

Penerapan Metode *Lean Six Sigma* (DMAIC) untuk Meningkatkan Produktivitas Pengelasan Plat Silinder

Fadyla Indra Kusuma^{1*}, Hafidz Akbar Halim², Ade Nurul Hidayat³

¹⁻³Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

Alamat: Jl. Inspeksi Kalimalang No.9 17530 Kabupaten Bekasi Jawa Barat, Indonesia

Korespondensi penulis: fadhylla68@gmail.com *

Abstract: One of the key processes in the production of APAR cylinders is the welding of cylindrical plates, which is carried out using a Longitudinal Welding Cylinder machine and the CO₂ welding method. However, in practice, operators face several challenges, mainly due to the number of process steps that do not significantly contribute to the quantity or quality of the output, resulting in reduced productivity. This study aims to improve the productivity of the welding process through a series of improvements. The methods used include data analysis and root cause identification through the Overall Equipment Effectiveness (OEE) approach and Lean Six Sigma using the DMAIC stages (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Based on the Define stage, the initial OEE value was 67.49%, which is still far below the world-class standard of 85%. In the Measure stage, Pareto analysis revealed that the largest downtime (2,097 minutes or 40%) was caused by cycle time issues. Further analysis showed that activities such as material setup, additional plate placement, and additional plate cutting (totaling 85 seconds) could still be optimized. During the Improve stage, modifications were made, such as eliminating the additional plate cutting process and adding a stopper to ensure accurate welding alignment. These improvements successfully reduced the cycle time from 180 seconds to 120 seconds, thereby decreasing downtime and increasing the OEE value to 76.12%.

Keywords: Calculation of OEE value, DMAIC, Lean six sigma, Productiviti.

Abstrak. Salah satu proses penting dalam pembuatan tabung APAR adalah pengelasan plat silinder, yang dilakukan menggunakan mesin Longitudinal Welding Cylinder dengan metode pengelasan CO₂. Namun, dalam pelaksanaannya, operator menghadapi beberapa kendala, terutama banyaknya tahapan yang tidak memberikan kontribusi nyata terhadap jumlah maupun kualitas produksi, sehingga menurunkan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas proses pengelasan melalui sejumlah perbaikan. Metode yang digunakan meliputi analisis data dan identifikasi akar masalah dengan pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) serta Lean Six Sigma menggunakan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Berdasarkan tahap Define, nilai OEE awal sebesar 67,49%, masih jauh dari standar world-class sebesar 85%. Pada tahap Measure, analisis Pareto menunjukkan bahwa downtime terbesar (2.097 menit atau 40%) berasal dari masalah waktu siklus (cycle time). Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa aktivitas seperti setup material+Pemasangan plat tambahan+pemotongan plat tambahan (85 detik) masih dapat dioptimalkan. Pada tahap Improve, dilakukan modifikasi, seperti menghilangkan proses pemotongan plat tambahan dan menambahkan alat stoper untuk memastikan posisi pengelasan yang tepat. Hasil perbaikan ini berhasil menurunkan waktu siklus dari 180 detik menjadi 120 detik, sehingga downtime berkurang dan nilai OEE meningkat menjadi 76,12%.

Kata kunci: Perhitungan OEE, DMAIC, Lean six sigma, Produktivitas.

1. LATAR BELAKANG

Dalam dunia industri yang semakin kompetitif, efisiensi proses produksi menjadi kunci utama untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing perusahaan. Dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses fabrikasi logam, kegiatan pengelasan memegang peranan penting sebagai salah satu proses utama dalam pembentukan dan penyambungan komponen. Salah satu bentuk komponen yang banyak digunakan adalah plat silinder, yang umum

ditemukan pada struktur tangki, pipa bertekanan, dan bejana tekan. Pengelasan plat silinder merupakan proses yang dianggap sangat krusial, dikarenakan proses ini adalah sebagai langkah awal pengelasan, dimana plat lembaran yang sudah melalui proses *rolling* yang membentuk silinder kemudian harus dilakukan proses pengelasan secara vertikal sehingga membentuk tabung silinder sebelum menuju proses selanjutnya. Proses pengelasan plat silinder sendiri dirasa kurang efisien dalam hal proses produksi, sehingga dalam upaya meningkatkan produktivitas pada proses ini, akan dilakukan analisa berbagai faktor yang menjadi penyebab proses ini kurang efisien.

Proses pengelasan plat silinder di nilai tidak efisien yang di sebabkan oleh sejumlah faktor yang saling terkait. Salah satu penyebabnya adalah kompleksitas proses itu sendiri, Dimana terlalu banyak tahapan yang harus dilalui sebelum mencapai hasil akhir, sehingga menyebabkan *delay*/waktu tunggu pada proses selanjutnya. Setiap tahapan membutuhkan waktu dan sumber daya, tetapi tidak semua tahapan yang ada pada proses ini memberikan nilai tambah yang signifikan terhadap produk.

Metode *OEE* dan *Improvement* adalah metode yang diperlukan untuk memperoleh keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai apa yang telah direncanakan. *OEE* atau *Overall equipment effectiveness* adalah indikator penting untuk mengukur efisiensi yang mudah diterapkan pada mesin atau peralatan. *OEE* berfungsi sebagai alat untuk mengevaluasi efektivitas mesin, dengan tujuan mengidentifikasi kerugian dalam produksi serta kerugian biaya tidak langsung yang berkontribusi signifikan terhadap total biaya produksi (Tri & Wiyatno, 2024).

Lean Six Sigma merupakan metode gabungan dari pendekatan *Lean Thinking* dan *Six Sigma* yang dirancang untuk mengidentifikasi serta mengurangi pemborosan, menyempurnakan proses, meningkatkan kualitas pada layanan atau produksi, serta bisa menjadi alat bantu untuk meningkatkan nilai *OEE*. Konsep *Lean* sendiri menitikberatkan pada pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah (*waste*), kelancaran aliran material, produk, dan informasi, serta perbaikan yang terus-menerus. Sementara itu, *Lean Six Sigma* fokus pada pengurangan variasi dalam proses dan peningkatan performa secara konsisten. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Lean Six Sigma* bertujuan untuk mengenali dan mengurangi pemborosan demi tercapainya proses yang lebih efisien dan berkualitas. Menurut Gaspersz (2011) bahwa tujuan penerapan *Lean* di dalam organisasi adalah untuk meningkatkan secara terus menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*Value to Waste Ratio*) (Wijaya, Wiramijaya, Rahmania, & Oktaviani, 2021).

