

Perancangan Sistem Penjadwalan Perawatan Yang Mendukung Total Productive Maintenance Di P.T. X

Didik Wahjudi¹, Resmana Lim², Evander Budi³

¹Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
dwahjudi@petra.ac.id

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
resmana@petra.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
evnd.r7@gmail.com

Abstract—P.T. X, which produces plastic buckets, has a very low initial Overall Equipment Effectiveness. In addition, the company's maintenance division carries out maintenance without a definite maintenance schedule so workers only rely on their experience. This research focuses on creating a preventive maintenance schedule that supports the implementation of the eight pillars of Total Productive Maintenance. These improvement efforts are expected to increase the OEE value. The initial step taken is to select critical machine objects according to information from company management. The next step is to calculate the OEE value based on archival production report data on the selected machine. From the OEE and six big losses calculations, it can be seen what losses are most dominant in the machine. The results of the loss identification are used as a benchmark for creating a maintenance scheduling system and other improvement efforts that support TPM implementation. After the maintenance schedule was implemented along with other improvement proposals, the author collected data after implementing the improvements. From the latest data, the OEE value has increased to 61.91%.

Intisari—P.T. X yang memproduksi timba plastik memiliki Overall Equipment Effectiveness awal sangat rendah. Selain itu, divisi perawatan perusahaan melakukan perawatan tanpa adanya jadwal perawatan yang pasti sehingga pekerja hanya mengandalkan pengalaman mereka. Penelitian ini berfokus pada pembuatan jadwal perawatan preventif yang mendukung penerapan delapan pilar Total Productive Maintenance. Upaya perbaikan tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai OEE. Langkah awal yang dilakukan ialah memilih obyek mesin yang kritis sesuai dengan informasi dari pihak manajemen perusahaan. Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan nilai OEE berdasarkan data arsip laporan produksi pada mesin yang dipilih. Dari perhitungan OEE dan six big losses diperoleh kerugian apa yang paling dominan terjadi pada mesin tersebut. Hasil identifikasi kerugian tersebut dipakai sebagai patokan untuk membuat sistem penjadwalan perawatan dan upaya perbaikan lain yang mendukung implementasi TPM. Setelah jadwal perawatan tersebut diterapkan bersama dengan usulan-usulan perbaikan lainnya, penulis melakukan pengumpulan data pasca penerapan perbaikan. Dari data yang terbaru didapatkan peningkatan nilai OEE menjadi 61,91%.

Kata Kunci — total productive maintenance, overall equipment effectiveness, six big losses

I. PENDAHULUAN

Sebuah produsen timba plastik, P.T. X, memakai mesin injeksi dalam proses produksinya. P.T. X sudah memiliki jadwal perawatan, tetapi jadwal perawatan tersebut tidak dilaksanakan dengan baik. Selain itu, sistem perawatan tersebut tidak terstruktur dengan baik. Praktik perawatan yang dilakukan cenderung mengarah kepada *reactive maintenance*, di mana perbaikan hanya dilakukan apabila terjadi kerusakan pada mesin. Praktik tersebut menyebabkan proses produksi sering terhenti lama dan keterlambatan jadwal produksi.

Total productive maintenance (TPM) telah banyak dipraktikkan oleh perusahaan-perusahaan seperti yang dilaporkan oleh literatur [1-3]. Thorat & Mahesha [2] melakukan studi kasus di sebuah produsen suku cadang

otomotif yang memakai mesin injection *molding* di Chennai, India. OEE rata-rata awal perusahaan tersebut adalah 51,7%. Setelah implementasi TPM dalam waktu sebulan, OEE dapat meningkat menjadi 62%. Pinto et al. [1] menerapkan TPM sebagai bagian studi kasusnya di perusahaan yang mengoperasikan mesin bubut CNC dan mesin *machining center* CNC. Penelitian mereka melaporkan penurunan kerusakan sebesar 23% untuk mesin bubut CNC dan 38% untuk mesin *machining center* CNC. Selain itu, OEE di kedua mesin juga naik sebesar 5% [1].

Farahani et al. [3] mengusulkan pemakaian *predictive maintenance* yang diklaim lebih ekonomis dibandingkan dengan *reactive* dan/atau *preventive maintenance* pada mesin injection *molding*. Cloud dan *edge computing* dipakai untuk menunjang penerapan skema *predictive maintenance* mereka. Mereka berhasil membuktikan efektivitas model usulan mereka dalam mendeteksi permasalahan terkait

dengan sistem pendinginan mesin *injection molding* [3].

Praktik perawatan mesin di P.T. X yang saat ini hanya mengandalkan pada *reactive maintenance*. Mengingat praktik perawatan mesin yang demikian dan berhubung dengan infrastruktur teknologi informasi yang sangat terbatas, maka penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai OEE berdasarkan pada penerapan delapan pilar *Total Productive Maintenance* (TPM). Melalui sistem ini diharapkan manfaat yang diperoleh perusahaan ialah *downtime* yang lebih singkat, mengurangi biaya perawatan, menurunkan tingkat kecacatan, meningkatkan produktivitas mesin, dan secara umum meningkatkan daya saing perusahaan.

