

ANALISIS PERAWATAN MESIN *INJECTION MOLDING* FCS-HN 200SV DENGAN METODE TPM DI PT. XYZ

Iwan Nugraha Gusniar¹⁾, Agung Izzulhaq Choerullah²⁾,

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia.

1) iwannugrahajurnal@gmail.com

2) 1810631150011@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Dalam dunia industri, peranan mesin sangat vital untuk seluruh proses produksi. Di setiap perusahaan yang menggunakan teknologi pasti akan memerlukan sistem perawatan serta merawat alat dan mesin yang dimiliki agar keadaan mesin selalu optimal, terutama mesin *injection molding* FCS-HN 200SV karena pada mesin ini terjadi proses *injection* yang merubah bahan berupa biji plastik menjadi produk berupa *grip* untuk rem tangan pada mobil. Jika waktu *downtime* mesin tinggi, maka akan sangat berpengaruh terhadap proses produksi yang akan dicapai. Untuk mengetahui efisiensi dari mesin *injection molding* FCS-HN 200SV ini perlu adanya aspek *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. Perawatan mesin mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, maka dari itu penerapan *Total Productive maintenance* (TPM) menjadi solusi untuk membantu mempertahankan produktivitas mesin dalam kondisi yang baik. Tujuan dari TPM adalah meminimalisasi kerugian *cost* produksi dengan melakukan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Perhitungan OEE ini meliputi aspek *Availability*, *Performance rate*, dan *quality rate*. Data yang digunakan pada perawatan mesin *injection molding* FCS-HN 200SV di PT XYZ merupakan kegiatan produksi selama satu bulan, setelah dihitung nilai *availability* 88,32 % , nilai *performance rate* 99,36 % keduanya berada diatas nilai standar dunia OEE, nilai *quality rate* 92,687%. Lalu didapatkan hasil OEE 81,33 % dan tidak termasuk pada standar OEE dunia.

Kata Kunci : mesin *injection molding*, TPM, OEE, *Six big losses*.

ABSTRACT

In the industrial world, the role of machines is very vital for the entire production process. Every company that uses technology will definitely need a maintenance system and take care of the tools and machines they have so that the condition of the machine is always optimal, especially the FCS-HN 200SV injection molding because in this machine there is an injection process that changes the material in the form of plastic seeds, the product is a grip for the hand brake of the car. If the machine downtime is high, it will greatly affect the production process to be achieved. To determine the efficiency of the FCS-HN 200SV injection molding machine, it is necessary to have aspects of availability, performance rate, and quality rate. Machine maintenance has developed along with the development of science and technology, therefore the application of Total Productive Maintenance (TPM) is a solution to help maintain machine productivity in good condition. The purpose of TPM is to minimize production cost losses by taking an Overall Equipment Effectiveness (OEE) approach. This OEE calculation includes aspects of Availability, Performance rate, and quality rate. The data used in the maintenance of the FCS-HN 200SV injection molding machine at PT XYZ is a production activity for one month, after calculating the availability value of 88.32 %, the performance rate value of 99.36 % both above the OEE world standard value, the quality rate value of 92.687%. Then the results obtained OEE 81.33 % and are not included in the world OEE standards.

Keywords: Injection molding machine, TPM, OEE, Six big losses

Artikel Masuk : XX – XX- XXXX

Artikel Diterima : XX – XX- XXXX

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia era sekarang, teknologi merupakan suatu hal penting yang dapat membantu meningkatkan kualitas produksi. Teknologi tersebut dapat berupa mesin produksi, alat penahanan bahan, serta fasilitas penunjang lainnya. Di setiap perusahaan yang menggunakan teknologi pasti akan memerlukan sistem perawatan serta merawat alat dan mesin yang dimiliki.

Perawatan yang dilakukan dalam suatu perusahaan dapat dijadwalkan sesuai kebutuhan. Tujuan melakukan penjadwalan perawatan tersebut adalah untuk meminimalisir terjadinya kerusakan yang tidak terduga pada mesin yang dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi, membahayakan keselamatan pekerja, menambah *cost* perbaikan mesin atau pergantian mesin yang mahal serta kerugian besar lainnya.

PT XYZ yang memproduksi suku cadang otomotif untuk hampir semua produsen otomotif terkemuka seperti Mitsubishi, Honda, Nissan, Suzuki dan Astra Daihatsu Motor. Dan salah satu mesin yang digunakan di perusahaan ini menggunakan mesin *Injection molding FCS-HN 200SV* yang dimana dalam melakukan produksi harus mengikuti intruksi kerja yang disediakan perusahaan agar tercapai kualitas produksi yang baik dan sempurna. Oleh karena itu, kualitas setiap komponen *Injection molding FCS-HN 200SV* tergantung pada kualitas *input*, proses, *output* yang dilakukan pada produksi.



Gambar 1. Mesin *Injection Molding FCS-HN 200SV*

Saat ini banyak produk yang dibuat menggunakan bahan dasar dari bijih plastik

dengan proses produksi *injection molding*. Banyak perusahaan di bidang manufaktur khususnya yang menggunakan teknik proses *injection molding* ini dikarenakan teknik ini dapat memproduksi barang dari bahan dasar bijih plastik dengan berbagai bentuk yang sulit dibentuk jika menggunakan teknik lainnya. Menurut Bryce 1998, *injection molding* merupakan proses seperti menyuntikkan jarum, terdapat *mold* (cetakan) yang tertutup rapat di dalam mesin, kemudian plastik yang sudah leleh disuntikkan ke dalam *mold* (cetakan) dengan bentuk yang telah disesuaikan hingga cetakan terisi penuh oleh lelehan dari plastik tersebut. Proses *injection molding* yang digunakan pada PT. XYZ memiliki dua proses yaitu, *Polypropylene* (PP) dan *Polyvinyl chloride* (PVC). Pada proses *polypropylene* terdapat dua line produksi dengan dua mesin yang masing – masing memiliki berat 220 ton, sedangkan untuk proses *polyvinyl chloride* juga terdapat dua line produksi dan menggunakan dua mesin dengan berat yang berbeda yaitu 260 ton dan 280 ton.

