

Usulan *Total Productive Maintenance* (TPM) pada Mesin Karbonator dalam Proses Penurunan Warna *Raw Liquor* Produksi Gula Rafinasi dengan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Di PT. GWT

Galuh Wahyuning Tiyas dan Rizqi Wahyudi*

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

*risky.wahyudi@ti.itera.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Galuh Wahyuning Tiyas dan Rizqi Wahyudi. 2026. Usulan *Total Productive Maintenance* (TPM) pada Mesin Karbonator dalam Proses Penurunan Warna *Raw Liquor* Produksi Gula Rafinasi dengan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Di PT. GWT. *Journal of Research and Technology* Vol. 12 No. 1 Juni 2026: Page 51–65.

Abstract

PT. GWT is the oldest refined sugar factory in Indonesia with a production capacity of 1,750 tons per day, which often experiences machine breakdowns or disruptions at the carbonation station. This research aims to determine the Overall Equipment Effectiveness (OEE) value of the carbonator machine, examine the main or most dominant factors of the Six Big Losses that cause the machine's performance to be below standard during the production process, and provide improvement recommendations using fishbone diagram analysis linked to the 8 (eight) pillars of Total Productive Maintenance (TPM). The average OEE value from January to June 2023 is 50.89%. The most dominant losses are idling minor and stoppages losses at 22.38% or 45.56%, and defect losses at 22.29% or 45.38%. Based on the fishbone diagram analysis, the improvement recommendations given to reduce the level of machine damage at the carbonation station are minor idling and stoppages losses and defect losses using 8 (eight) TPM pillars, namely: education and training, quality maintenance, autonomous maintenance, planned maintenance, and safety, health, and environment.

Keywords: *Refined Sugar Industry, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Total Productive Maintenance.*

Abstrak

PT. GWT merupakan pabrik gula rafinasi tertua di Indonesia berkapasitas produksi 1.750 ton per hari yang sering mengalami kerusakan atau gangguan mesin di stasiun karbonatasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin karbonator, mengkaji faktor utama atau paling dominan dari Six Big Losses yang menyebabkan kinerja mesin di bawah standar selama proses produksi, dan memberikan rekomendasi perbaikan menggunakan analisis fishbone diagram dan

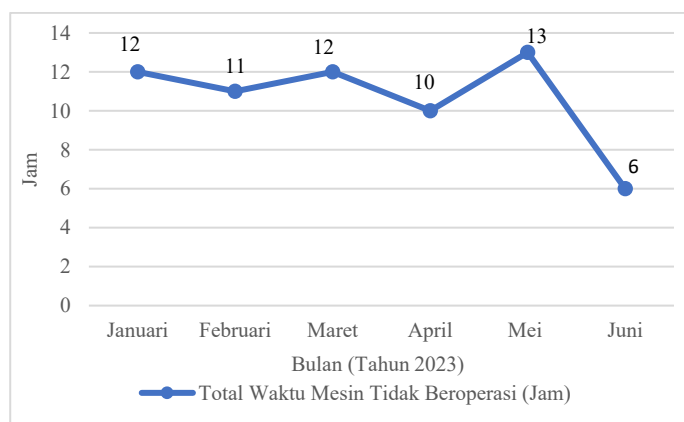
dikaitkan dengan 8 (delapan) pilar *Total Productive Maintenance (TPM)*. Hasil perhitungan rata-rata nilai *OEE* dari bulan Januari hingga Juni 2023 adalah 50,89%. *Losses* yang paling dominan adalah *idling minor and stoppages losses* 22,38% atau mendominasi sebanyak 45,56%, dan *defect losses* sebesar 22,29%, atau mendominasi sebanyak 45,38%. Berdasarkan analisis *fishbone diagram*, rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mengurangi tingkat kerusakan mesin pada stasiun karbonatasi adalah *idling minor and stoppages losses* dan *defect losses* menggunakan 8 (delapan) pilar *TPM*, yaitu: *education and training*, *quality maintenance*, *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, dan *safety, health, and environment*.

Keywords: *Industri Gula Rafinasi, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Total Productive Maintenance.*

1. Pendahuluan

PT. GWT merupakan salah satu pabrik gula rafinasi tertua yang memiliki kapasitas produksi sebesar 1750 ton perhari. Proses produksi gula rafinasi di PT. GWT terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: *affinasi*, *karbonatasi*, *filtrasi*, *Ion Exchange Resin (IER)*, *evaporasi*, *kristalisasi*, *curing, drying & cooling*, serta pengemasan dan penyimpanan. Berdasarkan observasi pra penelitian yang dilakukan oleh penulis, diketahui bahwa proses produksi sering terhambat, terutama di stasiun karbonatasi.

