

MINIMASI WASTE BAHAN BAKU PADA PROSES PRODUKSI UNIT 1B MELALUI PENERAPAN KONSEP DMAIC (STUDI KASUS: PT BITRATEx INDUSTRIES)

Andra Naufal I'zaaz*, Chaterine Alvina Prima Hapsari

*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

Perubahan teknologi dan persaingan industri yang ketat telah mengubah strategi dalam industri manufaktur, termasuk PT Bitratex Industries, sebuah perusahaan tekstil di Semarang, Jawa Tengah. Perusahaan ini menghasilkan benang katun dengan kapasitas produksi mencapai 160.000 spindel dan distribusi produk ke lebih dari 20 negara. Meski dikenal sebagai salah satu yang terbaik di Indonesia, PT Bitratex Industries menghadapi tantangan signifikan, terutama dalam hal produksi yang menghasilkan waste tinggi. Unit 1B, misalnya, mencatat pemborosan bahan baku sebesar rata – rata 3,5% per bulan, melebihi standar perusahaan sebesar 2%. Penyebab utama waste ini meliputi kekurangan operator mesin, kurangnya maintenance berkala, dan kualitas material yang rendah. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan penerapan konsep Six Sigma dengan metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Metode ini akan membantu mengidentifikasi dan mengatasi akar permasalahan waste melalui tahapan terstruktur yang melibatkan alat seperti diagram SIPOC, DPMO, pareto chart, dan FMEA. Tujuan akhirnya adalah mengurangi waste hingga memenuhi standar perusahaan, yang pada gilirannya akan meningkatkan profitabilitas dan keberlanjutan operasional PT Bitratex Industries.

Kata kunci: tekstil; DMAIC; sig sigma; pemborosan

Abstract

Minimization of Raw Material Waste in the Unit 1B Production Process Through the Application of the DMAIC Concept (Case Study: PT Bitratex Industries). Technological changes and intense industry competition have changed strategies in the manufacturing industry, including PT Bitratex Industries, a textile company in Semarang, Central Java. The company produces cotton yarn with a production capacity of 160,000 spindles and distributes products to more than 20 countries. Despite being recognized as one of the best in Indonesia, PT Bitratex Industries faces significant challenges, especially in terms of high waste production. Unit 1B, for example, recorded 3,5% waste per month, exceeding the company standard of 2%. The main causes of this waste include a shortage of machine operators, lack of regular maintenance, and low material quality. To address these issues, this research proposes the application of Six Sigma concepts with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) method. This method will help identify and address the root causes of waste through structured stages involving tools such as SIPOC diagrams, DPMO, pareto charts, and FMEA. The ultimate goal is to reduce waste to meet company standards, which in turn will increase profitability and operational sustainability of PT Bitratex Industries.

Keywords: textile; DMAIC; sig sigma; waste

1. Pendahuluan

Dalam era saat ini, perubahan teknologi dan persaingan industri yang ketat mengubah strategi para pelaku industri, khususnya industri manufaktur. Industri manufaktur mengalami transformasi signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Meski demikian, dengan

kemajuan tersebut, muncul pula tantangan-tantangan baru yang harus dihadapi oleh perusahaan manufaktur. Mereka dituntut untuk bersaing dengan cepat di dalam pasar global yang dinamis, dimana perubahan terjadi dengan kecepatan tinggi. Kemampuan untuk merespon variasi permintaan pelanggan, mengelola ketidakpastian

dalam rantai pasokan, dan mematuhi regulasi yang semakin ketat menjadi kunci keberhasilan dalam lingkungan industri yang terus berubah ini.

PT Bitratex Industries merupakan perusahaan yang berlokasi di Kota Semarang, Jawa Tengah, merupakan perusahaan manufaktur tekstil yang memfokuskan pada proses produksinya dalam produksi benang katun dari bahan kapas. Dengan kapasitas produksi mencapai 160.000 *spindle*, perusahaan ini mampu menghasilkan hingga 40.000 metrik ton benang putih berkualitas ekspor, yang didistribusikan ke lebih dari 20 negara, seperti Jepang, Korea Selatan, Brazil dan sebagainya, PT Bitratex Industries dikenal sebagai salah satu yang terbaik di Indonesia dalam industri ini. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam jenis benang, seperti Poly, TR, Rayon, *Open End*, PC dan TC dan di produksi dari berbagai unit sesuai dengan bahan baku dan produk yang akan dihasilkan, karena berbeda proses produksinya, unit yang ada antara lain unit 1, 1A, 1B, 2, 2A, 2B dan 2C.

Setelah melewati fase covid-19, perusahaan manufaktur tekstil ini belum pulih seutuhnya, banyak permasalahan internal yang dihadapi perusahaan, salah satunya yaitu pada proses produksi yang menimbulkan *waste* yang cukup tinggi, untuk unit yang memperoleh *waste* tertinggi yaitu pada unit 1B, unit ini menghasilkan *waste* dengan rata - rata 3,5% perbulannya atau sekitar 455,31 kg bahan baku, sedangkan untuk SOP yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu tidak boleh melebihi 2% perbulannya. *Waste* tersebut merupakan bahan baku yang tidak dapat digunakan kembali dan akan dibuang, hal tersebut akan berdampak buruk ke lingkungan. Timbulnya *waste* ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya karyawan yang menjadi operator mesin saat melakukan proses produksi, tidak melakukan *maintenance* berkala pada mesin-mesin produksi dan kualitas material yang digunakan pada proses produksi, hal tersebut dapat mengganggu proses produksi dalam rantai pasok dan mengurangi profit yang didapatkan PT Bitratex Industries. Maka diperlukan usulan perbaikan untuk meminimasi *waste*, adapun tujuannya untuk memenuhi standar yang telah ditentukan perusahaan sehingga secara bersinambungan akan meningkatkan profit perusahaan.