II. LANDASAN TEORI

A. Jenis-jenis Maintenance

Referensi [4] mengklasifikasikan kegiatan perawatan menjadi perawatan reaktif, perawatan preventif, perawatan prediktif, dan perawatan berorientasi keandalan. Perawatan reaktif pada dasarnya adalah mode perawatan "jalankan peralatan sampai rusak". Tidak ada upaya yang diambil untuk memelihara peralatan seperti yang dimaksudkan oleh perancang untuk memastikan umur desain tercapai. Kadang kala beberapa penulis menyebutnya juga sebagai *breakdown maintenance* atau *corrective maintenance*. Metode perawatan ini banyak disukai karena dianggap murah dan membutuhkan sedikit tenaga kerja. Namun biaya perawatan dapat meningkat karena waktu perawatan yang tidak terencana, upah lembur pekerja, dan kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan lainnya [4].

Perawatan preventif merupakan tindakan yang dilakukan berdasarkan jadwal atau waktu operasional mesin yang mendeteksi, mencegah, atau memitigasi degradasi suatu komponen atau sistem dengan tujuan mempertahankan atau memperpanjang umur pakainya melalui pengendalian degradasi ke tingkat yang dapat diterima [4]. Melalui perawatan preventif, umur peralatan/mesin diperpanjang dan keandalannya meningkat, demikian pula terjadi penghematan dibandingkan hanya menerapkan program perawatan reaktif saja. Jenis perawatan ini sangat cocok untuk proses yang bersifat padat modal. Penelitian-penelitian mengklaim terjadinya penghematan antara 12 hingga 18% dibandingkan dengan program perawatan reaktif, di mana salah satu penghematannya berasal dari penghematan energi [4]. Namun pada perawatan preventif ini, kegagalan besar masih mungkin terjadi.

Perawatan prediktif merupakan jenis perawatan yang memakai pengukuran untuk mendeteksi permulaan degradasi sistem, sehingga memungkinkan penyebab kegagalan dihilangkan atau dikendalikan sebelum terjadi kerusakan signifikan [4]. Keuntungan dari sistem perawatan prediktif termasuk mampu menghilangkan kemungkinan kegagalan besar, meminimalkan upah lembur, meminimalkan stok suku cadang, mengoptimalkan operasional peralatan, menghemat biaya energi, dan meningkatkan keandalan pabrik. Penelitian terdahulu melaporkan perawatan prediktif dapat memberikan penghematan sebesar 8 hingga 12% dibandingkan perawatan preventif dan sebesar 30 hingga 40% dibandingkan perawatan reaktif. Namun, penelitian juga menyebutkan

bahwa implementasi perawatan prediktif membutuhkan biaya awal yang besar [4].

Perawatan berorientasi keandalan atau *reliability-centered maintenance* (RCM) adalah sebuah proses perencanaan perawatan untuk memastikan sistem terus melakukan apa yang dibutuhkan penggunaannya dalam konteks pengoperasian saat ini [4]. Pada intinya, RCM merupakan program perawatan yang mengenali bahwa tidak semua peralatan sama pentingnya, desain dan pengoperasian peralatan tidak sama. RCM bertujuan untuk mencapai keandalan peralatan semaksimal mungkin dengan biaya yang seefisien mungkin. Dengan demikian, RCM dapat mengandalkan sebagian besar peralatan pada perawatan prediktif, tetapi tetap bisa memanfaatkan perawatan reaktif untuk peralatan yang murah dan tidak penting. Perusahaan yang berkinerja tinggi biasanya memakai pendekatan RCM dengan perincian 45-55% perawatan prediktif, 25-35% perawatan preventif, dan kurang dari 10% perawatan reaktif. Karena RCM banyak mengandalkan perawatan prediktif, keuntungan dari RCM menyerupai keuntungan perawatan prediktif, tetapi dengan biaya yang lebih rendah [4].

B. Total Productive Maintenance

Total productive maintenance didefinisikan sebagai pendekatan pemeliharaan inovatif yang mengoptimalkan efektivitas peralatan, menghilangkan kerusakan, dan mendorong pemeliharaan mandiri oleh operator [5]. TPM merupakan pengembangan dari konsep *preventive maintenance* yang berasal dari Amerika. Nippondenso, sebuah perusahaan grup Toyota, menerapkan ide *preventive maintenance* dalam skala besar di tahun 1960. Menurut konsep dasar *preventive maintenance* kegiatan perawatan hanya dilakukan oleh karyawan dari departemen perawatan. Oleh karenanya, jika kebutuhan perawatan sedang banyak diperlukan, maka diperlukan pula penambahan karyawan di departemen perawatan. Dari kondisi ini Nippondenso menciptakan perawatan mandiri (*autonomous maintenance*) yang memanfaatkan operator mesin untuk melakukan perawatan rutin. Kemudian *autonomous maintenance* dikembangkan lagi dengan menambahkan *maintenance prevention* (eliminasi kebutuhan perawatan) dan *quality circles* (keterlibatan seluruh karyawan) sehingga terciptalah *Total Productive Maintenance* [6]. Nippondenso kemudian dikenal sebagai perusahaan yang pertama memperkenalkan dan menerapkan TPM. Sejak tahun 1971 itu, TPM sangat tersebar luas di Jepang, terutama di perusahaan-perusahaan grup Toyota.

