

Analisis *Defect Painting* Pada Proses Pengecatan Tanki Mobil Dengan Menggunakan Metode *Six Sigma* (DMAIC)

Hendra Setiawan¹, Agus Andriyansyah², Mega Purnamasari³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimantan No.9, Cibatu, Kec. Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi 17530

Email: stwnhendral11@gmail.com¹, agus.andriyansyah.88@gmail.com², mega@pelitabangsa.ac.id³

ABSTRAK

Ketidaktepatan pada proses pengecatan komponen otomotif dapat menurunkan ketahanan fisik produk terhadap korosi serta memicu peningkatan biaya operasional akibat pengerjaan ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan proses pelapisan tangki mobil serta merumuskan strategi perbaikan berbasis metode *Six Sigma* dengan kerangka kerja DMAIC pada PT. XYZ. Evaluasi kuantitatif dilakukan terhadap data produksi periode Januari hingga Maret 2026. Hasil pengolahan data menunjukkan kualitas proses aktual perusahaan berada pada tingkat 2,92 sigma dengan nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) sebesar 78.400. Melalui analisis diagram Pareto, ditemukan bahwa jenis cacat yang paling mendominasi adalah lapisan cat tipis dengan kontribusi sebesar 47,84% dari total kegagalan. Hasil analisis diagram *Fishbone* mengonfirmasi bahwa penyimpangan ini dipicu oleh ketidaktepatan operator, inkonsistensi tekanan pada perangkat *spray gun*, serta variasi viskositas material cat. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan meliputi standarisasi ulang pengaturan alat semprot, pelatihan intensif bagi tenaga kerja, dan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pengendalian kualitas yang baru untuk mengunci konsistensi performa proses secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Six Sigma*, DMAIC, Pengendalian Kualitas, Pengecatan Tanki.

ABSTRACT

Imperfections in the painting process of automotive components can reduce the physical resistance of the product against corrosion and trigger an increase in operational costs due to rework. This study aims to identify the root causes of coating failures on car tanks and formulate improvement strategies based on the Six Sigma method using the DMAIC framework at PT. FTS. Quantitative evaluation was conducted on production data from January to March 2026. The results of data processing show that the company's actual process quality is at the level of 2.92 sigma with a corresponding Defects Per Million Opportunities (DPMO) value of 78.400. Through Pareto diagram analysis, it was discovered that the most dominating defect type is thin paint layer, contributing 47.84% of the total failures. Fishbone diagram analysis confirms that this deviation is triggered by operator inaccuracies, pressure inconsistencies in the spray gun equipment, and variations in paint material viscosity. The proposed improvement recommendations include restandardizing spray tool settings, intensive training for the workforce, and drafting new quality control Standard Operating Procedures (SOP) to lock process performance consistency sustainably.

Keywords: *Six Sigma*, DMAIC, Quality Control, Tank Painting.

Pendahuluan

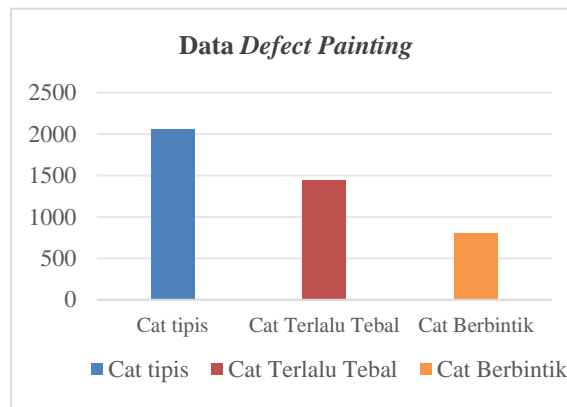
Dalam industri manufaktur komponen otomotif, kualitas finishing merupakan indikator krusial yang menentukan kepuasan pelanggan dan daya saing perusahaan [1]. Namun, variabilitas proses produksi sering kali memicu munculnya cacat produk yang berdampak pada peningkatan biaya *rework* dan potensi kerugian finansial yang signifikan [2]. PT. XYZ, sebagai produsen komponen tangki mobil, saat ini menghadapi kendala operasional berupa tingginya tingkat kecacatan pada lini pengecatan (*painting*), yang secara langsung mengganggu stabilitas rantai pasok ke dealer utama [3]. Mengingat pentingnya aspek presisi pada tahap pelapisan untuk menjamin ketahanan produk dari korosi, diperlukan pendekatan penjaminan mutu yang terstruktur untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah secara objektif [4]. Oleh karena itu, metodologi *Six Sigma* dengan kerangka kerja *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) dipilih sebagai solusi strategis untuk memitigasi risiko *defect* secara sistematis dan berkelanjutan [5] [6].

