

ANALISIS PENERAPAN OTOMATISASI PENIMBANGAN AIR DAN MINYAK TERHADAP EFISIENSI TENAGA KERJA MELALUI PENDEKATAN PDCA DAN RCA

Beni Adam¹, Angga Widya Swara², Mochamad Eko Nugroho³

Universitas Tangerang Raya

e-mail: ¹beniadam009@gmail.com, ²anggaswara@untara.ac.id, ³me.nugroho@gmail.com

Abstract: *This study aims to analyze the implementation of an automated water and oil weighing system in relation to labor efficiency through the Plan Do Check Act (PDCA) and Root Cause Analysis (RCA) approaches in the chilled water and RBD Palm Olein weighing process at PT MYZ Plant Jayanti 1. The research problem originated from a weighing process that was still performed manually, resulting in repetitive work activities, relatively long processing time, and high operator involvement. This study employed a quantitative descriptive method with a case study approach. Data were collected through observation, interviews, documentation, and work-time measurements. RCA was used to identify the root causes of problems based on the Man, Method, and Machine factors, while PDCA was used as a framework for implementing improvement actions through the application of an automated weighing system. The results showed that the initial weighing process required 8.126 minutes per batch, while after automation it decreased to 4.39 minutes per batch, representing a reduction of 3.736 minutes per batch or approximately 46%. Labor requirements changed from 3 operators to 2 operators per shift, representing a reduction of 1 operator or 33.33%. The core weighing activities also decreased from four to three activity elements. Based on the RCA, five root causes were identified with a total frequency of 551 occurrences per shift, consisting of factors related to Method, Man, and Machine. During the evaluation after automation, no weighing discrepancy was found for the materials observed. However, the processing-time target of 3.54 minutes per batch was not fully achieved, as the actual result remained at 4.39 minutes per batch. Therefore, the implementation of automation supported by RCA and PDCA demonstrated changes in processing time, manual activities, and labor requirements based on a comparison of process conditions before and after the implementation of the automated weighing system.*

Keywords: automation, water and oil weighing, labor efficiency, PDCA, RCA.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem otomatisasi penimbangan air dan minyak terhadap efisiensi tenaga kerja melalui pendekatan Plan Do Check Act (PDCA) dan Root Cause Analysis (RCA) pada proses penimbangan air chiller dan minyak RBD Palm Olein di PT MYZ Plant Jayanti 1. Permasalahan penelitian berawal dari proses penimbangan yang masih dilakukan secara manual sehingga menimbulkan aktivitas kerja berulang, waktu proses yang relatif tinggi, serta ketergantungan terhadap keterlibatan operator. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan pengukuran waktu kerja. RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan berdasarkan faktor Man, Method, dan Machine, sedangkan PDCA digunakan sebagai kerangka pelaksanaan tindakan perbaikan melalui penerapan sistem otomatisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal proses penimbangan membutuhkan waktu 8,126 menit/batch, sedangkan setelah penerapan otomatisasi menjadi 4,39 menit/batch, sehingga terjadi penurunan waktu proses sebesar 3,736 menit/batch atau sekitar 46%. Kebutuhan tenaga kerja berubah dari 3 orang menjadi 2 orang per shift, atau berkurang sebanyak 1 orang dengan persentase perubahan sebesar 33,33%. Aktivitas inti proses penimbangan juga berkurang dari empat

menjadi tiga elemen aktivitas. Berdasarkan RCA, teridentifikasi lima akar penyebab dengan total frekuensi kejadian sebesar 551 kejadian/shift, yang terdiri atas faktor Method, Man, dan Machine. Pada tahap evaluasi setelah otomatisasi, tidak ditemukan selisih hasil penimbangan pada material yang diamati. Namun, target waktu proses sebesar 3,54 menit/batch belum sepenuhnya tercapai karena hasil aktual masih sebesar 4,39 menit/batch. Dengan demikian, penerapan otomatisasi yang didukung RCA dan PDCA menunjukkan adanya perubahan pada waktu proses, aktivitas manual, dan kebutuhan tenaga kerja berdasarkan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi.

Kata Kunci: otomatisasi, penimbangan air dan minyak, efisiensi tenaga kerja, PDCA, RCA.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur, khususnya pada sektor pengolahan pangan, mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan produktivitas, kualitas, dan efisiensi proses produksi. Persaingan industri yang semakin tinggi menuntut perusahaan untuk mengelola berbagai sumber daya secara optimal, baik material, mesin, waktu, maupun tenaga kerja. Sejalan dengan perkembangan teknologi pada era Industri 4.0, otomatisasi menjadi salah satu alternatif perbaikan proses yang dapat digunakan untuk mengurangi aktivitas manual, meningkatkan konsistensi proses, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya (Singh & Gandhi, 2024).

Pemanfaatan teknologi otomatisasi memiliki relevansi yang tinggi pada aktivitas produksi yang dilakukan secara berulang dan membutuhkan ketelitian serta konsistensi. Pada proses penimbangan bahan baku, misalnya, operator secara manual masih dapat terlibat dalam pengaturan aliran material, pengamatan berat, dan penghentian aliran ketika berat material telah mencapai target. Kondisi tersebut menyebabkan proses memiliki ketergantungan terhadap ketelitian, keterampilan, dan kecepatan respons operator. Penerapan sistem penimbangan otomatis dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi intervensi manual dan meningkatkan konsistensi proses penimbangan. Penelitian mengenai *automatic batch weighing and discharge* juga

menunjukkan bahwa teknologi otomatisasi dapat mengintegrasikan aktivitas penimbangan dan pengeluaran material dalam suatu sistem, sehingga proses dapat dikendalikan dengan lebih terstruktur (Venkataramanan et al., 2023).

Selain aspek teknologi, perbaikan proses perlu dilakukan secara sistematis berdasarkan permasalahan yang ditemukan di lapangan. Hal tersebut menjadi penting karena penerapan teknologi secara langsung belum tentu menyelesaikan akar permasalahan apabila penyebab ketidakefisienan belum diidentifikasi dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi permasalahan, menemukan akar penyebab, melaksanakan tindakan perbaikan, serta mengevaluasi hasil perbaikan.