Penelitian ini dilaksanakan sebagai bagian dari upaya perbaikan berkelanjutan dengan mengikuti tahapan DMAIC. DMAIC merupakan kepanjangan dari *Define, Measure, Analyze, Improve*, dan *Control*, yaitu sebuah pendekatan sistematis dalam metode *Lean Six Sigma* yang dirancang untuk melakukan perbaikan proses secara berkelanjutan. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan, menemukan akar penyebabnya, serta menerapkan solusi yang tepat dan efektif.

Karena berbasis pada data, DMAIC sangat cocok digunakan dalam penelitian ini untuk meningkatkan produktivitas proses pengelasan plat silinder. Penelitian ini berbasis pada data, dimana tahap *define* akan mencari nilai *OEE* awal dari proses pengelasan plat silinder menggunakan data hasil produksi yang ada, kemudian tahap *measure* akan mencari data downtime tertinggi menggunakan diagram pareto, kemudian tahap *analyze* akan dilakukan analisa terhadap faktor yang membuat downtime menjadi tinggi menggunakan tabel diagram dan juga *fishbone*, kemudian tahap *improve* akan dilakukan *kaizen* atau perbaikan terhadap proses pengelasan plat silinder, dan tahap *control* dilakukan untuk menjaga stabilitas proses produksi agar perbaikan yang sudah dilakukan memberikan hasil yang signifikan terhadap proses produksi. Fokus pendekatan DMAIC adalah untuk meningkatkan level sigma suatu proses yang dampaknya secara keseluruhan akan mengurangi cacat pada proses produksi dengan melalui tahap perbaikan. Salah satu bagian dari tahap perbaikan adalah pengembangan desain pada produk dan alat yang digunakan (Sumasto, Satria, & Rusmiati, 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Landasan teori

2.1 Proses pengelasan plat silinder

Proses pengelasan plat silinder adalah salah satu tahapan proses dalam pembuatan tabung APAR di PT.X. Di PT.X sendiri proses ini menggunakan mesin *longitudinal cylinder welding*.



Gambar 1. Mesin *longitudinal welding cylinder* (Sumber: google)

Mesin *longitudinal cylinder welding* adalah mesin pengelasan yang berfungsi untuk mengelas plat silinder dengan pengelasan horizontal, mesin *longitudinal cylinder welding* ini dapat menggunakan berbagai tipe pengelasan seperti CO2 ataupun pengelasan argon.

Di PT X sendiri mesin ini menggunakan pengelasan tipe CO2 untuk mengelas plat silinder sebagai bahan baku utama pembuatan tabung APAR, proses ini adalah proses lanjutan dari proses sebelumnya yaitu proses bending dari plat lembaran menjadi plat silinder, dan juga setelah proses pengelasan plat silinder ini masih ada tahapan berikutnya untuk penggabungan antara plat silinder, *top dome* dan juga *bottom dome* untuk menjadi tabung APAR yang utuh. Berikut adalah gambar hasil dari pengelasan plat silinder menggunakan mesin *longitudinal cylinder welding* :



Gambar 2. Hasil pengelasan plat silinder (Sumber: CAD)

2.2 Produktivitas, Efektivitas, dan Efisiensi

Secara umum, produktivitas memiliki pengertian yaitu perbandingan antara hasil yang diperoleh (*output*) dengan total sumber daya yang digunakan (*input*). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produktivitas berkaitan dengan cara menghasilkan atau meningkatkan hasil barang dan jasa setinggi mungkin dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal. Dengan kata lain, pengertian produktivitas mencakup dua dimensi, yaitu efektivitas dan efisiensi. Dimensi pertama atau efektivitas berfokus pada pencapaian hasil kerja yang optimal, yang meliputi pencapaian target terkait kualitas, kuantitas, dan waktu. Menurut Sedarmayanti (2001) bahwa Produktivitas memiliki dua dimensi, yaitu efektifitas dan efisiensi. Dimensi efektifitas berkaitan dengan pencapaian hasil kerja yang maksimal, dalam arti pencapaian target yang berkaitan dengan kualitas, kuantitas dan waktu (Wahyudi, 2019). Sedangkan dimensi efisiensi berkaitan dengan upaya mem-bandingkan masukan dengan realisasi penggunaanya atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan (Alhadihaq & Sumiati, 2023).

2.3 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma adalah metode perbaikan proses yang menggabungkan dua pendekatan utama, yaitu *Lean* dan *Six Sigma*. *Lean* berfokus pada pengurangan pemborosan (*waste*) dan peningkatan efisiensi aliran kerja, sementara *Six Sigma* menekankan pada pengendalian kualitas dengan mengurangi variasi dan cacat dalam proses. Dengan menggabungkan

keduanya, *Lean Six Sigma* bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan kualitas secara berkelanjutan, sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan. Menurut Gaspersz (2011) bahwa tujuan penerapan *Lean* di dalam organisasi adalah untuk meningkatkan secara terus menerus rasio antara nilai tambah terhadap waste (*Value to Waste Ratio*). (2) *Six Sigma* berfokus pada pengurangan variasi dan perubahan untuk mencapai kualitas produk yang tepat, sementara *Lean* berfokus pada kecepatan dan penghilangan waste untuk efisiensi dan kualitas layanan yang lebih baik. Waste dalam hal ini dijelaskan sebagai tindakan apa pun yang tidak menambah nilai jika dilihat dari perspektif *engineer* (Rollandiaz & Iskandar, 2024).

2.4 Pemborosan (Waste)

Pemborosan (*waste*) adalah kegiatan dalam proses produksi yang tidak menciptakan atau menambah nilai suatu proses. *Waste* dapat diartikan sebagai segala aktivitas yang menyerap sumber daya, namun tidak menghasilkan nilai tambah. Contoh *waste* meliputi kesalahan yang memerlukan perbaikan, produk yang tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen, proses atau pengolahan yang tidak efektif, pergerakan tenaga kerja yang tidak efektif, dan waktu yang terbuang akibat menunggu hasil dari kegiatan sebelumnya.

Menurut Fujio Cho selaku mantan Presiden Toyota menyatakan pemborosan adalah semua tindakan terkecuali kebutuhan pada pengisian air untuk alat, bahan, dan pekerja untuk kepentingan produksi. Suatu aktivitas yang tidak ada nilai tambah pada aktivitas produksi dari bahan mentah menjadi barang jadi dapat dinamakan sebagai waste (Ramadhani, Rasyid, & Junus, 2023).