Pada saat proses produksinya tidak selalu berjalan semestinya dan ada saja permasalahan yang dihadapi seperti faktor mesin yang sering mengalami kerusakan bahkan mati total sehingga tidak dapat difungsikan. Sehingga pada mesin *Injection molding FCS-HN 200SV* memerlukan pemeliharaan dan perawatan secara berkala seperti pelumasan oli dan pembersihan pada *part* yang berada dimesin ini seperti *bearing* dan lainnya.

Maka dari itu metode TPM ini dapat membantu mempertahankan produktivitas peralatan atau mesin produksi dalam kondisi prima, sehingga dapat menjaga kelancaran produksi dan menghindari pengeluaran biaya tidak terencana untuk mengganti suku cadang yang rusak bahan mengganti mesin/alat dengan yang baru.

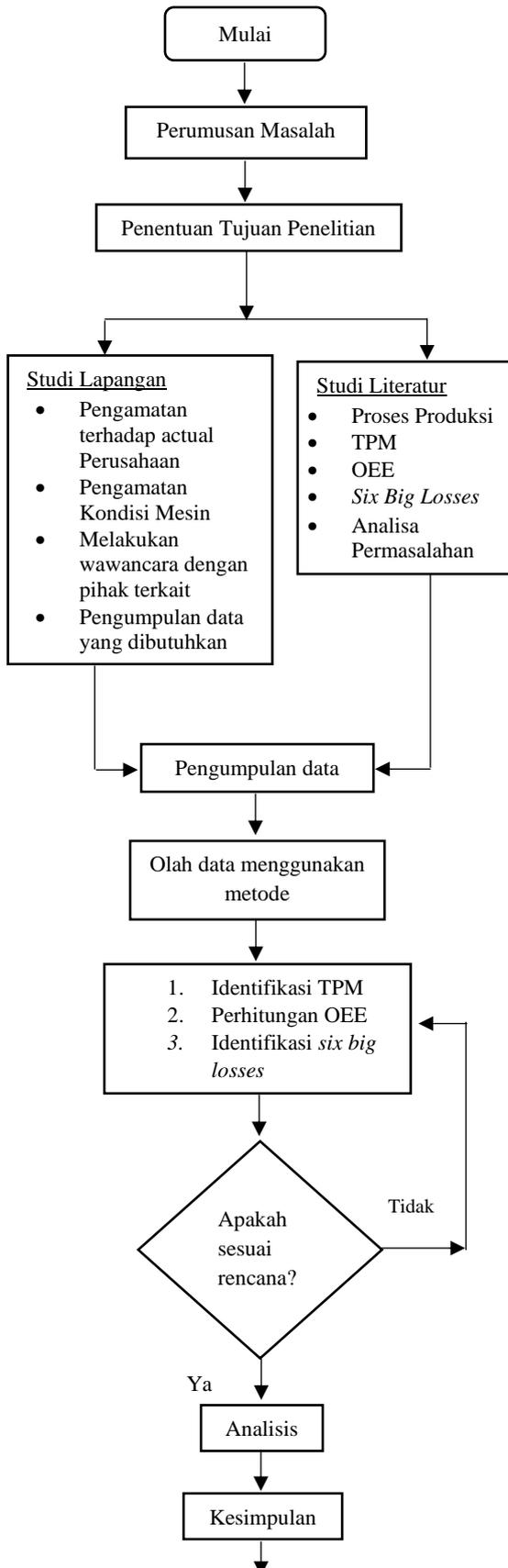
II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahapan pertama suatu penelitian adalah perumusan masalah, yaitu dengan mencari referensi – referensi yang memiliki kaitan dengan laporan Kerja Praktek ini mengenai materi perawatan atau *maintenance*

mesin dan metode *Total Productive Maintenance* (TPM). Adapun diagram alir penelitian yang dilakukan penulis sebagai berikut.

selesai

Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



A. Studi Lapangan

Kegiatan yang dilakukan di lapangan meliputi pengenalan perusahaan dan proses produksi *grip* rem tangan mobil di *line injection* LA01 PT XYZ. Pada studi lapangan tersebut diperoleh data berdasarkan pengamatan actual terhadap perusahaan, pengamatan kondisi mesin, melakukan wawancara dengan pembimbing lapangan dan operator mesin *injection molding* FCS-HN 200SV. Dari tahapan tersebut diperoleh data – data untuk menghitung efisiensi dari mesin *injection molding* FCS-HN 200SV. Dalam proses produksinya untuk aspek *availability* dan *performance rate* mesin ini termasuk baik karena nilainya berada diatas nilai standar dunia OEE, sedangkan untuk nilai *quality rate* belum memenuhi standar OEE dunia, ini karena *reject* yang dihasilkan oleh mesin terbilang cukup banyak yang disebabkan sistem mesin belum bekerja dengan sempurna.

B. Studi Literatur

Studi pustaka sangat berguna untuk merumuskan kondisi yang terjadi di lapangan dengan berdasar pada teori- teori yang telah didapatkan saat perkuliahan, sehingga dari studi pustaka yang telah dilakukan, data – data serta informasi yang dibutuhkan kemudian disimpulkan oleh penulis berdasarkan metode penyelesaian yang digunakan.