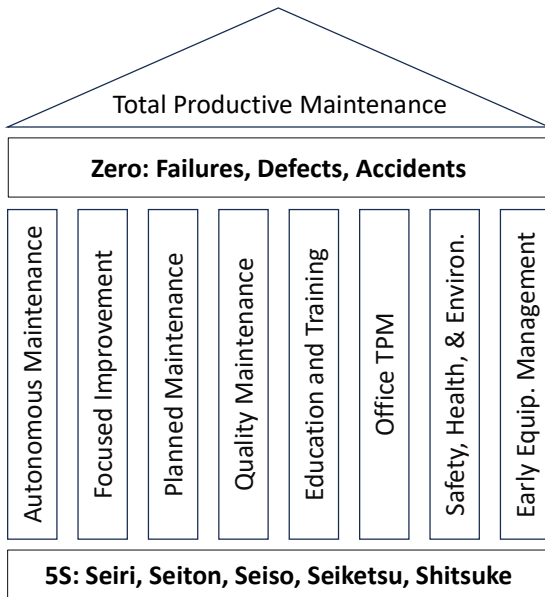
TPM mengandalkan keterlibatan penuh dari seluruh karyawan pabrik. Karyawan di tiap divisi akan memiliki sifat proaktif dalam merawat dan menjaga aset perusahaan tetap dalam kondisi prima. Dengan demikian, konsep ini membangkitkan rasa memiliki (*sense of ownership*) terhadap aset perusahaan. TPM juga memiliki tujuan untuk membangun budaya kerja sama semua karyawan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Hal ini tentunya dapat meningkatkan daya saing perusahaan karena *downtime* mesin yang menurun serta biaya perawatan yang lebih rendah.

Penerapan TPM dilandaskan pada 5S, yaitu *seiri* (*sort*), *seiton* (*set-in-order*), *seiso* (*sweep*), *seiketsu* (*standardize*), dan *shitsuke* (*sustain*). Ada delapan pilar yang menopang bangunan TPM, yaitu *autonomous maintenance*, *focused improvement*, *planned maintenance*, *quality maintenance*,

education and training, office TPM, safety, health, and environment, and early equipment management. Sasaran utama dari TPM ialah *zero failures*, *zero defects*, dan *zero accidents* sehingga setiap aset perusahaan dapat dimaksimalkan pemanfaatannya [7, 8]. Gambar 1 menunjukkan bangunan TPM yang ditopang oleh delapan pilar dan dilandasi oleh dasar 5S untuk menuju *zero failures*, *zero defects*, dan *zero accidents*.

C. *Six Big Losses* dan *Overall Equipment Effectiveness*

Keberhasilan implementasi TPM diukur dengan *overall equipment effectiveness* (OEE), yang menunjukkan seberapa efisien sebuah mesin beroperasi [9]. OEE merupakan hasil kali dari *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan (1).
 $OEE = Availability * Performance rate * Quality rate$ (1)



Gambar 1. Landasan, pilar, dan tujuan TPM

Untuk meningkatkan OEE, TPM perlu mengeliminasi *six big losses* dari mesin atau peralatan [5]. *Six big losses* ini dikelompokkan menjadi *downtime losses*, *speed losses*, dan *quality losses*. *Availability* merupakan rasio antara jumlah waktu mesin tersebut memproduksi dan jumlah waktu yang direncanakan untuk memproduksi [9]. *Availability* mempertimbangkan *downtime losses*, termasuk peristiwa apa pun yang menghentikan produksi yang direncanakan untuk jangka waktu yang cukup lama (*equipment failure losses*) dan penghentian karena *setup* dan pengaturan yang disebabkan pergantian produk (*setup and adjustment losses*) [10]. Persamaan (2) memberikan cara menghitung *availability*.

$$Availability = \frac{Operation\ time}{Loading\ tim} = \frac{Loading\ time - downtim}{Loading\ time} \quad (2)$$

Performance rate mempertimbangkan *speed losses*, yaitu faktor apa pun yang menyebabkan proses berhenti sebentar (*idling and minor stoppages*) atau beroperasi pada kecepatan kurang dari kecepatan maksimumnya (*reduced speed losses*) [10]. Persamaan 3 memberikan cara memperoleh *performance rate*.

$$Performance = net\ operat.\ rate \times operating\ speed\ rate$$

$$Performance = \frac{produced\ amount * actual\ cycle\ time}{operation\ time} * \frac{ideal\ cycle\ time}{actual\ cycle\ time}$$

$$Performance = \frac{produced\ amount * ideal\ cycle\ time}{operation\ time} \quad (3)$$

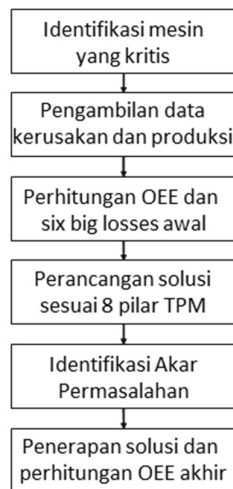
Quality rate memasukkan *quality losses* yang meliputi produk yang tidak memenuhi standar mutu, termasuk barang yang memerlukan pengerjaan ulang (*defects losses*) dan produk tidak sempurna yang dihasilkan saat pengaturan awal (*scrap/reduced yield losses*) [5]. Persamaan 4 memberikan cara menghitung *quality rate*.

$$Quality\ rate = \frac{produced\ amount - (total\ defects + scrap)}{produced\ amount} \quad (4)$$

1) Referensi [5] menyebutkan nilai *availability* untuk kondisi yang ideal adalah lebih dari 90%, sedangkan untuk *performance rate* ialah lebih besar dari 95% dan *quality rate* lebih besar dari 99%. Dengan demikian, nilai OEE yang ideal adalah lebih dari 85%.