Sesuai dengan permasalahan yang ada, salah satu konsep untuk meminimalisir *waste* pada proses produksi yaitu konsep Six Sigma dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC merupakan metode yang linier dan memerlukan beberapa pendekatan iteratif. Pada tahapan *define*, mendefinisikan permasalahan dengan menggunakan tools diagram SIPOC. Pada tahap *Measure* yang merupakan tahap pengolahan data untuk memahami penyebab dari permasalahan yang ada menggunakan DPMO dan *pareto chart*. Pada tahap *Analyze* yang merupakan tahap lanjutan dari *measure* yaitu menganalisis permasalahan untuk

mempersempit sehingga diketahui akar permasalahan dan penyebabnya, pada tahap ini menggunakan *tools*. Pada tahap *improve* dengan *tools* FMEA untuk mengetahui penyebab *waste* prioritas melalui RPN (*Risk Priority Number*) yang diperoleh dan saran rekomendasi perbaikan. Dan tahap terakhir berupa tahap *controlling* untuk penjagaan dan pengawasan secara berkelanjutan terhadap usulan perbaikan yang diberikan agar konsistensi dalam penerapan usulan perbaikan sehingga hasil yang didapatkan dapat maksimal.

1.1 Lean Six Sigma

Lean merupakan suatu upaya terus menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah produk. Tujuan dari lean adalah untuk meminimasi *waste* pada semua proses dan memaksimalkan efisiensi proses produksi. *Lean* fokus pada perbaikan terus menerus melalui identifikasi dan eliminasi aktifitas yang tidak bernilai tambah yang merupakan pemborosan (*waste*). (Wahyuni & Catur, 2015). Salah satu teknik untuk mengendalikan mutu dengan mengidentifikasi tingkat cacat sehingga langkah-langkah perbaikan dapat dirumuskan adalah melalui metode *Six Sigma*. *Six Sigma* adalah salah satu metode yang umumnya dipakai dalam pengawasan mutu produk. Pendekatan ini mengusung gagasan untuk menetapkan standar mutu hingga mencapai kemungkinan 3,4 *reject* per satu juta kesempatan. *Six Sigma* berfungsi untuk meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi tingkat cacat atau meminimasi *waste* melalui metode DMAIC (Kusumawati & Fitriyeni, 2017).

Lean Six Sigma adalah pendekatan dalam manajemen operasional perusahaan yang menggabungkan prinsip-prinsip *Lean* dan *Six Sigma*. Dalam pendekatan ini, perusahaan memiliki kemampuan untuk mengoperasikan kegiatan dengan cepat dan tingkat kualitas yang tinggi. Konsep *Lean Six Sigma* bertujuan untuk mengurangi tujuh jenis pemborosan dalam proses produksi dan menghindari terjadinya produk cacat. Dalam implementasinya, *Lean Six Sigma* mengadopsi pendekatan eliminasi tujuh pemborosan yang dikombinasikan dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), seperti yang digunakan dalam *Six Sigma* murni. Tujuan dari penerapan *Lean Six Sigma* adalah meningkatkan kinerja perusahaan dengan peningkatan profitabilitas serta mempertahankan posisi perusahaan sehingga dapat memberikan nilai tambah kepada pelanggan (Yusuf Muchsinin & Sulistiyowati, 2022). Prinsip *Lean Six Sigma* adalah setiap aktivitas yang memengaruhi hal-hal yang sangat penting bagi kualitas menurut kebutuhan konsumen, dan aspek-aspek yang menghasilkan pemborosan dan penundaan dalam setiap proses, memberikan peluang yang besar untuk melakukan perbaikan dan peninjauan dalam hal biaya, mutu, modal, dan waktu pengerjaan. (Budiwati, 2017).

Lean Six Sigma fokus pada menghilangkan variasi dalam proses dan produk yang bermasalah. Implementasi *Lean Six Sigma* memberikan sejumlah manfaat, seperti yang dijelaskan oleh (Brue, 2002).

1. Penghematan Biaya

Proses yang tidak efisien mengakibatkan pemborosan waktu dan sumber daya, yang pada gilirannya meningkatkan biaya produksi. *Six Sigma* membantu mengurangi variasi dalam proses sehingga mengurangi jumlah produk cacat dan biaya yang timbul akibat kualitas yang buruk.

2. Kepuasan Pelanggan

Six Sigma memusatkan perhatian pada apa yang disebut sebagai Kritis terhadap Kualitas (CTQ), yang merupakan kebutuhan utama pelanggan terhadap produk. Dengan mengurangi variasi dalam proses, *Six Sigma* memastikan bahwa produk memenuhi harapan pelanggan.

3. Mutu

Dengan mengurangi variasi proses, *Six Sigma* secara langsung mengurangi jumlah produk cacat. Ini menandakan peningkatan mutu dalam proses dan produk, yang menciptakan nilai tambah bagi perusahaan di mata pelanggan dan investor.

4. Dampak terhadap Karyawan

Penerapan *Six Sigma* memberikan dampak positif pada karyawan dengan meningkatkan motivasi mereka untuk mencapai target yang telah ditetapkan. Selain itu, *Six Sigma* membentuk budaya kerja yang menekankan pada kepuasan pelanggan dan kualitas produk.

5. Pertumbuhan

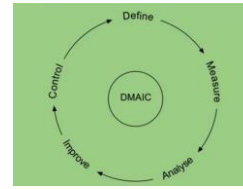
Melalui pengurangan variasi dalam proses, *Six Sigma* menghasilkan produk yang lebih sedikit cacat dan lebih sesuai dengan keinginan pelanggan. Ini berpotensi meningkatkan pendapatan perusahaan secara keseluruhan.

6. Keunggulan Bersaing

Perusahaan yang menerapkan *Six Sigma* memiliki keunggulan bersaing karena mampu mengurangi biaya, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan efektif, dan memiliki mutu produk yang baik.