Dalam penelitian ini, RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab ketidakefisienan proses penimbangan, sedangkan PDCA digunakan sebagai kerangka pelaksanaan perbaikan. Hasil identifikasi RCA menjadi dasar pada tahap *Plan*, kemudian tindakan perbaikan dilakukan pada tahap *Do* melalui penerapan sistem otomatisasi. Selanjutnya, tahap *Check* digunakan untuk membandingkan kondisi proses sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi, sedangkan tahap *Act* digunakan untuk menentukan standardisasi atau tindak lanjut perbaikan. Dengan demikian, otomatisasi tidak hanya dipandang sebagai penerapan teknologi, tetapi sebagai tindakan perbaikan yang merupakan bagian dari

suatu proses perbaikan yang sistematis.

Objek penelitian ini berada di PT MYZ Plant Jayanti 1, khususnya pada aktivitas penimbangan air chiller dan minyak RBD Palm Olein di area produksi. Berdasarkan kondisi awal yang diamati, proses penimbangan masih dilakukan secara manual dengan frekuensi sebanyak 33 batch per shift. Kebutuhan material dalam satu shift mencapai sekitar ± 4.785 kg air chiller dan ± 2.046 kg minyak RBD Palm Olein. Frekuensi penimbangan yang tinggi menyebabkan operator melakukan aktivitas yang sama secara berulang pada setiap *batch*, sementara sistem pengendalian proses pada kondisi awal belum sepenuhnya menggunakan otomatisasi. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang perbaikan melalui penerapan sistem otomatisasi untuk mengurangi aktivitas manual dan mengoptimalkan pemanfaatan tenaga kerja. Gambaran mengenai kondisi awal proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein tersebut disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1 Kondisi Awal Proses Penimbangan Air dan Minyak

No.	Parameter	Kondisi
1.	Metode Penimbangan	Manual
2.	Frekuensi Penimbangan	33 batch/shift
3.	Kebutuhan Air Chiller	± 4.785 kg/shift
4.	Kebutuhan Minyak RBD Palm Olein	± 2.046 kg/shift
5.	Aktivitas Operator	Dilakukan secara berulang pada setiap batch
6.	Sistem Pengendalian	Belum menerapkan otomatisasi penuh

Sumber: PT MYZ, 2026

Berdasarkan Tabel 1.1 bahwa aktivitas penimbangan dilakukan dengan frekuensi tinggi dan masih terdapat keterlibatan operator secara berulang pada

setiap *batch*. Kondisi awal tersebut merupakan dasar dilakukannya analisis dan perbaikan proses.

Hal tersebut sejalan dengan konsep efisiensi tenaga kerja yang tidak hanya diukur berdasarkan pengurangan jumlah tenaga kerja, tetapi juga berdasarkan optimalisasi waktu kerja, aktivitas operator, dan pemanfaatan sumber daya manusia. Dalam penelitian ini, efisiensi tenaga kerja dianalisis melalui perubahan kondisi proses sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi, terutama dari aspek waktu proses, aktivitas manual, keterlibatan operator, dan kebutuhan tenaga kerja.

Berdasarkan kajian *State of the Art*, penelitian terdahulu telah membahas otomatisasi, RCA, PDCA, maupun efisiensi proses secara terpisah maupun dalam beberapa kombinasi. Akan tetapi, masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan RCA, PDCA, dan otomatisasi pada proses penimbangan bahan cair dengan fokus pada efisiensi tenaga kerja. Penelitian Ferdinand dan Widiastih (2025), misalnya, menggunakan RCA dan PDCA tetapi berfokus pada keandalan mesin. Faturahman dan Ferdian (2022) menggunakan RCA dan PDCA untuk pengendalian kualitas mesin *tin sealer*. Sementara itu, Rokhmah et al. (2025) berfokus pada penurunan *lead time* proses pembuatan GRN. Dengan demikian, penelitian ini mengambil posisi yang berbeda dengan menerapkan pendekatan tersebut pada proses penimbangan air dan minyak.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan *Root Cause Analysis* (RCA), *Plan Do Check Act* (PDCA), dan sistem otomatisasi sebagai satu rangkaian pendekatan perbaikan pada proses penimbangan air chiller dan minyak RBD Palm Olein. RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan, hasil RCA menjadi dasar dalam penyusunan tindakan perbaikan pada tahap *Plan*, sistem otomatisasi menjadi tindakan perbaikan pada tahap *Do*, sedangkan hasil penerapan

dievaluasi melalui tahap *Check* dan ditindaklanjuti pada tahap *Act*. Selanjutnya, perubahan efisiensi tenaga kerja dianalisis melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan kondisi proses dan perubahan efisiensi tenaga kerja berdasarkan data hasil observasi dan pengukuran. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi, terutama berdasarkan perubahan waktu aktivitas, aktivitas operator, dan pemanfaatan tenaga kerja. Oleh karena itu, penelitian ini tidak diarahkan untuk menguji hubungan sebab-akibat melalui statistik inferensial, melainkan untuk menggambarkan perubahan kondisi proses secara terukur berdasarkan data aktual penelitian.

Dengan demikian, kebaruan penelitian terletak pada integrasi RCA, PDCA, dan otomatisasi pada proses penimbangan air dan minyak dengan fokus pada efisiensi tenaga kerja. RCA berfungsi untuk menemukan akar penyebab permasalahan, PDCA digunakan sebagai kerangka pelaksanaan dan evaluasi perbaikan, sedangkan otomatisasi digunakan sebagai tindakan perbaikan yang hasilnya dievaluasi melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “ANALISIS PENERAPAN OTOMATISASI PENIMBANGAN AIR DAN MINYAK TERHADAP EFISIENSI TENAGA KERJA MELALUI PENDEKATAN PDCA DAN RCA”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi proses penimbangan sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi, mengidentifikasi permasalahan dan akar penyebabnya melalui RCA, menganalisis penerapan PDCA dalam pelaksanaan tindakan perbaikan, serta menganalisis perubahan efisiensi tenaga kerja setelah

diterapkannya sistem otomatisasi pada proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein di PT MYZ Plant Jayanti 1.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT MYZ Plant Jayanti 1, khususnya pada area Central Kitchen Line 9 yang memproduksi adonan Malkist Kopyor. Lokasi tersebut dipilih karena pada proses produksinya terdapat aktivitas penimbangan bahan baku berupa air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein yang merupakan bagian penting dalam tahapan pembuatan adonan.

Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan, yaitu mulai Januari hingga Juni 2026. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap agar setiap kegiatan dapat berjalan secara sistematis sesuai dengan tujuan penelitian.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan sarana yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan selama proses penelitian. Penggunaan instrumen yang tepat membantu proses pengumpulan data dilakukan secara terarah, sistematis, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Lembar Observasi

Lembar observasi digunakan untuk mencatat kondisi aktual proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein. Observasi dilakukan secara langsung pada proses sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi.

Alat Ukur Waktu

Alat ukur waktu digunakan untuk memperoleh data mengenai durasi aktivitas dalam proses penimbangan. Pengukuran dilakukan terhadap waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan

setiap aktivitas pada proses penimbangan. Data waktu digunakan untuk membandingkan waktu proses sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi.

Dokumentasi

Dokumentasi digunakan sebagai sumber data pendukung yang berkaitan dengan objek dan pelaksanaan penelitian. Data dokumentasi dapat berupa foto atau rekaman aktivitas proses, catatan produksi, hasil pengamatan, data jumlah *batch*, dokumen terkait prosedur atau pelaksanaan proses, serta berbagai dokumen lain yang memiliki relevansi dengan kebutuhan penelitian.

Pedoman Wawancara

Pedoman wawancara digunakan sebagai instrumen pendukung untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai pelaksanaan proses penimbangan serta berbagai permasalahan yang dialami selama aktivitas produksi.

Instrumen Analisis RCA

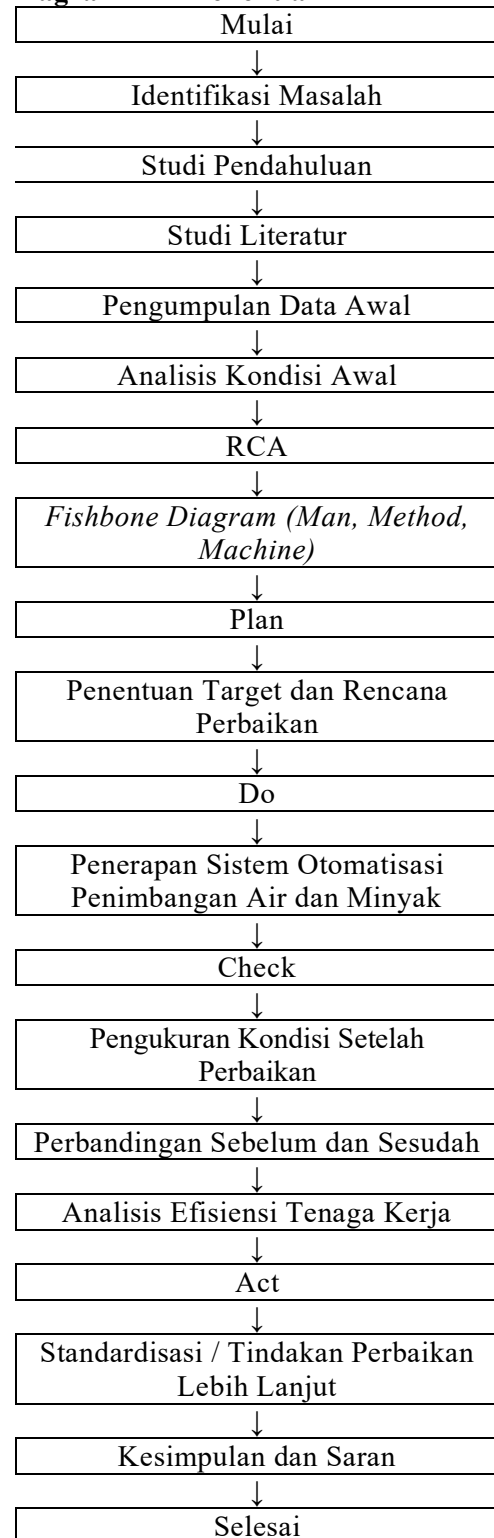
Instrumen analisis *Root Cause Analysis* (RCA) digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan berbagai faktor yang berpotensi menjadi penyebab permasalahan pada proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein. Dalam penelitian ini, alat analisis yang digunakan adalah *Fishbone Diagram* dengan tiga kategori faktor utama, yaitu *Man*, *Method*, dan *Machine*. Penggunaan ketiga kategori tersebut disesuaikan dengan karakteristik proses dan kondisi aktual objek penelitian.

Instrumen Evaluasi Penerapan PDCA

Instrumen evaluasi digunakan untuk mendukung pelaksanaan siklus *Plan Do Check Act* (PDCA) dalam proses perbaikan yang dilakukan pada penelitian. Pemanfaatan instrumen disesuaikan dengan kebutuhan pada setiap tahapan PDCA sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk mendukung proses identifikasi masalah, pelaksanaan

tindakan perbaikan, evaluasi hasil, serta penentuan tindak lanjut.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Diolah Peneliti (2026)

Data Penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data kondisi awal proses, data waktu aktivitas, data aktivitas operator, data hasil penimbangan, serta data yang berkaitan dengan kebutuhan tenaga kerja.

