

Analisis Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi pada PT XYZ

Erlangga Indra Saputra, Ilham Rizqi Awaludin, Didit Harianto, Diko Arianto

¹Program Studi Teknik Industri Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

²Program Studi Teknik Industri Universitas Pelita Bangsa

e-mail: adiethariyanto@gmail.com, awaludinilhamrizqi@gmail.com,
erlanggainsaputra26@gmail.com, diiko.aryanto@gmail.com,

*Corresponding Author: diiko.aryanto@gmail.com; Tel.: +62 857-8242-4867

DOI: <https://doi.org/10.66152/jiei.v1i2.28>

Informasi Artikel

Dikirim: 01 Juni 2025

Direvisi: 30 Juni 2025

Diterima: 11 November 2025

Abstrak

PT. XYZ menghadapi tantangan signifikan dalam meningkatkan efisiensi produksi akibat tingginya tingkat breakdown dan downtime mesin, yang berdampak pada produktivitas dan profitabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dan meningkatkan efisiensi produksi melalui perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan analisis six big losses. Metode yang digunakan meliputi identifikasi masalah, studi pustaka, dan observasi lapangan, diikuti oleh perhitungan OEE serta analisis terhadap kerugian yang terjadi selama proses produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE PT. XYZ berada di angka 66,57%, di bawah standar kelas dunia. Analisis mengidentifikasi bahwa kerugian terbesar berasal dari setup and adjustment, mencapai 18%. Rekomendasi perbaikan meliputi penetapan SOP yang jelas, pelatihan ulang bagi karyawan, dan perawatan berkala untuk meningkatkan efektivitas mesin. Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi di PT. XYZ.

Kata kunci: *Total Productive Maintenance, efisiensi produksi, OEE, six big losses, perawatan mesin*

Abstract

PT. XYZ faces significant challenges in enhancing production efficiency due to high rates of machine breakdowns and downtimes, impacting productivity and profitability. This study aims to analyze the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to improve production efficiency through the calculation of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and analysis of six big losses. The methodology includes problem identification, literature review, and field observations, followed by calculations of OEE and analysis of losses occurring during the production process. The research results indicate that PT. XYZ's OEE value stands at 66.57%, below world-class standards. The analysis identifies that the largest losses stem from setup and adjustment, reaching 18%. Recommendations for improvement include establishing clear SOPs, providing refresher training for employees, and implementing regular maintenance to enhance machine effectiveness. The adoption of these measures is expected to improve production efficiency at PT. XYZ.

Keywords *Total Productive Maintenance, production efficiency, OEE, six big losses, machine maintenance.*



1. Pendahuluan

Dalam era persaingan global yang begitu ketat, perusahaan manufaktur dituntut untuk meningkatkan efisiensi produksi serta efektifitas operasional untuk mempertahankan daya saing. keliru satunya tantangan primer yang pada hadapi industri manufaktur merupakan tingginya tingkat breakdown dan downtime di mesin, produk cacat, dan porto produksi yg tinggi. syarat ini Mengganggu produktivitas dan berpotensi menurunkan profitabilitas perusahaan. oleh karena itu

diperlukan pemugaran atau pendekatan dalam manajemen pemeliharaan buat mendukung kelancaran proses produksi, TPM adalah strategi perawatan yang bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas peralatan melalui partisipasi semua departemen dan seluruh karyawan, serta melalui pendekatan sistematis terhadap perawatan dan peningkatan berkelanjutan (Ireland & Dale 2001)

Total Productive Maintenance (TPM) ialah keliru satu metode buat pemeliharaan yg berorientasi di suatu peningkatan efektivitas alat-alat secara menyeluruh melalui keterlibatab seluruh elemen Perusahaan, terutama operator produksi. TPM tak hanya serius pada pemeliharaan mesin, tetapi juga mendorong budaya kerja yang proaktif, kalaboratif serta berkelanjutan. TPM mempunyai delapan pilar primer, antara lain Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, dan Focused Improvement yg bertujuan untuk mencapai zero breakdown, zero defect, dan zero accident (Nakajima, 1988)

PT. X sebagai Perusahaan manufaktur yang beranjak pada bidang botol plastik produk : botol minyak kayu putih, botol lasterin serta banyak sekali bungkus botol plastic buat keperluan infustri farmasi, menghadapi berbagai kendala pada menjaga kelancaran proses produksi. PT.X acapkali menemui konflik yg berkaitan dengan mesin dan indera-indera yg dipergunakan. Peralakan yg dipergunakan pada proses produksi berjalan 24 jam non-stop, sehingga efesiensi di alat-alat menjadi hal yang sangat krusial. galat satu stasiun kerja yg sangat diberikan peran krusial terhadap berlangsungnya proses produksi PT. X ialah mesin Blow, di stasiun kerja tadi dilakukan proses pembuatan botol plastik, di stasiun kerja tersebut dilakukan proses, pencetakan botol plastik yg pada press menggunakan mesin blow, mesin berkerja bedasarkan order yg di turuntakn oleh pihak PPIC. Semakin poly permintaan yg ada maka mesin dituntut agar selalu siap Bila diharapkan, sebagai akibatnya produktivitas mesin perlu diukur serta diketahui sampai tingkatanya. roduktivitas mesin merupakan indikator penting dalam sistem operasi manufaktur, karena berpengaruh langsung terhadap kapasitas produksi dan kepuasan pelanggan. (Sumanth, 1984)

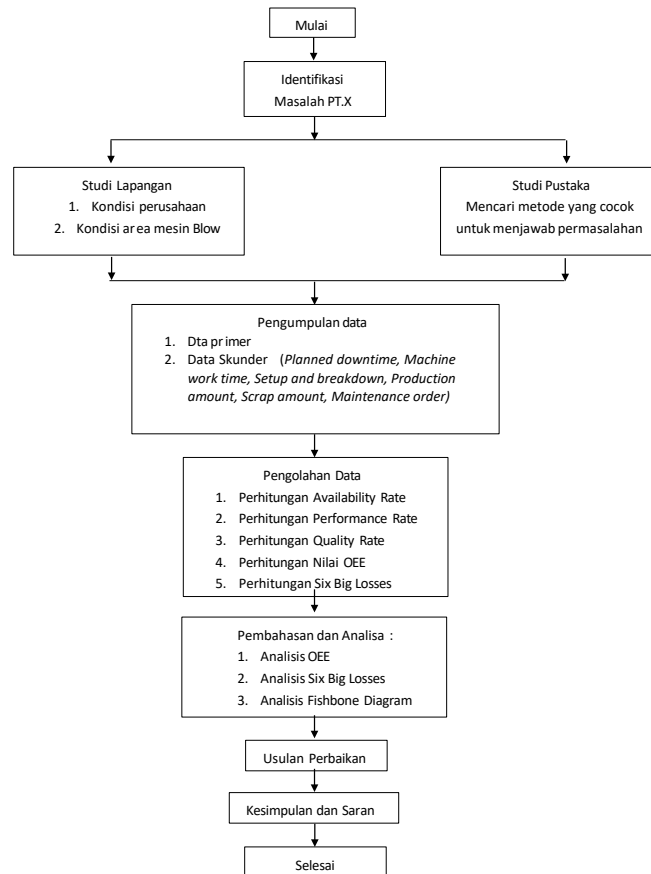
Sistem perawatan yang diterapkan pada PT.X artinya preventive maintenance tetapi implementasinya belum optimal, dikarenakan mesin blow seringkali mengalami breakdown maintenance. Tentu hal tadi akan berdampak di pemborosan saat yang ditimbulkan dari perawatan yang dilakukan sebab jenis kerusakan yg terjadi bisa saja berat menjadi akibatnya membutuhkan saat yang lebih lama pada proses pemugaran, sebagai akibatnya bisa Mengganggu produktivitas mesin. Sistem perawatan sangat memegang peranan krusial di dunia industri. Bahkan perusahaan akan mengalami kerugian yg signifikan Jika tidak memperhatikan perawatan, mirip terjadinya kerusakan mesin, meningkatnya produk cacat, intensitas penggantian komponen yg terlalu tidak jarang. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis penerapan Total Productive Maintenance dengan pendekatan OEE (Overall Equipment Effectiveness) serta six big losses dan menyampaikan usulan perbaikan yang terbaik buat efektifitas perawatan menjadi akibatnya produktifitas dapat dicapai. OEE adalah ukuran yang menyeluruh untuk efektivitas peralatan yang mempertimbangkan waktu henti, kecepatan mesin, dan kualitas produk yang dihasilkan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan kerugian (losses) dalam proses produksi (Wireman, 2004)