Penyebab kegagalan pada proses pengecatan tangki mobil dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama yang bersumber dari variabilitas internal proses produksi [7]. Faktor-faktor tersebut umumnya berasal dari keterbatasan stabilitas mekanis pada peralatan, fluktuasi parameter material, hingga faktor kelalaian manusia dalam pengoperasian alat semprot cat manual maupun semi-otomatis [8]. *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) adalah metodologi berbasis data yang digunakan dalam *Six Sigma* untuk memperbaiki proses yang ada, menghilangkan akar masalah, dan

mencapai hasil pengendalian kualitas yang berkelanjutan [9]. Tahapan DMAIC digunakan untuk memetakan langkah-langkah perbaikan secara sistematis dengan pendekatan berbasis data kuantitatif, sehingga keputusan korektif yang diambil pihak manajemen perusahaan menjadi lebih akurat, objektif, dan dapat diukur secara matematis [10].

Meskipun metode *Six Sigma* dengan kerangka kerja DMAIC telah luas diterapkan di industri manufaktur global, penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan analisis komprehensif terhadap cacat cat tipis pada lini pengecatan tangki bahan bakar kendaraan masih sangat terbatas [11]. Sebagian besar studi terdahulu cenderung berfokus pada optimalisasi lini perakitan utama (*main assembly*) atau kekuatan struktural material, tanpa mendalami variabilitas harian di bilik pengecatan (*spray booth*) yang masih mengombinasikan metode manual [12]. Penelitian ini mengisi celah (*research gap*) tersebut dengan menerapkan integrasi DMAIC secara penuh untuk memetakan keterkaitan antara kegagalan cat tipis dengan parameter operasional yang tidak stabil. Kebaruan studi ini terletak pada pemetaan akar penyebab spesifik melalui diagram *Fishbone* yang dikombinasikan dengan perhitungan DPMO presisi, guna menghasilkan draf Standar Operasional Prosedur (SOP) yang dirancang khusus untuk mengunci konsistensi kualitas pelapisan di PT. XYZ [13].

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan di lapangan, data rekapitulasi produksi tangki mobil sepanjang periode Januari hingga Maret 2026 menunjukkan fluktuasi tingkat kecacatan produk yang cukup signifikan dari target batas toleransi *zero defect* perusahaan.



Gambar 1. Data Defect Painting

Merujuk pada data pemantauan awal tersebut, diketahui bahwa terdapat tiga jenis *defect painting* pada PT. XYZ selama 3 bulan penelitian, yaitu cat tipis, cat terlalu tebal, dan cat berbintik. *Defect* cat tipis memiliki kontribusi sebesar 2.060 *defect*, cat terlalu tebal sebesar 1.443 *defect*, dan cat berbintik sebesar 803 *defect*. Salah satu jenis kegagalan yang paling dominan dan memerlukan penanganan segera adalah indikasi lapisan cat yang tipis pada permukaan tangki. Tingginya angka kecacatan ini mempertegas perlunya audit kualitas proses secara menyeluruh melalui pendekatan *Six Sigma* untuk memetakan sejauh mana kapabilitas proses produksi aktual PT. XYZ berada saat ini.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan, baik secara akademik melalui pengayaan literatur mengenai adaptasi metodologi *Six Sigma* pada proses manufaktur semi-otomatis, maupun secara praktis dengan menjadi panduan strategis bagi PT. XYZ dalam menekan biaya *rework* melalui peningkatan kualitas pengecatan. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi penuh kerangka kerja DMAIC yang secara spesifik memetakan akar penyebab cacat cat tipis melalui kombinasi diagram *Fishbone* dan perhitungan DPMO presisi dalam lingkungan *spray booth* yang masih mengombinasikan metode manual. Melalui implementasi usulan perbaikan yang terstruktur, penelitian ini tidak hanya bertujuan memperbaiki sistem pengendalian kualitas berbasis SOP yang komprehensif, tetapi juga menargetkan peningkatan kapabilitas proses secara terukur, yaitu mendongkrak level *sigma* dari kondisi aktual 2,92 menuju level target yang lebih tinggi melalui reduksi angka *defect* yang konsisten.