1.2 DMAIC

DMAIC adalah sebuah metode dalam konsep *six sigma* yang menggunakan data untuk meminimalisir *waste*, cacat produk yang terjadi pada proses produksi pada industri manufaktur, jasa, manajemen dan sebagainya. Pada prosesnya, DMAIC mampu mengetahui apa yang dibutuhkan oleh pelanggan menjadi sebuah prioritas yang harus dilakukan. Penjelasan dari lima tahapan DMAIC menurut (Jatun & Zaqi, 2024) akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 1. Siklus DMAIC

1. *Define*, merupakan langkah awal dalam meningkatkan kualitas dalam *six sigma*. Pada fase ini akan dilakukan identifikasi masalah atau proses bisnis oleh perusahaan. Hal yang dilakukan adalah menjelaskan proses pembuatan produk serta kualitas yang dibutuhkan oleh pelanggan melalui CTQ (*Critical To-Quality*).
2. *Measure*, merupakan tahap kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang diikuti dengan langkah penentuan. Pada tahap ini, data dikumpulkan dan dianalisis sebelum melanjutkan ke tahap perbaikan. Tujuan dari tahap *Measure* adalah untuk mengevaluasi dan memahami kondisi saat ini
3. *Analyze*, sebagai tahap ketiga dalam program peningkatan kualitas dalam *Six Sigma*, bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab atau akar penyebab dari cacat dan kesalahan dalam suatu proses. Data yang telah dikumpulkan dan diolah akan dianalisis untuk menemukan hubungan antar variabel proses serta mengidentifikasi metode perbaikan yang dapat diterapkan.
4. *Improve*, setelah penyebab masalah teridentifikasi, langkah berikutnya adalah membuat rencana tindakan untuk meningkatkan kualitas produk. Pada tahap ini, solusi-solusi dikembangkan dan dipilih untuk mencapai hasil terbaik. Memperbaiki suatu proses membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang proses itu sendiri, lingkungannya, komponen-komponennya, dan umpan balik yang diberikan.
5. *Control* merupakan tahap terakhir dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* DMAIC. Pada tahap ini, elemen-elemen yang bermasalah diperiksa untuk memastikan bahwa proses tetap stabil. Hasil perbaikan yang dicapai dari implementasi tindakan perbaikan kemudian dicatat untuk digunakan sebagai panduan kerja.

1.3 SIPOC Diagram

Diagram SIPOC merupakan *tools* yang digunakan dalam metodologi *Six Sigma* untuk menggambarkan proses bisnis secara menyeluruh. SIPOC adalah singkatan dari *Supplier, Input, Process, Output, dan Customer*. Diagram ini membantu dalam pemahaman yang komprehensif tentang proses bisnis serta memperjelas interaksi antara berbagai elemen yang terlibat dalam proses tersebut. Berikut adalah tahapan pembuatan diagram SIPOC menurut (Keller & Pyzdek, 2010):

1. Membuat peta proses dari proses yang sedang berlangsung.
2. Mengenali hasil-hasil dari proses tersebut dengan melakukan sesi *brainstorming* dan mencatat semua gagasan terkait hasil tersebut.
3. Mengidentifikasi pelanggan yang akan menerima hasil-hasil tersebut.
4. Mengenali masukan – masukan yang diperlukan dalam proses untuk menghasilkan hasil – hasil tersebut.
5. Mengidentifikasi pemasok – pemasok yang terlibat dalam sistem.
6. Menganalisis setiap komponen yang ada
7. Membuat diagram SIPOC.
8. Melakukan peninjauan terhadap diagram SIPOC dan melakukan penyesuaian jika diperlukan.

Menurut (Nasution, Hasibuan, & Sibuea, 2022), pada tiap tahap DMAIC dalam metodologi *Six Sigma* akan dilakukan beberapa aktivitas sebagai berikut:

1. *Supplier*, pihak atau entitas yang menyediakan input atau bahan kepada proses. Ini bisa berupa pemasok bahan baku, informasi, atau sumber daya lainnya yang diperlukan untuk menjalankan proses.
2. *Input*, berupa informasi atau material yang disediakan oleh pemasok dan digunakan dalam proses. Input ini merupakan masukan yang diperlukan untuk menjalankan proses dan menghasilkan output.
3. *Process*, merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mengubah input menjadi output. Proses ini merupakan inti dari diagram SIPOC dan mencakup semua aktivitas yang diperlukan untuk menjalankan proses bisnis.
4. *Output*, berupa hasil atau produk dari proses yang telah dijalankan. *Output* ini dapat berupa produk fisik, layanan, atau informasi yang disampaikan kepada pelanggan atau pihak yang membutuhkan.
5. *Customer*, merupakan pihak atau entitas yang menerima *output* atau hasil dari proses. Pelanggan ini dapat berupa konsumen akhir, internal dalam organisasi, atau pihak lain yang membutuhkan hasil dari proses.

1.4 DPO dan DPMO

Defect per Opportunities (DPO) adalah sebuah metrik dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang mengukur jumlah kegagalan atau cacat relatif terhadap jumlah total kesempatan di mana kegagalan tersebut dapat terjadi. DPO memberikan gambaran tentang tingkat cacat dalam setiap peluang atau proses produksi yang dilakukan. Nilai DPO dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Firmansyah & Yuliyarti, 2020)

$$DPO = \frac{\text{Jumlah produk cacat tiap jenis}}{\text{Total kesempatan terjadinya cacat}}$$

Defect Per Million Opportunities (DPMO) adalah metrik yang digunakan dalam program kontrol kualitas

Six Sigma untuk mengukur efisiensi suatu proses. DPMO menghitung jumlah cacat dalam suatu sampel, dibagi dengan total kesempatan terjadinya cacat, lalu dikalikan dengan satu juta. Metrik ini umum digunakan dalam *Six Sigma* untuk menilai seberapa efisien suatu proses. Berikut merupakan rumus dari DPMO: (Probokusumo, Susanti, & Hartini, 2022)

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

1.5 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah diagram yang digunakan untuk menentukan prioritas kategori kejadian, sehingga nilai yang paling dominan dapat diidentifikasi dengan melihat nilai kumulatifnya. Prinsip Pareto, yang dikenal dengan aturan 80/20, menyatakan bahwa 80% masalah kualitas dalam sebuah produk disebabkan oleh 20% penyebab kegagalan dalam produksi. Oleh karena itu, jenis-jenis kegagalan atau cacat yang dipilih adalah yang kumulatifnya mencapai 80%, dengan asumsi bahwa 80% ini dapat mewakili seluruh jenis cacat yang terjadi. (Grosfeld-Nir, Ronen, & Kozlovsky, 2007).