Data Primer

Data primer yang dikumpulkan meliputi:

1. Data aktivitas operator
2. Data waktu proses (*cycle time*)
3. Data aktivitas manual
4. Data keterlibatan operator
5. Data kondisi proses penimbangan
6. Data hasil observasi terhadap sistem otomatisasi
7. Data hasil wawancara

Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data standar waktu kerja
2. Data produksi perusahaan
3. Informasi tenaga kerja
4. Dokumen pendukung proses penimbangan air chiller dan minyak RBD Palm Olein
5. Dokumen terkait penerapan sistem otomatisasi
6. Standar dan ketentuan perusahaan yang relevan dengan pelaksanaan proses penimbangan, penggunaan tenaga kerja
7. Jurnal ilmiah, buku

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel utama, yaitu penerapan otomatisasi penimbangan (X) dan efisiensi tenaga kerja (Y). Variabel X digunakan untuk menggambarkan kondisi penerapan sistem otomatisasi pada proses penimbangan, sedangkan variabel Y digunakan untuk mengukur perubahan kondisi pemanfaatan tenaga kerja setelah penerapan sistem otomatisasi.

Sampel

Dari jumlah populasi sebanyak 15 orang operator, ditetapkan 12 orang sebagai sampel/informan penelitian.

Pemilihan 12 orang tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa mereka memiliki keterlibatan langsung dan pengalaman dalam proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein, sehingga dapat memberikan informasi yang relevan mengenai kondisi proses, aktivitas operator, permasalahan yang terjadi, serta perubahan setelah penerapan otomatisasi.

Populasi

Berdasarkan kondisi operasional pada objek penelitian, jumlah populasi operator yang berkaitan dengan proses tersebut adalah 15 orang. Populasi tersebut terdiri atas operator yang bekerja pada 3 shift, dengan masing-masing shift terdiri dari 5 orang operator.

Metode Analisis

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif dengan memadukan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Plan Do Check Act* (PDCA) dalam proses analisis dan perbaikan. Pendekatan tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi proses penimbangan secara kuantitatif, mengidentifikasi penyebab permasalahan, serta mengevaluasi perubahan yang terjadi setelah penerapan sistem otomatisasi.

Analisis Deskriptif Kuantitatif

Analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk memberikan gambaran mengenai kondisi aktual proses penimbangan berdasarkan data yang diperoleh melalui observasi dan pengukuran langsung. Data yang terkumpul kemudian diolah dan disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel, nilai hasil pengukuran, frekuensi, persentase, serta perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi.

Analisis Menggunakan Pendekatan RCA

Dalam penelitian ini, proses identifikasi faktor penyebab dilakukan dengan

menggunakan *Fishbone Diagram*. Faktor-faktor penyebab dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama yang disesuaikan dengan karakteristik proses penelitian, yaitu *Man*, *Method*, dan *Machine*. Faktor *Man* mencakup aspek operator, termasuk aktivitas, respons, ketelitian, dan keterlibatan operator dalam proses penimbangan.

Analisis Menggunakan Pendekatan PDCA

Plan Do Check Act (PDCA) digunakan sebagai pendekatan sistematis dalam pelaksanaan tindakan perbaikan pada proses penimbangan. Siklus PDCA terdiri atas empat tahapan yang saling berkaitan, yaitu *Plan*, *Do*, *Check*, dan *Act*. Dalam penelitian ini, pelaksanaan setiap tahap PDCA disesuaikan dengan kondisi aktual proses serta hasil identifikasi akar penyebab yang diperoleh melalui *Root Cause Analysis* (RCA). Dengan demikian, hasil RCA menjadi dasar dalam menentukan arah tindakan perbaikan yang dilakukan melalui siklus PDCA.

Analisis Perbandingan Sebelum dan Sesudah Otomatisasi

Analisis perbandingan digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada kondisi proses penimbangan setelah diterapkannya sistem otomatisasi. Data yang diperoleh sebelum penerapan otomatisasi digunakan sebagai kondisi awal (*baseline*), sedangkan data setelah penerapan otomatisasi digunakan sebagai dasar pembandingan untuk melihat perubahan pada indikator yang telah ditetapkan.

Analisis Efisiensi Tenaga Kerja

Analisis efisiensi tenaga kerja dilakukan untuk menggambarkan perubahan dalam pemanfaatan tenaga kerja setelah diterapkannya sistem otomatisasi pada proses penimbangan. Penilaian efisiensi dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada perubahan jumlah operator yang terlibat, tetapi juga mempertimbangkan perubahan durasi proses serta aktivitas kerja yang dilakukan

operator sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil

Analisis Perubahan Otomatisasi terhadap Efisiensi Tenaga Kerja Sebelum dan Sesudah Penerapan Otomatisasi

Penerapan sistem otomatisasi pada proses penimbangan air *chiller* dan minyak RBD Palm Olein menunjukkan adanya perubahan pada efisiensi tenaga kerja. Perubahan tersebut dianalisis melalui perbandingan kondisi proses sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi. Indikator yang digunakan meliputi waktu proses, aktivitas manual operator, jumlah tahapan pekerjaan, dan kebutuhan tenaga kerja.

Sebelum penerapan otomatisasi, proses penimbangan masih membutuhkan keterlibatan operator dalam beberapa aktivitas secara berulang, seperti membuka *valve*, memantau pengisian material, mengamati berat, dan menutup *valve* setelah target tercapai. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian waktu kerja operator terserap oleh aktivitas penimbangan yang dilakukan berulang pada setiap *batch*.

Setelah penerapan sistem otomatisasi, sebagian aktivitas pengendalian aliran dan proses penimbangan dialihkan kepada sistem. Dengan demikian, keterlibatan operator dalam aktivitas manual dapat dikurangi. Perubahan tersebut kemudian dibandingkan berdasarkan waktu proses dan kebutuhan tenaga kerja sebelum dan sesudah otomatisasi.

Berdasarkan hasil pengolahan data, waktu proses yang sebelumnya sebesar 8,126 menit/batch berubah menjadi 4,39 menit/batch setelah penerapan otomatisasi. Perubahan tersebut menunjukkan adanya pengurangan waktu proses sebesar 3,736 menit/batch, atau sekitar 46%. Selain itu, kebutuhan tenaga kerja mengalami perubahan dari 3

operator menjadi 2 operator per shift, sehingga terjadi pengurangan kebutuhan tenaga kerja sebesar 1 orang atau 33,33%.