2. Metode Penelitian

Metode penelitian menggambarkan tahap-tahap yang dilakukan peneliti dalam melakukan Metode penelitian menandakan termin-termin yang dilakukan peneliti pada melakukan sebuah penelitian. tahap awal yg dilakukan mulai dengan identifikasi problem yang ditemukan pada PT.XYZ termin ke 2 melakukan studi Pustaka serta observasi lapangan buat mengumpulkan informasi terkait teori serta metode pendekatan dalam menyelesaikan perosalan yg terdapat. tahap ketiga artinya identifikasi serta dilakukannya perhitungan availability rate, performance rate, serta quality rate sebagai akibatnya mampu dihasilkan nilai OEE dan six big losses setelah pengolahan data yg dilakukan selanjutnya termin pembahasan dan Analisa. sampai dengan trakhir yaitu pemugaran yg diberikan serta konklusi, Metodologi penelitian adalah cara



ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu, metode ini mencakup pendekatan, jenis, instrumen, teknik pengumpulan data, dan analisis data.(Sugiyono Prof, 2010)



Gambar 1. Tahap Penelitian

Pilar TPM

TPM mencakup delapan bagian yg dikenal dengan delapan pilar TPM yang terdiri dari :

1. Focussed improvement (Kobetsu Kaizen): melakukan pemugaran yang berkelanjutan walau sekecil apapun pemugaran tadi.
2. Planned Maintenance: penekanan menaikkan availability dari mesin dan alat-alat serta mengurangi kerusakan mesin.
3. Edukasi serta pelatihan: menghasilkan kumpulan karyawan yang mempunyai skill dan menguasai teknik buat melakukan autonomous maintenance.
4. Autonomous Maintenance (Jishu Hozen): ialah artinya melakukan perawatan terhadap mesin yg dipakai. terdapat tujuh langkah dan aktifitas yg dilakukan di Jisshu Hozen.
5. Quality Maintenance (Hinshitsu Hozen): quality maintenance adalah pengaturan mesin yg memperkecil kemungkinan terjadi cacat berulang kali. Hal ini dilakukan buat memastikan tercapainya sasaran zero defect.

6. Office TPM: bagaimana membuat aktifitas kantor yg efisien serta menghilangkan kerugian yang mungkin terjadi.
7. Safest, Hygene & Environment (SHE): artinya aktifitas buat membentuk area kerja yang aman dan sehat, dimana sangat mungil kemungkinan terjadi kecelakaan. Temukan serta perbaiki area rawan kecelakaan untuk memastikan keselamatan sekaligus memelihara kesehatan lingkungan.
8. Tools Management: buat meningkatkan ketersediaan equipment menggunakan mengurangi tools resetting time (ketika pengaturan ulang alat-alat) buat mengurangi porto pemeliharaan alat-alat dan memperpanjang usia gunakan peralatan.

Six Big Losses

Proses produksi tentunya mempunyai losses yg menghipnotis keberhasilannya, losses tersebut Mdi kelompokkan menjadi 6 akbar yaitu: Nakajima, (1988)

1. Gadget Failure losses : system Failure ialah losses yang terbesar dalam six big losses, yaitu artinya artinya alat-alat yg berhenti datang-tiba tanpa direncanakan. Rumus perhitungan device Failure Loss seperti dibawah ini;

$$\frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{LoadingTime}} = 100\%$$

2. Setup and Adjusment Losses : losses ini terjadi ketika produksi dari suatu produk berhenti untuk berganti dengan produk lain atau pengaturan dari peralatan untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan yang diharapkan. Rumus perhitungan Setup/adjustment Loss seperti dibawah ini:

$$\frac{\text{Total Setup adjustment time}}{\text{LoadingTime}} = 100\%$$

3. Idling and Minor Stoppages losses : kerugian yang disebabkan oleh berhentinya peralatan karena ada permasalahan sementara. Misalnya berhentinya produksi karena adanya benda kerja yang terjepit seuatu, berhentinya peralatan karena sensor yang mendeteksi sesuatu yang menyebabkan berhenti sebentar. Rumus perhitungan Idling and Minor Stoppages seperti dibawah ini:

$$\frac{\text{LoadingTime}}{\text{Non Productive Time}} = 100\%$$

4. Reduce speed losses : yaitu pengurangan kecepatan produksi dari kecepatan desain peralatan tersebut, misalnya karena overall performance peralatan yang berkurang, operator ability yang tidak mencukupi dan lainlain. Rumus perhitungan reduced pace loss seperti dibawah ini:

$$\frac{\text{Actual oduction Time} - (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Jumlah produksi})}{\text{LoadingTime}} = 100\%$$

5. Yield / Scrap Losses : yaitu mesin atau peralatan yang membutuhkan waktu pemanasan untuk sampai kemampuan yang top-quality. Misalnya mesin pemanas membutuhkan waktu beberapa saat



untuk dapat digunakan setelah terjadi shut down. Rumus perhitungan Yield/scrap loss seperti dibawah ini;

$$\frac{Ideal\ Cycle\ Time\ x\ Scrap}{Loading\ Time} = 100\%$$

6. Remodel Loss / manufacturing Reject : kehilangan karena adanya kualitas yang tidak memenuhi standart atau tidak dapat dimanfaatkan. Rumus perhitungan rework loss seperti dibawah ini

$$\frac{Ideal\ Cycle\ Times\ Rewrok}{Loading\ Time} = 100\%$$

(Hasriyono, 2009)

Dari six big losses di atas dapat dikelompokkan dalam tiga kategori besar yaitu :

1. Downtime Losses meliputi Equipment Failure dan Setup & Adjustment.
2. Speed losses meliputi Idling and Minor Stoppages dan Reduce Speed.
3. Quality Losses meliputi Yield / Scrap dan Rework / Production Reject.

OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efektif suatu operasi produksi dijalankan. Hasil dinyatakan dalam bentuk yang bersifat umum sehingga memungkinkan perbandingan antara unit manufaktur di industri yang berbeda. Setiap perusahaan menginginkan peralatan dapat bekerja maksimal, tidak ada waktu yang terbuang, tetapi kenyataannya hal tersebut tidaklah mudah. Untuk itu maka pengukuran terhadap average device Effectiveness sangatlah diperlukan, batasan penentuan nilai-nilai OEE yang perfect yang adalah sebaiknya sebagai berikut; Nakajima, (1988) oleh (Jonsson, P. (1999)

Tabel 1 Nilai Ideal Perhitungan OEE

Deskripsi	Nilai
Availability	>90%
Performance	>95%
Quality	>99%
OEE	>85%

(Nakajima, 1988) Nilai tersebut merupakan nilai ideal untuk industri manufaktur, sedangkan berdasarkan penelitian menghasilkan OEE referensi untuk alat berat jenis excavator yang bekerja di tambang yaitu 77% Tujuan dari OEE adalah sebagai alat ukur performa dari suatu sistem maintenance, dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui ketersediaan mesin/peralatan, efisiensi produksi, dan kualitas output mesin/peralatan. Untuk itu hubungan antara ketiga elemen produktifitas tersebut dapat dilihat pada rumus dibawah ini. (Sermin, S., & Elevli, 2010)

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

Dimana: A = Availability (waktu ketersediaan mesin/ peralatan).

P = Performance effectiveness. Q = Quality

Availability

Ketersediaan mesin/peralatan merupakan perbandingan antara waktu operasi (operation time) terhadap waktu persiapan (loading time) dari suatu mesin/peralatan. Maka availability dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{Available\ Time}{Down\ Time\ Available\ Time} \times 100\%$$



Performance Efficiency

Performance efficiency adalah tolak ukur dari efisiensi suatu kinerja mesin menjalankan proses produksi. Performance efficiency merupakan hasil perkalian dari operating speed rate dengan net operating speed. Net operating speed berguna untuk menghitung menurunnya kecepatan produksi. Performance efficiency adalah ukuran efektivitas dan efisiensi dalam mencapai hasil kerja yang ditentukan (Ammons, 2020), dengan penggunaan sumber daya yang seminimal mungkin Tiga faktor yang penting untuk menghitung performance efficiency sebagai berikut ;

- Ideal cycle time (waktu siklus ideal/waktu standar).
- Processed amount (Jumlah produk yang diproses).
- Operation time (waktu proses mesin). Maka performance efficiency dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\text{Operating Speed Rate}}{\text{Net Operating Rate}} \times 100\%.$$

(Ammons, 2020)

Quality efficiency

(Stevenson, 2002) Quality efficiency adalah perbandingan jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses. Jadi quality efficiency merupakan hasil perhitungan dengan faktor berikut :

- Processed amount.
- Defect amount.

$$\frac{A.Producted - A.defect - A.reprocessed}{Operation Time - Performance Losses} = 100\%$$

(Hasriyono, 2009)

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan hasil yg telah diuraikan di tahapan proses penelitian diatas, bahwa penelitian pada mulai menggunakan pengumpulan data historis yg menunjang buat dilakukan perhitungan OEE serta six big losses, dimana data historis yang dimaksud ialah planned downtime, set up ajusment, dan breakdown time. Planned downtime sangat penting untuk menjaga performa dan umur mesin agar tetap optimal dan mencegah terjadinya kerusakan mendadak yang dapat mengganggu proses produksi. Berikut ini adalah data planned downtime bulanan dalam satuan menit dan jam selama periode Januari hingga Agustus: Berikut adalah data *planned Downtime* PT.XYZ di stasiun Mesin Blow dilihat pada tabel 2

Tabel 2 data *planned Downtime* 2024

No	Bulan	<i>planned Downtime</i> (menit)	<i>planned Downtime</i> (jam)
1	Januari	120	2
2	Februari	90	1.5
3	Maret	180	3
4	April	130	2.1
5	Mei	150	2.5
6	Juni	150	2.5
7	Juli	90	1.5
8	Agustus	110	1.8



Berdasarkan perhitungan pada tabel 2 *planned Downtime* PT.XYZ di stasiun Mesin Blow nilai *planned downtime* tiap bulan bervariasi tergantung pada kebutuhan pemeliharaan dan kondisi mesin. Bulan dengan downtime tertinggi adalah Maret sebesar 180 menit (3 jam), yang kemungkinan disebabkan oleh kegiatan pemeliharaan besar atau inspeksi menyeluruh. Sebaliknya, bulan dengan downtime terendah adalah Februari dan Juli masing-masing sebesar 90 menit (1,5 jam), menunjukkan kebutuhan pemeliharaan yang relatif lebih ringan.

Secara umum, *planned downtime* yang konsisten dan terjadwal dengan baik menunjukkan adanya komitmen perusahaan dalam menerapkan program *Total Productive Maintenance (TPM)* guna menjaga efisiensi operasional. Monitoring terhadap downtime ini juga penting untuk mengevaluasi efektivitas jadwal pemeliharaan dan menentukan strategi yang paling optimal dalam menjaga kinerja mesin tanpa mengganggu produktivitas secara signifikan.

Selanjutnya akan menghitung data *set up and adjustment* pada stasiun Blow Pengendalian terhadap waktu *set up and adjustment* penting untuk meminimalkan *losses* yang dapat memengaruhi efisiensi produksi. Berikut adalah data waktu *set up and adjustment* bulanan dari Januari hingga Agustus sebagai berikut dilihat pada tabel 3;

Tabel 3. *Data set up and adjustment 2024*

No	Bulan	<i>Set Up and Adjusment</i> (Menit)	<i>Set Up and Adjusment</i> (Jam)
1	Januari	6680	111.20
2	Februari	5120	85.20
3	Maret	5670	94.30
4	April	1870	31.10
5	Mei	2680	44.40
6	Juni	5302	88.22
7	Juli	3410	56.50
8	Agustus	5102	85.02

Data Set Up and Adjustment merupakan data yang mencatat total waktu yang digunakan untuk proses penyiapan dan penyesuaian mesin atau peralatan produksi setiap bulan. Waktu ini dihitung dalam satuan menit dan dikonversi ke dalam satuan jam untuk memudahkan analisis efisiensi kerja. Berdasarkan 3. Data set up and adjustment dapat dilihat bahwa waktu set up and adjustment bervariasi cukup signifikan antar bulan. Bulan Januari mencatat waktu tertinggi yaitu 6680 menit (111,20 jam), kemungkinan disebabkan oleh banyaknya pergantian produk atau penyesuaian mesin secara intensif. Sementara itu, bulan dengan waktu set up terendah adalah April, yaitu sebesar 1870 menit (31,10 jam), yang bisa jadi karena jumlah perubahan proses produksi yang lebih sedikit atau efisiensi prosedur setup yang lebih baik.