1.6 5 Why's

Metode *5-Whys* adalah salah satu metode paling sederhana untuk analisis akar penyebab yang terstruktur. Metode ini melibatkan pengajuan pertanyaan "Mengapa?" berulang kali untuk mengidentifikasi hubungan mendasar yang menyebabkan suatu masalah. Penyelidik terus menanyakan "Mengapa?" hingga mencapai kesimpulan yang bermakna. Diagram Pareto, yang pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan oleh Joseph Juran, adalah metode untuk mengelola kesalahan, masalah, atau cacat. Diagram ini membantu dalam memecahkan masalah dan memusatkan perhatian pada upaya penyelesaian masalah (Kuswardana, 2017).

1.7 FMEA

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) adalah suatu prosedur atau *tools* yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko-risiko kegagalan dengan pendekatan *top down*. FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, serta menghilangkan kecacatan dan masalah pada proses produksi baik permasalahan yang telah diketahui maupun yang potensial untuk terjadi dalam suatu sistem. Tujuan utama dari FMEA adalah untuk mengidentifikasi potensi risiko dan memprioritaskan tindakan pencegahan atau perbaikan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut (Wicaksono & Yuamita, 2022).

1.8 Jenis waste yang dihasilkan

Dalam proses produksi benang dari kapas pada perusahaan Bitratex Industries, ada beberapa jenis *waste*

yang dihasilkan selama proses produksi. Berikut adalah beberapa jenis waste dalam proses tersebut:

1. *Fan Waste*

Limbah ini merupakan limbah serat halus yang terpisah dari benang karena terbawa angin yang dihasilkan selama proses produksi.

2. *Flat Strips*

Flat strips merupakan limbah yang dihasilkan saat proses *carding*, ketika bahan baku kapas dipisahkan serat kapas untuk menghasilkan lapisan serat (*sliver*). Hal ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan pengaturan mesin atau kelembaban yang tidak terkontrol.

3. *Pneumafil*

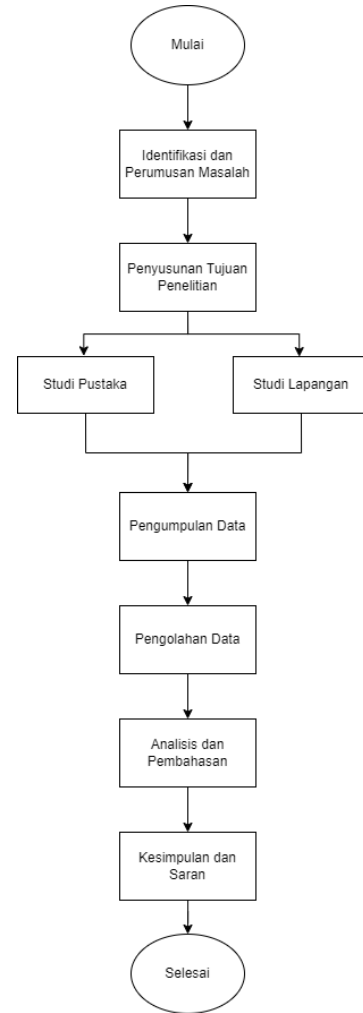
Limbah ini adalah debu atau serat halus yang terpisah dari benang selama proses pembersihan pneumatik. Ini terjadi ketika serat kapas pecah atau terpisah menjadi bagian yang sangat kecil dan tidak dapat diolah menjadi benang.

4. *Hard Waste*

Hard waste merupakan limbah yang paling sulit diolah kembali. Ini terdiri dari bagian-bagian benang yang rusak atau cacat secara fisik, seperti putus atau terjepit di dalam mesin. Limbah jenis ini sering kali tidak dapat digunakan kembali dalam proses produksi. (Walzer, 2023)

2. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian terdapat tahapan – tahapan yang dilalui, tahapan pertama yaitu melakukan identifikasi dan perumusan masalah dengan mengamati langsung dan dengan melakukan wawancara dan data historis mengenai masalah yang ada pada proses produksi. Langkah selanjutnya adalah menetapkan tujuan penelitian, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimasi waste yang akan timbul pada saat proses produksi dengan menggunakan konsep lean six sigma dengan metode DMAIC. Kemudian dilanjutkan dengan peninjauan studi literatur terkait. Berdasarkan tujuan tersebut dilakukan proses pengumpulan data, Proses pengumpulan data dilakukan di Departemen Ekspor Impor (Exim) Logistik dan Departemen Produksi, PT. Bitratex Industries pada tanggal 22 Januari 2024 – 24 Februari 2024. Data yang dikumpulkan berupa data historis banyaknya *waste* yang dihasilkan dari unit 1B dan faktor – yang menyebabkan timbulnya waste. Hasil pengumpulan data kemudian diolah dan dianalisis untuk menghasilkan usulan perbaikan untuk pengembangan selanjutnya.



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan konsep *Lean Six Sigma* dengan Metode DMAIC. metode DMAIC ini pada penerapannya terdiri dari beberapa tahapan sistematis, yakni tahap *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*.

3.1 *Define*

Tahap ini merupakan tahap penggambaran proses produksi pembuatan dari bahan baku berupa serat kapas menjadi produk jadi berupa benang *Poly, TR* dan *Rayon* menggunakan diagram SIPOC (*Supplier – Input – Proses – Output – Customer*). Berikut merupakan visualisasi diagram SIPOC.

Tabel 1. SIPOC Diagram

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
Supplier bahan baku (<i>polyester, polyester, rayon dan cotton/kapas</i>)	Bahan baku (<i>polyester, rayon dan cotton/kapas</i>)	Persiapan bahan baku ↓ Pemisahan serat atau kapan yang membentuk gumpalan ↓ Mengurai benang yang kusut agar membentuk sliver (<i>proses carding</i>) ↓ Menggabungkan untaian kapas menjadi untaian serat kapas yang tebal/ <i>roving</i> (<i>proses drawing</i>) ↓ Menarik, memberi antihan dan penggulangan dengan mesin <i>roving</i> (<i>memproses sliver hasil drawing menjadi benang dengan ukuran tertentu</i>) ↓ Meregangkan untuk mengecilkan ukuran <i>roving</i> menjadi ukuran benang ↓ Menggulung benang dalam bentuk <i>cone</i> ↓ Packaging	<i>Poly, TR dan Rayon</i>	Perusahaan <i>apparel</i>

3.2 Measure

Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan data secara kuantitatif terhadap *waste* yang paling sering muncul dan berpengaruh terhadap kualitas proses produksi pada unit 1b.