III. METODE PENELITIAN

Langkah pertama dari penelitian ini ialah mengidentifikasi mesin yang paling kritis atau paling banyak mengalami masalah melalui pengamatan di lantai produksi serta wawancara dengan kepala pimpinan perusahaan, kepala produksi, dan operator di setiap mesin. Langkah berikutnya adalah pengambilan data kerusakan mesin, kegiatan perawatan mesin, dan laporan produksi. Wawancara juga dilakukan untuk menanyakan pengertian catatan di dalam data rekaman tersebut. Setelah mendapatkan informasi permasalahan yang lebih spesifik, maka dilanjutkan dengan pengolahan data untuk memperoleh nilai *overall equipment effectiveness* awal dan masing-masing kerugian dari *six big losses*. Selanjutnya, penelitian dilanjutkan untuk mencari akar permasalahan dengan memakai *fishbone diagram*. Informasi mengenai akar permasalahan didapat melalui wawancara dengan kepala produksi dan beberapa perwakilan operator. Langkah berikutnya adalah merancang solusi berdasarkan delapan pilar TPM. Pada Langkah terakhir, solusi tersebut akan diterapkan dan hasil penerapannya akan dievaluasi. Selama proses implementasi, observasi tetap akan dilakukan untuk membuat penyesuaian terhadap rancangan TPM tersebut. Efektivitas implementasi TPM akan dilakukan dengan menghitung *overall equipment effectiveness* dan *six big losses* akhir. *Flowchart* langkah-langkah penelitian diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah-langkah penelitian

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Overall Equipment Effectiveness Awal

Mesin *injection molding* yang dipilih ialah mesin yang jadwal produksinya hampir selalu ada. Dari data produksi bulan Oktober hingga Desember 2020 didapat nilai *overall equipment effectiveness* seperti yang disajikan pada Tabel 1. Nilai OEE terendah terjadi di bulan Oktober 2020, sedangkan nilai tertinggi terjadi di bulan Desember 2020. Dari Tabel 1 tampak bahwa nilai OEE cukup berfluktuatif. Hal ini menunjukkan adanya akar permasalahan yang belum teridentifikasi. Di samping itu, nilai OEE yang dicapai masih sangat jauh dari standar OEE perusahaan kelas dunia, yaitu 85% [5]. Tabel 2 memberikan nilai *six big losses* sebelum implementasi TPM. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa tingkat *idling & minor stoppages* masih sangat tinggi dengan rata-rata sebesar 27,42%. Selain itu, *reduced speed losses* masih cukup tinggi dengan rata-rata 12,61%. *Defect losses* masih tinggi dengan rata-rata 10,30%. Dalam penelitian ini, *reduced yield losses* tidak dapat diestimasi karena pihak perusahaan hanya mencatat jumlah yang cacat, tetapi tidak bisa membedakan mana yang berupa *defects losses* dan mana yang merupakan *reduced yield losses*.

TABEL 1. NILAI AWAL OEE

Bulan	Availability	Performance	Quality	OEE
Oktober 20	93,60%	63,92%	88,57%	52,99%
November 2020	96,33%	61,61%	89,03%	52,84%
Desember 2020	95,65%	64,69%	91,49%	56,61%
Rata-rata	95,19%	63,41%	89,70%	54,15%

TABEL 2. NILAI SIX BIG LOSSES SEBELUM IMPLEMENTASI TPM

Bulan	Equip. Failure	Setup And Adjustment	Idling & Minor Stoppages	Reduced Speed	Defects	Reduced Yield
Okt. 20	2,12%	4,28%	25,78%	13,88%	11,43%	0%
Nov. 20	1,48%	2,18%	30,52%	11,33%	10,97%	0%
Des. 20	2,04%	2,31%	25,97%	12,62%	8,51%	0%
Rata-rata	1,88%	2,92%	27,42%	12,61%	10,30%	0%

B. Perancangan Solusi Sesuai Delapan Pilar TPM

Penerapan TPM di setiap perusahaan akan berbeda-beda karena perlu disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Umumnya waktu pelaksanaan dari awal implementasi hingga stabil dibutuhkan waktu 3-5 tahun [11]. Implementasi TPM tentu sangat memerlukan dukungan dari pihak *top management* maupun semua pekerja di perusahaan untuk dapat memastikan proses implementasi TPM dapat berjalan dengan baik.

Penerapan TPM di P.T. X diawali dengan tahap persiapan, yang terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

- Pengenalan TPM kepada *top management*: pengenalan TPM dilakukan melalui *meeting* dengan pimpinan perusahaan untuk memberi gambaran mengenai filosofi dan dampak TPM.
- Sosialisasi ke seluruh perusahaan: pimpinan perusahaan melakukan sosialisasi mengenai rencana penerapan TPM secara *top-down* sesuai struktur organisasi pada saat *briefing* pergantian *shift*.
- Pembentukan organisasi inti TPM atau TPM *pilot team*: pimpinan membentuk tim untuk menjadi *role model* dalam penerapan TPM. Tim tersebut terdiri dari kepala *shift*, operator, dan personil dari divisi Perawatan.
- Pembentukan rencana induk TPM: tim inti TPM membuat rencana induk TPM sebagai panduan pelaksanaan TPM untuk periode selanjutnya.