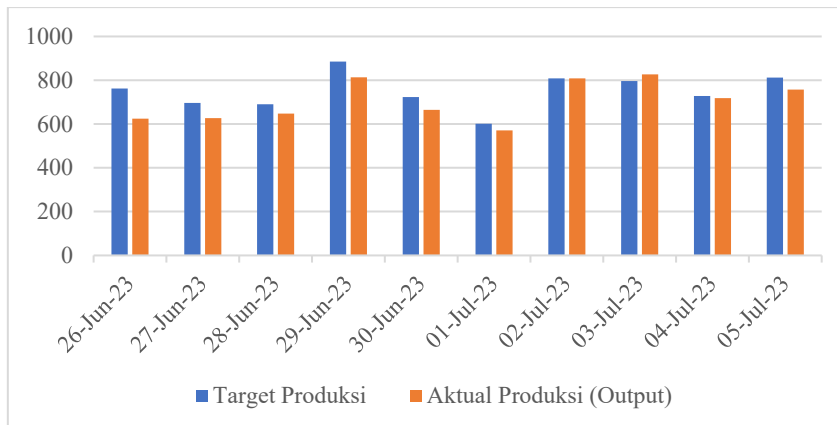
Karbonatasi merupakan tahapan yang dilakukan untuk memurnikan *raw liquor* dengan metode memisahkan kotoran berupa koloid yang terdapat pada leburan gula dengan menggunakan susu kapur, gas CO₂, dengan bantuan *steam*. Kerusakan maupun gangguan pada mesin menyebabkan proses karbonatasi sering kali terjadi yang mengakibatkan proses produksi terganggu. Hal ini didukung oleh data waktu mesin tidak beroperasi yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Data PT. GWT

Gambar 1. Diagram *Downtime* Mesin

Berdasarkan diagram pada Gambar 1, diketahui bahwa terdapat waktu mesin tidak beroperasi atau *downtime* mesin yang terjadi pada proses produksi di stasiun karbonatasi PT. GWT. Waktu mesin tidak beroperasi tertinggi terdapat pada bulan Mei Tahun 2023, yaitu selama 13 jam. Sedangkan waktu mesin tidak beroperasi terendah terdapat pada bulan Juni tahun 2023, yaitu hanya selama 6 jam. *Downtime* mesin mengindikasikan terdapat masalah pada mesin, yang berpengaruh terhadap performa mesin. Hal ini ditunjukkan oleh hasil karbonatasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Data PT. GWT

Gambar 2. Diagram Hasil Karbonatasi

Gambar 2 menunjukkan perbandingan target produksi dan hasil aktual produksi dalam proses karbonatasi yang merupakan data hasil penurunan warna. Diagram tersebut menunjukkan bahwa 8 delapan dari 10 sepuluh data hasil aktual produksi di stasiun karbonatasi ini tidak mencapai target produksi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada mesin *Length Adjustment Line 3* di PT XYZ, berkurangnya efisiensi produksi dapat disebabkan oleh *input* mesin maupun kesalahan produksi yang disebabkan oleh pekerja yang dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan [1]. Beberapa dari faktor yang berdampak negatif pada proses produksi dapat diidentifikasi menggunakan analisis *Six Big Losses* berdasarkan perhitungan *Setup and Adjustment Losses* (SAL), *Reduce Speed Losses* (RSL), *Idle and Minor Stoppage Losses* (IMSL), *Breakdown Losses* (BL), *Reduced Yield Losses* (RYL), dan *Defect Losses* (DL) dari mesin [2], [3].

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang dibahas di atas, serta studi pendahuluan yang dilakukan di lapangan, peneliti menggunakan teknik yang disebut pengukuran *equipment losses* di pabrik gula PT. GWT. Pengukuran tersebut dilakukan memberikan rekomendasi berdasarkan pilar *Total Productive Maintenance* (TPM), di mana pelaksanaannya menggunakan perhitungan nilai *availability* (A), *performance* (P), dan *quality* (Q) untuk mendapatkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai OEE digunakan sebagai dasar penilaian efektivitas mesin secara keseluruhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai OEE mesin karbonator, mengkaji faktor utama *atau* paling dominan dari *Six Big Losses* yang dapat menyebabkan kinerja mesin di bawah standar selama proses produksi,

dan memberikan saran perbaikan yang dapat meningkatkan efisiensi mesin. Penelitian terdahulu telah banyak membahas pengukuran efektivitas mesin menggunakan metode OEE serta identifikasi sumber kerugian melalui analisis *Six Big Losses* pada berbagai sektor industri. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji efektivitas mesin karbonator pada industri gula masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pengukuran tingkat efektivitas dan identifikasi *losses* tanpa mengaitkannya secara komprehensif dengan rekomendasi perbaikan berbasis pilar TPM. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengukur nilai OEE mesin karbonator di PT GWT, mengidentifikasi faktor *Six Big Losses* yang paling dominan memengaruhi kinerja mesin, serta merumuskan rekomendasi perbaikan berdasarkan prinsip TPM. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan terintegrasi metode OEE, *Six Big Losses*, dan TPM pada mesin karbonator di industri gula sebagai upaya meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis data kuantitatif yang dapat diukur secara sistematis. Pengukuran dilakukan terhadap mesin karbonator. Data yang digunakan berupa data primer dari stasiun karbonatasi yang terdiri dari data produksi, data *breakdown*, data *planned downtime*, dan data *setup and adjustment*. Data yang dikumpulkan merupakan data harian periode Januari 2023 sampai Juni 2023. Data yang didapat diolah untuk mendapatkan nilai OEE dan *six big losses*. Penelitian ini memanfaatkan perhitungan OEE dan analisis *Six Big Losses* untuk menerapkan TPM pada mesin karbonator di stasiun karbonatasi PT. GWT. Penerapan TPM digunakan pada mesin karbonator untuk mengoptimalkan proses penurunan warna cairan mentah pada produksi gula rafinasi di PT. GWT. OEE merupakan parameter terukur yang digunakan oleh TPM untuk menilai kinerja sistem produksi. Indikator utama keberhasilan instalasi TPM adalah OEE [4]. Sebagai pencipta TPM, *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yang dikembangkan oleh Nakajima pada Tahun 1988 telah menetapkan standar global untuk OEE, yaitu nilai 40%-59% klasifikasi rendah, 60%-84% klasifikasi sedang, 85%-99% klasifikasi universal dan 100% klasifikasi sempurna [5].