3.2.1 DPO dan DPMO

Pengklasifikasian proses produksi pada Unit 1b yaitu dengan menggunakan *Defects Per Opportunities*

(DPO) dan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), kemudian dilakukan perhitungan nilai sigma untuk mengetahui kondisi kualitas produk dan mengidentifikasi tingkat defect pada proses produksi pada unit 1b di perusahaan. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan DPO, DPMO, dan level sigma pada produksi.

Tabel 2. DPO, DPMO dan Nilai Sigma per bulan Pada Proses Produksi Unit 1b

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	DPO	DPMO	Sigma
Januari	295.202,88	15.958,80	0,0541	54.060,45	3,11
Februari	138.075,84	12.339,70	0,0894	89.369,00	2,84
Maret	320.241,60	15.703,40	0,0490	49.036,10	3,15
April	350.360,64	12.910,60	0,0368	36.849,46	3,29
Mei	468.296,64	12.511,60	0,0267	26.717,25	3,43
Juni	877.443,84	16.382,60	0,0187	18.670,82	3,58

Juli	316.249,92	17.267,40	0,0546	54.600,49	3,10
Agustus	277.966,08	12.557,40	0,0452	45.176,02	3,19
September	369.956,16	11.790,20	0,0319	31.869,18	3,35
Oktober	428.016,96	15.080,80	0,0352	35.234,12	3,31
November	460.131,84	13.320,40	0,0289	28.949,09	3,40
Desember	257.826,24	8.090,20	0,0314	31.378,50	3,36
Rata-rata				41.825,87	3,26

Dalam dunia industri, Perusahaan dengan level sigma yang semakin mendekati nilai 6 memiliki tingkat akurasi dan konsistensi yang sangat tinggi, dengan sebagian kecil sekali ketidaksesuaian atau cacat dalam setiap juta kesempatan. Berikut merupakan tabel klasifikasi industri berdasarkan nilai sigma perusahaan.

Tabel 3. Tabel Klasifikasi Industri berdasarkan Nilai Sigma

<i>Sigma</i>	<i>Parts per Million</i>	<i>Description</i>
6 Sigma	3,4 defects per million	World Class Industry
5 Sigma	233 defects per million	US Industry
4 Sigma	6.210 defects per million	Average
3 Sigma	66.807 defects per million	Indonesian Industry Average
2 Sigma	308.537 defects per million	
1 Sigma	690.000 defects per million	Very Uncompetitive

Berdasarkan berdasarkan tabel hasil perhitungan sigma diatas terlihat bahwa proses produksi pada Unit 1B cukup baik, berdasarkan tabel klasifikasi tersebut setara dengan standar industri di Indonesia. Namun diperlukan peningkatan kualitas agar dapat mencapai level sigma yang lebih tinggi dan dapat menciptakan produk yang lebih kompetitif lagi di pasar internasional dengan menghasilkan *waste* yang lebih minim. Nilai sigma paling rendah pada bulan Februari 2023 dengan nilai DPMO sebesar 89.369,00 yang dikonversikan dengan nilai sigma yaitu sebesar 2,89 sigma. Sedangkan nilai DPMO tertinggi bulan Juni 2023, yaitu sebesar 18.670,82 yang dikonversikan dengan nilai sigma adalah 3,59 sigma. Rata-rata nilai sigma yaitu sebesar 3,26 dan nilai rata-rata DPMO ialah 41.825,87. Diharapkan setelah dilakukan perbaikan dengan menerapkan rekomendasi perbaikan dapat meningkatkan nilai sigma yang semula hanya 3,26 sigma.

3.2.2 Pareto Chart

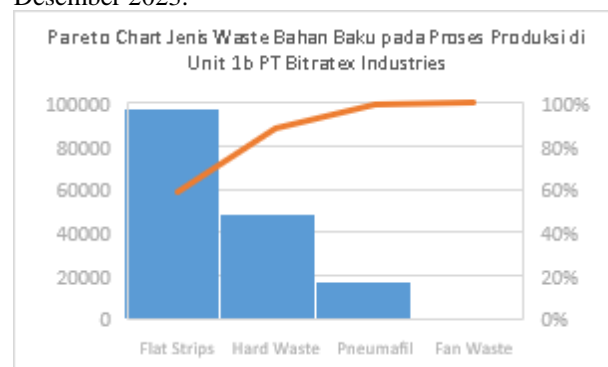
Selanjutnya pada tahap *measure* ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui jenis *waste* bahan baku yang paling banyak dihasilkan dari proses produksi di

unit 1B PT. *Bitrates Industries*, untuk jenis *waste* yang dihasilkan ada empat jenis, yaitu *fan waste*, *flat strips*, *pneumafil*, dan *hard waste*. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan *waste* pada unit 1b dari beberapa jenis *waste* yang dihasilkan:

Tabel 4. Jumlah tiap jenis waste

No.	Jenis Waste	Jumlah waste	Persentase
1	Flat Strips	97322,0	59,01%
2	Hard Waste	48988,7	29,71%
3	Pneumafil	17137,8	10,39%
4	Fan Waste	1464,6	0,89%
Total		164913,1	100%

Tools yang digunakan pada tahap ini adalah *pareto chart*. *Pareto chart* cocok digunakan untuk mengidentifikasi jenis *waste* apa yang paling banyak dihasilkan dari proses produksi di unit 1B PT. *Bitratex Industries*. Berikut merupakan diagram *pareto* jumlah *waste* yang dihasilkan dari proses produksi di unit 1B PT. *Bitratex Industries* pada kurun waktu bulan Januari – Desember 2023.



Gambar 3. Pareto Chart Jenis waste bahan baku Unit 1B

Pada gambar di atas, dapat terlihat bahwa pada setiap bulannya jenis *waste* yang dihasilkan pada proses produksi 1b berbeda – beda, jenis *waste* yang paling banyak dihasilkan yaitu jenis *flat strips*. Hal tersebut disebabkan dari beberapa faktor, seperti mesin mengalami *downtime* atau *waiting* dikarenakan proses produksi tidak dilaksanakan secara kontinu dan kurangnya *maintenance* terhadap *sparepart* mesin produksi.