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan jenis pendekatan deskriptif kuantitatif guna memetakan operasional pengendalian kualitas pada lini produksi secara faktual [14]. Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus dengan mengadopsi kerangka kerja operasional *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) [15]. Objek penelitian ini berfokus secara spesifik pada sistem pengecatan (*painting process*) tangki mobil dan kendala munculnya cacat (*defect*) produk yang terjadi pada PT. XYZ. Kriteria pemilihan objek didasarkan pada posisi strategis lini pengecatan sebagai penentu kualitas estetika dan proteksi korosi komponen, serta adanya deviasi performa kualitas pada periode pengamatan Januari hingga Maret 2026.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan secara kombinitif yang meliputi pengumpulan data primer dan sekunder [16]. Data primer diperoleh secara langsung di lapangan melalui observasi visual terhadap alur kerja penyiapan permukaan logam, penyemprotan cat, hingga pengeringan, serta wawancara terstruktur bersama pihak internal seperti kepala produksi, operator pengecatan, dan personel *quality control*. Dalam mengumpulkan data primer, terdapat beberapa teknik yang digunakan oleh penulis diantaranya:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung proses penyiapan material tangki, pengaturan tekanan udara pada perangkat semprot, pencampuran viskositas cat, hingga mekanisme inspeksi produk akhir oleh tim *quality control*. Tujuan observasi ini adalah untuk mengetahui kondisi aktual di lapangan dan mengidentifikasi titik-titik potensial terjadinya kegagalan proses pengecatan.

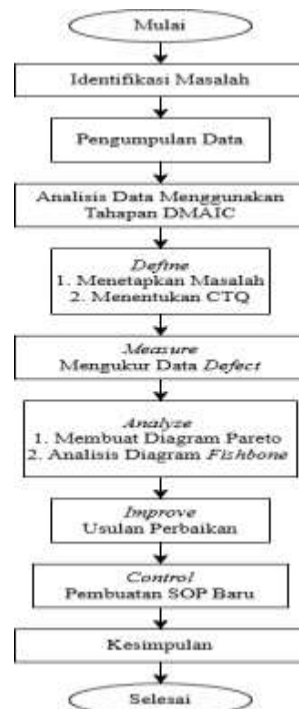
2. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada tiga orang karyawan yang terdiri dari kepala produksi, *supervisor quality assurance*, dan operator lini pengecatan. Wawancara ini bertujuan untuk konfirmasi awal dalam memperoleh informasi mendalam mengenai kendala teknis yang dihadapi selama proses operasional berlangsung, seperti fluktuasi tekanan kompresor, kondisi kebersihan *spray booth*, dan tingkat kelelahan kerja operator.

Selanjutnya, data sekunder diperoleh langsung secara riil melalui ekstraksi laporan kendali mutu (*check sheet*) harian pada sistem informasi database internal *quality control* PT. XYZ. Penggunaan data berbasis sistem log (*data-driven*) ini dipilih untuk menjamin validitas, akurasi, dan reliabilitas data yang objektif tanpa bias subjektivitas, sekaligus memastikan bahwa penelitian ini memiliki tingkat replikabilitas yang tinggi bagi peneliti selanjutnya [17]. Selain itu, data sekunder juga mencakup hasil kajian literatur berupa jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, dan buku teks akademis yang berkaitan dengan manajemen mutu manufaktur, metodologi *Six Sigma*, dan teknologi pelapisan logam [18].

Guna menjamin validitas dan reliabilitas data, penelitian ini menerapkan prosedur triangulasi data dengan membandingkan informasi dari observasi lapangan, wawancara mendalam, dan data sekunder dari sistem *database* perusahaan. Untuk mengontrol bias observasi, peneliti melakukan pengamatan pada jam operasional yang berbeda (pagi dan malam) serta dilakukan secara *non-participant observation* guna meminimalisir efek *Hawthorne*, di mana subjek penelitian mengubah perilaku karena merasa diawasi [18]. Selain itu, hasil wawancara diverifikasi melalui member *checking* kepada responden terkait untuk memastikan kesesuaian antara interpretasi peneliti dengan kondisi aktual di lini pengecatan. Penggunaan data sekunder berupa *check sheet* harian yang diambil langsung dari sistem informasi manajemen mutu PT. XYZ juga berfungsi sebagai instrumen validasi utama untuk mengeliminasi bias subjektivitas dalam perhitungan jumlah *defect*.