Nilai OEE akan dihitung dengan mengolah data yang diperoleh sebelumnya, dengan *availability* (A), *performance* (P), dan *quality* (Q) sebagai elemen yang terhubung [6]. Persamaan yang digunakan dalam menghitung OEE [7], [8] sebagai berikut:

a. *Availability* (A)

$$Availability = \frac{Operating\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (1)$$

b. *Performance* (P)

$$Performance = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operating\ time} \times 100\% \quad (2)$$

c. *Quality* (Q)

$$Quality = \frac{Processed\ amount \times Number\ of\ defect}{Process\ amount} \times 100\% \quad (3)$$

d. OEE

$$OEE\ (\%) = Availability \times Performance \times Quality \quad (4)$$

Perhitungan OEE adalah cara yang paling efisien untuk mengidentifikasi kerugian utama *Six Big Losses* [9], [10], [11]. Nilai masing-masing dari enam kerugian primer pada *Six Big Losses* dihitung setelah nilai OEE ditentukan untuk menentukan kerugian mana yang memiliki nilai tertinggi. Untuk menghitung nilai *six big losses* menggunakan persamaan [4] berikut:

- a. *Setup and Adjustment Losses* (SAL)

$$SAL = \frac{\text{Setup and Adjustement Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (5)$$

- b. *Reduced Speed Losses* (RSL)

$$RSL = \frac{\text{Process amount (Actual cycle time-Ideal cycle time)}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (6)$$

- c. *Idling and Minor Stoppages Losses* (IMSL)

$$IMSL = \frac{\text{Non productive time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (7)$$

- d. *Breakdown Losses* (BL)

$$BL = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (8)$$

- e. *Reduced Yield Losses* (RYL)

$$RYL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Yield}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (9)$$

- f. *Defect Losses* (DL)

$$DL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Defect amount}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (10)$$

Fishbone diagram atau diagram tulang ikan digunakan sebagai panduan tahap ini, yaitu mengkaji sebab dan akibat sebelum membuat rekomendasi perbaikan berdasarkan pilar TPM [12]. Gambar 3 adalah salah satu contoh *template fishbone diagram* [13][14]. Kemudian metode TPM digunakan untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas produktivitas mesin karbonator memiliki 8 (delapan) pilar sebagai bentuk implementasinya [15]. *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) sebagai pencetus TPM menyatakan bahwa dalam meningkatkan produktivitas tenaga kerja dapat mengurangi biaya perawatan secara keseluruhan, *downtime*, serta *minor stoppages*. Oleh karena itu, penerapan metodologi delapan pilar ini sangat disarankan [16]. Delapan pilar TPM yaitu *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, *quality maintenance*, *focused improvement*, *education and training*, *early equipment managemen* dan *safety, healt and environment* [17]. Masing-masing pilar memiliki area tanggung jawab yang berbeda [18]. Namun, tidak menutup kemungkinan terdapat kesinambungan antara pilar-pilar tersebut [19].

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian diawali dengan pengumpulan data *breakdown* mesin, *setup & adjustment* mesin, dan *planned downtime* mesin yang akan digunakan untuk menghitung nilai OEE dari mesin seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data *Breakdown time*, *Setup & Adjustment Losses*, *Planned Downtime*, dan Total Waktu Mesin Tidak Beroperasi

Bulan	<i>Breakdown Mesin</i> (Jam)	<i>Setup and Adjustment</i> (Jam)	<i>Planned Downtime</i> (Jam)	Total Waktu Mesin Tidak Beroperasi
Januari 2023	12	0	18	30
Februari 2023	11	1	306	318
Maret 2023	14	0	0	14
April 2023	9	1	55	65
Mei 2023	15	1	72	88
Juni 2023	6	0	0	6

Selain itu, perhitungan OEE juga membutuhkan data produksi yang terdiri dari data *operating time*, *loading time*, *ideal cycle time*, *processed amount*, *defect amount*, *good product amount*, dan jumlah hari kerja. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Akumulasi Data Perbulan Produksi Stasiun Karbonatasi PT. GWT

Bulan	Waktu Kerja Mesin (<i>Operating Time</i>) (Jam)	Waktu Aktual Produksi (<i>Loading Time</i>) (Jam)	Waktu Siklus Ideal (<i>Ideal Cycle Time</i>) (Jam)
Januari 2023	744	531	0,0125
Februari 2023	672	264	0,0125
Maret 2023	744	571	0,0125
April 2023	720	521	0,0125
Mei 2023	744	527	0,0125
Juni 2023	720	543	0,0125

Tabel 3. Akumulasi Data Perbulan Produksi Stasiun Karbonatasi PT. GWT

Total Produksi (<i>Processed Amount</i>) (m3)	Jumlah Produk Reject (<i>Defect Amount</i>) (m3)	Jumlah Produk Baik (<i>Good Product Amount</i>) (m3)	Jumlah Hari Kerja (Hari)
Januari 2023	13.280	31.370	31
Februari 2023	7.765	16.800	28
Maret 2023	11.615	35.315	31
April 2023	10.995	31.990	30
Mei 2023	11.515	31.615	31
Juni 2023	11.560	34.045	30

3.1 Perhitungan OEE

Perhitungan OEE terdiri dari perhitungan nilai *availability* (A), *performance* (P), dan *quality* (Q) yang dijabarkan sebagai berikut menggunakan Persamaan (1), (2), (3) dan (4).