3.2.3 Analyze

Pada tahap ini merupakan lanjutan dari tahap *measure* dimana hasil pengukuran dilanjutkan ke tahap analisis data untuk mencari akar permasalahan dan

penyebabnya agar dapat terdeteksi. Pada tahap ini dilakukan *root cause analysis* dengan metode 5 *Why's*. Metode ini dipilih karena dengan menggunakan metode ini dapat diketahui akar permasalahan dari *waste* yang ada.

Tabel 5. Root Cause Analysis dengan metode 5 Why's

Jenis Waste	Why 1	Why 2	Why 3
Flatstrips	Mesin mengalami <i>idle</i>	Proses produksi tidak dilakukan secara kontinu	Permintaan produksi produk tidak pasti
	Performa mesin produksi kurang baik	Tidak dilakukan pergantian sparepart mesin yang usang atau tidak berfungsi dengan baik	Tidak ada SOP yang berlaku untuk melakukan <i>maintenance</i> secara berkala pada mesin
	Penggunaan bahan baku dengan kualitas material yang kurang berkualitas	Pergantian musim yang menyebabkan perbedaan kualitas	Manajemen gudang bahan baku yang kurang baik dalam mengelola bahan baku

3.2.4 Improve

Setelah dilakukan analisis *root cause* dengan 5 Whys, pada tahap *improve* ini dilanjutkan dengan analisis FMEA. Analisis FMEA digunakan untuk mengetahui penyebab *waste* prioritas melalui RPN (*Risk Priority Number*) yang diperoleh. Penyebab kegagalan dengan nilai RPN tertinggi akan menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikan. Berikut merupakan kriteria – kriteria yang digunakan pada analisis FMEA penelitian ini.

1. Severity

Severity merupakan penilaian untuk menunjukkan tingkat keparahan sebuah akar permasalahan terhadap efek yang ditimbulkan. Berikut merupakan skala penilaian *severity* yang digunakan:

- 1 (Dampak Kecil): *Waste* memiliki dampak minimal pada proses produksi, biaya, dan kualitas produk.
- 2 (Dampak Cukup Kecil): *Waste* memiliki dampak yang dapat diatasi dengan mudah pada proses produksi, biaya, dan kualitas produk.
- 3 (Dampak Sedang): *Waste* memiliki dampak yang perlu dipertimbangkan dan diatasi pada proses produksi, biaya, dan kualitas produk.
- 4 (Dampak Cukup Besar): *Waste* memiliki dampak yang signifikan pada proses produksi, biaya, dan kualitas produk.
- 5 (Dampak Sangat Besar): *Waste* memiliki dampak yang sangat signifikan dan dapat menyebabkan kerugian finansial, kerusakan produk, atau bahkan kecelakaan kerja.

2. Occurance

Occurance merupakan sebuah penilaian mengenai peluang frekuensi sebuah akar permasalahan terhadap efek yang dihasilkan. Berikut merupakan skala penilaian *occurance* yang digunakan:

- 1 (Jarang Terjadi): *Waste* jarang terjadi, mungkin beberapa kali dalam setahun.
- 2 (Kadang Terjadi): *Waste* terjadi beberapa kali dalam beberapa bulan.
- 3 (Sedang): *Waste* terjadi beberapa kali dalam sebulan.
- 4 (Sering Terjadi): *Waste* terjadi beberapa kali dalam seminggu.
- 5 (Sangat Sering Terjadi): *Waste* terjadi hampir setiap hari.

3. Detection

Detection merupakan sebuah penilaian mengenai peluang sebuah akar permasalahan yang dapat terdeteksi terhadap efek yang dihasilkan. Berikut merupakan skala penilaian *detection* yang digunakan:

- 1 (Sulit Dideteksi): *Waste* sulit diidentifikasi dan memerlukan pemeriksaan menyeluruh.
- 2 (Agak Sulit Dideteksi): *Waste* memerlukan pemeriksaan yang cermat untuk diidentifikasi.
- 3 (Sedang): *Waste* dapat dideteksi dengan pemeriksaan yang wajar.
- 4 (Agak Mudah Dideteksi): *Waste* mudah diidentifikasi dengan tanda-tanda yang terlihat jelas.
- 5 (Mudah Dideteksi): *Waste* sangat mudah dideteksi dan memiliki indikator yang jelas.

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilakukan setelah mendapatkan nilai *Severity* (S), *Occurance* (O) dan *Detection* (D) dari masing masing akar permasalahan. Nilai RPN dihasilkan dari perkalian nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. Nilai RPN tersebut dapat dijadikan sebagai acuan akar permasalahan kritis yang akan diperbaiki (*improvement*). Semakin besar nilai RPN, maka penyebab kegagalan tersebut semakin kritis dan perlu untuk dilakukan perbaikan. Berikut merupakan rekap nilai RPN dari masing-masing jenis *defect*

Tabel 6. FMEA

Jenis Waste	Potential Failure Mode	Potential effect	Sev	Potential Causes	Occ	Control	Det	RPN	Rekomendasi perbaikan
Flatstrips	Mesin mengalami downtime atau idle	Pemborosan bahan baku	4	Proses produksi tidak dilakukan secara kontinu	3	Penjadwalan produksi	4	48	Membuat penjadwalan produksi dan proses produksi dibuat lebih lama agar proses produksi dilakukan secara kontinu
	Performa mesin produksi kurang baik	Pemborosan bahan baku	4	Tidak dilakukan pergantian sparepart mesin yang usang atau tidak berfungsi dengan baik	4	Pengawasan lantai produksi	4	64	Membuat SOP seperti checksheet untuk pemeliharaan mesin secara berkala dan mengganti sparepart mesin jika diperlukan
	Penggunaan bahan baku dengan kualitas material yang kurang berkualitas	Pemborosan bahan baku	4	Pergantian musim yang menyebabkan perbedaan kualitas	2	Pengecekan bahan baku	3	24	membuat SOP pengelolaan dan <i>maintenance</i> bahan baku di gudang

Berdasarkan analisis FMEA diatas, didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu pada performa mesin produksi yang kurang baik, maka rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan yaitu dengan pembuatan SOP yang jelas terkait pemeliharaan mesin – mesin produksi secara berkala dan mengganti sparepart mesin jika diperlukan.