2.5 Kaizen

Kaizen adalah praktik yang bertujuan untuk mencapai perbaikan berkelanjutan dengan menghilangkan pemborosan, mengurangi beban kerja yang berlebihan, dan secara konsisten meningkatkan kualitas produk. Fokus utama dari *Kaizen* adalah menghapus hal-hal yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau layanan, karena pemborosan tersebut akan menimbulkan biaya tambahan yang dapat mengurangi keuntungan. Menurut Cane (1998) dalam Paramita (2012:4), istilah *Kaizen* dalam bahasa Jepang berarti "perbaikan yang terus-menerus." Salah satu ciri utama dari manajemen *Kaizen* adalah penekanannya pada proses, bukan hanya pada hasil akhir, serta penerapan manajemen lintas fungsi dan pemanfaatan lingkaran kualitas serta alat lainnya untuk mendukung peningkatan secara berkelanjutan (Fatkhurrohman, Siliwangi, Rawa, Bekasi, & Indonesia, 2016).

2.6 Fishbone

Dalam penelitian, identifikasi dan analisis masalah sering dilakukan dengan menggunakan berbagai alat untuk mempermudah pengolahan data sehingga lebih mudah dipahami oleh pembaca. Salah satu alat yang sering digunakan adalah diagram sebab-akibat, yang juga dikenal sebagai *fishbone diagram*. Diagram ini termasuk dalam *seven basic quality tools* yang kerap dimanfaatkan oleh peneliti untuk mengolah dan menganalisis data. Fungsinya adalah mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dalam berbagai permasalahan. Diagram ini sangat berguna dalam menganalisis serta menentukan faktor-faktor signifikan yang memengaruhi kualitas hasil kerja (Saefullah, Fadli, Nuryahati, Agustina, & Abas, 2023). Ketika digunakan untuk mengidentifikasi masalah, diagram ini mencakup lima faktor utama yang biasa digunakan oleh seorang insinyur, yaitu mesin atau teknologi (*machine*), metode (*method*), bahan (*material*), manusia (*man*), dan lingkungan (*environment*).

2.7 Pareto

Diagram *Pareto* adalah alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan masalah atau penyebab utama yang paling signifikan dalam suatu proses. Diagram ini didasarkan pada prinsip *Pareto* atau aturan 80/20, yang menyatakan bahwa sekitar 80% dari masalah atau dampak biasanya berasal dari 20% penyebab utama. Bagan *Pareto* dibuat dan dikembangkan oleh ilmuwan Italia Vilfredo Frederigo Samoso Pareto pada akhir abad ke-19. Bagan *Pareto* adalah pendekatan logis yang dimulai dengan tahap awal proses perbaikan situasi dalam bentuk histogram sebagai konsep pemahaman *esensial* (penting) dan menemukan akses kebanyak masalah. Aturan 80/20, menjelaskan banyaknya kejadian atau akibat yang 80 persen dari total akibat disebabkan oleh 20 persen penyebab. Bagan *pareto* menggunakan bagan batang. Panjang bilah mewakili frekuensi atau biaya (uang atau waktu), dalam urutan dari yang terpanjang disebelah kiri hingga yang terpendek disebelah kanan. Dengan demikian, grafik menunjukkan kondisi yang lebih signifikan. (Supriyati & Hasbullah, 2020)

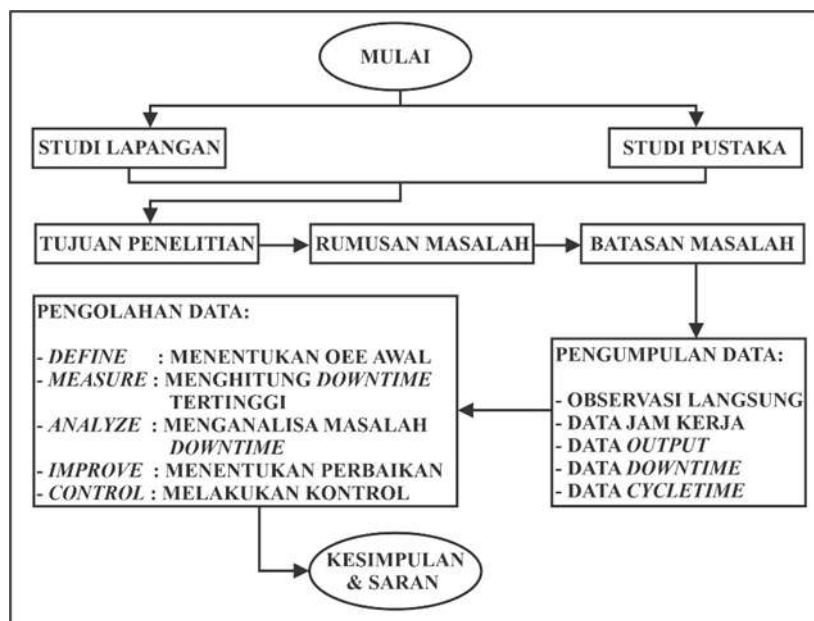
2.8 DMAIC

DMAIC merupakan pendekatan sistematis yang memastikan setiap perbaikan didasarkan pada data dan menghasilkan perubahan yang terukur, relevan, dan berkelanjutan. Penerapan metode DMAIC di industri manufaktur sering kali menghadapi tantangan untuk dilakukan secara efektif dan berkelanjutan. Oleh karena itu, peran manajemen puncak sangat penting dalam memastikan komitmen terhadap proses ini. Hasil implementasi DMAIC menunjukkan bahwa metode ini dapat diterapkan di industri manufaktur, namun belum dapat

dijadikan rekomendasi *universal* untuk diterapkan pada jenis industri lain yang serupa (Pratama, Sutaarga, & Rohman, 2020).

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat 2 macam jenis metode pengumpulan data yang digunakan, diantaranya metode observasi dan referensi ilmiah. Penelitian pada metode dilakukan melalui kegiatan pengamatan langsung untuk mengetahui proses pengelasan plat silinder di PT X. Referensi ilmiah digunakan untuk menetapkan dan *solving problem* pada perbaikan proses pengelasan plat silinder. Tempat penelitian ini dilakukan pada Perusahaan pembuatan tabung APAR di PT X. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari 1 September 2024 sampai dengan 30 November 2024. Objek penelitian ini adalah perusahaan pembuatan alat pemadam api ringan (APAR) yang mencakup pengukuran waktu proses dan optimalisasi proses pengelasan plat silinder pada mesin *longitudinal cylinder welding* agar proses ini menjadi lebih efisien. Teknik pengumpulan data yang dilakukan di PT.X adalah dengan cara observasi langsung dengan cara melihat langsung proses yang sedang berjalan dan juga pengambilan data hasil produksi yang didapatkan dengan cara melihat data hasil produksi yang terpampang di mading. Dalam melaksanakan pengolahan data ini, penulis menggunakan metode *Overall Effectiveness Equipment* (OEE) dengan pendekatan *lean six sigma*, metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai pengolahan data, dan diagram *pareto*, diagram *fishbone* serta *Kaizen* sebagai *tools* pendukung untuk melakukan pengolahan data. Berikut adalah diagram tahapan penelitian yang dilakukan di PT.X :



Gambar 3 tahapan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dari melakukan observasi lapangan serta melakukan pengambilan data yang berhubungan pada penelitian ini. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data jam kerja proses proses pengelasan plat silinder, data hasil produksi, data downtime, dan juga data cycle time pada proses pengelasan plat silinder yang di kumpulkan dari bulan september sampai November atau 3 bulan terakhir.