Dengan demikian, penerapan otomatisasi menunjukkan adanya perubahan kondisi efisiensi tenaga kerja, yang ditandai dengan berkurangnya waktu proses, berkurangnya aktivitas manual operator, serta berkurangnya kebutuhan tenaga kerja dalam proses penimbangan. Hasil tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi keberhasilan penerapan perbaikan melalui pendekatan PDCA.

Analisis Efisiensi Waktu Proses

Efisiensi waktu dianalisis dengan membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas inti sebelum dan setelah sistem otomatisasi diterapkan. Pada kondisi awal, waktu proses tercatat sebesar 8,126 menit/batch, sedangkan setelah penerapan otomatisasi waktu proses berkurang menjadi 4,39 menit/batch.

Efisiensi waktu dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{W_{\text{sebelum}} - W_{\text{sesudah}}}{W_{\text{sebelum}}} \times 100\% = \frac{8,126 - 4,39}{8,126} \times 100\% = 46\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, penerapan sistem otomatisasi menghasilkan penurunan waktu proses sebesar 46%. Hasil ini menunjukkan bahwa otomatisasi dapat mengurangi waktu yang sebelumnya digunakan operator untuk melakukan berbagai aktivitas manual selama proses penimbangan.

Meskipun demikian, waktu aktual setelah perbaikan, yaitu 4,39 menit/batch,

masih lebih tinggi dibandingkan target yang telah ditetapkan pada tahap *Plan*, yaitu 3,54 menit/batch. Dengan demikian, perbaikan yang dilakukan telah memberikan penurunan waktu proses yang cukup signifikan, tetapi target yang ditentukan belum sepenuhnya tercapai. Kondisi ini menjadi salah satu bahan evaluasi pada tahap *Act* untuk menentukan kemungkinan perbaikan selanjutnya.

Analisis Pengurangan Aktivitas Manual

Sebelum diterapkannya sistem otomatisasi, proses penimbangan masih sangat bergantung pada keterlibatan operator dalam mengatur aliran material. Operator harus membuka *valve*, memantau perubahan berat pada timbangan, menentukan waktu yang tepat untuk menghentikan aliran, serta memastikan berat material sesuai dengan target yang telah ditentukan.

Aktivitas tersebut dilakukan secara berulang pada setiap proses produksi dengan frekuensi sebanyak 33 *batch* per *shift*. Selain itu, aktivitas membuka dan menutup *valve* dilakukan sebanyak 264 kali per *shift*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa operator masih banyak terlibat dalam pekerjaan yang bersifat manual dan repetitif.

Setelah sistem otomatisasi diterapkan, terjadi perubahan pada jumlah aktivitas yang dilakukan dalam proses penimbangan. Jumlah aktivitas secara keseluruhan berkurang dari 13 elemen menjadi 12 elemen, sedangkan aktivitas inti penimbangan berkurang dari 4 elemen menjadi 3 elemen.

Tabel 2 Perubahan Aktivitas Sebelum dan Sesudah Otomatisasi

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perubahan
Jumlah aktivitas keseluruhan	13 elemen	12 elemen	Berkurang 1 elemen
Aktivitas inti penimbangan	4 elemen	3 elemen	Berkurang 1 elemen
Sistem kerja	Manual	Otomatis melalui panel	Lebih terstandarisasi

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Berkurangnya jumlah aktivitas menunjukkan bahwa sebagian pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara langsung oleh operator telah dialihkan kepada sistem otomatisasi. Perubahan ini membuat operator tidak lagi harus melakukan seluruh tahapan pengendalian secara manual, sehingga keterlibatan operator dalam aktivitas yang berulang dapat dikurangi.

Dengan demikian, peningkatan efisiensi tenaga kerja dalam penelitian ini tidak hanya ditunjukkan oleh pengurangan jumlah tenaga kerja, tetapi juga oleh berkurangnya aktivitas manual dan repetitif yang sebelumnya menjadi bagian dari pekerjaan operator. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa otomatisasi memberikan dampak pada cara kerja sekaligus penggunaan waktu kerja operator dalam proses penimbangan.

Analisis Efisiensi Tenaga Kerja

Efisiensi tenaga kerja dianalisis dengan membandingkan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebelum dan setelah penerapan sistem otomatisasi. Sebelum otomatisasi diterapkan, jumlah tenaga kerja yang terlibat mencapai 9 orang untuk 3 *shift*, atau 3 orang pada setiap *shift*. Setelah sistem otomatisasi diterapkan, kebutuhan tenaga kerja berkurang menjadi 6 orang untuk 3 *shift*, atau 2 orang pada setiap *shift*.

Perhitungan efisiensi tenaga kerja dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Tenaga Kerja} &= \frac{TK_{\text{sebelum}} - TK_{\text{sesudah}}}{TK_{\text{sebelum}}} \times 100\% \\ &= \frac{9 - 6}{9} \times 100\% = 33,33\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, efisiensi penggunaan tenaga kerja yang diperoleh adalah sebesar 33,33%. Pengurangan kebutuhan tenaga kerja tersebut mencapai 3 orang secara keseluruhan, atau setara dengan 1 orang pada setiap *shift*.

Tabel 3 Perhitungan Efisiensi Tenaga Kerja

Kondisi	Tenaga Kerja	Keterangan
Sebelum otomatisasi	9 orang/3 shift	3 orang/shift
Sesudah otomatisasi	6 orang/3 shift	2 orang/shift
Pengurangan Efisiensi	3 orang 33,33%	1 orang/shift Meningkat

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Pengurangan kebutuhan tenaga kerja tersebut tidak diikuti dengan penurunan kapasitas produksi. Setelah penerapan otomatisasi, proses produksi tetap dapat mencapai target 33 batch per *shift*. Hal ini menunjukkan bahwa pengurangan tenaga kerja lebih berkaitan dengan optimalisasi penggunaan sumber daya manusia melalui pengurangan aktivitas manual, bukan dengan pengurangan kapasitas produksi.