C. Proses Produksi

Pertama menganalisa proses produksi mesin *injection molding*. Mekanisme pada mesin *injection molding* sebagai berikut :

1. Pemastian Jenis barang dan bahan baku yang akan dipakai untuk produksi *grip* rem tangan mobil. Material plastik yang telah dipersiapkan kemudian dicampur dengan bahan *pellet* dan pewarna untuk bahan plastik dan akan dimasukkan kedalam *hopper*.
2. Material yang sudah dicampurkan dan dimasukkan kedalam *hooper*, kemudian dipanaskan dengan suhu 60°C minimal dua

- jam, tujuannya untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam material tersebut.
- Langkah berikutnya adalah *supply* material yang sudah dipanaskan selama dua jam tadi menuju *screw*. Kemudian *screw* didorong maju oleh gerakan piston, mendorong lelehan plastik dari bilik *screw* (*screw chamber*) melalui *nozzle* masuk kedalam rongga *mold*.
 - Selanjutnya material dilelehkan menggunakan *heater*. Lelehan plastik mengalami pengerasan, oleh karena bersentuhan dengan dinding yang dingin dari *mold*.
 - Setelah proses pendinginan dan kekakuan dari produk yang telah dibentuk, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian *barrel*. Pada saat itu *clamping* unit akan bergerak untuk membuka *mold*. Produk (*grip*) dikeluarkan oleh *ejector* yang telah ada dalam *mold*. Jika *system ejector* semi otomatis, maka *ejector* mendorong produk (*grip*) tetapi tidak sampai keluar dari *mold* sehingga diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk (*grip*).
 - Setelah produk (*grip*) tersebut keluar atau dikeluarkan oleh *ejector*, maka siap untuk dilakukan penginjeksian berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas.

Lalu, tingkat efektifitas dari sebuah mesin dapat diketahui dengan melakukan penerapan konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) dengan menggunakan *metode Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan analisis pada *Six Big Losses*.

D. Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan sebuah metode yang digunakan pada suatu fasilitas bisnis dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dan meminimalkan kerugian yang akan terjadi. Metode ini tidak hanya diperuntukkan untuk perawatan mesin saja, melainkan segala hal kegiatan proses produksi agar dapat memicu pegawai yang berada di fasilitas tersebut. TPM adalah satu metode baru pada perawatan mesin yang

berusaha untuk optimalisasi penggunaan mesin, meminimalisir terjadinya *breakdown*, dan perawatan rutin oleh operator yang bertugas. Dengan tujuan produksi pada suatu perusahaan meningkat, juga menumbuhkan motivasi pada diri pegawai serta kepuasan kerjanya. (Nakajima, 1988).

TPM memiliki tujuan utama yaitu untuk menganalisis jika terjadi pada suatu proses produksi *zero breakdown* dan *zero defect* (Ahmad Rozak, 2019). Jika kerusakan dapat diatasi maka akan berdampak dengan meningkatnya pengoperasian alat, menurunnya ongkos atau biaya produksi, tenaga kerja yang produktif, serta dapat mengurangi biaya *inventory*. Penerapan TPM ini memiliki peranan yang cukup besar, karena dapat menekan besarnya biaya produksi serta meningkatkan produktivitas mesin atau peralatan. Sebagai contoh kasus ketika dalam satu *line* produksi terdapat satu peralatan atau mesin yang mengalami *breakdown*, maka akan berdampak pada proses produksi keseluruhan. Dalam metode TPM saat melakukan perhitungan tidak dapat berdiri sendiri atau perlu adanya pendukung untuk menyeimbangi standar yang digunakan disetiap diperusahaan manapun, maka dari itu dibutuhkannya *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang sudah ditetapkan sebagai standar OEE dunia.

E. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan nilai acuan yang dirumuskan dengan cara menghitung *output actual* kemudian dibagi dengan *output maximum* pada suatu peralatan atau mesin saat dalam kondisi terbaik. Perhitungan OEE dapat diketahui setelah mendapatkan tiga variabel penting pada performa mesin yaitu *availability* atau ketersediaan, *performance rate* atau efisiensi produksi, dan *Quality rate* atau kualitas output mesin (Untung Mardono, 2019). Standar dunia untuk masing – masing variabel berbeda - beda. Berikut adalah standar dunia dari masing–masing variabel (Akhmad Sutoni, 2018).

Tabel 1. Nilai Standar dunia OEE

Factor OEE	Standar Dunia
Availability	90%
Performance	95%
Quality	99,9%
OEE	85%

Hubungan dari ketiga variabel diatas dirumuskan menjadi berikut ini:

$$OEE = \text{availability} \times \text{performance rate} \times \text{quality rate} \quad (1)$$

F. Six Big Losses

Six Big Losses merupakan enam kerugian yang terjadi karena menurunnya keefektifan sebuah mesin sehingga setiap perusahaan harus bisa menghindarinya. Enam kerugian besar tersebut antara lain Kerugian-kerugian, penyiapan dan penghentian penyesuaian, penghentian pemalasan dan kecil, Pengurangan kecepatan, cacat proses, Pengurangan kerugian hasil (Achmad, 2008). dan *Six Big Losses* dikenalkan pada konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) sebagai kerugian yang harus dihilangkan, antara lain *equipment failure* (breakdown), *setup and adjustment*, *idling and minor stoppages*, *reduced speed*, *quality defects*, dan *startup losses* (*reduced yield*).

Breakdown Losses

Breakdown losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh terjadinya *failure* pada mesin yang tidak terduga dan membutuhkan penanganan tertentu. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Equipment failure losses} = \frac{\text{downtime}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2)$$

Setup and Adjustment Losses

Setup and adjustment losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya penyesuaian pada peralatan. Contoh: dari *setup and adjustment* adalah dilakukannya *changeover* peralatan, pembersihan peralatan sebelum produksi, setup mesin, dan lain-lain. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{set up time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (3)$$

Idling and Minor Stoppage

Idling and minor stoppage adalah kerugian yang disebabkan oleh adanya masalah temporer atau permasalahan yang memerlukan waktu pendek untuk diselesaikan, contohnya seperti kemacetan akibat adanya produk yang tersangkut. Masalah tersebut dapat terselesaikan ketika operator menyingkirkan produk yang tersangkut tersebut, dan proses dapat berjalan kembali setelahnya. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Idling and minor stoppage} = \frac{\text{non productive time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (4)$$