Waktu set up and adjustment yang tinggi dapat mengindikasikan perlunya evaluasi terhadap proses *changeover*, termasuk pelatihan operator, perencanaan produksi, dan penerapan metode seperti SMED (Single-Minute Exchange of Die) untuk menekan waktu setup. Dengan memperbaiki proses ini, perusahaan dapat meningkatkan *availability* mesin dan memperbaiki nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) secara keseluruhan.

Selanjutnya perhitungan *breakdown* mesin memantauan terhadap *breakdown* menjadi indikator penting dalam menilai keandalan mesin serta efektivitas program pemeliharaan. Berikut ini adalah data waktu *breakdown* bulanan dari Januari hingga Agustus dilihat pada tabel 4:

Tabel 4. *Data Breakdown*

No	Bulan	Breakdown (Menit)	Breakdown (Jam)
1	Januari	1240	20.40
2	Februari	354	5.54
3	Maret	480	8



No	Bulan	Breakdown (Menit)	Breakdown (Jam)
4	April	330	5.30
5	Mei	680	11.20
6	Juni	302	5.02
7	Juli	410	6.50
8	Agustus	502	8.22

Data *Breakdown* adalah data yang mencatat waktu terjadinya kerusakan atau gangguan pada mesin yang menyebabkan proses produksi terhenti. Waktu breakdown ini biasanya dihitung dalam satuan menit atau jam, dan digunakan untuk mengevaluasi keandalan serta kinerja mesin dalam periode tertentu. Berdasarkan Tabel 4 Data *Breakdown* di stasiun Blow dapat dilihat Bulan Januari mencatat waktu breakdown tertinggi yaitu 1240 menit (20,40 jam), yang dapat mengindikasikan adanya kerusakan besar atau sistem pemeliharaan yang belum berjalan optimal. Sebaliknya, waktu breakdown terendah terjadi pada bulan Juni, yaitu 302 menit (5,02 jam), menunjukkan adanya perbaikan atau peningkatan efektivitas perawatan mesin.

Selanjutnya adalah melakukan analisis perhitungan *availability*, *performance*, dan *quality*. *Availability ratio* merupakan suatu perbandingan yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. Nilai *availability* memperhitungkan waktu kerja mesin dikurangi downtime (baik planned maupun unplanned), yang menggambarkan efisiensi ketersediaan mesin dalam periode waktu tertentu. Tabel berikut menyajikan data waktu kerja mesin, planned downtime, total downtime, loading time, operating time, dan persentase *availability* dari Januari hingga Agustus dilihat pada tabel 5:

$$Availability = \frac{Loading Time}{Operation Time} \times 100\%$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Availability Mesin Blow

No	Bulan	Waktu Kerja Mesin (Jam)	Planned Downtime (Jam)	Total Downtime (Jam)	Loading Time (Jam)	Operating Time (Jam)	Availability (%)
1	Januari	458.0	2	145.8	456.0	310.2	68.0%
2	Februari	434.0	1.5	111.4	432.5	321.2	74.3%
3	Maret	503.2	3	124.9	500.2	375.3	75.0%
4	April	460.0	2.1	55.7	457.9	402.2	87.8%
5	Mei	502.2	2.5	112.3	499.7	387.4	77.5%
6	Juni	504.2	2.5	112.2	501.7	389.5	77.6%
7	Juli	539.5	1.5	140.7	538.0	397.3	73.8%
8	Agustus	500.1	1.8	201.4	498.3	296.9	59.6%

Perhitungan Availability (ketersediaan mesin) adalah salah satu komponen dalam Overall Equipment Effectiveness (OEE) yang menunjukkan seberapa besar waktu mesin tersedia untuk beroperasi dibandingkan dengan waktu yang direncanakan. Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat Hasil Perhitungan nilai *availability* mesin setiap bulan menunjukkan variasi yang signifikan. Nilai tertinggi dicapai pada bulan April sebesar 87,8%, menunjukkan efisiensi waktu kerja mesin yang sangat baik dan minimnya downtime. Sebaliknya, nilai terendah terjadi pada bulan Agustus, yaitu 59,6%, yang disebabkan oleh total downtime yang sangat tinggi (201,4 jam), berpotensi akibat frekuensi gangguan atau penyesuaian mesin yang berlebihan.

Bulan-bulan dengan nilai *availability* di atas 75% seperti Maret, Mei, dan Juni menunjukkan kondisi operasional yang relatif stabil dan efisien. Namun, bulan seperti Januari dan Agustus memerlukan perhatian



khusus karena tingginya downtime yang berdampak langsung pada turunnya performa mesin. Performance ratio adalah rasio yang merepresentasikan kemampuan dari mesin atau peralatan dalam menghasilkan produk/barang.

$$\text{Performance ratio} = \frac{\text{Processed amount}}{\text{ideal cycle time} \times 100\% \text{ Operation Time}}$$

Performance dihitung berdasarkan jumlah produksi aktual, waktu siklus ideal, dan waktu operasi mesin (*operating time*). Nilai performance mendekati atau mencapai 100% menunjukkan bahwa mesin beroperasi mendekati kecepatan maksimumnya tanpa hambatan seperti perlambatan mesin atau waktu tunggu. Berikut ini adalah data performance bulanan dari Januari hingga Agustus dilihat pada tabel 6:

Tabel 6. Perhitungan *Performance Efficiency*

No	Bulan	Jumlah Produksi (Box)	Waktu Siklus Ideal (Jam/Box)	Operating Time (Jam)	Performance (%)
1	Januari	11243	0.276	310.2	100%
No	Bulan	Jumlah Produksi (Box)	Waktu Siklus Ideal (Jam/Box)	Operating Time (Jam)	Performance (%)
2	Februari	12981	0.247	321.2	99.8%
3	Maret	14239	0.263	375.3	99.7%
4	April	11928	0.337	402.2	100.0%
5	Mei	10294	0.337	387.4	89.5%
6	Juni	12393	0.314	389.5	99.9%
7	Juli	12451	0.319	397.3	100.0%
8	Agustus	12354	0.240	296.9	100.0%

Perhitungan *Performance Efficiency* (efisiensi kinerja) digunakan untuk mengukur seberapa cepat mesin beroperasi dibandingkan dengan kecepatan idealnya selama waktu produksi yang tersedia (*availability time*). Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa secara umum mesin mampu beroperasi dengan efisiensi waktu produksi yang sangat baik. Tercatat enam bulan (Januari, April, Juli, dan Agustus) memiliki nilai performance 100%, yang berarti tidak ada kehilangan waktu akibat perlambatan atau gangguan kecepatan produksi. Hal ini mencerminkan kondisi proses produksi yang optimal dalam hal kecepatan. Nilai performance terendah terjadi pada bulan Mei, yaitu 89,5%, yang menandakan adanya sedikit perlambatan atau penurunan kecepatan kerja mesin dibandingkan dengan waktu siklus ideal. Meskipun masih tergolong cukup baik, kondisi ini sebaiknya ditinjau untuk mengidentifikasi penyebab seperti keausan alat, ketidaksesuaian bahan, atau faktor manusia.