3.2.5 Control

Tahap kontrol merupakan tahap akhir dari penerapan metode DMAIC. Pada tahap ini, dilakukan pengendalian berdasarkan analisis pada tahap *analyze* dan penerapan usulan perbaikan pada tahap *improve*. Pengendalian dilakukan dengan pengukuran ulang seperti pada tahap *measure*, tetapi setelah perbaikan diterapkan. Pengendalian ini melibatkan pengecekan berkala agar usulan perbaikan selalu diterapkan di perusahaan. Usulan perbaikan diterapkan di perusahaan selama 12 bulan untuk mengetahui dampak implementasinya. Setelah percobaan usulan perbaikan dilakukan di perusahaan, dibutuhkan data historis penggunaan bahan baku, jumlah produksi, dan jumlah *waste* yang dihasilkan selama 12 bulan masa percobaan untuk mengetahui apakah usulan perbaikan dapat meminimalkan persentase *waste* dan meningkatkan nilai sigma.

3.3 Analisis dan Pembahasan

Setelah dilakukan analisis menggunakan beberapa *tools* dengan metode DMAIC, didapatkan *waste* yang paling banyak dihasilkan pada proses produksi unit 1B yaitu jenis *waste flatstrips*. Penyebab timbulnya *waste flatstrips* karena mesin mengalami idle, performa mesin produksi kurang baik dan penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas. Berdasarkan analisis FMEA didapatkan saran dan rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan di perusahaan, yaitu:

1. Membuat penjadwalan produksi agar proses produksi dilakukan secara kontinu.

Perusahaan Bitratex menggunakan sistem *make to order*, dimana produksi akan dilakukan hanya jika ada pesanan, disaat tidak ada pesanan maka produksi akan dihentikan, hal tersebut akan membuat mesin menjadi *idle*, hal ini mengakibatkan mesin menjadi dingin, dan saat akan digunakan kembali, performa mesin kurang optimal yang menjadikan banyak timbulnya *waste*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu dengan pembuatan jadwal produksi yang kontinu dan proses produksi dilaksanakan lebih lama dengan cara pengaturan pada mesin agar mesin tetap beroperasi sehingga tidak mengalami *idle*.

2. Membuat SOP seperti *checksheet* untuk pemeliharaan mesin secara berkala dan mengganti sparepart mesin jika diperlukan.

Salah satu penyebab banyak *waste* yang dihasilkan yaitu karena performa mesin kurang optimal, hal ini dikarenakan tidak dilakukan pemeliharaan mesin secara berkala. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan yaitu dengan membuat SOP untuk pemeliharaan mesin secara berkala, salah satu contohnya dengan membuat *checksheet*.

3. Membuat SOP pengelolaan dan *maintenance* bahan baku di gudang.

Perbedaan kualitas bahan baku dapat mengakibatkan timbulnya *waste* pada proses produksi, hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan *setting* mesin yang harus disesuaikan dengan kualitas bahan baku yang berbeda. Maka, rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat SOP pengelolaan bahan baku di gudang.

Kondisi eksisting pada proses produksi Unit 1B pada PT. Bitratex Industries, didapatkan *waste* rata – rata perbulan sebesar 13.659,43 kg dengan persentase *waste* sebesar 3,49%. Dan didapatkan nilai sigma sebesar 3,26 sigma dan rata – rata DPMO sebesar 41.825,87. Setelah diterapkannya usulan perbaikan pada tahap *improve*, maka ditetapkan target perbaikan. Target perbaikan

didapatkan dari hasil diskusi dengan Supervisor Unit 1B di divisi Produksi dan Manager di Divisi Expor Impor dan Logistik. Berikut merupakan target perbaikan *waste* di Unit 1B.

Tabel 7. Target perbaikan waste di Unit 1B

Jenis Waste	Jumlah waste sebelum perbaikan	Target perbaikan	jumlah waste setelah perbaikan
<i>Flatstrips</i>	97322,0	80%	19464,4
<i>Hardwaste</i>	48988,7	0%	48988,7

Tabel 8. Nilai Sigma setelah perbaikan

Waktu	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	DPO	DPMO	Sigma
Sebelum Perbaikan	4.559.768,64	164.913,10	0,0362	36.166,99	3,30
Setelah Perbaikan	4.559.768,64	87.055,5	0,0191	16.092,09	3,57

Berdasarkan target perbaikan diatas, maka didapatkan nilai DPMO setelah perbaikan sebesar 19.092,09 dan didapatkan nilai sigma sebesar 3,57. Jadi, diharapkan akan terjadi peningkatan nilai sigma sebesar 0,27 sigma.

Waktu	bahan baku	waste	persentase waste
Sebelum Perbaikan	4.723.664,88	164.913,10	3,49%
Setelah Perbaikan	4.723.664,88	87.055,50	1,84%

Berdasarkan tabel diatas didapatkan perbandingan dengan penggunaan bahan baku pada proses produksi unit 1B, didapatkan perbedaan antar sebelum perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan. Setelah diterapkan usulan perbaikan yang diberikan, persentase waste dapat turun yaitu sebesar 1,84% perbulannya, sehingga sudah menjawab tujuan penelitian yaitu mengurangi persentase *waste* dibawah SOP perusahaan, yaitu 2% perbulannya.

4. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang didapatkan dari pengolahan data yang dilakukan pada penelitian yang dilakukan.

1. Berdasarkan tahap *measure* dalam DMAIC yaitu dengan menggunakan perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma didapatkan Nilai sigma paling rendah pada bulan Februari 2023 dengan nilai DPMO sebesar 89.369,00 dengan nilai sigma sebesar 2,89 sigma. Sedangkan nilai DPMO tertinggi bulan Juni 2023, yaitu sebesar 18.670,82 dengan nilai sigma sebesar 3,59 sigma. Rata-rata nilai sigma yaitu sebesar 3,26 dan nilai rata-rata DPMO ialah 41.825,87. Sehingga proses produksi pada Unit 1B termasuk ke dalam klasifikasi setara dengan standar industri Indonesia.
2. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan *pareto chart*, didapatkan jenis *waste* yang paling banyak dihasilkan yaitu jenis *flatstrips*. Hal tersebut disebabkan dari beberapa faktor, seperti mesin mengalami *waiting* dikarenakan proses produksi tidak

<i>Pneumaphil</i>	17137,8	0%	17137,8
<i>Fanwaste</i>	1464,6	0%	1464,6
Total	164913,1	52,79%	87055,5

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan target perbaikan sejumlah 80% pada *flatstrip* dan tidak ada perbaikan pada jenis *waste* yang lain. Target tersebut dapat mengurangi jumlah *waste* sebesar 52,79% atau sebesar 87.055,5 kg *waste* per bulan.

dilaksanakan secara kontinu dan kurangnya *maintenance* terhadap sparepart mesin produksi.