Teknik Analisis Data

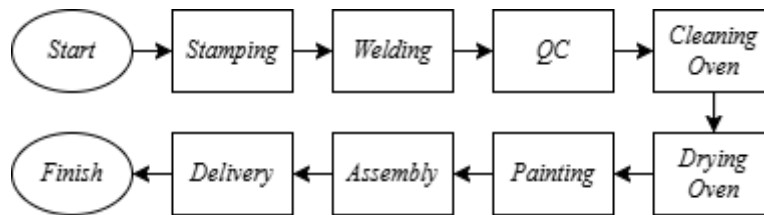


Gambar 2. Tahapan DMAIC

Teknik analisis data dijalankan secara sistematis mengikuti kerangka kerja DMAIC kuantitatif [19]. Pada tahap *Define*, dilakukan penentuan *Critical To Quality* (CTQ) untuk mengidentifikasi karakteristik fisik tangki yang krusial bagi konsumen [20]. Selanjutnya, tahap *Measure* mengukur kapabilitas proses aktual lini pengecatan PT. XYZ melalui perhitungan matematis nilai *Defect Per Unit* (DPU), *Defects Per Opportunity* (DPO), *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), dan konversi level *sigma*. Memasuki fase *Analyze*, pendekatan kombinasi diagram Pareto digunakan untuk mengurutkan prioritas cacat tertinggi, yang kemudian diisolasi akar penyebabnya menggunakan diagram *Fishbone* berdasarkan kategori *man, method, machine, material, dan environment* [21]. Berdasarkan temuan sebab-akibat tersebut, tahap *Improve* dilaksanakan dengan menyusun rekomendasi solusi teknis operasional guna mendongkrak efisiensi mutu sekaligus mereduksi pengerjaan ulang (*rework*). Sebagai langkah akhir, fase *Control* diwujudkan melalui penyusunan draf regulasi Standar Operasional Prosedur (SOP) pengawasan mutu baru serta mekanisme evaluasi berkala untuk mengunci stabilitas performa proses agar cacat tidak kembali berulang di masa mendatang.

Hasil Dan Pembahasan

Proses Produksi



Gambar 3. Proses produksi

Proses pembuatan tangki bahan bakar mobil di PT. XYZs diawali dari persiapan *raw material* berupa *coil steel* (baja canai dingin atau berlapis anti-korosi) yang melalui *incoming inspection* sebelum dibuka, diluruskan, dan dipotong pada proses *blanking*. Lembaran hasil pemotongan (*blank*) kemudian dikirim ke lini *stamping* untuk dibentuk menjadi dua bagian utama (*upper shell* dan *lower shell*) menggunakan *press machine* dan *dies*. Tahapan *stamping* ini mencakup proses *deep drawing* untuk membentuk kontur dasar, *trimming* untuk merapikan tepi, *piercing* untuk melubangi jalur *inlet/outlet*, serta *flanging/hemming* untuk memperkuat area sambungan. Selanjutnya, kedua bagian *shell* diposisikan secara presisi menggunakan *fixture* untuk disatukan melalui metode *seam welding* dan *spot welding* sepanjang garis pertemuan guna menghasilkan struktur tangki berdimensi panjang 44,38 cm, lebar 29,66 cm, dan luas 1.316,31cm² yang kokoh serta kedap udara.

Setelah struktur tangki dinyatakan lolos uji kebocoran dan pengolahan permukaan (*surface treatment*), komponen memasuki tahapan krusial yaitu proses *painting*. Proses pelapisan ini mengadopsi sistem pengecatan khusus, seperti pengecatan fluorinasi, yang diterapkan secara spesifik pada permukaan material komponen otomotif termasuk tangki bahan bakar dan *filler pipes*. Implementasi pelapisan khusus ini bertujuan utama untuk memberikan proteksi jangka panjang pada permukaan tangki dari risiko korosi akibat paparan lingkungan ekstrem, mencegah terjadinya kebocoran hidrokarbon, serta meningkatkan ketahanan fisik komponen terhadap zat kimia agresif sebelum akhirnya memasuki tahap pemeriksaan akhir (*final inspection*).



Gambar 4. Hasil produksi tangki mobil

Define

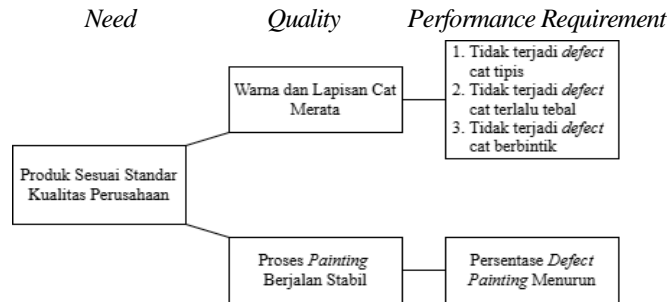
Tahap *Define* merupakan tahap awal dalam metode *Six Sigma* yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang terjadi pada proses produksi serta menentukan fokus perbaikan yang akan dilakukan. Pada penelitian ini, tahap *Define* dilakukan dengan mengidentifikasi jenis *defect painting* yang terjadi pada proses pengecatan tangki mobil di PT. XYZ berdasarkan data dari bulan Januari sampai Maret 2026.