4.1 Tahap Define (Pendefinisian)

Pada tahap *define* atau pendefinisian guna mengukur performa mesin longituninal cylinder welding dengan menghitung nilai OEE setiap bulannya sesuai dengan data yang sudah didapatkan. Untuk mendapatkan nilai OEE ,yang harus dilakukan adalah menghitung nilai *Availability ratio* ,*Performance efficiency*, dan juga *rate off quality*.

1. *Availability*.

$$Availability Ratio = \frac{11520 Menit - 1749 Menit}{11520 Menit} \times 100\% = 84.81\%$$

Setelah mendapatkan hasilnya ,kemudian pada bulan-bulan berikutnya dihitung dengan menggunakan rumus yang sama.

Tabel 1 Nilai availability ratio bulan September-November.

Availability Ratio			
Bulan	Waktu Kerja (Menit)	Operation Time (Menit)	Availability Ratio (%)
September	11520	9771	84.81%
Oktober	11520	9827	85.30%
November	11520	9763	84.73%
Rata-rata			84.95%

Pada tabel di atas menunjukan hasil nilai perhitungan *availability ratio* pada setiap bulannya, hasil yang didapatkan dari perhitungan *availability ratio* berdasarkan rata-rata adalah 84.95%.

2. *Performance efficiency*

$$Performa Efficiency = \frac{3 menit \times 2762 unit}{9771 Menit} \times 100\% = 84.80\%$$

Setelah dilakukan perhitungan pada data bulan september baru kemudian dilakukan perhitungan dengan data pada bulan-bulan selanjutnya.

Tabel 2 Nilai performance efficiency.

Performance Efficiency				
Bulan	Total Output (pcs)	Ideal cycle time/unit (Menit)	Operation Time (Menit)	Performance Efficiency (%)
September	2762	3	9771	84.80%
Oktober	2793	3	9827	85.26%
November	2757	3	9763	84.71%
Rata-rata				84.92%

Data diatas adalah hasil perhitungan nilai *performa efficiency* yang sudah dihitung untuk setiap bulannya, dan hasil yang didapatkan berdasarkan rata-rata adalah 84.92%.

3. Rate of quality

$$\text{Rate of quality product} = \frac{2588}{2752} \times 100\% = 93.70\%$$

Setelah dilakukan perhitungan pada bulan september, baru kemudian dilakukan perhitungan dengan cara yang sama untuk bulan-bulan berikutnya.

Tabel 3 Nilai rate of quality bulan September-November.

Rate Of Quality				
Bulan	Total Output (pcs)	Output OK (pcs)	Output NG (pcs)	Rate of quality (%)
September	2762	2588	174	93.70%
Oktober	2793	2612	181	93.51%
November	2757	2582	175	93.65%
Rata-rata				93.62%

Data di atas adalah data hasil perhitungan nilai *rate of quality* pada bulan September-November yang sudah dihitung menggunakan rumus, dan hasil yang didapatkan berdasarkan rata-rata adalah 93.62%.

4. Nilai OEE

$$\text{OEE} = 84.81\% \times 84.80\% \times 93.70\% = 67.27\%$$

Tabel 4 Nilai OEE bulan September-November.

Nilai OEE				
Bulan	Availability Ratio (%)	Performance Eficiency (%)	Rate Of Quality (%)	Nilai OEE (%)
September	84.81%	84.80%	93.70%	67.27%
Oktober	85.30%	85.26%	93.51%	68.00%
November	84.73%	84.71%	93.65%	67.21%
Rata-rata				67.49%

Setelah dilakukan perhitungan pada bulan september kemudian dilakukan perhitungan yang sama pada bulan-bulan selanjutnya dengan menggunakan rumus dan perhitungan yang sama.

Data di atas adalah data hasil perhitungan nilai OEE dari bulan September-November, dengan rata-rata nilai OEE untuk proses pengelasan plat silinder adalah 67.49%.

Nilai tersebut masih sangat jauh dari standar OEE *worldclass* yang penulis gunakan sebagai perbandingan dan juga acuan nilai yang harus dikejar. Berikut ini adalah tabel perbandingan nilai OEE awal pada proses pengelasan plat silinder dan juga nilai OEE *worldclass* :

Tabel 5 Nilai OEE sebelum improvement.

Faktor	Nilai OEE Sebelum Improvement	World class OEE
Availability Ratio	84.95%	90%
Performance Eficiency	84.92%	95%
Rate Of Quality	93.62%	99%
OEE	67.49%	85%

4.2 Tahap Measure (Pengukuran)

Pada tahap *measure* atau pengukuran adalah tahap untuk mengukur *downtime* pada proses pengelasan plat silinder ,yang dimaksudkan untuk mencari tahapan yang bisa di *improve* atau di tingkatkan agar mendapatkan hasil produksi yang maksimal.

Dari data yang sudah dikumpulkan terlihat *downtime* yang cukup tinggi setiap bulannya terjadi pada proses pengelasan plat silinder diluar dari *planned downtime* yang ada, maka dari itu dibawah ini akan tersaji data *downtime* setiap proses pada pengelasan plat silinder.

Tabel 6 Data downtime proses pengelasan plat silinder.

<i>Down Time</i>	<i>Loss Time (min)</i>	<i>Persentase %</i>	<i>% Kumulatif</i>
<i>Breakdown</i>	1,225	24%	24%
<i>Setup & adjust</i>	731	14%	38%
<i>Small stop</i>	906	17%	55%
<i>Cycle time</i>	2,097	40%	95%
<i>Defect</i>	246	5%	100%
<i>Startup</i>	0	0%	100%

(Sumber: Pengamatan langsung di PT.X)

Dari tabel di atas terlihat *loss time* terbanyak terjadi pada *cycletime* loss dimana set up material loss adalah yang paling dominan , hal ini disebabkan karena adanya pemasangan plat tambahan yang membuat proses menjadi lebih banyak dan terkadang operator cukup kesulitan dalam hal pemasangan plat tambahan dan juga untuk *set up* material itu sendiri, yang menyebabkan terjadinya *losstime*.

Dari tabel 6 kemudian data akan divisualisasikan dengan grafik *downtime* pada proses pengelasan plat silinder menggunakan diagram pareto.