Reduced Speed Losses

Reduced speed losses adalah kerugian yang terjadi ketika mesin tidak dioperasikan pada speed idealnya. Hal ini menyebabkan mesin bekerja lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan yang telah didesain untuk mesin tersebut. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Reduced speed losses} = \frac{\text{operation time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{total production})}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (5)$$

Quality Defect and Rework

Quality defect and rework adalah kerugian yang terjadi akibat peralatan yang menghasilkan produk tidak memenuhi kualitas yang diinginkan. Pada beberapa kasus, produk yang defect perlu dilakukan *rework*. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{defect losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{total product defect}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (6)$$

Startup/Yield Losses

Startup atau *yield losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh peralatan yang menghasilkan produk tidak sesuai dengan spesifikasi pada tahap *start up*.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{scrap losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{scrap}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (7)$$

Dari studi pustaka yang telah dilakukan, penulis melakukan perbandingan nilai antara nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *injection molding* FCS-HN 200 SV PT. XYZ dengan nilai OEE standar dunia yaitu

85% dan mencari kebijakan *maintenance* yang paling efektif, yaitu dengan *preventive maintenance*.

Penelitian ini dilakukan agar dapat melihat tingkat efektifitas dari mesin *injection molding* FCS-HN 200SV dengan melakukan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang difokuskan dari tiga variabel yaitu *availability*, *performance* dan *quality*.

Data yang diperlukan dalam penelitian efektifitas mesin *injection molding* FCS-HN 200SV ini adalah data lamanya mesin beroperasi, mesin mengalami *breakdown*, *unplanned downtime*, data *setup time* mesin, jumlah total produksi, dan jumlah produk cacat yang dapat dilihat pada laporan kegiatan harian mesin dan produksi yang telah dibuat oleh bagian produksi PT XYZ April 2021 hingga Mei 2021. Selain itu, untuk mengetahui kebijakan *maintenance* yang tepat diperlukan data frekuensi mesin *breakdown*, data waktu *breakdown* mesin, data untuk pengecekan dan perawatan pada *part* mesin *injection molding* FCS-HN 200SV.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pentingnya kegiatan perawatan yang sangat berperan untuk menjaga kesinambungan proses produksi dan menjaga mesin dapat berjalan dengan lancar. Agar mengurangi terjadi trouble yang sering terjadi pada mesin *injection molding* FCS-HN 200SV, maka kita gunakan sistem perawatan mesin *injection molding* FCS-HN 200SV secara berkala yang akan ditangani oleh bagian *engineering* PT XYZ dengan dua perawatan berbeda yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

A. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

Preventive maintenance merupakan perawatan mesin atau alat untuk mencegah terjadinya kerusakan yang dilakukan berdasarkan waktu yang sudah ditentukan. Menurut Ebeling (1997), perawatan *preventive* merupakan salah satu perawatan yang dibuat berdasarkan jadwal yang telah ditentukan umumnya secara periodik. Perawatan *Preventive* tujuannya untuk mencegah kerusakan yang mendadak pada mesin, meningkatkan *reliability*, dan berkurangnya *downtime* pada proses produksi (Assauri, 2008).

Kegiatan *preventive maintenance* dilakukan oleh bagian *maintenance*. Bagian pemeliharaan (*maintenance*) membuat jadwal perawatan pada waktu yang berbeda-beda dan bagian inspeksi memeriksa hasil dari perawatan. Jenis pemeliharaan *preventive maintenance* yang akan diterapkan pada PT XYZ terbagi menjadi dua macam yaitu:

Routine Maintenance

Routine maintenance yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin pada mesin atau alat, misalnya dilakukan setiap hari tetapi tidak berurutan pelaksanaannya. Perawatan harian yang diterapkan di PT XYZ adalah kegiatan perawatan dan pengecekan mesin. Kegiatan perawatan mesin dilakukan saat sebelum mesin digunakan, saat operasi mesin berlangsung atau saat mesin berhenti. Perawatan dilakukan oleh teknisi menggunakan peralatan yang telah disediakan oleh bagian *engineering*. Pengecekan mesin dilakukan oleh bagian inspeksi teknik atau *Staff* peralatan untuk memastikan alat statis dan rotasi dalam kondisi yang baik sesuai dengan standar alat tersebut, kegiatan pengecekan seperti pengecekan pada bagian-bagian vital yang terdapat pada mesin *injection molding* FCS-HN 200SV.

Periodic Maintenance

Periodic Maintenance merupakan perawatan pada periode tertentu saja. Kegiatan perawatan yang dilakukan PT XYZ mingguan dilakukan setiap periode tertentu ada setiap dua minggu sekali, satu bulan sekali, dua bulan sekali, tiga bulan sekali, enam bulan sekali, dan dua belas bulan atau setahun sekali mengikuti instruksi berupa perawatan secara keseluruhan (*overall*) mulai dari pengecekan kelistrikan, pneumatic, mekanik, pergantian *spare part* bila diperlukan dan tersedianya barang, pelumasan (*oil change*), dan pembersihan (*cleaning*). Berikut adalah *maintenance action plane* PT XYZ untuk tahun 2021 pada produksi mesin *injection molding* FCS-HN 200SV:

- Periode *maintenance* dua minggu

Pada *line* produksi LA01 atau mesin *injection molding* kegiatan perawatan berupa pembersihan, pergantian part dan *setting* parameter dilakukan oleh teknisi untuk *part chiller* SMC HRSH selama 60 menit. Selanjutnya ada juga perawatan untuk *part hopper dryer Shini* selama satu jam pengerjaan.