3. Berdasarkan analisis FMEA, didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu pada performa mesin produksi yang kurang baik, maka rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan yaitu dengan pembuatan SOP yang jelas terkait pemeliharaan mesin – mesin produksi secara berkala dan mengganti *sparepart* mesin jika diperlukan. RPN tertinggi kedua yaitu Mesin mengalami *idle*, maka rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah Membuat penjadwalan produksi agar proses produksi dilakukan secara kontinu. Dan nilai RPN tertinggi ketiga yaitu Penggunaan bahan baku dengan kualitas material yang kurang berkualitas, sehingga rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat SOP pengelolaan dan *maintenance* bahan baku di gudang.
4. Proses pengendalian atau *controlling* berdasarkan apa yang telah dianalisa pada tahap *analyze* kemudian setelah diterapkannya usulan perbaikan pada tahap *improve*. Pengendalian dilakukan dengan pengukuran ulang seperti pada tahap *measure* tetapi setelah dilakukan perbaikan. Pengendalian dilakukan dengan pengukuran ulang seperti pada tahap *measure*, tetapi setelah perbaikan diterapkan. Pengendalian ini melibatkan pengecekan berkala agar usulan perbaikan selalu diterapkan di perusahaan. Usulan perbaikan diterapkan di perusahaan selama 12 bulan untuk mengetahui dampak implementasinya. Setelah percobaan usulan perbaikan dilakukan di perusahaan, dibutuhkan data historis penggunaan bahan baku, jumlah produksi, dan jumlah limbah yang dihasilkan selama 12 bulan masa percobaan untuk mengetahui apakah usulan perbaikan dapat meminimalkan persentase limbah dan meningkatkan nilai sigma.
5. Setelah diterapkannya usulan perbaikan pada tahap *improve*, maka ditetapkan target perbaikan. Target perbaikan didapatkan dari hasil diskusi dengan Supervisor Unit 1B di divisi Produksi dan Manager di

Divisi Expor Impor dan Logistik, didapatkan target perbaikan sejumlah 80% pada *flatstrip* dan tidak ada perbaikan pada jenis *waste* yang lain. Target tersebut dapat mengurangi jumlah *waste* sebesar 52,79% atau sebesar 87,055,5 kg *waste* per bulan. Berdasarkan target perbaikan diatas, didapatkan nilai DPMO setelah perbaikan sebesar 16.092,09 dan didapatkan nilai sigma sebesar 3,57. Jadi, diharapkan akan terjadi peningkatan nilai sigma sebesar 0,27 sigma. Berdasarkan perbandingan dengan penggunaan bahan baku pada proses produksi unit 1B, didapatkan perbedaan antar sebelum perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan. Setelah diterapkan usulan perbaikan yang diberikan, persentase *waste* dapat turun yaitu sebesar 1,84% perbulannya, sehingga sudah menjawab tujuan penelitian yaitu mengurangi persentase *waste* dibawah SOP perusahaan, yaitu 2% perbulannya.

5. Daftar Pustaka.

- [1] Wahyuni dan H. Catur, Pengendalian Kualitas, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [2] A. Kusumawati dan L. Fitriyeni, "Pengendalian Kualitas Proses Pengemasan Gula Dengan Pendekatan Six Sigma," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri Vol 1*, pp. 43-48, 2017.
- [3] Y. Yusuf Muchsinin dan W. Sulistiyowati, "Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Kecacatan Produk Dengan Metode Lean Six Sigma Dan Fault Tree Analysis," *Procedia of Engineering and Life Science Vol. 3*, 2022.
- [4] H. Budiwati, "Pendekatan Lean Six Sigma dalam Penentuan Prioritas Perbaikan Layanan Bank Berdasarkan Persepsi, Harapan dan Kepentingan Nasabah," *Jurnal Manajemen/Volume XXI, No. 01*, pp. 1-16, 2017.
- [5] G. Brue, Six Sigma for Managers, United States of America: McGraw-Hill, 2002.
- [6] N. Jatun dan A. Zaqi, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Six Sigma dan TRIZ Untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan Produk Di UD Cantenan," *JURNAL ILMIAH TEKNIK INDUSTRI DAN INOVASI*, 2024.
- [7] Keller dan Pyzdek, The Six Sigma Handbook, Fourth Edition, McGrawHill Professional, 2010.
- [8] D. R. Nasution, A. Hasibuan dan S. R. Sibuea, "Pengendalian Kualitas CPO untuk Meminimumkan ALB Menggunakan Metode DMAIC," *Jurnal Teknik*, 2022.
- [9] R. Firmansyah dan P. Yuliarty, "Implementasi Metode DMAIC pada Pengendalian Kualitas Sole Plate di PT Kencana Gemilang," *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI)*, pp. 167-180, 2020.
- [10] Probokusumo, A. Susanti dan S. Hartini,] "ANALYSIS OF DEFECTIVE QUALITY CONTROL OF POWDERED DRINKS USING THE SIX SIGMA METHOD ON MULTILANE MACHINES," *Journal Of Industrial Engineering Management*, pp. 195-202, 2022.
- [11] Grosfeld-Nir, Ronen dan Kozlovsky, "The Pareto Managerial Principle: When does it?," *International Journal of Production Research*, 2007.
- [12] Kuswardana, "Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method And 5-Why Analysis) Di PT. PAL Indonesia," 2017.
- [13] A. Wicaksono dan F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Meminimalkan Cacat Kaleng di PT XYZ," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, pp. 145-154, 2022.
- [14] E. Walzer, "formula4media," Oktober 2023.] [Online]. Available: [https://www.formula4media.com/publication/textil e-insight](https://www.formula4media.com/publication/textil-e-insight).