Gambar 4 Pareto downtime

Dari diagram pereto diatas diketahui waktu *downtime* tertinggi adalah *cycletime* dengan total *losstime* sebanyak 2,097 menit, hasil ini cukup tinggi dan membuat proses *cycletime* ini menjadikan target sebagai bahan analisa.

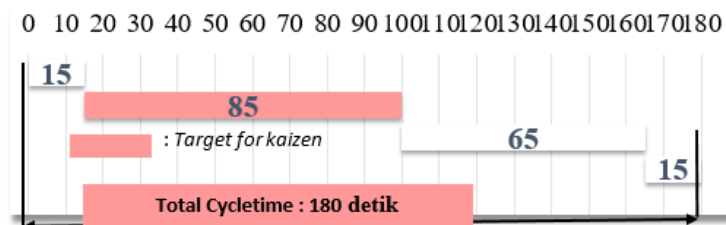
4.3 Tahap *Analyze* (menganalisa)

Setelah mendapatkan data *downtime* tertinggi pada tahap pengukuran diatas, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa *cycletime* proses yang terlalu tinggi agar selanjutnya dapat dilakukan *improvement* yang tepat untuk meningkatkan proses produksi. Berikut adalah tabel data *cycletime* pada proses pengelasan plat silinder:

Tabel 8 Data waktu *cycletime* proses pengelasan plat silinder.

No	Pekerjaan	Waktu (menit)
1	Pemasangan Material	15
2	Set up Material+Plat tambahan+ Pemotongan plat tambahan	85
3	Proses pengelasan	65
4	Pelepasan Material	15
Total		180

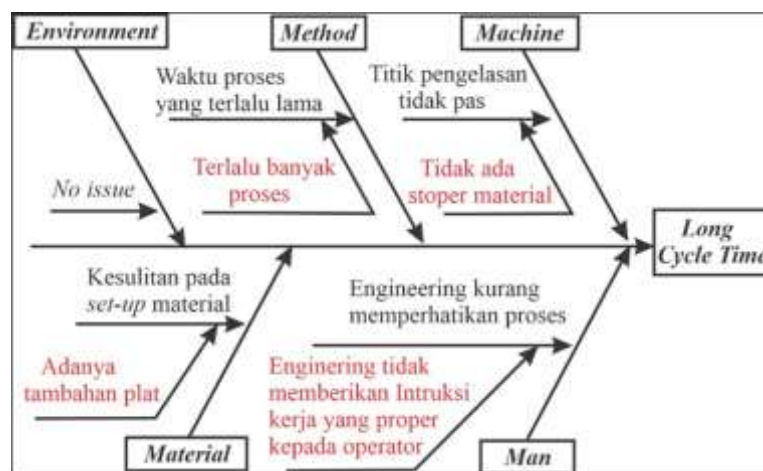
Data dari tabel diatas kemudian divisualisasikan menggunakan diagram *cycle time* berikut ini :



Gambar 5 Diagram *cycletime* proses pengelasan plat silinder.

Dengan data *cycletime* diatas, kemudian penulis yang sudah berdiskusi dengan operator lainnya sepakat bahwa ada proses-proses yang akan menjadi target untuk di *improve* sebagai langkah untuk meningkatkan produktivitas.

Setelah melakukan pengamatan langsung, beberapa penyebab atau masalah yang terjadi pada saat proses produksi yang menyebabkan terlalu lamanya *cycletime* atau waktu proses pengelasan plat silinder.



Gambar 6 Fishbone long *cycletime* proses pengelasan plat silinder.

Penjelasan diagram fishbone :

a. *Man*

Engineering kurang memperhatikan proses :

Disini *engineering* kurang memperhatikan proses apakah sudah berjalan dengan optimal atau tidak, sehingga *engineering* tidak bisa menyiapkan WI atau *work instruction* yang proper kepada operator dan hanya memberikan arahan yang dinilai kurang memberikan dampak signifikan terhadap hasil produksi.

b. *Machine*

Titik pengelasan tidak pas :

Tidak adanya *stoper* pada mesin mengakibatkan kesulitan bagi operator pada saat pemasangan atau *set-up* material sehingga operator hanya mengira-ngira posisi jalur pengelasan yang bisa mengakibatkan NG pengelasan berupa material *undercut* atau pengelasan tidak mencapai ujung material, sehingga *engineering* hanya memberikan solusi penambahan plat di ujung material yang di anggap kurang memberikan dampak yang signifikan dan justru membuat proses produksi semakin lama.

c. *Method*

Waktu proses yang terlalu lama :

Waktu proses yang terlalu lama disebabkan oleh banyaknya tahapan proses yang harus dilakukan pada saat proses pengelasan plat silinder, akan tetapi banyaknya proses tidak memberikan nilai lebih terhadap produktivitas ataupun kualitas dari proses ini.

d. *Environment*

Tidak ada masalah pada *environtment*.

e. *Material*

Kesulitan pada saat *setup* material :

Proses penambahan plat di ujung material bukan hanya menambah waktu produksi, tetapi juga memunculkan masalah lainnya yaitu operator cukup kesulitan untuk melakukan *setup* material yang menyebabkan *losstime* pada proses ini.

4.4 Tahap *Improve* (Perbaikan)

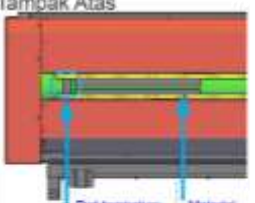
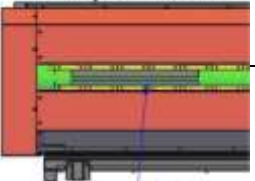
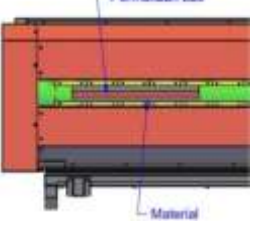
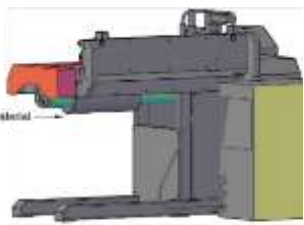
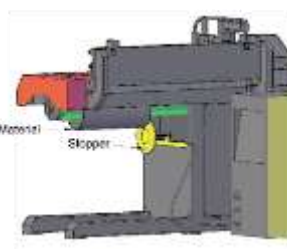
Setelah menganalisa berbagai faktor yang menjadi penyebab proses pengelasan plat silinder kurang optimal, kemudian tahap selanjutnya adalah membuat rekomendasi perbaikan pada proses pengelasan plat silinder, agar proses dapat lebih optimal dan efisien.