Untuk metode dan standard perawatan *chiller* LA01 dan *hooper dryer* LA01 yang diterapkan PT XYZ seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. *Check list maintenance chiller LA01*

Metode & Standard Perawatan		Pemeriksaan	
Detail Item Perawatan	Metode	Normal	Abnormal
Input Power Listrik	Multimeter	220 ± 5 Volt 1 phase	Diluar range Voltase
Keadaan kabel dan skun sambungan kabel	Visual	Tidak putus/terkelupas	Putus/Terkelupas
Tombol dan display	Ditekan	Tombol dan display berfungsi	Tombol tidak berfungsi
Bersihkan Komponen Elektrik	Visual	Tidak Berdebu	Berdebu
Bersihkan Komponen Mekanik	Visual	Tidak berkarat	Berkarat
Limit Air	Visual	Air tidak kurang dari setengah limit	Air kurang dari setengah limit
Getaran Motor	Visual	Suara putaran halus dan tidak kasar	Suara putaran Kasar
Check Dustproof Filter	Visual	Kondisi bersih	Kondisi kotor dan berdebu
Instalasi Chiller	Visual	Keadaan Normal	Keadaan abnormal
Kondisi Air Pendingin	Visual	Air pendingin keadaan bersih	Air pendingin kurang bersih
Clamping Selang Air	Visual	Clamping keadaan Normal	Clamping keadaan abnormal
Refrigerator	Visual	Refrigerator dalam keadaan normal	Refrigerator abnormal
Sirkulasi Chiller	Visual	Alarm menyala jika sirkulasi air tersumbat	Alarm Error

(sumber: pengolahan data)

Tabel 3. *check list maintenance hooper dryer LA01*

Metode dan Standard Perawatan		Pemeriksaan	
Detail Item Perawatan	Metode	Normal	Abnormal
Input Power Listrik	Multimeter	220 ± 5 Volt 1 phase	Diluar range Voltase
	Visual	Tombol berfungsi	Tombol tidak berfungsi

Control Box Switch/Tombol Manual/Auto			
Keadaan kabel dan skun sambungan kabel	Visual	Tidak putus/terkelupas	Putus/Terkelupas
Tombol tekan Start Hijau, Tombol tekan Emergency Merah	Ditekan	Tombol berfungsi	Tombol tidak berfungsi
Seluruh Lampu Indikator	Visual	Lampu menyala ketika NG	Lampu Error
Sensor Mesin	Visual	Sensor berfungsi	Sensor tidak berfungsi
Bersihkan Komponen Elektrik	Visual	Tidak Berdebu	Berdebu
Selang Angin	Visual	Tidak bocor dan sobek	Bocor dan sobek
Ganti Selang Angin	Visual	Diganti	Jika bocor
Periksa Level Oli Hydraulic	Visual	Oli terisi sesuai takaran	Oli kurang/ lebih dari takaran
Ganti Oli Hydraulic	Visual	Diganti	Jika sudah 1 tahun
Input Angin Coupler set (Shock & Plug)	Visual	Mudah lepas pasang	Tidak bisa pasang
Regulator Angin	Visual	Bisa adjust/setting	Tidak bisa adjust/setting
Filter regulator Angin	Visual	Bersih	Kotor
Ganti Filter Regulator	Visual	Diganti	Jika Rusak
Indikator Tekanan Angin	Visual	0,4 - 0,6 Mpa	Diluar range
Peredam bunyi angin keluar (Silentser)	Visual	Suara angin tidak bising	suara angin bising
Ganti Peredam bunyi angin keluar (Silentser)	Visual	Diganti	Jika Bising
Keadaan Pressure Gauge Indicator	Visual	Berfungsi saat press	Tidak berfungsi saat press
Bersihkan Komponen Mekanik	Visual	Tidak berkarat	Berkarat
Check Air Filter	Visual	Air filter bersih	Air filter kotor
Check Kipas Pendingin Panel	Visual	Ada angin keluar	Angin tidak keluar
Check Overload Motor	Visual	Pin safety kembali seperti semula setelah direset	Pin safety tidak kembali seperti semula
Suhu Hooper	Visual	Temperatur Hooper > 60 - 80 Celcius	Diluar range

(sumber: pengolahan data)

- Periode *maintenance* tiga bulan
Pada periode ini teknisi akan melakukan pengecekan dan perawatan untuk mesin *injectin molding FCS-HN 200SV* selama dua jam, lalu untuk *part chiller SMC HRSH* dan *hopper dryer shini* selama 60 menit. Untuk metode dan

standard perawatan mesin *injection molding LA01* yang digunakan oleh PT XYZ seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4. *Check list maintenance injection machine*

Metode dan Standard Perawatan		Pemeriksaan	
Detail Item Perawatan	Metode	Normal	Abnormal
Input Power Listrik	Multimeter	220 ± 5 Volt 1 phase	Diluar range Voltase
Control Box Switch/Tombol Manual/Auto	Visual	Tombol berfungsi	Tombol tidak berfungsi
Keadaan kabel dan skun sambungan kabel	Visual	Tidak putus/terkelupas	Putus/Terkelupas
Tombol tekan Start Hijau, Tombol tekan Emergency Merah	Ditekan	Tombol berfungsi	Tombol tidak berfungsi
Seluruh Lampu Indikator	Visual	Lampu menyala saat NG	Lampu Error
Sensor Mesin	Visual	Sensor berfungsi	Sensor tidak berfungsi
Periksa Electircal Solenoid Valve	Visual	Solenoid berfungsi	Solenoid tidak berfungsi
Bersihkan Komponen Elektrik	Visual	Tidak Berdebu	Berdebu
Cylinder Angin (Speed Controler dan sensor pada Cylinder)	Visual	Gerakan Smooth	Gerakan Tersendat
Selang Angin	Visual	Tidak bocor dan sobek	Bocor dan sobek
Kecukupandan Temperatur Oli Hydrolic	Visual	Sesuai dengan limit yang tertera	Tidak sesuai limit yang tertera
Ganti Selang Angin	Visual	Diganti	Rr Jika bocor
Input Angin Coupler set (Shock & Plug)	Visual	Mudah lepas pasang	Tidak bisa pasang
Selang oli Hydrolic dan Moulding	Visual	Tidak ada kebocoran	Ada kebocoran
Regulator Angin	Visual	Bisa adjust/setting	Tidak bisa adjust/seeting
Filter regulator Angin	Visual	Bersih	Kotor
Ganti Filter Regulator	Visual	Diganti	Jika Rusak