Rencana induk TPM yang telah dibuat sebelumnya dilanjutkan dengan implementasi di lantai produksi. Implementasi difokuskan pada mesin yang dijadikan sebagai proyek percobaan TPM. Dari delapan pilar TPM, ada beberapa pilar di mana perusahaan telah melakukannya dan ada pula yang masih perlu ditingkatkan. Berikut ini penjelasan lebih rinci mengenai proses implementasi delapan pilar TPM di P.T. X:

1. Autonomous Maintenance

Autonomous maintenance bertujuan untuk melibatkan operator produksi dalam melakukan kegiatan perawatan karena mereka selalu berada di dekat mesin. Harapannya ialah operator dapat merasa memiliki peralatan, bertanggung jawab, dan termotivasi untuk merawat mesin atau peralatan produksinya. Pelaksanaan *autonomous maintenance* dirancang berdasarkan panduan tujuh langkah menuju *autonomous maintenance* yang disarankan oleh Nakajima [5]. Proses implementasi *autonomous maintenance* di P.T. X difokuskan pada 3 langkah awal, yaitu pembersihan awal, eliminasi sumber masalah, dan pembentukan standar pembersihan dan pelumasan.

Pembersihan awal merupakan kegiatan pemeriksaan sekaligus pembersihan yang juga berkaitan dengan 5S yang dilakukan di awal implementasi. Saat melakukan pembersihan, operator ditekankan untuk menggunakan pancaindra dalam mendeteksi permasalahan yang terlihat tidak normal. Gambar 3 menunjukkan contoh di mana terdapat ceceran bahan plastik di dekat *barrel* mesin produksi. Hal ini tentu berbahaya karena plastik terekspos pada suhu yang tinggi di area dekat *barrel*. Ceceran plastik tersebut berpotensi menimbulkan percikan api di dekat *hopper* tersebut. Setelah pekerja memasukkan bahan ke dalam *hopper*, pekerja harus membersihkan ceceran plastik untuk menghindari terjadinya bahaya yang tidak diinginkan.



Gambar 3. Ceceran bahan dekat hopper

Langkah eliminasi sumber masalah bertujuan untuk menumbuhkan inisiatif operator untuk memikirkan bagaimana cara menjaga kondisi sesuai standar setelah melakukan pembersihan awal. Dalam penerapan langkah ini operator diharapkan menemukan kondisi yang tidak normal, misalnya suara motor elektrik atau pompa hidrolis yang keras. Bila hal ini terjadi, operator perlu segera melaporkannya kepada staf bagian perawatan untuk pengecekan lebih lanjut.

Langkah pembuatan standar pembersihan dan pelumasan dilakukan setelah melakukan pengumpulan data dan pencarian solusi pada langkah sebelumnya. Standarisasi tersebut diterapkan dengan membuat *check sheet* seperti pada Gambar 4. *Check sheet* ini berupa daftar inspeksi yang perlu dilakukan oleh operator setiap hari.

CHECKLIST PENGECEKAN HARIAN UNTUK OPERATOR

TANGGAL PEMERIKSAAN	Nama operator :
	Shift :
	Kepala shift :
	Mesin :

No	Nama Kegiatan	Baik	Tidak	Keterangan
1	Cek suara tidak normal			
2	Cek visual kebocoran hidrolis			
3	Cek temperatur oli hidrolis			
4	Cek & keluarkan air di filter kompressor			
5	Bersihkan body mesin			
6	Cek sambungan selang hidrolis			
7	Cek sambungan selang air dan angin			

Gambar 4. *Check sheet* inspeksi harian

2. *Focused Improvement*

Focused improvement memiliki pengertian melakukan perbaikan terfokus dan kontinu dengan tujuan mengurangi *losses* di tempat kerja. Berdasarkan analisa *six big losses* yang telah dilakukan, perusahaan ini mengalami *losses* yang terbesar pada bagian *idling and minor stoppage losses* yang mempengaruhi *performance rate* perusahaan. *Fishbone diagram* dipakai untuk melakukan analisa akar penyebab permasalahan [12]. Akar permasalahan *idling and minor stoppage losses* dapat dilihat pada *fishbone diagram* yang ditampilkan pada Gambar 5.

3. *Planned Maintenance*

Pilar *planned maintenance* memiliki tujuan membentuk infrastruktur atau sistem perencanaan perawatan dalam perusahaan. Implementasi *planned maintenance* bersinergi dengan pilar *autonomous maintenance* dan pelaksanaan 5S. Hal ini berarti pilar *autonomous maintenance* dan 5S merupakan metode lain untuk

mengidentifikasi permasalahan yang perlu dimasukkan dalam perencanaan perawatan. Langkah berikutnya ialah pembuatan solusi permasalahan yang akan dijadikan sebagai standar perawatan terkait dengan pilar *planned maintenance*. Langkah terakhir pilar *planned maintenance* ialah pembuatan jadwal perawatan berdasarkan buku panduan mesin dan pengalaman kegiatan perawatan di P.T. X. Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan jadwal inspeksi perawatan harian dan mingguan. Selain itu, dalam penerapan TPM ini tim juga membuat jadwal perawatan tiap bulan, tiap 3 bulan, tiap 6 bulan, dan tiap tahun.