Pada penelitian ini terdapat 2 *improvement*/perbaikan yang akan dilakukan untuk menghilangkan masalah yang terjadi akibat *losstime* pada proses pemotongan plat tambahan, pemasangan plat tambahan dan *setup* material . *Improvement* yang akan dilakukan adalah :

1. Menghilangkan proses penambahan plat.
2. Memasang stopper pada mesin *longitudinal cylinder welding*.

Berikut adalah tabel improvement pada proses pengelasan plat silinder sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan :

Tabel 8 Improvement sebelum dan sesudah.

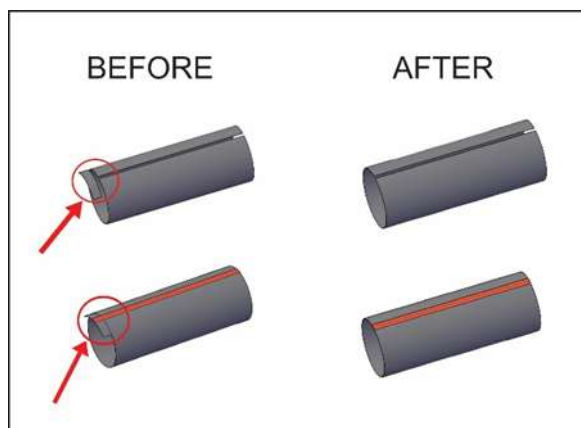
No	Jenis Improvement	Sebelum improvement	Sesudah improvement
1	Menghilangkan proses penambahan plat		
			
			
2	Memasang stopper material pada mesin		
			

(Sumber: CAD)

Penjelasan :

1. Menghilangkan proses penambahan plat

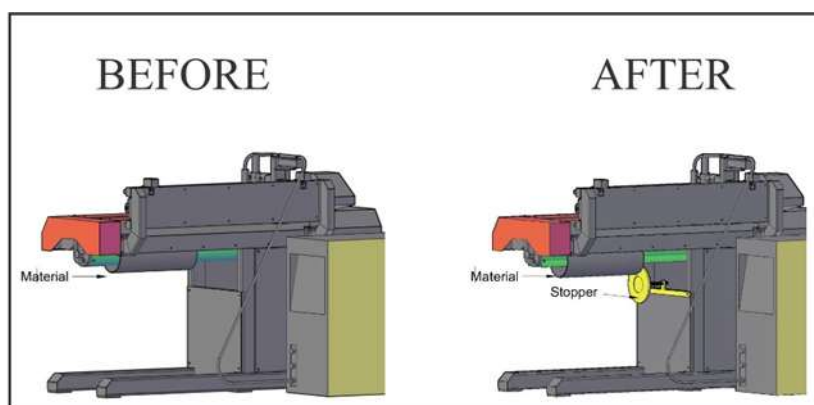
Improvement dilakukan dengan menghilangkan plat tambahan di ujung pengelasan, yang tujuan dari adanya plat tambahan adalah untuk mencegah terjadinya NG produk seperti cacat pada ujung las dan juga pengelasan tidak sampai ke ujung plat silinder karena tidak adanya *stopper* untuk plat silinder tersebut yang dapat menyebabkan kebocoran tabung.



Gambar 7 Before-after penghilangan tambahan plat (Sumber: CAD)

2. Memasang stopper pada mesin *longitudinal cylinder welding*

Pemasangan *stopper* bertujuan untuk menggantikan plat tambahan dan juga agar memudahkan setup material sehingga plat silinder bisa selalu tepat pada jalur *nozzle* pengelasan agar tidak terjadi cacat pengelasan ataupun pengelasan yang tidak sampai, dengan *stopper* yang di desain bisa di *adjust* maju atau mundur yang bertujuan agar bisa menyesuaikan berbagai jenis plat silinder .



Gambar 7 Before-after penambahan stopper (Sumber: CAD)

Setelah dilakukan *improvement* kemudian penulis mencoba melakukan pengukuran kembali *cycletime*. Berikut adalah diagram *cycletime* yang baru setelah dilakukan *kaizen* pada proses pengelasan plat silinder.



Gambar 8 Diagram *cycletime* sesudah *improvement*.

Dari diagram diatas terlihat perbedaan yang cukup signifikan pada proses pemasangan plat silinder dengan plat tambahan yang dihilangkan, waktu *setup* yg menurun akibat tidak adanya tambahan plat, dan juga menghilangkan pemotongan plat setelah proses *welding* setelah dilakukan *improvement*, *cycletime* tereduksi sebesar 60 detik atau 1 menit, dan *cycletime* pada proses pengelasan plat silinder menjadi 120 detik atau 2 menit.

4.5 Tahap *Control* (Mengendalikan)

Setelah mendapatkan data *cycletime* yang baru kemudian dilakukan perhitungan ulang nilai OEE. Setelah dilakukan perbaikan dengan melakukan modifikasi pada proses dan juga mesin *longitudinal cylinder welding* yaitu menghilangkan proses penambahan plat dan juga memasang *stopper* pada mesin *longitudinal cylinder welding*, maka permasalahan dari kerugian akibat proses pemotongan plat tambahan, pemasangan plat tambahan dan *setup material losses* dapat dihilangkan. Sehingga dapat diasumsikan bahwa waktu *downtime* akibat dari *Cycletime losses* dapat dihilangkan sehingga waktu *downtime* setelah dikurangi dari waktu perbaikan akibat *cycletime losses* ditunjukkan pada tabel dibawah :

Tabel 9 Data *downtime* setelah *improvement*.

Bulan	Waktu Tersedia (Menit)	Waktu terpakai (menit)	Planned Downtime (Menit)	Breakdown Total (Menit)
September	11520	10185	180	1335
Oktober	11520	10263	180	1257
November	11520	10147	180	1373

(Sumber: Pengamatan langsung di PT.X)

Dari data di atas terlihat kenaikan yang cukup signifikan pada waktu yang terpakai dan juga menurunnya *downtime* yang juga cukup signifikan.

Kemudian penulis akan menampilkan data *output* yang dihasilkan pada proses pengelasan plat silinder bulan Januari sampai Maret atau setelah *running* 3 bulan setelah *improvement*. Berikut adalah tabel hasil output pada bulan Januari-Maret setelah dilakukan perbaikan :

Tabel 10 Data *output* setelah *improvement* bulan Januari-maret.

Bulan	OK (Unit)	NG (Unit)	Total (Unit)	Persentase hasil OK	Persentase hasil NG
Januari	4351	132	4483	97.06%	2.94%
Februari	4455	153	4608	96.68%	3.32%
Maret	4360	155	4515	96.57%	3.43%

(Sumber: PT.X)

Dari data diatas terlihat kenaikan total jumlah produksi yang signifikan menandai bahwa perbaikan yang dilakukan berdampak cukup baik.