Indikator Tekanan Angin Utama	Visual	0,35 - 0,45 Mpa	Diluar range
Indikator Tekanan Angin Sumber	Visual	0,40 - 0,60 Mpa	Diluar range
Peredam bunyi angin keluar (Silentser)	Visual	Suara angin tidak bising	suara angin bisaing
Ganti Peredam bunyi angin keluar (Silentser)	Visual	Diganti	Jika Bising
Keadaan Pressure Gauge Indicator	Visual	Berfungsi saat press	Tidak berfungsi saat press
Kondisi marking date stamp	Visual	Hasil marking terlihat	Hasil marking tidak terlihat
Ganti Marking Date	Visual	Diganti	Jika Rusak
Bersihkan Komponen Mekanik	Visual	Tidak berkarat	Berkarat
Kondisi Jig	Visual	Kondisi tidak rusak	Kondisi rusak
check Y type saringan	Visual	Kondisi dalam keadaan bersih	Kondisi kotor
Check Grease Mesin	Visual	Grease sesuai limit max dan min	Grease tidak sesuai

(sumber: pengolahan data)

- Periode *maintenance* enam bulan
Pada periode *maintenance* enam bulan ini yaitu teknisi melakukan pengecekan atau perawatan disemua *line* produksi untuk air *compressor* dan *power generator* yang dilakukan selama dua jam.
- Periode *maintenance* dua belas bulan atau satu tahun
Periode ini dilakukan teknisi untuk *maintenance* berupa *oil change* pada mesin *injection molding FCS-HN 200SV* yang dilakukan selama enam jam pengerjaan.

B. Corrective Maintenance

Corrective Maintenance merupakan perbaikan mesin pada saat mesin mengalami kerusakan. *Corective maintenance* merupakan salah satu perawatan yang dilakukan ketika mesin tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya (Permana dan Arvianto, 2019). Mesin yang mengalami kerusakan akan ditangani langsung oleh bagian teknisi. Saat operator menemukan abnormalitas pada alat, serta lampu alarm sistem kontrol menyala, operator akan langsung memuat *work order* yang merupakan

form untuk mengisi keterangan kerusakan pada mesin, *work order* yang sudah diisi akan diberikan ke kepala jalur produksi untuk diserahkan ke bagian *engineering*.

Mesin *injection molding FCS-HN 200SV* ditangani perawatannya oleh bagian *maintenance* yang memang lebih paham dan tau lebih mengenai permesinan, segi perawatan untuk mesin ini sama dengan sistem manajemen perawatan yang ada di PT XYZ. Mereka akan melakukan perawatan rutin dan berkala pada mesin ini dan *corrective maintenance* mesin pada saat mesin rusak.

C. Data Running Time dan Downtime

Data penelitian ini merupakan data selama satu bulan penelitian dilakukan berdasarkan perawatan mesin oleh *maintenance* dan data untuk menghitung OEE seperti *running time* dan data *downtime*. Data di bawah ini adalah data yang dibutuhkan saat perhitungan.

Running Time

Running time adalah keseluruhan waktu proses produksi dengan melihat jam kerja yang digunakan. PT XYZ beroperasi selama lima hari kerja dalam satu minggu.

Tabel 5. *Running time* PT XYZ

Minggu	Jumlah Hari	Waktu Operasi Mesin (jam)	Waktu Beban Operasi (jam)
Minggu ke-1	5	80	77
Minggu ke-2	5	80	77,6
Minggu ke-3	5	80	77,4
Minggu ke-4	5	80	77,6

(sumber: pengolahan data)

Downtime

Downtime adalah waktu ketika mesin berhenti beroperasi karena adanya faktor - faktor yang tidak terduga. Keadaan *downtime* terjadi biasanya karena mati listrik, kegagalan fungsi mesin saat beroperasi, *set up*, dan lain sebagainya. Kejadian; karena hal tersebut akan berdampak pada kerugian perusahaan jika terjadi dalam waktu yang lama dikarenakan kegiatan produksi juga berhenti.

Tabel 6. *Downtime* PT XYZ

Minggu	Running Time (jam)	Planned Downtime (jam)	Unplanned Downtime (jam)
Minggu ke-1	80	3	7,5
Minggu ke-2	80	2,4	6
Minggu ke-3	80	2,6	6,5
Minggu ke-4	80	2,4	6

(sumber: pengolahan data)

D. Perhitungan OEE

Dengan data yang sudah di dapat dari pengumpulan data pada saat penelitian

kemudian data diatas dapat di hitung nilai *availability*, *performance rate* dan *quality rate*.

- *Availability*

pertama adalah menghitung *loading time* untuk mengetahui *availability*. *Loading time* adalah waktu keseluruhan kegiatan produksi yang terjadi.

Tabel 7. Perhitungan *loading time*

Running Time (jam)	Planned Downtime (jam)	Unplanned Downtime (jam)	Loading Time (jam)
80	3	7,5	77
80	2,4	6	77,6
80	2,6	6,5	77,4
80	2,4	6	77,6

(sumber: pengolahan data)

Setelah mendapatkan nilai *loading time* setiap minggunya, kemudian untuk menghitung *availability*, harus didapat dahulu nilai dari *operation time*. *Operation time* adalah lama proses produksi yang dikerjakan dengan tidak adanya *downtime* yang terjadi.