3.1.1 *Availability* (A)

Tabel 4. Perhitungan Nilai *Availability* (A)

Bulan	<i>Loading Time</i> (Jam)	<i>Downtime</i> (Jam)	<i>Operating Time</i> (Jam)	<i>Availability</i> (%)
Januari 2023	714	12	702	98,32
Februari 2023	354	11	342	96,61
Maret 2023	730	14	716	98,08

Bulan	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operating Time (Jam)	Availability (%)
April 2023	655	9	645	98,47
Mei 2023	656	15	640	97,56
Juni 2023	714	6	708	99,16
Rata-rata				98,03

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil perhitungan nilai ketersediaan (*availability*) selama mesin beroperasi. Hasil perhitungan nilai *availability* menunjukkan bahwa ketersediaan mesin karbonator di PT. GWT sudah mencapai standar ketetapan dunia (>95%) dan perlu dipertahankan agar tidak mengalami penurunan.

3.1.2 Performance (P)

Tabel 5. Perhitungan Nilai Performance (P)

Bulan	Waktu Kerja Mesin (Jam)	Waktu Siklus (Jam)	Total Produksi (m3)	Performance (%)
Januari 2023	744	0,0125	44.650	75,02
Februari 2023	672	0,0125	24.565	45,69
Maret 2023	744	0,0125	46.930	78,85
April 2023	720	0,0125	42.985	74,63
Mei 2023	744	0,0125	43.130	72,46
Juni 2023	720	0,0125	45.605	79,18
Rata-rata				70,97

Tabel 5 menyajikan perolehan data yaitu kinerja (*performance*) mesin karbonator selama beroperasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *performance* dari mesin karbonator di PT. GWT belum mencapai standar ketetapan dunia (>95%) dan memerlukan perbaikan.

3.1.3 Quality (Q)

Tabel 6. Perhitungan Nilai Quality (Q)

Bulan	Total Produksi (m3)	Jumlah Produk Reject (m3)	Jumlah Produk Baik (m3)	Quality (%)
Januari 2023	44.650	13.280	31.370	70,26
Februari 2023	24.565	7.765	16.800	68,39
Maret 2023	46.930	11.615	35.315	75,25
April 2023	42.985	10.995	31.990	74,42
Mei 2023	43.130	11.515	31.615	73,30
Juni 2023	45.605	11.560	34.045	74,65
Rata-rata				72,71

Tabel 6 menyajikan perolehan nilai dari kualitas yang dihasilkan mesin karbonator selama beroperasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PT. GWT perlu melakukan perbaikan yang berkaitan dengan aspek *quality*.

3.1.4 OEE Keseluruhan

Tabel 7. Perhitungan Rata-rata Nilai OEE

Bulan	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
Januari 2023	98,32	75,02	70,26	51,82
Februari 2023	96,61	45,69	68,39	30,19
Maret 2023	98,08	78,85	75,25	58,20
April 2023	98,47	74,63	74,42	54,69
Mei 2023	97,56	72,46	73,30	51,82
Juni 2023	99,16	79,18	74,65	58,61
Rata-rata				50,89

Tabel 7 menyajikan hasil dari perhitungan OEE setiap bulannya. Berdasarkan hasil tersebut, PT. GWT perlu melakukan perbaikan agar nilai OEE mencapai standar ketetapan dunia ($> 85\%$), serta permasalahan yang menghambat proses produksi khususnya karbonatasi berkurang.

3.2 Six Big Losses

Perhitungan *six big losses* di PT GWT digunakan untuk mengetahui kondisi apa saja yang menyebabkan mesin karbonator tidak berfungsi dengan optimal. Perhitungan ini didasarkan pada data OEE yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan nilai *six big losses* menggunakan persamaan (5), (6), (7), (8), (9), dan (10).

3.2.1 Breakdown Losses (BL)

Tabel 8. Perhitungan Breakdown Losses

Bulan	Breakdown Time (Jam)	Loading Time (Jam)	Breakdown Losses (%)
Januari 2023	12	714	1,68
Februari 2023	12	354	3,39
Maret 2023	14	730	1,92
April 2023	10	655	1,53
Mei 2023	16	656	2,44
Juni 2023	6	714	0,84
Rata-rata			1,97

Tabel 8 menyajikan hasil perhitungan BL untuk mesin karbonator. Adapun rata-rata nilai BL dari bulan Januari 2023 hingga Juni 2023 adalah 1,97%.

3.2.2 Setup & Adjustment Losses (SAL)

Tabel 9. Perhitungan Setup & Adjustment Losses

Bulan	Setup & Adjustment Time (Jam)	Loading Time (Jam)	Setup & Adjustment Losses (%)
Januari 2023	0	726	0,00
Februari 2023	1	366	0,27
Maret 2023	0	744	0,00
April 2023	1	665	0,15
Mei 2023	1	672	0,15
Juni 2023	0	720	0,00
Rata-rata			0,10

Tabel 9 menyajikan hasil perhitungan dari SAL untuk mesin karbonator. Adapun rata-rata nilai SAL dari bulan Januari 2023 hingga Juni 2023 adalah 0,10%.