Gambar 5. Fishbone diagram untuk *idling & minor stoppage losses*

TABEL 3. JADWAL INSPEKSI PERAWATAN HARIAN

Daerah pemeriksaan	Hal yang dicek	Konfirmasi
Tangki oli	Volume oli	Tingkat oli hidrolis dalam batas aman
	Temperatur oli	Suhu oli maksimal 50° C
Pompa oli	Kebisingan	Tidak ada suara kasar
Pipa hidrolis	Bagian sambungan	Tidak ada kebocoran oli
Selang air pendinginan	Bagian sambungan	Tidak ada kebocoran air, tidak ada selang tertekuk
Tombol emergency stop	Tekan agar motor berhenti	Motor berhenti
Heater band dan thermo-couple	Kondisi pemanasan barrel dan arus listrik heater band	1. Pengecekan arus listrik sesuai dengan spesifikasi heater band 2. Tidak ada perbedaan antara temperatur yang diset dan temperatur terukur.
Hopper bahan	Kondisi Filter	Kebersihan filter dari debu
Pompa lubrikasi	Kondisi Filter	1. Kebersihan filter lubrikasi dari kotoran
	Volume oli	2. Tingkat oli hidrolis dalam rentang batas aman
Auto loader	Kondisi Filter	Kebersihan filter dari debu
Molding	Kekencangan, Kebersihan, Lubrikasi	1. Kebersihan cavity mold dan dinding penuntun dari kotoran
		2. Oles <i>grease</i> baru di dinding penuntun
		3. Cek sambungan cooling molding
		4. Kebersihan lubang venting

Setelah fase uji coba penerapan dari jadwal perawatan tersebut, tim merasa jadwal inspeksi perawatan harian dan mingguan di Tabel 3 dan Tabel 4 perlu diperbaiki agar lebih efektif dan memudahkan. Di dalam jadwal yang baru, inspeksi perawatan harian dan mingguan digabung menjadi sebuah *checklist* seperti yang diberikan pada Gambar 6 di bawah.

TABEL 4. JADWAL INSPEKSI PERAWATAN MINGGUAN

Daerah pemeriksaan	Hal yang dicek	Konfirmasi
Alat pengaman elektrikal	Kecanggangan baut	Kecanggangan baut
Control panel	Kontaminasi	1. Bersihkan permukaan <i>control panel</i> dengan kain 2. Jangan pakai cairan korosif seperti acetone, methanol, ethanol, dan glycol
Oil cooler	Kerak	Bersihkan dengan sikat kawat
Distributor air utama	Kerak	1. Bersihkan dengan sikat kawat 2. Pastikan tidak ada selang yang tertekuk saat pemasangan
Kipas pendingin panel dan motor elektrik	Kotoran debu	Bersihkan dengan kuas
Barrel nozzle	Kebersihan, Kecanggangan	1. Kencangkan baut kembali 2. Bersihkan kotoran di saluran

daya manusia dalam melakukan perawatan. Pelatihan pekerja dalam bentuk *on-the-job training* difokuskan kepada operator, kepala shift, staf administrasi, dan personil perawatan dengan tujuan mengurangi *idling and minor stoppage losses, defect losses*, dan menerapkan sistem perawatan baru. Tabel 5 berisi panduan pelatihan untuk tahap implementasi awal TPM untuk setiap level jabatan.



Gambar 7. Cacat plastic flash

CHECK LIST PERAWATAN MESIN

TANGGAL : _____ MULA (PUKUL) : _____
 MESIN : _____ SELESAI (PUKUL) : _____

NO	KEGIATAN	TINDAKAN	Kondisi		KETERANGAN
			Baik	Tidak	
HARIAN					
1	SUARA TIDAK NORMAL	C			
2	BODY MESIN	B			
3	HOPPER DRYER (FILTER ATAS)	C, B			
4	AUTOLOADER (FILTER ATAS)	C, B			
5	AIR KOMPRESSOR & TABUNG TAMBAHAN	C, B			
6	TEMPERATUR OLI HIDROLIS	C			
7	POMPA PELUMASAN	C, B			
8	KEBOCORAN HIDROLIS & SELANG HIDROLIS	C, B			
9	BAUT-BAUT AS TOGGLE	C			
10	MOLDING	C, B, L			
MINGGUAN					
10	AUTOLOADER (FILTER DALAM)	C			
11	VOLUME OLI HIDROLIS	C			
12	WARNA OLI HIDROLIS	C			
13	FILTER OLI HIDROLIS	C			
14	OIL COOLER	B			
15	TOGGLE, PLATTEN, COUPLING SCREW	L			
16	SELANG DISTRIBUTOR AIR UTAMA	B			
17	DISTRIBUTOR AIR	B			
18	COOLING BARREL	B			
18	NOZZLE BARREL	C, B			
19	KEKENCANGAN KONEKSI TERMINAL LISTRIK	C			
CEK ZONA HEATER			PERSONIL YANG MELAKUKAN		
			1	2	3
			4	5	
KETERANGAN					
C = CEK L = LUBRIKASI					
B = BERSIHKAN					
Catatan			Permintaan		