Selanjutnya adalah perhitungan *Quality ratio*. *Quality ratio* adalah rasio yang menggambarkan kemampuan mesin/peralatan dalam menghasilkan produk/barang yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Nilai *quality* dihitung dengan membandingkan jumlah produk baik terhadap jumlah produksi kotor, dan menunjukkan seberapa efektif proses produksi dalam menghasilkan output yang memenuhi standar kualitas. Semakin tinggi persentase *quality*, semakin rendah tingkat produk cacat atau afval yang dihasilkan. Tabel berikut menyajikan data kualitas produk bulanan dari Januari hingga Agustus:

$$\text{Quality ratio} = \frac{\text{Processed Amount}}{\text{Defect Amount} \times 100\%}$$



Tabel 7. Hasil perhitungan Quality

No	Bulan	Jumlah Produksi Kotor (Box)	Produk Baik (Box)	Afval (Box)	Quality(%)
1	Januari	11.350	11.193	157	98.62%
2	Februari	13.570	12.911	659	95.15%
3	Maret	14.652	14.187	465	96.83%
4	April	14.345	14.194	151	98.95%
5	Mei	14.384	10.210	4.174	70.97%
6	Juni	14.266	12.327	1.939	86.41%
7	Juli	13.450	12401	1.049	92.20%
8	Agustus	14.258	12.296	1.962	86.23%

Berdasarkan hasil perhitungan Quality Tabel 7 dapat dilihat bahwa kualitas produksi cukup bervariasi setiap bulannya. Bulan April mencatat kualitas tertinggi sebesar 98,95%, disusul oleh Januari dan Maret yang juga menunjukkan performa kualitas yang baik di atas 96%. Ini menunjukkan proses produksi pada bulan-bulan tersebut berjalan sangat optimal dengan tingkat afval yang rendah. Sebaliknya, bulan Mei menunjukkan kualitas terendah, hanya sebesar 70,97%, dengan jumlah afval yang sangat tinggi yaitu 4.174 box. Ini menjadi indikator adanya masalah serius dalam proses produksi seperti kerusakan mesin, kesalahan operator, atau ketidaksesuaian bahan baku yang perlu segera dievaluasi. Kualitas rendah juga terlihat pada bulan Juni dan Agustus, yang berada di bawah 87%. Rasio ini digunakan untuk mengukur efektivitas kualitas produksi, yaitu seberapa besar proporsi produk bebas cacat yang dihasilkan mesin atau peralatan. (Nakajima, 1988).

$$OEE = Availability Ratio \times Performance Ratio \times Quality Ratio$$

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah indikator kinerja mesin secara keseluruhan yang mengukur seberapa efektif mesin digunakan dalam proses produksi. OEE dihitung dari hasil perkalian tiga komponen utama, yaitu:

- Availability (%): Persentase waktu produksi efektif terhadap waktu tersedia.
- Performance (%): Kecepatan produksi aktual dibandingkan kecepatan ideal.
- Quality (%): Persentase produk baik terhadap total produksi.

OEE yang ideal mendekati 85% atau lebih dianggap sebagai standar kelas dunia dalam efisiensi operasional. Berikut adalah data OEE pada bulanan dari Januari hingga Agustus seperti tabel 8:

Tabel 8. Pehitungan Nilai OEE

No	Bulan	Availability (%)	Performance (%)	Quality(%)	OEE (%)
1	Januari	68.0%	100%	98.62%	66.96%
2	Februari	74.3%	99.8%	95.15%	70.48%
3	Maret	75.0%	99.7%	96.83%	72.43%
4	April	87.8%	100.0%	98.95%	86.94%
5	Mei	77.5%	89.5%	70.97%	49.34%
6	Juni	77.6%	99.9%	86.41%	66.94%
7	Juli	73.8%	100.0%	92.20%	68.05%
8	Agustus	59.6%	100.0%	86.23%	51.39%



Berdasarkan Pehitungan Nilai OEE yang dilakukan pada Tabel 8 diatas Bahwa bulan April memiliki kinerja mesin terbaik dengan nilai OEE sebesar 86,94%, melampaui standar kelas dunia. Hal ini didukung oleh availability, performance, dan quality yang semuanya mendekati nilai maksimal. Kondisi ini menjadi tolok ukur bahwa proses produksi bisa sangat optimal bila faktor gangguan teknis dan kualitas dapat ditekan.

Sebaliknya, bulan Mei dan Agustus mencatat nilai OEE terendah, masing-masing 49,34% dan 51,39%, yang disebabkan oleh penurunan kualitas dan availability. Di bulan Mei, kualitas turun drastis ke 70,97%, sedangkan Agustus mengalami penurunan availability menjadi 59,6%. Kedua bulan ini menunjukkan perlunya perbaikan menyeluruh baik dari aspek pemeliharaan mesin, pengendalian kualitas, maupun perencanaan kerja.

Bulan-bulan lainnya memiliki nilai OEE di rentang 66–72%, yang mencerminkan performa sedang, namun masih di bawah standar optimal. Selanjutnya perhitungan *Breakdown losses* dihitung dengan membandingkan waktu *breakdown* terhadap total loading time, yaitu waktu yang seharusnya tersedia untuk produksi. Nilai ini dinyatakan dalam persentase untuk menunjukkan proporsi kerugian waktu produksi akibat kerusakan mesin.

Tabel 9 berikut menyajikan data *breakdown* (dalam jam), loading time, dan persentase *breakdown losses* dari Januari hingga Agustus:

Tabel 9 Perhitungan *Six Big Losses*

No	Bulan	Breakdown (Jam)	Loading Time (Jam)	Breakdown Losses (%)
1	Januari	20.40	456.0	4.47%
2	Februari	5.54	432.5	1.28%
3	Maret	8	500.2	1.60%
4	April	5.30	457.9	1.16%
5	Mei	11.20	499.7	2.24%
6	Juni	5.02	501.7	1.00%
7	Juli	6.50	538.0	1.21%
8	Agustus	8.22	498.3	1.65%

Berdasarkan Perhitungan *Six Big Losses* yang dilakukan untuk Mengidentifikasi dan Mengukur Penyebab Utama Kehilangan Produktivitas Mesin tabel 9 dapat dilihat bahwa bulan Januari mengalami breakdown losses tertinggi sebesar 4,47%, yang menandakan tingginya frekuensi atau durasi kerusakan mesin pada bulan tersebut. Hal ini berdampak langsung pada menurunnya efektivitas operasional, sebagaimana tercermin pada nilai availability dan OEE yang juga rendah di bulan tersebut. Sebaliknya, bulan Juni mencatat breakdown losses paling rendah, hanya sebesar 1,00%, menunjukkan bahwa aktivitas perawatan mesin kemungkinan besar berjalan baik selama bulan tersebut, sehingga mesin bisa beroperasi lebih stabil dan produktif. *Six Big Losses* adalah enam kategori utama kerugian dalam produksi yang menyebabkan penurunan efektivitas peralatan, dan menjadi fokus utama dalam TPM untuk mencapai *zero losses* (Nakajima, 1988) dan selanjutnya perhitungan Nilai *Set Up and Adjusment Losses* *Set, Up and Adjustment Losses* dihitung sebagai persentase waktu setup dan penyesuaian terhadap total loading time, yaitu waktu produksi yang tersedia setelah dikurangi planned downtime. Berikut adalah data dari Januari hingga Agustus:



Tabel 10. Perhitungan Nilai *Set Up and Adjusment Losses*

No	Bulan	<i>Set Up and Adjusment (Jam)</i>	Loading Time (Jam)	<i>Set Up and Adjusment Losses (%)</i>
1	Januari	111.20	456.0	24.4%
2	Februari	85.20	432.5	19.7%
3	Maret	94.30	500.2	18.9%
4	April	31.10	457.9	6.8%
5	Mei	44.40	499.7	8.9%
6	Juni	88.22	501.7	17.6%
7	Juli	56.50	538.0	10.5%
8	Agustus	85.02	498.3	17.0%

Bedasarkan perhitungan Nilai *Set Up and Adjusment Losses* Tabel 10 dapat dilihat bahwa Nilai *Set Up and Adjusment Losses* ulan Januari mengalami kerugian waktu tertinggi akibat set up dan adjustment, yaitu sebesar 24,4% dari total waktu produksi yang tersedia. Hal ini menunjukkan banyaknya waktu yang dihabiskan untuk persiapan atau penyesuaian mesin, sehingga berdampak pada rendahnya efektivitas penggunaan waktu produksi. Sebaliknya, bulan April memiliki kerugian terkecil, hanya 6,8%, yang menunjukkan bahwa proses setup dan penyesuaian dilakukan dengan lebih efisien atau mungkin karena variasi produk yang diproduksi lebih sedikit sehingga meminimalisir kebutuhan penyesuaian mesin. Selanjutnya akan dihitung *Reduce Speed Loss* menggambarkan kerugian waktu yang terjadi akibat penurunan kecepatan produksi mesin dibandingkan dengan kecepatan ideal. Hal ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti gangguan teknis, perawatan yang tidak tepat waktu, atau masalah dengan pengaturan mesin. Kerugian ini dihitung dalam jam dan juga dihitung sebagai persentase dari *loading time*, yaitu waktu yang tersedia untuk produksi. Berikut adalah data *Reduce Speed Loss* pada setiap bulan, serta hubungan antara operating time, waktu siklus ideal, produk baik, dan loading time:

Tabel 11. Hasil Perhitungan *Reduced Speed Losses*

No	Bulan	<i>Operating Time (Jam)</i>	Waktu Siklus Ideal (Jam/Box)	Produk Baik (Box)	Loading Time (Jam)	Reduce Speed Loss (Jam (%))
1	Januari	310.2	0.276	11.193	456.0	1.2
2	Februari	321.2	0.247	12.911	432.5	2.0
3	Maret	375.3	0.263	14.187	500.2	2.0
4	April	402.2	0.337	14.194	457.9	1.6
5	Mei	387.4	0.337	10.210	499.7	4.3
6	Juni	389.5	0.314	12.327	501.7	3.0
7	Juli	397.3	0.319	12.401	538.0	1.5
8	Agustus	296.9	0.240	12.296	498.3	1.8

Bedasarkan Perhitungan *Reduced Speed Losses* yang dilakukan pada tabel diatas Hasil menunjukan bulan Mei mencatatkan kerugian kecepatan tertinggi, yaitu 4,3%, yang menunjukkan adanya penurunan kecepatan mesin yang signifikan dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti perawatan mesin yang tidak memadai,



masalah teknis, atau penyesuaian mesin yang mempengaruhi produktivitas. Dalam bulan ini, meskipun operating time cukup tinggi, namun produk baik yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan bulan lainnya.

Bulan Februari dan Maret memiliki Reduce Speed Loss yang relatif stabil di 2%, yang menandakan ada penurunan kecepatan mesin dalam jumlah moderat, namun masih dalam batas yang dapat diterima. Sebaliknya, bulan Januari, April, dan Juli menunjukkan kerugian kecepatan yang relatif rendah, berkisar antara 1,2% hingga 1,6%, yang menandakan proses produksi berjalan hampir sesuai dengan kecepatan ideal dan mesin beroperasi dengan cukup efektif. Bulan Agustus, meskipun mengalami penurunan kecepatan yang sedikit lebih tinggi (1,8%), masih berada dalam kategori yang relatif dapat diterima dibandingkan bulan Mei. Selanjutnya perhitungan merujuk pada waktu yang hilang akibat mesin berhenti sementara dalam jangka waktu singkat yang disebabkan oleh masalah minor, seperti gangguan kecil, penyesuaian produk, atau masalah pengisian bahan baku. Meskipun waktu berhenti ini relatif singkat, akumulasi dari waktu-waktu tersebut dapat mengurangi *availability* mesin dan menurunkan efektivitas produksi secara keseluruhan. Idling and Minor Stoppages Losses dihitung sebagai persentase dari loading time, yaitu waktu yang tersedia untuk produksi setelah dikurangi waktu downtime yang direncanakan. Berikut adalah data tabel 12 Idling and Minor Stoppages per bulan:

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Idling and Minor Stoppages*

No	Bulan	Nonproductive time (Jam)	Loading Time (Jam)	Idling and Minor Stoppages (%)
1	Januari	3.5	456.0	0.76%
2	Februari	8	432.5	1.81%
3	Maret	7.6	500.2	1.49%
4	April	7.5	457.9	1.61%
5	Mei	5.3	499.7	1.05%
6	Juni	6.3	501.7	1.24%
7	Juli	6.4	538.0	1.17%
8	Agustus	2.2	498.3	0.44%

Idling dan minor stoppages untuk melakukan Penyebab Hilangnya Waktu Operasi Mesin. Dapat dilihat pada tabel 12 Hasil Perhitungan *Idling and Minor Stoppages Data* ini menunjukkan bulan Agustus mencatatkan Idling and Minor Stoppages terendah, yaitu 0.44%, yang menunjukkan efisiensi mesin yang lebih baik dan lebih sedikit gangguan kecil atau waktu tidak produktif. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti prosedur kerja yang lebih lancar atau perawatan mesin yang lebih baik. Sebaliknya, bulan Februari mencatatkan kerugian waktu tertinggi, yaitu 1.81%, yang menunjukkan adanya gangguan kecil atau masalah minor yang lebih sering terjadi dalam proses produksi. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor eksternal seperti bahan baku yang tidak konsisten atau masalah teknis yang tidak terduga. Bulan Maret dan April juga menunjukkan angka Idling and Minor Stoppages yang lebih tinggi (di atas 1%), yang menandakan adanya waktu yang hilang akibat gangguan minor yang cukup sering terjadi, meskipun tidak terlalu besar.