3.2.3 Defect Losses (DL)

Tabel 10. Perhitungan *Defect Losses*

Bulan	Produk Reject (m3)	Loading Time (Jam)	Ideal Cycle Time (Jam)	Defect Losses (%)
Januari 2023	13.280	714	0,0125	23,25
Februari 2023	7.765	354	0,0125	27,42
Maret 2023	11.615	730	0,0125	19,89
April 2023	10.995	655	0,0125	20,98
Mei 2023	11.515	656	0,0125	21,94
Juni 2023	11.560	714	0,0125	20,24
Rata-rata				22,29

Berdasarkan Tabel 10, didapatkan bahwa nilai yang diperoleh dari *defect losses* untuk mesin karbonator. Rata-rata *defect losses* yang terhitung dari bulan Januari 2023 hingga bulan Juni 2023 tahun 2023 adalah 22,29%.

3.2.4 Idle & Minor Stoppages Losses (IMSL)

Tabel 11. Perhitungan *Idling and Minor Stoppages Losses*

Bulan	Waktu Aktual (Jam)	Operating Time (Jam)	Loading Time (Jam)	Idling and Minor Stoppages Losses (%)
Januari 2023	560	726	714	23,25
Februari 2023	268	366	354	27,68
Maret 2023	598	744	730	20,00
April 2023	527	665	655	21,07
Mei 2023	528	672	656	21,95
Juni 2023	575	720	714	20,31
Rata-rata				22,38

Tabel 11 menyajikan hasil perhitungan dari IMSL untuk mesin karbonator. Adapun rata-rata nilai IMSL dari bulan Januari 2023 hingga Juni 2023 adalah 22,38%.

3.2.5 Reduce Speed Losses (RSL)

Tabel 22. Perhitungan *Reduced Speed Losses*

Bulan	Waktu Aktual (Jam)	Loading Time (Jam)	Ideal Cycle Time (Jam)	Jumlah Produksi (m3)	Reduced Speed Losses (%)
Januari 2023	560	714	0,0125	44.650	0,00
Februari 2023	268	354	0,0125	24.565	11,03
Maret 2023	598	730	0,0125	46.930	0,00
April 2023	527	655	0,0125	42.985	1,57
Mei 2023	528	656	0,0125	43.130	1,70
Juni 2023	575	714	0,0125	45.605	0,00
Rata-rata					2,38

Pada Tabel 12 menyajikan hasil perhitungan dari RSL untuk mesin karbonator. Adapun rata-rata nilai RSL dari bulan Januari 2023 hingga Juni 2023 adalah 2,38%.

3.2.6 Reduce Yield Losses (RYL)

Tabel 33 Perhitungan *Reduced Yield Losses*

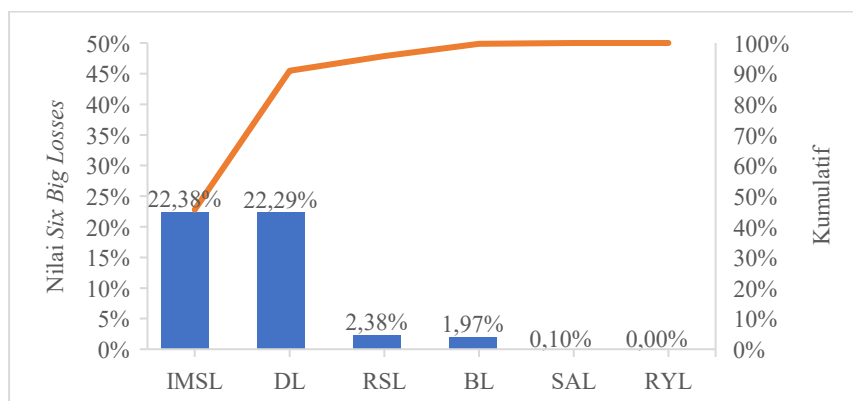
Bulan	Yields/Scrap (m3)	Loading Time (Jam)	Ideal Cycle Time (Jam)	Reduced Yield Losses (%)
Januari 2023	0	714	0,0125	0,00
Februari 2023	0	354	0,0125	0,00
Maret 2023	0	730	0,0125	0,00
April 2023	0	655	0,0125	0,00
Mei 2023	0	656	0,0125	0,00
Juni 2023	0	714	0,0125	0,00
Rata-rata				0,00

Tabel 13 menunjukkan bahwa hasil RYL pada bulan Januari 2023 hingga Juni 2023 adalah 0,00%.