Tabel 1. Data *defect painting*

Bulan	Jumlah Produksi (Unit)	Defect Painting			Total Defect	Persentase
		Cat tipis	Cat Terlalu Tebal	Cat Berbintik		

Januari	8.742	682	497	267	1.446	7,50%
Februari	10.836	775	535	286	1.596	5,25%
Maret	7.899	603	411	250	1.264	2,92%
Total	27.477	2.060	1.443	803	4.306	15,67%

Setelah menentukan masalah utama pada proses painting di PT. XYZ dilakukan identifikasi CTQ yang merupakan karakteristik kualitas utama yang berpengaruh terhadap hasil pengecatan tanki mobil. Penentuan CTQ dilakukan berdasarkan kebutuhan pelanggan serta hasil identifikasi proses yang berpotensi menimbulkan *defect* pada proses *painting*. Adapun CTQ pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 5. CTQ proses *painting*

Berdasarkan gambar di atas, kebutuhan mendasar untuk mencapai produk tanki mobil yang sesuai dengan standar kualitas perusahaan diturunkan ke dalam dua dimensi mutu utama, yaitu keseragaman warna dan lapisan cat serta stabilitas jalannya proses *painting*. Dimensi warna dan lapisan cat yang merata diukur secara kuantitatif melalui tiga parameter performa ketat, meliputi eliminasi total terhadap keterjadian *defect* cat tipis, pencegahan munculnya cacat cat terlalu tebal, serta penihilan *defect* cat berbintik pada permukaan tanki. Di sisi lain, dimensi stabilitas operasional pada proses *painting* menuntut indikator kinerja berupa penurunan persentase cacat pengecatan secara konsisten dari waktu ke waktu. Melalui integrasi persyaratan teknis ini, draf CTQ menetapkan batas toleransi spesifik yang menjadi acuan utama tim *quality control* (QC) PT. XYZ untuk mengevaluasi sekaligus mengunci konsistensi kualitas pelapisan pelindung produk.

Measure

Tahap *Measure* merupakan tahap pengukuran pada pendekatan DMAIC yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja proses produksi berdasarkan jumlah *defect* yang terjadi. Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap jumlah *defect painting* pada proses pengecatan tanki mobil di PT. XYZ selama periode Januari sampai Maret 2026. Selanjutnya, data tersebut disajikan melalui *check sheet* sebagai sampel pembuktian pencatatan *defect*, membuat histogram, menghitung nilai DPMO, dan level *sigma* sebagai dasar dalam mengevaluasi performa proses *painting* tanki mobil.

1. *Check Sheet*

Check sheet merupakan salah satu alat bantu pengendalian kualitas yang digunakan untuk mengumpulkan dan mencatat data *defect* secara sistematis. Data yang dicatat dalam *check sheet* meliputi jenis-jenis *defect painting* yaitu *defect* cat tipis, cat terlalu tebal, dan cat berbintik. Penggunaan *check sheet* bertujuan untuk mempermudah proses pengelompokan dan perhitungan jumlah *defect* pada setiap periode. Berikut ini disajikan gambar *check sheet defect painting* pada PT. FTS selama bulan Januari hingga Maret 2026:

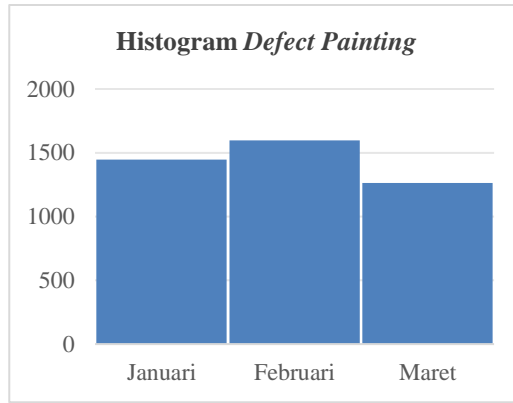


Gambar 6. *Check sheet defect painting*

Berdasarkan pada gambar di atas, diketahui bahwa pada bulan Januari hingga Maret 2026 memiliki jumlah *defect* cat tipis sebanyak 1.446 kasus, *defect* cat terlalu tebal sebanyak 1.596 kasus, dan *defect* cat berbintik sebanyak 1.264 kasus.

2. Histogram

Histogram digunakan untuk menggambarkan distribusi frekuensi *defect* yang terjadi pada proses *painting* selama periode pengamatan. Data pada *check sheet* di atas, akan disajikan ke dalam histogram untuk mengetahui frekuensi *defect* yang paling sering muncul selama proses berlangsung. Berikut ini disajikan gambar histogram *defect painting* sebagai berikut:



Gambar 7. Histogram defect painting

3. Nilai *sigma*

Perhitungan nilai *sigma* dilakukan untuk mengetahui tingkat kualitas proses *painting* berdasarkan jumlah *defect* yang terjadi selama periode pengamatan. Untuk menentukan nilai *sigma* maka diperlukan perhitungan nilai *Defect Per Unit* (DPU), *Defect Per Opportunities* (DPO), dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. *Defect per unit* (DPU)