Gambar 6. Checklist perawatan setelah penyesuaian

TABEL 5. DAFTAR PANDUAN PELATIHAN UNTUK SETIAP LEVEL

Level Staf	Materi Pelatihan
Operator	1. Proses finishing 2. Inspeksi harian 3. Peningkatan kerja sama
Kepala shift	1. Peningkatan analisa permasalahan 2. Peningkatan kerja sama
Staf Administrasi	Penggunaan spreadsheet untuk pencatatan laporan produksi dan kegiatan perawatan
Personil perawatan	1. Penggunaan checklist baru 2. Penggunaan tabel jadwal perawatan

4. *Quality Maintenance*

Pilar *quality maintenance* bertujuan untuk mendeteksi permasalahan yang mempengaruhi kualitas produk. Pilar ini memastikan peningkatan *quality rate* proses produksi dan mesin dapat memproduksi hingga mencapai *zero defects*. Pilar sangat berkaitan dengan pilar *focused improvement* pada faktor mesin, bahan, dan manusia. Penyebab kecacatan *plastic flash* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, dari sisi faktor mesin dan bahan ialah tingkat kebersihan yang kurang pada *mold cavity*, dinding penunton, dan bahan plastik yang dipakai untuk produksi. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan menjadikannya sebagai bagian yang harus diperhatikan dalam jadwal perawatan. Faktor manusia disebabkan oleh operator yang salah ketika melakukan pemotongan *plastic flash*. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan pelatihan dalam ketelitian dan kecepatan proses pemotongan tersebut.

5. *Education and training*

Kualitas sumber daya manusia dalam perusahaan merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kemampuan bersaing perusahaan. Pilar *education and training* bertujuan untuk meningkatkan kapasitas sumber

6. *Office TPM*

Pilar ini merupakan tahapan yang bertujuan untuk melakukan peningkatan dalam administrasi perusahaan. Hal ini yang dimaksud adalah peningkatan manajemen informasi di dalam perusahaan. Penerapan ini seperti pembentukan *check sheet* yang telah dibahas di pilar *autonomous maintenance* dan *planned maintenance*. Penerapan yang lain adalah peningkatan proses pengolahan informasi dari data laporan produksi perusahaan.

7. *Safety, Health, and Environment*

Pilar ini bertujuan untuk memastikan dalam lingkungan kerja mencapai tujuan *zero accidents, zero incidents, dan zero losses*. Implementasi pilar ini berkaitan dengan penerapan *initial cleaning* pada pilar *autonomous maintenance* dan pelaksanaan 5S. Para pekerja harus memiliki pola pikir yang mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja pada lingkungan kerjanya untuk menjamin keselamatan diri dan rekan kerja. Adanya keamanan dan keselamatan kerja dapat membentuk lingkungan kerja yang nyaman dan aman. Pelatihan pekerja dalam menerapkan pola pikir yang mendukung pilar ini, dilakukan dengan melakukan metode 5S di awal pelaksanaan TPM. Kegiatan 5S merupakan kegiatan di mana pekerja melakukan pembersihan dan pemilahan barang antara yang dibutuhkan dan tidak dibutuhkan di lingkungan kerja pekerja. Kegiatan ini dapat meningkatkan tingkat kepedulian pekerja terhadap kondisi lingkungan kerja.

Gambar 8 menunjukkan tumpukan kawat yang menghalangi daerah pompa lubrikasi mesin produksi di lingkungan merah. Tumpukan kawat ini menyulitkan bagian perawatan ketika hendak melakukan inspeksi pada pompa

dan pengisian oli lubrikasi di lingkaran biru. Selain itu, tumpukan kawat tersebut tidak diberi sehingga dapat menyebabkan pekerja mengalami luka gores akibat dari bagian tajam kawat tersebut. Solusi yang diterapkan ialah memindahkan tumpukan kawat ke tempat penyimpanan di lokasi lain yang lebih aman dan minim mobilitas pekerja.



Gambar 8. Tumpukan kawat di area pompa lubrikasi

8. Early equipment management

Early equipment management merupakan tindakan yang berfokus pada *development management* di perusahaan. Pilar ini bermaksud untuk memperbaiki desain peralatan baru agar dapat mencapai target kinerja lebih cepat dan mudah dalam pengoperasian dan perawatan. Penerapan pilar ini berupa masukan kepada P.T. X dalam 2 hal, yaitu 1) pemasangan kontrol di tiap mesin untuk mengurangi *setup and adjustment losses* serta *planned downtime* dan 2) perbaikan bentuk penekuk kawat untuk mengurangi *idling and minor stoppage losses*. Gambar 9 menunjukkan gagang kawat yang kurang tertekuk. Harapan ke depannya ialah dengan perbaikan desain tersebut terjadi peningkatan produktivitas perusahaan.

C. Evaluasi Hasil Implementasi Delapan Pilar TPM

Efektivitas penerapan TPM dievaluasi dengan memakai nilai OEE dan *six big losses*. Tabel 6 memberikan nilai OEE di bulan April dan Mei 2021 setelah penerapan TPM. Nilai OEE setelah penerapan TPM adalah sebesar 61,91% untuk April 2021 dan 60,66% untuk bulan Mei 2021. Nilai OEE ini naik dari rata-rata 54,15% sebelum penerapan TPM menjadi 61,29% setelah penerapan TPM. Kenaikan terbesar disumbangkan oleh kenaikan *performance rate*, yang naik dari rata-rata 63,41% menjadi 68,29%, selanjutnya *quality rate* naik dari rata-rata 89,70% menjadi 93,56%. *Availability rate* dapat dikatakan tidak meningkat signifikan.