Dengan demikian, efisiensi tenaga kerja dalam penelitian ini tidak hanya dilihat dari berkurangnya jumlah operator yang dibutuhkan, tetapi juga dari kemampuan proses untuk tetap mencapai target produksi dengan jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit. Penerapan otomatisasi membantu mengalihkan sebagian aktivitas manual kepada sistem, sehingga tenaga kerja yang tersedia dapat digunakan secara lebih optimal.

Analisis Hasil Penimbangan

Analisis hasil penimbangan dilakukan dengan membandingkan hasil proses penimbangan pada kondisi sebelum dan setelah penerapan sistem otomatisasi. Perbandingan ini bertujuan untuk menggambarkan perubahan kesesuaian hasil penimbangan pada material yang diamati selama penelitian.

Pada kondisi awal, proses penimbangan yang masih dilakukan secara manual menunjukkan adanya selisih antara berat target dan hasil penimbangan. Material RBD Palm Olein dengan target 90 kg menunjukkan selisih sebesar 5,4 kg, sedangkan air chiller dengan target 145 kg menunjukkan selisih sebesar 1,4 kg. Hasil tersebut

menggambarkan bahwa pada kondisi pengamatan awal masih ditemukan ketidaksesuaian antara berat target dan hasil aktual.

Setelah penerapan sistem otomatisasi, hasil evaluasi terhadap material yang diamati menunjukkan bahwa tidak ditemukan selisih hasil penimbangan. Dengan demikian, berdasarkan data pengamatan dalam penelitian ini, terjadi perubahan kondisi dari sebelumnya ditemukan selisih menjadi tidak ditemukan selisih pada saat evaluasi.

Tabel 4 Perubahan Hasil Penimbangan

Material	Tar get	Kondisi Sebelum	Kondisi Sesudah
RBD Palm Olein	90 kg	Selisih 5,4 kg	Tidak ditemukan selisih pada evaluasi
Air Chiller	145 kg	Selisih 1,4 kg	Tidak ditemukan selisih pada evaluasi

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Hasil tersebut menunjukkan adanya perubahan kesesuaian hasil penimbangan pada material yang diamati, dari kondisi yang masih menunjukkan selisih pada proses manual menjadi tidak ditemukan selisih pada evaluasi setelah otomatisasi. Pada sistem manual, operator masih melakukan pengamatan terhadap

perubahan berat dan menentukan waktu penghentian aliran material. Setelah otomatisasi diterapkan, sebagian proses pengukuran dan pengendalian aliran dilakukan oleh sistem sehingga keterlibatan operator dalam proses tersebut menjadi lebih rendah.

Analisis Berdasarkan RCA

Berdasarkan hasil identifikasi dan stratifikasi, terdapat lima akar masalah yang digunakan dalam perhitungan jumlah kejadian. Jumlah kejadian dihitung berdasarkan frekuensi munculnya masing-masing kondisi per shift. Dengan demikian, angka 551 kejadian/shift bukan merupakan jumlah responden atau jumlah seluruh kejadian individu operator, tetapi merupakan total frekuensi kejadian dari lima akar masalah yang telah diidentifikasi dalam satu shift. Perhitungan total kejadian adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Kejadian} = 166 + 166 + 83 + 83 + 53$$

$$\text{Total Kejadian} = 551 \text{ kejadian/shift}$$

Selanjutnya, persentase masing-masing akar masalah dihitung berdasarkan perbandingan jumlah kejadian terhadap total 551 kejadian. Sebagai contoh, akar masalah *Method* memiliki 166 kejadian, sehingga:

$$\text{Presentase Method} = \frac{166}{551} \times 100\% = 30\%$$

Perhitungan yang sama digunakan untuk akar masalah lainnya. Hasil stratifikasi ditampilkan pada Tabel 4.16.

Tabel 5 Stratifikasi Akar Penyebab Masalah

Faktor	Akar Masalah	Jumlah Shift	Persentase	Prioritas
<i>Method</i>	<i>Equipment</i> masih mengandalkan operator	166	30%	1
<i>Man</i>	Operator terlambat/lebih cepat menutup valve	166	30%	2
<i>Machine</i>	Tidak adanya valve penutup di ujung pipa	83	15%	3
<i>Machine</i>	Kemiringan pipa output kurang	83	15%	4
<i>Machine</i>	Getaran aktivitas sekitar memengaruhi hasil timbang	53	10%	5
Total		551	100%	

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 4.16, faktor Method dan Man memiliki jumlah kejadian terbesar, yaitu masing-masing 166 kejadian/shift atau sekitar 30% dari total 551 kejadian. Faktor *Method* menjadi prioritas pertama karena menunjukkan bahwa proses penimbangan masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap pengoperasian oleh operator. Kondisi tersebut menyebabkan aktivitas pengendalian aliran material masih dilakukan secara manual dan berulang pada setiap *batch*.

Dengan demikian, hasil RCA menunjukkan bahwa permasalahan proses penimbangan terutama berkaitan dengan ketergantungan terhadap aktivitas manual operator dan metode pengoperasian peralatan. Hasil stratifikasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam

menentukan tindakan perbaikan pada tahap *Plan* dalam pendekatan PDCA. Perbaikan diarahkan pada pengurangan aktivitas manual, pengurangan ketergantungan terhadap operator, serta pengendalian aliran material melalui penerapan sistem otomatisasi.

Analisis Penerapan PDCA

Penerapan *Plan Do Check Act* (PDCA) dalam penelitian ini digunakan sebagai kerangka untuk memastikan proses perbaikan dilakukan secara bertahap dan sistematis. Siklus tersebut dimulai dari identifikasi kondisi dan permasalahan, dilanjutkan dengan penerapan tindakan perbaikan, pemeriksaan hasil, serta tindak lanjut untuk mempertahankan hasil perbaikan.