Terakhir adalah perhitungan *Scrap Losses* menggambarkan kerugian waktu dan produk yang terjadi akibat produk cacat atau scrap yang tidak dapat digunakan atau dijual. Scrap dihitung dalam jumlah box yang terbuang selama proses produksi, sementara Scrap Losses (%) dihitung sebagai persentase dari loading time, yaitu waktu yang tersedia untuk produksi setelah dikurangi waktu downtime yang direncanakan. Berikut adalah data Scrap Losses per bulan pada tabel 13:



Tabel 13. Hasil Perhitungan *Scrap Losses*

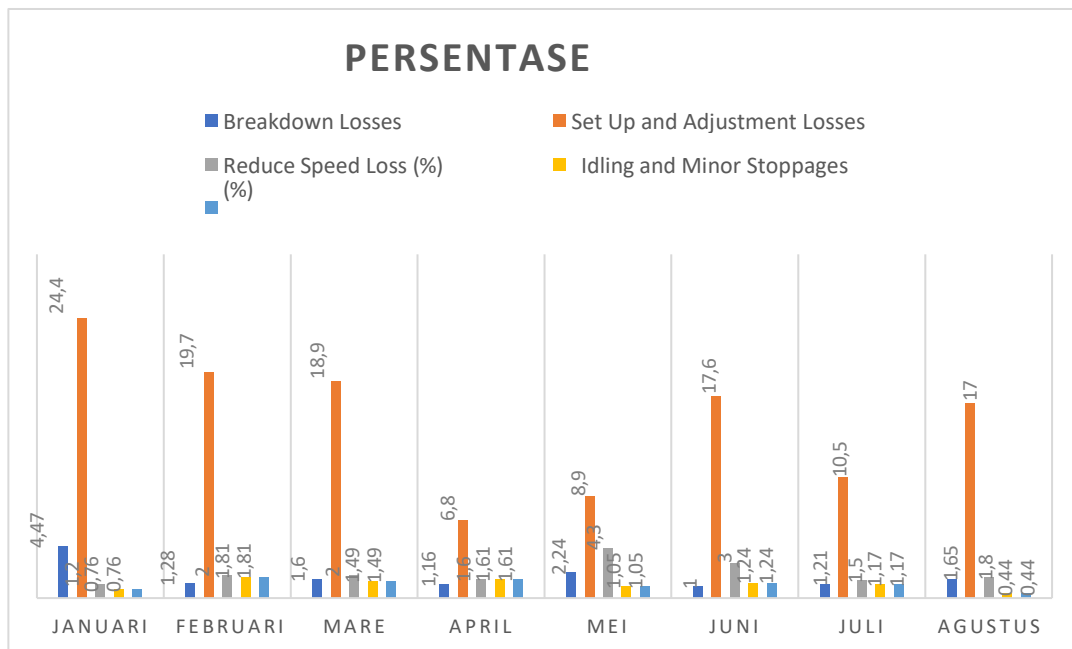
No	Bulan	Waktu Siklus Ideal (Jam/Box)	Scrap (Box)	Loading Time (Jam)	Scrap Losses (%)
1	Januari	0.276	1.788	456.0	0.76%
2	Februari	0.247	1.328	432.5	1.81%
3	Maret	0.263	2.259	500.2	1.49%
4	April	0.337	3.900	457.9	1.61%
5	Mei	0.337	2.183	499.7	1.05%
6	Juni	0.314	124	501.7	1.24%
7	Juli	0.319	47	538.0	1.17%
8	Agustus	0.240	2.102	498.3	0.44%

Bedasarkan Perhitungan *scrap Losses* untuk kerugian produksi yang disebabkan oleh produk cacat atau tidak sesuai standar kualitas yang dihasilkan selama proses produksi. Berdasarkan tabel 13 dapat dilihat bahwa Waktu Siklus Ideal Waktu siklus ideal bervariasi, dengan Agustus mencatat waktu terendah (0.240 jam/box), yang dapat mengindikasikan efisiensi yang lebih baik. Scrap tertinggi Bulan April menunjukkan jumlah scrap tertinggi (3.900 box) dan persentase kerugian scrap (1.61%), menunjukkan masalah kualitas yang serius. Kinerja baik di Agustus: Bulan Agustus memiliki scrap terendah (2.102 box) dan persentase kerugian terendah (0.44%), mencerminkan peningkatan dalam kualitas produksi. Fluktuasi Bulanan terdapat variasi dalam jumlah scrap dari bulan ke bulan, dengan bulan Maret juga menunjukkan jumlah scrap yang cukup tinggi (2.259 box). Konsistensi waktu loading waktu loading cukup stabil, meskipun ada fluktuasi dalam jumlah scrap. Waktu siklus ideal adalah waktu minimum yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk dengan kondisi mesin dan proses yang berjalan sempurna tanpa hambatan. Waktu ini menjadi standar acuan untuk mengukur efisiensi proses produksi. (Heizer dan Render, n.d.)

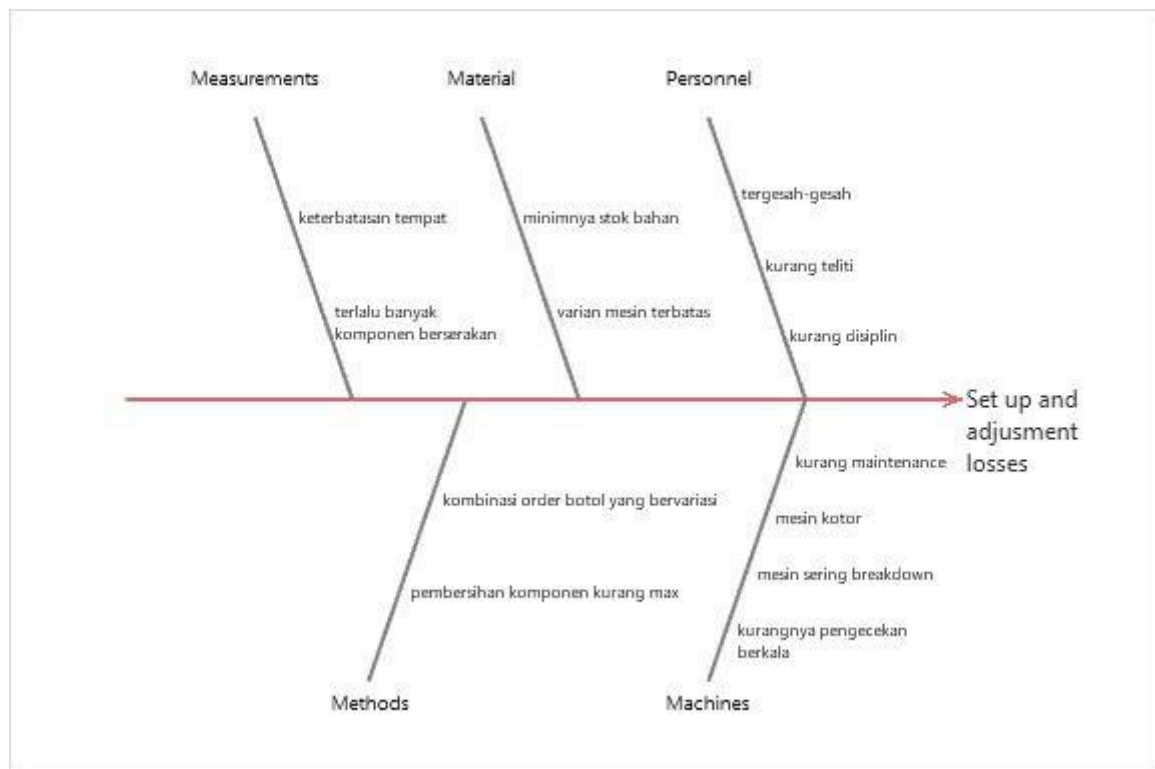
Berikut adalah grafik Persentase nilai Losses untuk menentukan hasil yang mana yang lebih tinggi dan yang mana yang lebih rendah dari grafik pada Gambar 2.