Gambar 9. Bentuk gagang kawat yang kurang tertekuk

Tabel 7 memberikan nilai *six big losses* setelah penerapan TPM. Penurunan *losses* terbesar terjadi pada *idling and minor stoppage*, yaitu dari rata-rata 27,42% sebelum penerapan TPM menjadi 22,35%. Penurunan *losses* terbesar kedua terjadi pada *defects losses* dari rata-rata 10,30% sebelum penerapan TPM menjadi 6,44%. *Equipment failure losses* juga menurun dari rata-rata 1,88% menjadi rata-rata 1,45%. Penurunan *equipment failure losses* 0,44% ini sama dengan penurunan 23,14% dari nilai awalnya. Untuk jenis *losses* yang lain juga terjadi penurunan, meskipun tidak sebesar ketiga *losses* di atas.

TABEL 6. NILAI OEE SETELAH IMPLEMENTASI TPM

Bulan	Availability	Performance	Quality	OEE
April 2021	96,57%	67,88%	94,45%	61,91%
Mei 2021	95,27%	68,70%	92,67%	60,66%
Rata-rata	95,92%	68,29%	93,56%	61,29%

TABEL 7. NILAI SIX BIG LOSSES SETELAH IMPLEMENTASI TPM

Bulan	Equip. Failure	Setup And Adjustment	Idling & Minor Stoppages	Reduced Speed	Defects	Reduced Yield
April 21	1,27%	2,16%	22,66%	12,24%	5,55%	0%
Mei 21	1,62%	3,11%	22,04%	11,87%	7,33%	0%
Rata-rata	1,45%	2,64%	22,35%	12,06%	6,44%	0%

Penurunan *idle and minor stoppage* disebabkan oleh penerapan pilar *education and training* yang meningkatkan kecepatan operator dalam melakukan proses *finishing*. *Equipment failure losses* berkurang disebabkan berkurangnya kegiatan memoles *mold* sebagai dampak dari perubahan komposisi bahan plastik yang dipakai. Penurunan *defects losses* disebabkan oleh perbaikan parameter proses yang merupakan hasil peneliti lain di P.T. X. Pada bulan Mei 2021 terdapat kenaikan tingkat *losses* pada komponen *equipment failure, setup and adjustment, dan defects*. Hal ini terjadi karena produksi di mesin tersebut hanya berjalan selama 13 hari akibat terjadinya kendala produksi di P.T. X.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian penerapan TPM di P.T. X ini berhasil nilai OEE dari rata-rata 54,15% sebelum penerapan TPM menjadi 61,29%. Kenaikan terbesar terjadi pada *performance rate*, yang naik dari rata-rata 63,41% menjadi 68,29%, selanjutnya *quality rate* naik dari rata-rata 89,70% menjadi 93,56%. Nilai OEE yang didapat masih jauh dari nilai OEE perusahaan-

perusahaan kelas dunia, yaitu 85% [5]. Hal ini memberikan peluang untuk peningkatan lebih lanjut di perusahaan ini. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ialah upaya untuk meningkatkan *performance rate* dan *quality rate* yang masih cukup rendah dibandingkan dengan perusahaan-perusahaan kelas dunia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Pinto, F. J. G. Silvaa, A. Baptistaa, N. O. F. R. Casaisa, and C. Carvalho, "TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study," *Procedia Manufacturing*, vol. 51, pp. 1423–1430, 2020.
- [2] R. Thorat and G. T. Mahesha, "Improvement in productivity through TPM Implementation," *Materials Today: Proceedings*, vol. 24, pp. 1508-1517, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.470.
- [3] S. Farahani, V. Khade, S. Basu, and S. Pilla, "A data-driven predictive maintenance framework for injection molding process," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 80, pp. 887-897, 2022, doi: 10.1016/j.jmapro.2022.06.013.
- [4] G. P. Sullivan, R. Pugh, A. P. Melendez, and W. D. Hunt, *Operations & Maintenance Best Practices: A Guide to Achieving Operational Efficiency* (no. Release 3.0). Richland, Washington: Pacific Northwest National Laboratory, 2010.
- [5] S. Nakajima, *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.
- [6] J. Venkatesh, "An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)," ed, 2007, pp. 1-22.
- [7] R. K. Mobley, L. R. Higgins, and D. J. Wikoff, Eds. *Maintenance Engineering Handbook*. New York, NY: McGraw-Hill Professional, 2008.
- [8] J. R. Díaz-Reza, J. L. García-Alcaraz, and V. Martínez-Loya, *Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits*. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019.
- [9] N. Ahmad, J. Hossen, and S. M. Ali, "Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 94, no. 1-4, pp. 239-256, 2017, doi: 10.1007/s00170-017-0783-2.
- [10] B. G. Mwanza and C. Mbohwa, "Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company," *Procedia Manufacturing*, vol. 4, pp. 461-470, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.063.
- [11] P. Willmott and D. McCarthy, *TPM - A Route to World-Class Performance*. Oxford, England: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [12] S. Borris, *Total Productive Maintenance*. New York, NY: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2006.