Tabel 6 Analisis Penerapan PDCA

Tahap	Pelaksanaan pada Penelitian	Hasil
<i>Plan</i>	Identifikasi kondisi awal, pengukuran waktu, verifikasi timbang, RCA, dan penentuan target	Masalah dan akar penyebab teridentifikasi
<i>Do</i>	Pemasangan <i>flow meter</i> , <i>solenoid valve</i> , <i>delay tank</i> , <i>ball valve actuator</i> , <i>box panel</i> , dan perubahan pipa	Sistem otomatisasi diterapkan
<i>Check</i>	Membandingkan kondisi sebelum dan sesudah otomatisasi	Waktu, aktivitas, tenaga kerja, dan hasil timbang mengalami perubahan
<i>Act</i>	Standardisasi, penyusunan instruksi kerja, sosialisasi operator, dan evaluasi berkala	Hasil perbaikan dipertahankan

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Pada tahap *Plan*, kondisi awal proses digunakan untuk menentukan permasalahan yang perlu diperbaiki. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu proses mencapai 8,126 menit/*batch*, disertai adanya selisih hasil penimbangan, frekuensi aktivitas membuka dan menutup *valve* yang tinggi, serta keterlibatan operator yang cukup besar. Berdasarkan kondisi tersebut dan hasil RCA, ditetapkan beberapa target perbaikan, salah satunya adalah menurunkan waktu proses menjadi 3,54 menit/*batch*.

Tahap *Do* dilakukan dengan menerapkan tindakan perbaikan yang telah direncanakan. Pada jalur air *chiller*, dipasang *flow meter* dan *solenoid valve* untuk membantu mengendalikan aliran material. Pada jalur minyak RBD Palm Olein, digunakan *delay tank* yang dilengkapi *ball valve actuator*. Selain itu, dilakukan pemasangan *box panel* sebagai bagian dari sistem kontrol serta perubahan pada jalur perpipaan untuk mendukung proses otomatisasi.

Tahap *Check* dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan

setelah sistem otomatisasi diterapkan. Pemeriksaan difokuskan pada beberapa indikator, yaitu waktu proses, aktivitas operator, kebutuhan tenaga kerja, frekuensi aktivitas *valve*, serta hasil penimbangan. Hasil perbandingan menunjukkan adanya penurunan waktu proses dari 8,126 menit menjadi 4,39 menit per *batch*, pengurangan aktivitas inti dari 4 elemen menjadi 3 elemen, serta penurunan kebutuhan tenaga kerja dari 3 orang menjadi 2 orang per *shift*. Selain itu, pada saat evaluasi setelah otomatisasi tidak ditemukan selisih hasil penimbangan pada material yang diamati.

Tahap *Act* dilakukan untuk mempertahankan hasil perbaikan yang telah diperoleh. Tindakan yang dilakukan meliputi penyusunan standar operasional dan instruksi kerja, sosialisasi

penggunaan sistem kepada operator, serta pemeriksaan dan evaluasi secara berkala. Tahap ini juga menjadi dasar untuk melakukan perbaikan lanjutan karena hasil aktual waktu proses, yaitu 4,39 menit/*batch*, masih belum mencapai target 3,54 menit/*batch* yang telah ditetapkan pada tahap *Plan*.

Analisis Ketercapaian Target Perbaikan

Analisis ketercapaian target dilakukan dengan membandingkan target perbaikan yang telah ditetapkan pada tahap *Plan* dengan hasil aktual setelah sistem otomatisasi diterapkan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tindakan perbaikan yang dilakukan mampu memenuhi target yang telah ditentukan.

Tabel 7 Ketercapaian Target Perbaikan

No.	Indikator	Kondisi Awal	Target	Hasil Aktual	Status
1	Waktu proses	8,126 menit/ <i>batch</i>	3,54 menit/ <i>batch</i>	4,39 menit/ <i>batch</i>	Belum sepenuhnya tercapai
2	Tenaga kerja	3 orang/ <i>shift</i>	2 orang/ <i>shift</i>	2 orang/ <i>shift</i>	Tercapai
3	Selisih timbang	Masih terjadi	Tidak terjadi	Tidak ditemukan pada evaluasi	Tercapai
4	Sistem kerja	Manual	Otomatis	Otomatis melalui panel	Tercapai
5	Aktivitas inti	4 elemen	Berkurang	3 elemen	Tercapai

Sumber: Data penelitian diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 4.18, sebagian besar target perbaikan yang telah ditetapkan dapat tercapai setelah penerapan sistem otomatisasi. Kebutuhan tenaga kerja berhasil dikurangi dari 3 orang menjadi 2 orang per *shift*, sistem kerja berubah dari manual menjadi otomatis melalui panel, serta jumlah aktivitas inti berkurang dari 4 elemen menjadi 3 elemen. Selain itu, hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa tidak ditemukan selisih hasil penimbangan pada material yang diamati.

Dengan demikian, penerapan otomatisasi dapat dinilai berhasil mencapai sebagian besar target perbaikan,

terutama dalam hal pengurangan tenaga kerja, perubahan sistem kerja, pengurangan aktivitas inti, dan peningkatan konsistensi hasil penimbangan. Sementara itu, aspek waktu proses masih perlu mendapatkan perhatian pada tahap perbaikan berikutnya agar hasil aktual dapat lebih mendekati target 3,54 menit/*batch*