Dari data diatas Barulah dapat dilakukan pengukuran nilai *availability ratio* setelah perbaikan , berikut adalah perhitungan nilai *availability ratio* pada bulan Januari yang ditunjukkan pada perhitungan sebagai berikut :

1. Perhitungan *availability ratio*

$$Availability Ratio = \frac{11520 \text{ Menit} - 1235 \text{ Menit}}{11520 \text{ Menit}} \times 100\% = 89.27\%$$

Setelah mendapatkan hasilnya ,kemudian pada bulan-bulan berikutnya dihitung dengan menggunakan rumus yang sama.

Tabel 11 Nilai *availability ratio* bulan Januari-Maret.

Availability Ratio			
Bulan	Waktu Kerja (Menit)	Operation Time (Menit)	Availability Ratio (%)
Januari	11520	10185	88.41%
Februari	11520	10263	89.0%
Maret	11520	10147	88.0%
Rata-rata			88.47%

Pada tabel di atas menunjukan hasil nilai perhitungan *availability ratio* pada setiap bulannya, hasil yang didapatkan dari perhitungan *availability ratio* berdasarkan rata-rata adalah 88.47% dari yang sebelumnya hanya 84.95%.

2. Perhitungan *performance efficiency*.

$$Performa Efficiency = \frac{2 \text{ menit} \times 4483 \text{ unit}}{10185 \text{ Menit}} \times 100\% = 93.14\%$$

Setelah dilakukan perhitungan pada data bulan Januari baru kemudian dilakukan perhitungan dengan data pada bulan-bulan selanjutnya.

Tabel 12 Nilai *performance efficiency* bulan Januari-maret.

Performance Efficiency				
Bulan	Total Output (pcs)	Ideal cycle time/unit (Menit)	Operation Time (Menit)	Performance Efficiency (%)
Januari	4483	2	10185	88.0%
Februari	4608	2	10263	89.79%
Maret	4515	2	10147	89.0%
Rata-rata				88.93%

Data diatas adalah data hasil perhitungan nilai *performa efficiency* baru yang sudah dihitung untuk setiap bulannya, dan hasil yang didapatkan berdasarkan rata-rata adalah 88.93% mengalami peningkatan dari sebelumnya 84.92%.

3. Perhitungan *Rate Of Quality*

$$\text{Rate of quality product} = \frac{4751}{4883} \times 100\% = 97.29\%$$

Setelah dilakukan perhitungan pada bulan Januari, baru kemudian dilakukan perhitungan dengan cara yang sama untuk bulan-bulan berikutnya.

Tabel 13 Nilai *rate of quality* bulan Januari-maret.

<i>Rate Of Quality</i>				
Bulan	Total Output (pcs)	Output OK (pcs)	Output NG (pcs)	Rate of quality (%)
Januari	4483	4351	132	97.05%
Februari	4608	4455	153	96.67%
Maret	4515	4360	184	96.56%
Rata-rata				96.76%

Data di atas adalah data hasil perhitungan nilai *rate of quality* baru pada bulan Januari sampai Maret yang sudah dihitung menggunakan rumus, dan hasil yang didapatkan berdasarkan rata-rata adalah 96.76% dari sebelumnya 93.62%.

4. Perhitungan nilai OEE.

$$\text{OEE} = 88.41\% \times 88.0\% \times 97.05\% = 75.50\%$$

Setelah dihitung nilai OEE pada bulan januari adalah 74.50% mengalami kenaikan dari sebelum *improvement* yang sebelumnya. Dan berikut adalah tabel perhitungan nilai OEE *after improvement*.

Tabel 14 Nilai OEE bulan Januari-Maret.

Nilai OEE				
Bulan	Availability Ratio (%)	Performance Efficiency (%)	Rate Of Quality (%)	Nilai OEE (%)
Januari	88.41%	88.0%	97.05%	75.50%
Februari	89.0%	89.79%	96.67%	77.25%
Maret	88.0%	89.0%	96.56%	74.84%
Rata-rata				76.12%

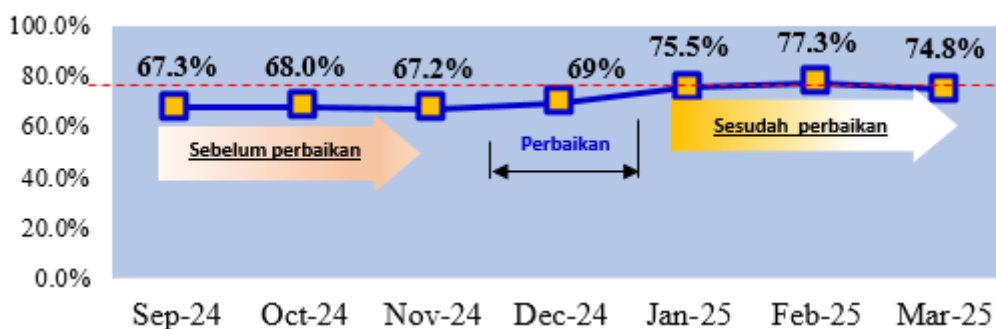
Berikut adalah tabel perbandingan nilai OEE sebelum perbaikan dan OEE sesudah perbaikan:

Tabel 15 Nilai OEE sebelum dan sesudah *improvement*.

Faktor	Nilai OEE sebelum <i>Improvement</i>	Nilai OEE Setelah <i>Improvement</i>	World class OEE
<i>Availability Ratio</i>	84.95%	88.47%	90%
<i>Performance Efficiency</i>	84.92%	88.93%	95%
<i>Rate Of Quality</i>	93.62%	96.76%	99%
OEE	67.49%	76.12%	85%

Dari data diatas terlihat kenaikan pada nilai OEE bulanan proses pengelasan plat silinder dari rata-rata sebelumnya 67.49% naik menjadi 76.12% , meski belum mencapai nilai OEE *worldclass* tetapi ada kenaikan yang cukup signifikan menandakan perbaikan yang dilakukan cukup berhasil.

Berikut adalah bagan kendali nilai OEE sebelum dan sesudah perbaikan agar terlihat perbedaannya :



Gambar 9 Bagan kontrol OEE sebelum dan sesudah *improvement*.

Dari bagan di atas terlihat jelas kenaikan nilai OEE pada bulan Januari sampai maret setelah perbaikan . Penentuan rencana pengendalian dan item-item perbaikan selanjutnya merupakan tujuan dari fase ini. Setelah kegiatan perbaikan dilakukan, maka *waste* dalam proses produksi pada mesin *Longitudinal welding cylinder* berkurang dan mendekati konsep *lean six sigma*. Langkah selanjutnya adalah untuk mempertahankan hasil sesuai dengan *kaizen* yang telah di terapkan, agar proses ini menjadi lebih baik dari sebelumnya. Meskipun saat ini mesin *Longitudinal welding cylinder* di PT X belum mencapai nilai OEE *worldclass* sebesar 85% ,akan tetapi nilai OEE setelah di lakukan *kaizen* mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu mencapai nilai OEE sebesar 76.12% dihitung dari rata-rata OEE bulan Januari sampai maret dari yang sebelumnya 67.49% .