Tabel 44. Rata-rata Nilai *Six Big Losses*

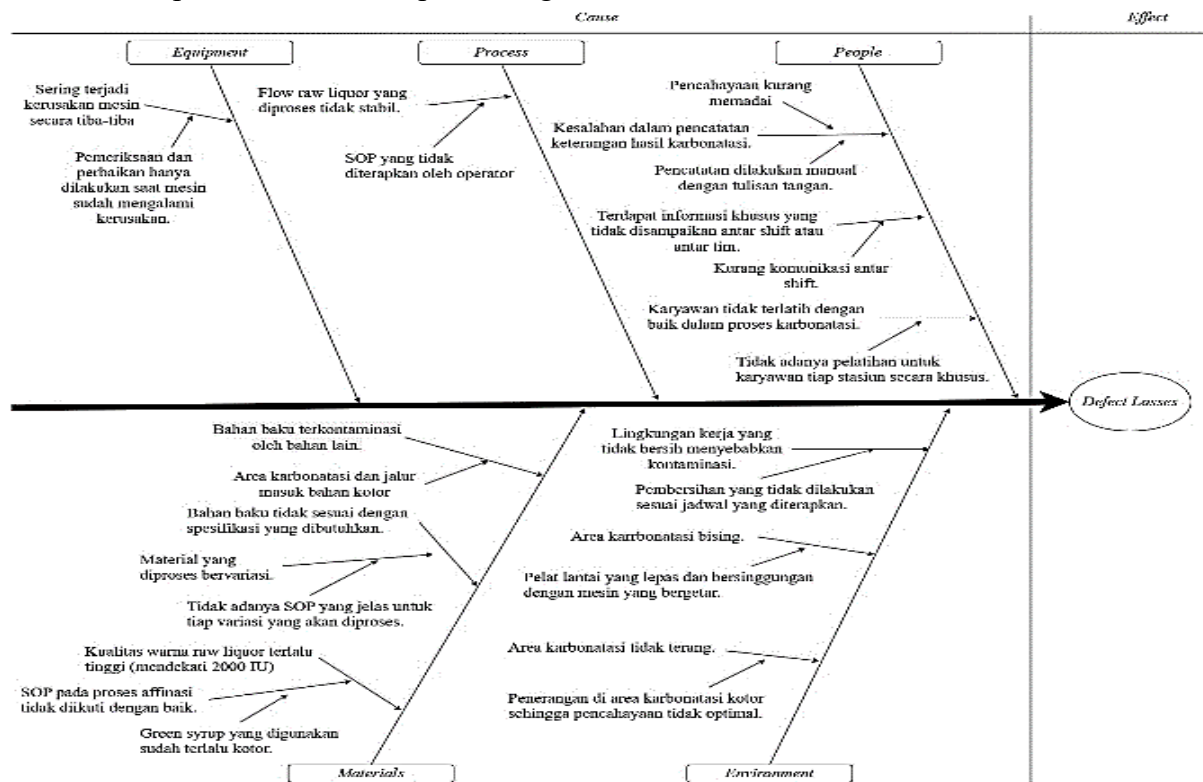
Bulan	Breakdown Losses (%)	Setup & Adjustment Losses (%)	Defect Losses (%)	Idling & Minor Stoppages Losses (%)	Reduced Speed Losses (%)	Reduced Yield Losses (%)
Januari 2023	1,68	0,00	23,25	23,25	0,00	0,00
Februari 2023	3,39	0,28	27,42	27,68	11,03	0,00
Maret 2023	1,92	0,00	19,89	20,00	0,00	0,00
April 2023	1,53	0,15	20,98	21,07	1,57	0,00
Mei 2023	2,44	0,15	21,94	21,95	1,70	0,00
Juni 2023	0,84	0,00	20,24	20,31	0,00	0,00
Rata-rata	1,97	0,10	22,29	22,38	2,38	0,00

Hasil perhitungan *six big losses* rata-rata Bulan Januari–Juni 2023 dibuat dalam diagram pareto seperti Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto Hasil Akumulasi *Six Big Losses*

Grafik Pareto yang disajikan dalam Gambar 3 juga menegaskan bahwa *idling and minor stoppages losses* dan *defect losses* adalah prioritas utama untuk diperbaiki. Hal ini menunjukkan perlunya penerapan strategi perawatan yang lebih baik, seperti *Total Productive Maintenance* (TPM), untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan efektivitas mesin. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan analisis sebab-akibat menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui penyebab terjadinya *idling and minor stoppages losses* dan *defect losses* di stasiun karbonatasi PT. GWT. Gambar 4 merupakan hasil analisis *fishbone diagram* untuk *idling and minor stoppages losses* dan *defect losses*. Hasil analisis *fishbone diagram* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai penyebab potensial dari *idling and minor stoppages losses* dan *defect losses* yang terdeteksi mendominasi hasil perhitungan nilai *six big losses* dalam proses karbonatasi produksi gula rafinasi.



Gambar 4. Fishbone Diagram Penyebab *Idling and Minor Stoppages Losses* dan *Defect Losses*

Selanjutnya diberikan rekomendasi perbaikan menggunakan 8 pilar TPM. Rekomendasi ini difokuskan pada kategori-kategori utama yang teridentifikasi, seperti *people* (manusia), *process*, *equipment* (mesin/peralatan), *material* (bahan), *environment* (lingkungan). Setiap kategori dibahas secara rinci untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai langkah-langkah perbaikan yang perlu diambil. Melalui pendekatan sistematis ini, diharapkan perusahaan dapat mengatasi masalah yang ada dengan lebih efektif, mengurangi *idling and minor stoppages losses* dan *defect losses*, serta meningkatkan produktivitas serta kualitas produk. Dengan implementasi rekomendasi yang tepat, diharapkan perusahaan tidak hanya dapat memenuhi target produksi, tetapi juga meningkatkan kepuasan pelanggan dan daya saing di pasar. Adapun rekomendasi perbaikan yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 55. Rekomendasi Perbaikan TPM

