dan *Planned Maintenance*, yang setelah implementasinya menyebabkan peningkatan metrik OEE, dengan peningkatan antara 12,5 dan 33,3%, menunjukkan peningkatan kinerja yang diberikan oleh pilar-pilar ini. Simulasi proses perawatan yang diusulkan dapat mengurangi waktu tunggu rata-rata antar kegagalan yang dapat dikurangi 7 jam dari 13 jam, artinya terjadi penurunan waktu henti sebesar 15%. dan peningkatan waktu yang tersedia sebesar 90%. Berdasarkan kajian literature review tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

Hasil penelitian Menurut Effendi et al.(2022);Faris et al.(2021);Gupta et al.(2016) menunjukkan bahwa OEE terendah terjadi pada bulan Oktober 2017 dimana faktor 6 major losses terjadi pada mesin bubut seperti set up atau *adjustment time* (40,3%), penurunan *speed losses* (19,9%), *breakdown* mesin (18,5%), Minor stoppage (17,6%), Rework loss (3,8%), dan scrap (0%). Hasil penelitian Guedes et al.(2021);Habidin et al.(2017) menggambarkan bahwa sebagian besar industri skala besar di dunia mengharapkan TPM untuk meningkatkan kinerja perusahaan mereka, namun penerapan TPM pada UKM. Fakta ini menunjukkan bahwa UKM membutuhkan pendekatan TPM dalam meningkatkan kinerja, produktivitas, kualitas produk, mencegah kegagalan peralatan, mengurangi biaya produksi, OEE dan lain-lain.

## Kesimpulan

Hasil analisis literature review menyatakan bahwa efek penerapan TPM memberikan kontribusi kepada performa pabrik. Efek tersebut adalah penurunan biaya, penurunan kualitas, pengiriman produk yang lancar, dan peningkatan produktivitas. meningkatkan performa mesin dan peralatan, mengurangi *reject* dan *rework* serta menaikkan hasil produksi. Penerapan TPM meningkatkan produktivitas adalah adanya manajemen perawatan mesin yang baik., menunjukkan peningkatan kinerja yang diberikan oleh pilar-pilar ini. Simulasi proses perawatan yang diusulkan dapat mengurangi waktu tunggu rata-rata antar kegagalan yang dapat dikurangi dan peningkatan waktu yang tersedia, untuk menambah dan meningkatkan produksi dari segi kualitas dan mengurangi dan menghilangkan kerusakan yang sering terjadi pada peralatan dan mesin dengan cara-cara penanggulangan masalah yang sudah terfokus. Berdasarkan kajian *literature review* tersebut maka TPM direkomendasikan untuk diterapkan pada industri pertahanan.

## Daftar Pustaka

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). *Total productive maintenance. Total Quality Management & Business Excellence*, 1-8.
- Azizi, A. (2015). *Evaluation improvement of production productivity performance using statistical process control, overall equipment efficiency, and autonomous maintenance. Procedia Manufacturing*, 2, 186-190.



- Bekar, E. T., & Kahraman, C. (2016). *Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM) with newly developed performance measures using fuzzy data envelopment analysis. In Proceed-ings of the World Congress on Engineering (Vol. 1).*
- Conrad, R. W. (2016). *Total Productive Maintenance (TPM). In 5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (pp. 35-40). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.*
- Choi, S. (2015). *Application of Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) for Total Productive Maintenance (TPM) and Cost of Quality (COQ) Processes. Journal of the Korea Safety Management & Science, 17(1), 321-335.*
- Effendi, U., & Juwita, N. Y. A. (2022). *Improvement of Ribbed Smoked Sheet (RSS) Production Effectiveness and Efficiency Using Total Productive Maintenance (TPM) Concept on Sheeter Machine. Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, 10(3).*
- Faris, M. H. M. (2021). *Developing a Total Productive Maintenance Framework with RAM (Reliability, Availability and Maintainability) Techniques in Gas Compression Plants (Doctoral dissertation, Sudan University of Science and Technology).*
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). *Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. International Journal of Production Research, 54(10), 2976-2988.*
- Guedes, M., Figueiredo, P. S., Pereira-Guizzo, C. S., & Loiola, E. (2021). *The role of motivation in the results of total productive maintenance. Production, 31.*
- Habidin, N. F., Hudin, N. S., Rosli, S. A. M., Ong, S. Y. Y., Fuzi, N. M., & Zulkifle, N. N. (2017). *A Proposed Total Productive Maintenance (TPM) Tool for Lean Dashboard, Statistics and Performance Efficiency in Malaysian Modern Manufacturer. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 7(6), 1012-1018.*
- Hama Kareem, J. A., & Talib, N. A. (2015). *A Review on 5S and Total Productive Maintenance and Impact of Their Implementation in Industrial Organizations. Advanced Science Letters, 21(5), 1073-1082.*
- Hernández, G. A., Noriega, M. S., Torres-Argüelles, V., Guaderrama, A. I. M., & Martínez, G. E. (2018). *Validity and reliability evaluation of a scale to measure the management of total productive maintenance. Indian Journal of Science and Technology, 8(1).*
- Jamkhaneh, H. B., Pool, J. K., Khaksar, S. M. S., Arabzad, S. M., & Kazemi, R. V. (2018). *Impacts of computerized maintenance management system and relevant supportive organizational factors on total productive maintenance. Benchmarking: An International Journal.*
- Khalaf, B. A., Abd Alrda, N. Y., & Hisham, A. H. (2020). *The Role of Total Productive Maintenance in Improving the Agile Manufacturing System Applied Research in The Military Industries Company" published in: Productivity management.*