Tabel 8. Perhitungan *operation time*

Minggu	Loading Time	Downtime (jam)	Operation Time (jam)
Minggu ke-1	77	10	80
Minggu ke-2	77,6	9	80
Minggu ke-3	77,4	9	80
Minggu ke-4	77,6	8	80

(sumber: pengolahan data)

Setelah didapatkan nilai *operation time* setiap minggu, kemudian dapat dilakukan perhitungan *availability*. Sebagai contoh, perhitungan *availability* yang digunakan adalah

data pada minggu ke-1 dengan memasukan nilainya sebagai berikut:

$$AV = \frac{\Sigma \text{ operasi mesin} - \text{Planned Downtime} - \text{Downtime}}{\Sigma \text{ waktu operasi mesin} - \text{Planned Downtime}} \times 100\% \quad (2)$$

Minggu ke-1

$$AV = \frac{80 \text{ jam} - 3 \text{ jam} - 10 \text{ jam}}{80 \text{ jam} - 3 \text{ jam}} \times 100\% \\ AV = 87,012\%$$

Minggu ke-2

$$AV = \frac{80 \text{ jam} - 2,4 \text{ jam} - 9 \text{ jam}}{80 \text{ jam} - 2,4 \text{ jam}} \times 100\% \\ AV = 88,4\%$$

Minggu ke-3

$$AV = \frac{80 \text{ jam} - 2,6 \text{ jam} - 9 \text{ jam}}{80 \text{ jam} - 2,6 \text{ jam}} \times 100\% \\ AV = 88,3\%$$

Minggu ke-4

$$AV = \frac{80 \text{ jam} - 2,4 \text{ jam} - 8 \text{ jam}}{80 \text{ jam} - 2,4 \text{ jam}} \times 100\% \\ AV = 89,6\%$$

Tabel 9. Perhitungan *availability*

<i>Loadin g Time</i>	<i>Downtime (jam)</i>	<i>Operation Time (jam)</i>	<i>Availability (%)</i>
77	10	80	87,012%
77,6	9	80	88,4%
77,4	9	80	88,3%
77,6	8	80	89,6%
Rata – rata			88,32%

(sumber: pengolahan data)

Dari hasil tabel perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi atau ketersediaan dari *injection molding FCS-HN 200SV* termasuk baik, karena nilai *availability*-nya berada di atas standar OEE yaitu 88,32 % seperti dapat dilihat standar dunia OEE yaitu minimal 85 %. Naik

turunnya nilai *availability* mesin *injection molding* ini disebabkan oleh jumlah waktu produksi yang tersedia pada setiap minggunya tidak sama, faktor lainnya yang mempengaruhi nilai *availability* naik turun terdapat adanya keterhambatan jalannya proses produksi baik dari segi manusia ataupun mesinnya.

Sebagai contoh telambatnya pemasangan *dies* dan *set up* mesin terhambat lamanya ketersediaan *bearing* atau *part* lainnya yang dibutuhkan untuk perawatan di perusahaan mengakibatkan *downtime*, akan tetapi keterlambatan tersebut masih mendapatkan nilai *availability* di atas rata-rata. Dari hasil nilai tersebut sudah cukup bagus untuk mengurangi *set up* and *adjsumen losses*, dari data yang di dapat saat melakukan penelitian waktu *set up* mesin ke pembentukan ± 120 menit. Dapat di hitung nilai *set up* and *adjsumen losses* sebagai berikut:

$$\text{set up and adjsument losses} = \frac{2 \text{ jam}}{77 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$\text{set up and adjsument losses} = 2,6\%$$

- *Performance Rate*

Data yang dibutuhkan adalah data *operation time* perminggu, dari data aktual produksi perminggu, dan waktu siklus ideal produknya. Kemudian di dapatkan dari perhitungan pada tabel, sebagai contoh perhitungan *performance rate* yang digunakan adalah data pada bulan April sampai dengan Mei 2021, untuk waktu siklus ideal merupakan waktu yang dibutuhkan mesin untuk membuat satu produk selama 2 menit atau 0,039744 jam dengan memasukan nilainya sebagai berikut:

$$\text{performance} = \frac{\text{jumlah produksi} \times \text{waktu siklus ideal}}{\text{waktu operasi efektif}} \times 100\%$$

$$\text{performance} = \frac{2000 \text{ buah} \times 0,039744 \text{ jam}}{80 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$\text{performance} = 99,36\%$$

Tabel 10. Perhitungan *Performance rate*

<i>Jumlah Produksi actual</i>	<i>Waktu siklus (jam)</i>	<i>Operati on Time (jam)</i>	<i>Performance Rate</i>
2000	0,039744	80	99,35 %
2000	0,039744	80	99,35 %
2000	0,039744	80	99,35 %

2000	0,039744	80	99,35 %
	Rata-rata		99,35 %

(sumber: pengolahan data)

Hasil perhitungan *performance rate* adalah 99,35 % Dengan kata lain, waktu efektif mesin beroperasi hanya digunakan senilai 99,35 % untuk berproduksi. Nilai ini sudah baik, karena berada diatas nilai standar OEE untuk *performace rate* adalah 95%. Meski telah idealnya nilai *performance* yang telah dihitung tersebut, masih belum dapat dipastikan bahwasannya pada mesin *injection molding FCS-HN 200SV* ini telah memenuhi standar yang sesuai dengan ketentuan. Maka dari itu selanjutnya perlu kita dapatkan nilai *quality rate* untuk selanjutnya didapat nilai OEE final.