No	Aspek	Masalah Utama	Rekomendasi Perbaikan menggunakan Pilar TPM	Penjelasan
1	People (Manusia)	Kesalahan dalam peng- input-an keterangan hasil karbonatasi.	Menerapkan pilar <i>education and training</i>	Penggunaan sistem informasi akuntansi (SIA) untuk pencatatan data produksi. Pelatihan dalam penggunaan alat bantu. Penggunaan standar operasional prosedur (SOP).
			Menerapkan pilar <i>autonomous maintenance</i>	Instalasi perbaikan pencahayaan di area karbonatasi. Pembuatan jadwal pembersihan dan penggantian lampu.
		Informasi yang tidak disampaikan dengan baik antar <i>shift</i> atau antar tim.	Menerapkan pilar <i>education and training</i>	Pelatihan komunikasi efektif. Pengenalan sistem informasi berbasis teknologi Pelatihan keterampilan tim kerja Pengenalan standar operasional prosedur (SOP). Pelatihan kepedulian dan keterbukaan.
			Menerapkan pilar <i>education and training</i>	Pelatihan penanganan darurat. Pelatihan operasional. <i>Mentorship</i> dan <i>coaching</i> . Pelatihan manajemen risiko Pelatihan pemecahan masalah.
2	Material	Bahan baku terkontaminasi oleh bahan lain.	Menerapkan <i>autonomous maintenance</i>	Pembersihan awal. Penggunaan metode 5S.
		Kualitas <i>raw liquor</i> yang kurang baik.	Menerapkan pilar <i>quality maintenance</i>	Pengendalian mutu terpadu. Peningkatan pendidikan dan pelatihan. Kerja sama dengan pemasok dan pemerintah. Inspeksi dan pengujian. Perbaikan sistem secara berkesinambungan.
		Bahan baku tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.	Menerapkan <i>quality maintenance</i>	Pembentukan sop berdasarkan variasi <i>flow raw liquor</i> . Pengujian dan pengawasan kualitas bahan baku. Pengendalian mutu proses produksi. Pemeliharaan dan perawatan mesin. Pelatihan dan peningkatan kualitas operator.
3	Equipment (mesin dan peralatan)	Sering terjadi kerusakan mesin secara tiba-tiba.	Menerapkan <i>planned maintenance</i>	Inspeksi rutin. Pembersihan berkala. Penggantian komponen. Pengukuran dan pemantauan.
		Waktu aktual produksi rendah	Menerapkan pilar <i>autonomous maintenance</i>	Evaluasi dan penjadwalan ulang pemeliharaan. Membuat standarisasi prosedur pemeliharaan.
4	Process	<i>Flow raw liquor</i> yang diproses tidak stabil.	Menerapkan <i>planned maintenance</i>	Pemeriksaan dan perbaikan alat BMA sentrifugal. Pembersihan dan inspeksi pipa dan komponen. Pemeliharaan dan perbaikan mesin <i>heater</i> . Pemeliharaan dan perbaikan sistem hidraulis.
5	Environment		Menerapkan <i>autonomous maintenance</i>	Pembersihan awal. Pengidentifikasian sumber kontaminasi.

No	Aspek	Masalah Utama	Rekomendasi Perbaikan menggunakan Pilar TPM	Penjelasan
		Kondisi penerangan di area karbonatasi kurang baik.		Pembentukan standar pembersihan dan lubrikasi. Inspeksi menyeluruh. Standar perawatan mandiri.
		Kebisingan di area karbonatasi cukup tinggi.	Menerapkan pilar <i>education and training</i> dan pilar <i>safety, health and environment</i> (SHE)	Pengenalan mengenai pentingnya penggunaan alat pelindung diri (APD). Pengenalan teknik pengurangan kebisingan. Pengenalan kebisingan dan dampaknya. Pengenalan cara mengurangi paparan kebisingan. Pengenalan program kesehatan dan keselamatan kerja (K3).
		Lingkungan kerja yang tidak bersih yang dapat menyebabkan kontaminasi.	Menerapkan <i>autonomous maintenance</i>	Penggunaan <i>abnormality tak</i> . <i>Monitoring</i> dan evaluasi. Pelatihan dan bimbingan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan yaitu berdasarkan perhitungan OEE yang dilakukan didapatkan rata-rata nilai OEE untuk mesin karbonator di PT. GWT yaitu 50,89%. Capaian tersebut menunjukkan OEE mesin karbonator di PT. GWT masuk ke dalam kategori rendah dan belum mencapai standar ketetapan dunia (>85%). Rendahnya nilai OEE diakibatkan karena jumlah *raw liquor* dalam satu kali masak tidak maksimal atau sejumlah di bawah kapasitas ideal mesin. Selain itu, *planned downtime* yang tinggi juga berpengaruh terhadap waktu aktual, *operation time*, dan *loading time* yang mempengaruhi nilai *performance* mesin. Bahkan, *planned downtime* menyebabkan 3 kali *setup and adjustment losses* dalam analisis *six big losses*. Rendahnya nilai OEE juga diakibatkan karena nilai *quality* yang rendah yaitu 72,71%. Perhitungan *six big losses* didapatkan *losses* tertinggi yaitu *idling and minor stoppages losses* (22,38%) dan *defect losses* (22,29%). Nilai *idling and minor stoppages losses* yang tinggi disebabkan karena waktu aktual produksi yang rendah akibat tingginya *planned downtime* yang diterapkan perusahaan. Selain itu, tingginya waktu produksi yang terbuang akibat hasil produksi yang tidak memenuhi standar (*reject*) juga mengakibatkan nilai IMSL menjadi tinggi. Berdasarkan hasil analisis *losses* yang paling dominan, dilakukan perumusan akar masalah menggunakan *fishbone diagram* dan dirumuskan beberapa rekomendasi perbaikan menggunakan 8 pilar TPM, di mana fokus perbaikan yaitu menggunakan pilar *education and training*, *quality maintenance*, *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, serta *safety, health, and environment*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibowo, P. A., & Padilah, I. Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Pada Mesin Length Adjustment Line 3 Departemen Belt Assy PT XYZ. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 439–449. 2023 <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2236>
- [2] Perwira, R. A., Wahyudi, R., & Nugraha, A. T. Analisis Efektivitas Rotary Car Dumper (RCD) 3 dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE): Studi Kasus pada PT

- Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan. *Jurnal Integrasi*, 16(1), 48–57. 2024. <https://doi.org/https://doi.org/10.30871/ji.v16i1.6675>
- [3] Wahyudi, R., Ferdana, R. G., & Nugraha, A. T. Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Untuk Mengukur Efektivitas Mesin Packing Pada PT Surya Tsabat Mandiri. *Jurnal Optimalisasi*, 09(02), 82–89. 2023. <https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jopt.v9i2>
- [4] Sukmoro, W. *OEE Demistifikasi: Rahasia Sukses Menguasai Implementasi Overall Equipment Effectiveness, Mendorong Produktivitas dan Peningkatan Profitabilitas Bisnis* (1st Editio). PT Mitra Prima Produktivitas. www.jagokaizen.com. 2023.
- [5] Jeong, K.-Y., & Phillips, D. T. (2001). Operational Efficiency And Effectiveness Measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1404–1416. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006223>
- [6] Facchinetti, T., & Citterio, G. (2022). Application Of The Overall Equipment Effectiveness To A Service Company. *IEEE Access*, 10, 106613–106640. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3211266>
- [7] Hansen, R. C. *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool For Increased Profits* (First Edit). Industrial Press Inc. 2001.
- [8] Stamatis, D. *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, And Maintainability*. CRC Press. 1947.
- [9] Dhuha, S., Wahyudin, & Sitorus, S. S. S. P. Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness Dalam Pengukuran Efektivitas Mesin Press Kennedy Ken-503-9470k di PT. ABC. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3). 2023. 6298–6306. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6142>.
- [10] Kumar, A., & Sahu, A. Calculation and Analysis of Overall Equipment Efficiency (OEE): A Study On Battery Manufacturing Industry [Uppsala Universitet]. In *SAMINT-MILI*. 2023. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1797378/FULLTEXT01.pdf>
- [11] Nurjaman, Bhirawa, W. T., & Meladiyani, E. (2021). Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness Untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin Chiller Di Gedung Mal Artha Gading. *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 94–115.
- [12] Lukmandono, Sulistyowati, E., & Hariastuti, N. L. P. Pendekatan Overall Equipment Effectiveness Dan Response Surface Methodology Dengan Pertimbangan Root Cause Failure Analysis Untuk Meminimalkan Six Big Losses. *Katalog Buku Karya Dosen ITATS*, 70–112. <http://ejurnal.itats.ac.id/buku/article/view/1439/0>. 2020.
- [13] Rafi, F. A., Wahyudin, & Nugraha, B. Analisis Overall Equipment Effectiveness untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin Filling Multiline pada PT-XYZ. *Jurnal Pendidikan Dan Aplikasi Industri*, 10(2), 124–133. 2023. <https://doi.org/10.33592/unistek.v10i2.3890>
- [14] Silaban, Y. F., & Widjajati, E. P. Pengukuran Efektivitas Mesin HLP (Hingle Lid Packer) Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Overall Resource Effectiveness (ORE) Di PT XYZ. *JTMEI: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, 2(4), 114–123. 2023. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i4.2987>
- [15] Constantinus, V., Sitepu, R., & Joewono, A. Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Untuk Efektivitas Mesin Dengan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Sebagai Alat Ukur Di PT XYZ. *Buletin Profesi Insinyur*, 6(3), 94–101. 2023. <https://doi.org/10.20527/bpi.v6i3.217>
- [16] Bengtsson, M., Andersson, L. G., & Ekstrom, P. Misconceptions within the Use of Overall Equipment Effectiveness - A Theoretical Discussion on Industrial Examples. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 13, 36–47. 2020. <https://doi.org/10.3233/ATDE200141>

- [17] Hermans, M., & Tamás, P. Overall Equipment Efficiency, Total Productive Maintenance And Digital Twin Technologies - A Literature Review. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 22(2), 129–137. 2024.
- [18] Ginantaka, A., & Lesmana, T. T. Pengukuran Overall Equipment Effectiveness Dan Model Optimasi Untuk Meminimalkan Production Losses. *Jurnal Agroindustri Halal*, 10(1), 1–12. 2024.
- [19] Fam, S. F., Loh, S. L., Haslinda, M., Yanto, H., Khoo, L. M. S., & Yong, D. H. Y. Overall Equipment Efficiency (OEE) Enhancement In Manufacture Of Electronic Components & Boards Industry Through Total Productive Maintenance Practices. *MATEC Web of Conferences*, 150, 4–8. 2018. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815005037>.