DPU adalah jumlah cacat yang terjadi dalam satu unit produk atau proses. DPU membantu dalam mengukur kualitas dengan melihat berapa banyak cacat yang terjadi pada setiap unit yang diperiksa. Adapun rumus DPU adalah sebagai berikut:

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Unit}} \quad (1)$$

b. *Defect per opportunities* (DPO)

DPO adalah jumlah cacat yang terjadi dibagi dengan jumlah total peluang untuk cacat terjadi dalam satu unit. DPO ini memberikan gambaran lebih spesifik tentang dimana cacat mungkin terjadi dalam proses atau produk. Adapun rumus DPO adalah sebagai berikut:

$$DPO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Unit} \times \text{CTQ}} \quad (2)$$

c. *Defect per million opportunities* (DPMO)

DPMO adalah metrik yang menormalkan jumlah cacat terhadap satu juta peluang. DPMO mengukur seberapa sering cacat terjadi dalam satu juta peluang. Adapun rumus DPMO adalah sebagai berikut:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (3)$$

Dari rumus di atas, hasil akhir akan dimasukkan ke dalam tabel. Dari data yang telah diolah dapat disajikan dalam bentuk Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Nilai *sigma*

Bulan	Jumlah Produksi (unit)	Jumlah Defect (unit)	CTQ	DPU	DPO	DPMO	Nilai <i>sigma</i>
Januari	8.742	1.446	2	0,165	0,0827	82.700	2,89
Februari	10.836	1.596	2	0,147	0,0736	73.600	2,95
Maret	7.899	1.264	2	0,16	0,080	80.000	2,91
Total	27.477	4.306	2	0,156	0,0784	78.400	2,92

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO dan nilai *sigma*, diketahui bahwa tingkat kapabilitas proses *painting* di PT. XYZ masih berada pada level *sigma* yang relatif rendah, yaitu rata-rata sebesar 2,92 *sigma*. Nilai *sigma* tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 2,95 *sigma*, sedangkan nilai *sigma* terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 2,89 *sigma*. Rendahnya nilai *sigma* tersebut menunjukkan bahwa proses pengecatan masih memiliki tingkat *defect* yang cukup tinggi dan belum mencapai kondisi proses yang optimal.

Secara praktis, capaian level *sigma* sebesar 2,92 menunjukkan bahwa proses pengecatan PT. XYZ masih menghasilkan *defect* dalam proporsi yang cukup tinggi, yang berdampak langsung pada inefisiensi alur produksi. Tingginya angka DPMO ini mengindikasikan bahwa perusahaan kehilangan kapasitas produktif yang signifikan akibat banyaknya unit yang memerlukan *rework*. Secara finansial, kegagalan pengecatan ini tidak hanya meningkatkan biaya operasional akibat tambahan penggunaan material cat dan *thinner*, tetapi juga memperpanjang *lead time* produksi yang berpotensi menghambat pemenuhan target pengiriman ke diler utama. Dengan demikian, peningkatan level *sigma* bukan sekadar target statistik, melainkan langkah krusial untuk

menekan pemborosan (*waste*) dan memulihkan margin keuntungan perusahaan melalui optimalisasi penggunaan sumber daya yang selama ini terbuang pada proses pengerjaan ulang.

Analyze

Tahap *Analyze* bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama *defect* pada proses *painting* di PT. XYZ. Setelah dilakukan pengukuran pada tahap *Measure*, diketahui bahwa tingkat *defect painting* masih cukup tinggi dan nilai *sigma* belum mencapai kondisi optimal. Analisis pada tahap ini dilakukan menggunakan beberapa alat bantu yaitu diagram Pareto untuk mengidentifikasi masalah yang paling dominan dan diagram *Fishbone* untuk menemukan penyebab utama *defect painting* pada proses *painting* tanki mobil.

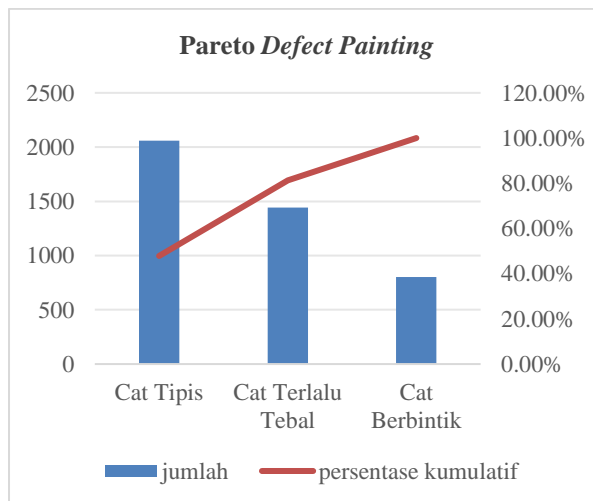
1. Diagram pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang paling dominan dalam proses *painting* sehingga dapat ditentukan prioritas perbaikan. Prinsip diagram pareto mengacu pada konsep 80/20, dimana sebagian besar masalah biasanya disebabkan oleh beberapa faktor utama. Data jumlah *defect* yang terjadi selama proses penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Tabel pareto *defect painting*