- *Quality Rate*

Data yang digunakan merupakan data jumlah total produksi dalam satu bulan dan data *reject*. Sebagai contoh, perhitungan *quality rate* yang digunakan adalah data pada bulan April hingga Mei dengan memasukan nilainya sebagai berikut:

$$quality\ rate = \frac{total\ produksi - total\ barang\ cacat}{total\ produksi} \times 100\%$$

Minggu ke-1

$$quality\ rate = \frac{2000\ buah - 200\ buah}{2000\ buah} \times 100\%$$

quality rate = 90%

Minggu ke-2

$$quality\ rate = \frac{2000\ buah - 150\ buah}{2000\ buah} \times 100\%$$

quality rate = 92,5%

Minggu ke-3

$$quality\ rate = \frac{2000\ buah - 120\ buah}{2000\ buah} \times 100\%$$

quality rate = 94%

Minggu ke-4

$$quality\ rate = \frac{2000\ buah - 115\ buah}{2000\ buah} \times 100\%$$

quality rate = 94,25%

Tabel 11. Perhitungan *quality rate*

Jumlah Produksi Ideal	Reject	Straight pass	Quality Rate
2000	200	1800	90%
2000	150	1850	92,5%
2000	120	1880	94%

2000	115	1885	94,25%
	Rata-rata		92,687%

(sumber: pengolahan data)

Hasil perhitungan *quality rate* untuk mesin *injection molding* adalah senilai 92,687% dan nilai tersebut belum memenuhi standar dunia yaitu 99,9%. *Reject* yang dihasilkan mesin *injection molding* adalah sebanyak 585 pcs. Hal ini disebabkan karena sistem mesin belum bekerja secara sempurna, kurang baiknya mesin tersebut berdampak pada nilai dari *quality defect and rework* menjadi meningkat dan *quality rate* menjadi menurun.

- *Overall Equipment Effectiveness*

Setelah diperoleh nilai *availability*, *performance rate* pada setiap minggu, kemudian dilakukan perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) secara aktual.

Tabel 12. OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Availability	Performance rate	Quality rate	OEE (%)
87,012%	99,36%	90%	77,8%
88,4%	99,36%	92,5%	81,16%
88,3%	99,36%	94%	82,47%
89,6%	99,36%	94,25%	83,9%
	Rata-rata		81,33%

(sumber: pengolahan data)

Hasil perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* untuk mesin *injection molding FCS-HN 200SV* adalah 81,33 % dan tidak masuk pada standar OEE seperti yang dapat dilihat Tabel standar dunia OEE. Naik turunnya nilai *availability* disebabkan adanya *set up* mesin yang terlambat dengan waktu idealnya. Rendahnya nilai *quality rate* mesin yaitu kondisi mesin kurang perawatan rutin, terlambatnya pengecekan *die* dan *strip* yang mengakibatkan keausan, dan adanya *downtime* tidak terencana akibat kerusakan mesin yang sudah tidak bagus.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dipaparkan diatas, penulis menyimpulkan sebagai berikut:

Dalam metode TPM saat melakukan perhitungan tidak dapat berdiri sendiri atau perlu adanya pendukung untuk menyeimbangi standar yang digunakan disetiap perusahaan manapun, maka dari itu dibutuhkannya Overall Equipment Effeciveness (OEE) yang sudah ditetapkan

sebagai standar OEE dunia. Cara menangani mesin *injection molding FCS-HN 200SV* yang ketika mengalami *trouble* maka diterapkanlah sistem perawatan dengan menggunakan 2 (dua) jenis perawatan yaitu *preventive* dan *corrective*.

Efektifitas proses produksi dan kapasitas produksi kerja mesin *injection molding FCS-HN 200SV* dapat dilihat dari hasil perhitungan, rata-rata nilai *availability* 88,32 %, *performance rate* 99,36%, dan *quality rate* 92,687%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kinerja bagian perawatan sudah baik karena waktu *breakdown* mesin tidak terlalu besar bisa dilihat dari nilai OEE yaitu 81,33 % namun belum memenuhi standar dunia akan tetapi bagian perawatan harus melihat dari *quality* dan *performance* mesin yang masih dibawah nilai standar dunia dan dilihat dari nilai *quality rate* yaitu 92,687% dan pada variabel *performance rate* 99,36% sudah memenuhi standar yang ditetapkan internasional.

Quality rate tidak mencapai standar dunia OEE disebabkan oleh adanya reject produk, dipengaruhi oleh sistem mesin belum bekerja secara sempurna atau tidak maksimal.

Dari Tabel OEE dengan jelas menunjukkan setiap minggu adanya naik turun suatu nilai dari *availability* yang naik turun dengan stabil, *performance rate* berada dalam nilai stabil dalam kurun waktu 4 minggu dan mengalami kenaikan setelahnya, *quality rate* mengalami kenaikan yang baik, dimana hal tersebut sangat mempengaruhi kualitas produksi yang baik.

Rata-rata hasil perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* adalah 81,33%. Nilai tersebut belum memenuhi nilai OEE standar dunia yaitu 85 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi revisi 2008. Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Bryce, D. M. (1998). *Plastic Injection Molding Mold Design and Construction Fundamentals, society of Manufacturing Engineers*. Dearborn: Michigan.
- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability for Engineering*. First edition. New York: McGraw Hill.
- Nakajima, Seiichi. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press Inc, Portland. , 2.
- Permana, I. I., & Arvianto, A. (2019). Analisis Preventive Dan Corrective Maintenance Loading Arm Pada Pt. Pertamina Tbbm Semarang Group. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(4).
- Rozak, A., Shadrina, A., dan Rimawan, E. (2019). KaizeninWorld Class Automotive Company With Reduction of Six Big Losses in Cylinder Block Machining Line in Indonesia . *International Journal of Innovative Science and Research Technology* , 340.
- Said, A., dan Susetyo, J. (2008). Analisis Total Productive Maintenance Pada Lini Produksi Mesin Perkakas Guna Memperbaiki Kinerja Perusahaan. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta*.
- Sutoni, A., Setyawan, W., dan Munandar, T. (2018). Total Productive Maintenance (TPM) Analysis on Lathe Machines using the Overall Equipment Effectiveness Method and Six Big Losses. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*; , 2.
- Untung Mardono, E. R. T. P., dan Saraswati, I. (2019). An Analysis Of The Effect Of Elimination Of Six Big Losses On Increasing Profitability In Steel Rolling Mill Companies. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (Vol.9, No. 2)*.389.