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penyebab mesin tidak bisa di gunakan secara optimal adalah banyaknya tahapan yang harus dilakukan pada proses pengelasan plat silinder sehingga menyebabkan kompleksitas pada proses itu sendiri, akan tetapi dari banyaknya proses tidak semua proses memberikan nilai tambah yang signifikan terhadap hasil produksi. Faktor yang menyebabkan proses pengelasan plat silinder tidak optimal adalah adanya penambahan plat tambahan yang awal tujuan dilakukan penambahan plat tambahan itu sendiri adalah untuk mengantisipasi terjadinya cacat pada ujung pengelasan yang disebabkan oleh tidak adanya *stopper* pada mesin sehingga membuat operator hanya mengira-ngira posisi *setup* material. Perbaikan yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas adalah menghilangkan proses penambahan plat silinder yang

dinilai tidak memberikan nilai tambah terhadap proses ini dan justru membuat meningkatnya waktu proses produksi, serta penambahan *stopper* yang bisa di *adjust* sesuai dengan ukuran plat silinder yang akan digunakan, fungsi stoper itu sendiri yaitu untuk mempermudah operator pada saat *setup* material agar tidak keluar dari jalur *nozzle* pengelasan yang dapat menyebabkan NG produk, sehingga disini penambahan plat tidal lagi dibutuhkan.

Penelitian selanjutnya disarankan agar analisis dilakukan secara komprehensif dengan mempertimbangkan faktor-faktor *eksternal* yang berpotensi dapat mempengaruhi waktu proses produksi, seperti kondisi lingkungan dan peralatan kerja. Penelitian mendatang juga dapat mengeksplorasi penggunaan metode *lean six sigma* (DMAIC) serta *kaizen* di berbagai sektor industri guna menilai efektivitasnya dalam meningkatkan produktivitas secara lebih signifikan. Selain itu, integritas teknologi terkini seperti sistem pemantauan berbasis *internet of things* (*lot*) atau pemanfaatan analisis *big data* bisa menjadi alternatif untuk meningkatkan produktivitas dan efektifitas tindakan perbaikan yang di terapkan.

DAFTAR REFERENSI

- Alhadihaq, M. Y., & Sumiati, N. (2023). *4057-Article Text-21708-1-10-20240113*, 10(2), 863–870.
- Ashari, D. D., Naubnome, V., Fauji, N., Karawang, S., Hs, J., Waluyo, R., ... Barat, J. (2022). Analisis kinerja mesin AMG CNC plate cutting menggunakan metode OEE (Overall Equipment Effectiveness). 15(November).
- Darmawan, B. K. (n.d.). *Analisis kinerja mesin sterilizer (rebusan) menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PTPN V Sei Buatan*, 312–317.
- Fatkurrohman, A., Siliwangi, J., Rawa, N., Bekasi, P., & Indonesia, T. (2016). Penerapan Kaizen dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produk pada bagian Banbury PT Bridgestone Tire Indonesia. 4(1), 14–31.
- Hafiz, K., & Martianis, E. (2019). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada mesin Caterpillar type 3512B di PT PLN (Persero). 13(2), 87–96.
- Hutabarat, M. M., & Muhsin, A. (2020). Analisis tingkat efektivitas kerja pada mesin Auto Hanger dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). 13(1), 56–61.
- Industri, S. T., Teknik, F., & Gresik, U. M. (2020). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada mesin CNC cutting. 13(November), 61–66.
- Kurniawan, A., Basuki, D. E., Apriani, R. A., Aulia, B. P. R., & Mukarim, R. N. (2023). Analisis menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk meningkatkan efisiensi mesin penggiling di PT Madu Baru. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 6(2), 738–745. <https://doi.org/10.31539/intecom.v6i2.7057>

- Pratama, H., Sutaarga, O., & Rohman, Z. (2020). Analisis produktivitas mesin Body Hydraulic One Stroke 30T dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. Sel-Sem Tbk., Tangerang. *Journal Industrial Manufacturing*, 5(1), 83. <https://doi.org/10.31000/jim.v5i1.2441>
- Ramadhani, I., Rasyid, A., & Junus, S. (2023). Identifikasi dan minimasi waste produksi keripik pisang keju menggunakan metode Lean Manufacturing. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 11(2), 240–250. <https://doi.org/10.37971/radial.v11i2.398>
- Rollandiaz, S., & Iskandar, Y. A. (2024). Evaluasi keterlambatan pengiriman produk bahan bakar minyak menggunakan Lean Six Sigma. *INFOTECH Journal*, 10(1), 74–83. <https://doi.org/10.31949/infotech.v10i1.8796>
- Saefullah, A., Fadli, A., Nuryahati, Agustina, I., & Abas, F. (2023). Implementasi prinsip Pareto dan penentuan biaya usaha Seblak Naha Rindu. *Jurnal Media Wahana Ekonomika*, 20(1), 1–13. <https://doi.org/10.31851/jmwe.v20i1.11077>
- Sumasto, F., Satria, P., & Rusmiati, E. (2022). Implementasi pendekatan DMAIC untuk quality improvement pada industri manufaktur kereta api. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(2), 161–170. <https://doi.org/10.30656/intech.v8i2.4734>
- Supriyati, S., & Hasbullah, H. (2020). Analisis cacat painting komponen automotive dengan pendekatan DMAIC-FMEA. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 12(1), 104. <https://doi.org/10.22441/oe.2020.v12.i1.009>
- Tri, S., & Wiyatno, N. (2024). Jurnal informasi dan teknologi mesin dengan pendekatan Lean Manufacturing, 3–10. <https://doi.org/10.60083/jidt.v6i2.584>
- Ummah, N. H., & Dahda, S. S. (2022). Analisis efektivitas kinerja mesin cutting manual dan otomatis menggunakan metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) di PT XYZ. 8(2), 345–354.
- Wijaya, T., Wiramijaya, F., Rahmania, A., & Oktaviani, S. (2021). Penerapan metode Lean Six Sigma dalam upaya rekrutmen peserta PPU Badan Usaha: Studi kasus proses telemarketing Kantor Cabang Jakarta Selatan. *Jurnal Jaminan Kesehatan Nasional*, 1(1), 67–80. <https://doi.org/10.53756/jjkn.v1i1.19>
- Zulfatri, M. M., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. (2020). Pengukuran efektivitas mesin dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Overall Resource Effectiveness (ORE) pada mesin PL1250 di PT XZY. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 123–131. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.123-131>