Jenis Defect	Jumlah Defect (Unit)	Persentase	Persentase Kumulatif
Cati tipis	2.060	47,84%	47,84%
Cat terlalu tebal	1.443	33,51%	81,35%
Cat bintik	803	18,65%	100%
Total	4.306	100%	

Perhitungan pada Tabel 3 di atas, dapat digambarkan dalam diagram pareto yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram pareto *defect painting*

Berdasarkan diagram pareto yang telah dibuat, diketahui bahwa jenis *defect painting* yang paling dominan terjadi adalah cat tipis dengan jumlah kejadian sebanyak 2.060 *defect* atau sebesar 47,84% dari total keseluruhan *defect painting*. Setelah diketahui jenis *defect* yang paling dominan yaitu cat tipis melalui analisis pareto, langkah selanjutnya diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui faktor penyebab utama cat tipis sehingga dapat dilakukan usulan perbaikan yang tepat.

2. Diagram *fishbone*

Berdasarkan hasil analisis Pareto, diketahui bahwa *defect* cat tipis menjadi permasalahan utama pada proses pengecatan tanki mobil di PT. XYZ yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam upaya pengendalian kualitas. Pada tahap ini, analisis penyebab masalah dilakukan menggunakan diagram *fishbone* dengan mengelompokkan faktor penyebab ke dalam lima kategori utama, yaitu *man* (manusia), *machine* (mesin atau peralatan), *method* (metode), *material* (bahan baku), dan *environment* (lingkungan). Pengelompokan tersebut dilakukan agar proses identifikasi akar penyebab keterlambatan dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan sistematis. Berikut ini disajikan digram *fishbone* untuk masalah utama yaitu cat tipis, sebagai berikut:



Gambar 9. Diagram *fishbone* cat tipis

a. *Man* (manusia)

Faktor manusia menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* cat tipis pada proses *painting*. Operator yang kurang teliti saat melakukan penyemprotan cat dapat menyebabkan ketebalan cat tidak merata pada permukaan tanki mobil. Selain itu, kurangnya pengawasan selama proses pengecatan berlangsung turut menyebabkan operator tidak bekerja sesuai standar proses yang telah ditentukan.

b. *Method* (metode)

Pada faktor metode, *defect* cat tipis dapat terjadi akibat jarak pengecatan yang tidak sesuai standar sehingga lapisan cat yang dihasilkan menjadi terlalu tipis. Kecepatan penyemprotan yang tidak stabil juga dapat menyebabkan distribusi cat tidak merata pada permukaan tanki mobil. Selain itu, teknik penyemprotan yang tidak konsisten menjadi faktor yang mempengaruhi kualitas hasil *painting*.

c. *Machine* (mesin atau peralatan)

Faktor mesin juga mempengaruhi terjadinya *defect* cat tipis. Tekanan *spray gun* yang tidak stabil dapat menyebabkan cat yang keluar tidak merata sehingga menghasilkan lapisan cat yang terlalu tipis. Selain itu, *nozzle spray gun* yang kotor dapat menghambat aliran cat saat proses penyemprotan berlangsung. Sehingga mempengaruhi kualitas hasil pengecatan.

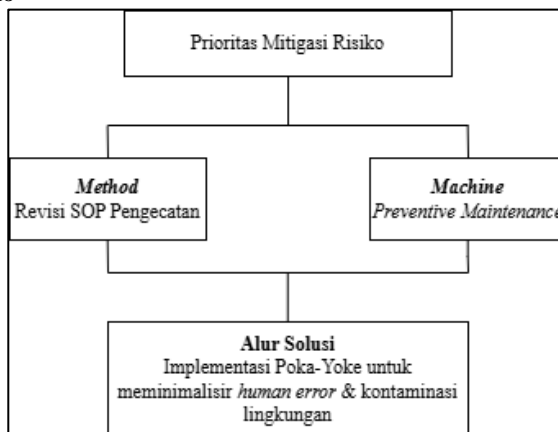
d. *Material* (bahan baku)

Faktor material berkaitan dengan kualitas dan komposisi bahan cat yang digunakan pada proses *painting*. Cat yang digunakan sudah melawati masa berlaku, sehingga kualitas cat tersebut menurun dan memberikan hasil yang kurang maksimal. Kualitas cat yang kurang baik dapat mempengaruhi daya rekat dan ketebalan hasil pengecatan. Selain itu, menggunakan cat yang terlalu encer menyebabkan lapisan cat yang tipis dan mudah rusak.

e. *Environment* (lingkungan)

Faktor lingkungan turut mempengaruhi proses pengecatan tanki mobil. Area *painting* yang berdebu dapat mengganggu kualitas hasil pengecatan dan menyebabkan proses penyemprotan tidak optimal. Pencahayaan yang kurang baik dapat membuat operator sulit melihat ketebalan cat secara akurat saat proses *painting* berlangsung. Selain itu, suhu ruangan yang tidak stabil dan sirkulasi udara yang kurang baik dapat mempengaruhi proses pengeringan serta penyebaran cat pada permukaan tanki mobil.