SIMPULAN

1. Kondisi proses penimbangan sebelum penerapan otomatisasi masih dilakukan secara manual dan

- membutuhkan keterlibatan operator dalam setiap *batch*. Empat aktivitas inti penimbangan membutuhkan waktu sebesar 8,126 menit/batch. Dengan frekuensi produksi sebanyak 33 batch/shift, total waktu yang digunakan mencapai 268,158 menit atau sekitar 4,47 jam/shift. Selain itu, aktivitas membuka dan menutup *valve* dilakukan sebanyak 264 kali/shift, sehingga menunjukkan tingginya aktivitas manual yang dilakukan secara berulang.
2. Permasalahan dan akar penyebab ketidakefisienan proses penimbangan berdasarkan RCA dikelompokkan ke dalam faktor Man, Method, dan Machine. Hasil stratifikasi menunjukkan lima akar masalah dengan total frekuensi 551 kejadian/shift, yaitu *Method* sebanyak 166 kejadian (30%), *Man* sebanyak 166 kejadian (30%), *Machine* berupa tidak adanya *valve* penutup sebanyak 83 kejadian (15%), kemiringan pipa output yang kurang sebanyak 83 kejadian (15%), serta getaran aktivitas sekitar sebanyak 53 kejadian (10%). Faktor *Method* menjadi prioritas pertama, sedangkan faktor *Man* menjadi prioritas kedua.
 3. Penerapan PDCA dalam pelaksanaan perbaikan dilakukan secara bertahap. Pada tahap *Plan*, dilakukan identifikasi kondisi awal, pengukuran waktu, verifikasi hasil penimbangan, analisis RCA, dan penetapan target perbaikan. Tahap *Do* dilakukan melalui penerapan sistem otomatisasi. Tahap *Check* dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan, sedangkan tahap *Act* diarahkan pada standarisasi cara kerja, penyusunan instruksi kerja, sosialisasi kepada operator, dan evaluasi secara berkala.
 4. Perubahan waktu proses dan aktivitas operator setelah penerapan otomatisasi terlihat dari penurunan waktu proses dari 8,126 menit/batch menjadi 4,39 menit/batch, atau berkurang sebesar 3,736 menit/batch (sekitar 46%). Selain itu, aktivitas inti penimbangan berkurang dari empat aktivitas menjadi tiga aktivitas, karena sebagian aktivitas pengendalian aliran material dialihkan kepada sistem otomatisasi. Penerapan komponen seperti *flow meter*, *solenoid valve*, *delay tank*, *ball valve actuator*, dan *box panel* membantu mengurangi aktivitas manual yang dilakukan secara berulang.
 5. Analisis penerapan otomatisasi terhadap efisiensi tenaga kerja menunjukkan adanya perubahan kebutuhan tenaga kerja dari 3 orang menjadi 2 orang per shift, atau berkurang sebanyak 1 orang (33,33%). Perubahan tersebut dianalisis berdasarkan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan otomatisasi, bukan melalui pengujian hubungan atau pengaruh secara statistik. Selain itu, hasil evaluasi pada material yang diamati menunjukkan tidak ditemukan selisih hasil penimbangan setelah otomatisasi. Namun, target waktu proses sebesar 3,54 menit/batch belum sepenuhnya tercapai karena hasil aktual masih sebesar 4,39 menit/batch.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Faritsy, A. Z., & Falah, A. L. N. (2024). Implementasi PDCA Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Roti. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 9(1), 40-48.
- Amalia, V. A. S., Herwanto, D., & Al Fauzan, V. (2025). IMPLEMENTASI METODE ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) DAN PDCA DALAM MENGURANGI DEFECT PADA PROSES PENGECATAN KOMPONEN VELG MOBIL PADA PT XYZ. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 15(2), 297-304.

- Asrorri, M. B. (2024). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Pada Kemasan Biskuit Dengan Menggunakan Metode Plan-Do-Check-Action (PDCA) Di PT Arnotts. Prosiding Seminar Nasional Teknik UBJ,
- Belias, A., Bolten, S., Orsi, R. H., & Wiedmann, M. (2024). Application of environmental monitoring programs and root cause analysis to identify and implement interventions to reduce or eliminate *Listeria* populations in apple packinghouses. *Journal of Food Protection*, 87(8), 100324.
- Fajaranie, A. S., & Khairi, A. N. (2022). Pengamatan Cacat Kemasan Pada Produk Mie Kering Menggunakan Peta Kendali Dan Diagram Fishbone Di Perusahaan Produsen Mie Kering Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), 7-13.
- Faturahman, F., & Ferdian, R. (2022). Penerapan Metode Root Cause Analysis dan Pendekatan Plan, Do, Check, Action pada Mesin Tin Sealer untuk Mengendalikan Kualitas Produk PT XYZ. *Syntax Literate*, 16465-16477.
- Ferdinand, A., & Widiasih, W. (2025). Analisis Keandalan Mesin Blowing dengan OEE, RCA, dan Pendekatan Siklus PDCA. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, 8(1), 11-20.
- González-García, E., Alhamada, M., Nascimento, H., Portes, D., Bonnafe, G., Allain, C., Llach, I., Hassoun, P., Gautier, J.-M., & Parisot, S. (2021). Measuring liveweight changes in lactating dairy ewes with an automated walk-over-weighing system. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5675-5688.
- Koizumi, H., Seki, H., Tsuji, T., & Hiramitsu, T. (2026). Robotic hand with integrated weighing function for automated food toppings. *ROBOMECH Journal*, 13(1), 19.
- McDermott, O., Moloney, C., Noonan, J., & Rosa, A. (2024). Green lean six sigma in the food industry: a systematic literature review. *British Food Journal*, 126(13), 455-469.
- Pereira, T., Neves, A. S., Silva, F., Godina, R., Morgado, L., & Pinto, G. (2020). Production process analysis and improvement of corrugated cardboard industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1395-1402.
- Rokhmah, A. (2025). PENERAPAN KAIZEN UNTUK MENURUNKAN LEADTIME PEMBUATAN GOOD RECEIPT NOTES DI PT. ABC.
- Singh, J., & Gandhi, S. K. (2024). Benefits using PDCA cycle of continuous improvement in manufacturing industry-a case study. *International Journal of Management Concepts and Philosophy*, 17(1), 83-97.
- Sitorus, M. F. (2022). Analisis Produktivitas Pada Bagian Produksi Menggunakan Metode Objective Matrix Dan Root Cause Analysis (Studi Kasus UMKM Barokah Jaya Bakery). *Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik*, 1(2), 80-88.
- Sugiyono, P. (2022). Dr. 2010. *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta.
- Venkataramanan, V., Verma, S., Samant, A., & Mehta, N. (2023). Automatic batch weighing and discharge system using NI LabVIEW and auger mechanism. *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 6, 100322.
- Yuwana, N. P., & Wahyuni, H. C. (2025). Six Sigma Analysis of Halal Food Packaging Defects: Analisis Six Sigma terhadap Cacat Kemasan Makanan Halal. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 26(3), 10.21070/ijins.v21026i21073. 22187-21010.21070/ijins.v21026i21073. 22187.