- Meca Vital, J. C., & Camello Lima, C. R. (2020). *Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness. International Journal of Engineering and Management Research*, 10.
- Moreno, J. D. A. (2020). *Total productive maintenance (TPM) new trends, along energy fit plant maintenance protocols (2010-2020). Economía y Administración (E&A)*, 11(2), 79-89.
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). *Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company. Procedia Manufacturing*, 4, 461-470.
- MAJUMDAR, S. N. G. (2017). *Enhancement of overall equipment effectiveness using total productive maintenance in a manufacturing industry. International Journal of Performability Engineering*, 13(2), 173.
- Mandal, S., & Saha, R. (2019). *Evaluation of the Intensities of Enablers in the Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) using Graph Theoretic Approach. International Journal of Applied Engineering Research*, 14(21), 4047-4054.
- Ngadiman, Y., Ahmad, M. F., Hamid, N. A. A., Rasi, R. Z. R. M., Ahmad, K., & Hamid, N. H. A. (2020). *The Awareness and Obstacle Factor of Machine Maintenance Toward Total Productive Maintenance in Manufacturing Company. In Advances in Manufacturing Engineering* (pp. 673-686). Springer, Singapore.
- Nurprihatin, F., Angely, M., & Tannady, H. (2019). *Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness. Journal of applied research on industrial engineering*, 6(3), 184-199.
- Pradana, Y., Zendrato, R. R. P., & Wicaksana, B. I. A. (2019). *Application of the Concept of Total Productive Maintenance in Automatic Bottle Filling Machines. Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, 8(1), 64-75.
- Pačaiová, H., & Ižaríková, G. (2019). *Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45-59.
- Prabowo, H. A., Suprpto, Y. B., & Farida, F. (2018). *The evaluation of eight pillars total productive maintenance (TPM) implementation and their impact on overall equipment effectiveness (OEE) and waste. Sinergi*, 22(1), 13-18.
- Sayed, M. M. A. (2015). *Impact of Total Productive Maintenance methodology on the performance. International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(10), 34-37.



- Singh, U. S. (2015). Total Productive Maintenance A Tool for Efficient Production Management. *International Journal of Management Research and Business Strategy*, 4(3), 289-301.
- Seng, O. Y., Jantan, M., & Ramayah, T. (2017). *Implementing total productive maintenance (TPM) in malaysian manufacturing organisation: an operational strategy study*.
- Thakur, R., & Panghal, D. (2021). *Total productive maintenance*. In *Lean Tools in Apparel Manufacturing* (pp. 355-379). Woodhead Publishing.
- Tortorella, G. L., Silva, E., & Vargas, D. (2018, October). *An empirical analysis of total quality management and total productive maintenance in industry 4.0*. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)* (pp. 742-753).
- Wafa, A. K., & Purwanggono, B. (2017). Perhitungan Oee (Overall Equipment Effectiveness) Pada Mesin Komuri 2 Lithrone S40 Dan Heidelberg 4we Dalam Rangka Penerapan *Total Productive Maintenance* (Tpm). *Industrial Engineering Online Journal*, 6(2).
- Wickramasinghe, G. L. D., & Perera, A. (2016). *Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms*. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Zott, R. S., Konyukhov, V. Y., Konovalov, P. N., & Suvorova, E. A. (2019, July). *Implementation of the Total Productive Maintenance System at Russian Enterprises*. In *" Humanities and Social Sciences: Novations, Problems, Prospects"(HSSNPP 2019)* (pp. 754-757). Atlantis Press.