Grafik digunakan untuk menggambarkan persentase masing-masing kategori losses dalam Six Big Losses. Tujuan dari grafik ini adalah untuk mengidentifikasi jenis kerugian terbesar yang memengaruhi efektivitas mesin, sehingga perusahaan dapat memfokuskan upaya perbaikan pada area yang paling kritis pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa yang mendominasi losses dengan persentase tertinggi adalah set up and adjustment yakni dengan losses rata-rata sebesar 18%. Karena tingginya nilai installation and adjustment losses pada mesin Blow Hal itu menjadi penyebab utama belum most excellent nilai OEE yang dihasilkan. Pengurangan nilai availability (ketersediaan waktu) pada akhirnya akan menurunkan efektivitas mesin pada stasiun Blow PT. X sehingga pada tahap selanjutnya perlu dilakukan identifikasi terhadap penyebab munculnya losses tersebut. fishbone diagram adalah alat analisis penyebab-akibat yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang mungkin menjadi sumber masalah dalam suatu proses (Goetsch & Davis (2010) Fishbone diagram pada gambar 3 digunakan untuk menelusuri sumber permasalahan yang menjadi sebab rendahnya nilai availability pada mesin Blow.





Gambar 2 Grafik Persentase nilai Losses



Gambar 3. Cause-and-effect Diagram (Sebab Akibat)

Secara keseluruhan penggambaran Fishbone untuk melakukan atau menganalisis sesuatu akar masalah yang terjadi pada stasiun Mesin blow berikut adalah penjelasan untuk masing-masing masalah yang terjadi pada diagram fishbone diatas dapat dilihat pada Tabel 13.



Tabel 13. Usulan Perbaikan

No	Factor	Usulan
1	<i>Men</i>	1. Tetapkan SOP set up mesin yang jelas dan visual
		2. Adakan pelatihan ulang (refresh training) tentang prosedur setup
		3. Terapkan reward & punishment system berbasis kesalahan setup
		4. Evaluasi beban kerja agar tidak memaksa kerja tergesa-gesa
2	<i>Methods</i>	1. Buat standarisasi waktu setup untuk tiap varian botol
		2. Sediakan instruksi kerja visual per model/tipe botol
		3. Tambahkan checklist pembersihan sebelum setup
3	<i>Machines</i>	1. Buat dan jalankan jadwal preventive maintenance mingguan & bulanan
		2. Terapkan checklist harian untuk inspeksi mesin sederhana oleh operator
		3. Lakukan pelatihan perawatan mesin ringan untuk operator
		4. Pastikan kebersihan mesin melalui audit 5S mingguan
4	<i>Material</i>	1. Sinkronkan data perencanaan produksi dan persediaan bahan
		2. Terapkan sistem kanban atau alarm stok minimum
		3. Evaluasi kebutuhan upgrade/perluasan mesin untuk produk baru
5	<i>Measurements</i>	1. Tata ulang layout meja kerja agar lebih ergonomis dan ringkas
		2. Implementasikan shadow board atau labelisasi untuk tools/komponen
		3. Gunakan rak/box untuk menyimpan komponen dengan sistem FIFO

Berdasarkan Gambar 13 diatas beberapa factor masalah yang terjadi di stasiun mesin blow untuk selanjutnya dilakukan usulan untuk mengurangi terjadinya pengurangan breakdown mesin dan downtime pada mesin blow PT.XYZ

4. Kesimpulan

Sesuai yang akan terjadi penelitian yang sudah dilakukan di PT. XYZ pada stasiun kerja slitter sudah didapatkan nilai availability sebanyak 74.2%, nilai performance sebesar 98,61%, dan nilai quality sebanyak 90.67% sehingga nilai OEE yg dihasilkan ialah sebesar 66,57%. Nilai tersebut masih berada dibawah baku kelas dunia (< 85%) sebab nilai availability dan quality masih kurang baik. asal analisis six big losses yg dilakukan telah ditemukan losses yg paling berpengaruh terhadap rendahnya nilai availability yaitu set up and adjustment dengan persentase nilai losses sebanyak 18%. Melalui analisis diagram fishbone ditemukan asal primer penyebab rendahnya nilai availability ditinjau berasal aspek insan, metode, mesin dan material. aneka macam tindakan perbaikan diusulkan dengan asa bisa memperbaiki dan meningkatkan efektif.



5. Daftar Pustaka

- [1] (Heizer dan Render, 2014) Operation Management; sustainability and Supply Chain Management. (n.d.). *int t S : P ale en*.
- [2] Ammons, D. (2020). Human Resource Management. In *Municipal Benchmarks: Assessing Local Performance and Establishing Community Standards* (pp. 181–199). <https://doi.org/10.4324/9781315702261-19>
- [3] Goetsch & Davis (2010). (n.d.). *Quality_Management_for_Organizational_Ex*. [4]Hasriyono, M. (2009). *Evaluasi Efektivitas Mesin dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Hadi Baru*. Universitas Sumatera Utara.
- [5] Jonsson, P. (1999). Overall Equipment Effectiveness: A Method for Improving Productivity in Manufacturing Companies. *Journal of Manufacturing Systems*, 18(1), 33-42. (2013). Logistics and supply chain management. *Research in Transportation Economics*, 41(1), 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.10.006>
- [6] Nakajima, S. (1988a). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press. <https://books.google.co.id/books?id=XKc28H3JeUUC>
- [7] Nakajima, S. (1988b). *Introduction to TPM* (pp. 1–158). Productivity Press, 1988. <https://doi.org/0915299232,9780915299232>
- [8] Sermin, S., & Elevli, B OEE Reference Values for Heavy Equipment in Mining. *Journal of Engineering Research*, 10(3), 45-52. (2010). Performance measurement of mining equipments by utilizing OEE. *Acta Montanistica Slovaca*, 15(2), 95–101.
- [9] Stevenson, W. J. (2002). *Operations Management*. McGraw-Hill/Irwin. <https://books.google.co.id/books?id=fb9aAAAYAAJ>
- [10] Sugiyono Prof, D. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Cv. Alfa Beta.
- [11] Sumanth, D. J. (1984). *Productivity Engineering and Management: Productivity Measurement, Evaluation, Planning, and Improvement in Manufacturing and Service Organizations*. McGraw-Hill. <https://books.google.co.id/books?id=H5ZRAAAAMAAJ>
- [12] Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. Industrial Press. <https://books.google.co.id/books?id=UfKRG56P1-QC>