3. Prioritas mitigasi risiko



Gambar 10. Prioritas mitigasi risiko

Berdasarkan gambar di atas, hasil dari pemetaan akar penyebab melalui diagram *Fishbone*, ditemukan bahwa faktor dominan berasal dari inkonsistensi *method* (prosedur aplikasi manual) dan

machine (tekanan udara pada *spray gun* yang tidak stabil). Oleh karena itu, prioritas mitigasi risiko difokuskan pada dua aspek utama: pertama, standarisasi teknis operasional melalui revisi SOP pengecatan, dan kedua, pemeliharaan preventif pada perangkat *spray gun* untuk menjamin stabilitas tekanan udara. Alur solusi yang diusulkan mengintegrasikan mekanisme poka-yoke sederhana pada titik kritis pengecatan untuk meminimalisir kesalahan operator (*man*). Langkah ini dirancang secara sistematis agar perbaikan tidak hanya menyentuh aspek teknis, namun juga memperkuat pengendalian lingkungan (*environment*) guna mencegah kontaminasi partikel pada lapisan cat. Prioritas mitigasi ini dipetakan ke dalam matriks tindakan yang menghubungkan penyebab utama dengan efektivitas biaya, guna memastikan bahwa setiap usulan perbaikan memberikan dampak langsung pada reduksi kecacatan secara berkelanjutan.

Improve

Tahap *Improve* merupakan tahap perbaikan dalam metode *Six Sigma* yang bertujuan untuk memberikan usulan tindakan perbaikan terhadap faktor-faktor penyebab *defect* yang telah diidentifikasi pada tahap *Analyze*. Pada penelitian ini, usulan perbaikan difokuskan pada *defect* cat tipis karena merupakan jenis *defect* yang paling dominan terjadi pada proses pengecatan tanki mobil di PT. XYZ. Berikut ini disajikan Tabel usulan perbaikan untuk setiap faktor penyebab *defect* pada PT. XYZ:

Tabel 4. Usulan Perbaikan

Faktor	Penyebab	Usulan Perbaikan	Indikator Evaluasi
<i>Man</i> (manusia)	1. Operator kurang teliti	1. Memberikan pengarahan dan meningkatkan pengawasan saat proses <i>painting</i> .	Peningkatan skor kompetensi operator (target > 85%) & penurunan <i>Human Error Rate</i>
	2. Kurang pengawasan saat proses <i>painting</i> berlangsung.	2. Melakukan pelatihan teknik <i>painting</i> kepada operator.	
<i>Method</i> (metode)	1. Jarak pengecatan tidak sesuai standar	1. Menetapkan standar jarak pengecatan dan memastikan operator mengikuti SOP	Persentase kepatuhan terhadap SOP (<i>SOP Compliance Rate</i>) melalui audit harian
	2. Kecepatan pengecatan tidak stabil	2. Menetapkan standar kecepatan gerakan <i>spray gun</i> selama proses <i>painting</i> berlangsung sehingga ketebalan cat yang dihasilkan menjadi lebih merata.	
	3. Teknik penyemprotan tidak konsisten.	3. Melakukan evaluasi dan pengawasan terhadap proses penyemprotan.	
<i>Machine</i> (mesin)	1. Tekanan <i>spray gun</i> tidak stabil	1. Melakukan pengecekan dan pengaturan tekanan <i>spray gun</i> secara berkala	<i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) pada alat semprot & stabilitas tekanan udara (bar)
	2. <i>Nozzle spray gun</i> kotor saat digunakan.	2. Membersihkan <i>nozzle spray gun</i> sebelum dan sesudah digunakan.	
		1. Melakukan pemeriksaan masa berlaku bahan cat secara rutin sebelum digunakan pada proses <i>painting</i> dan menerapkan sistem <i>first in first out</i> (FIFO) pada penyimpanan material cat agar penggunaan bahan dilakukan berdasarkan urutan waktu kedatangan.	
<i>Material</i> (bahan baku)	1. Masa berlaku cat		<i>Inventory Ageing Report</i> (untuk FIFO) & akurasi nilai viskositas cat (cP)
	2. Kualitas cat kurang baik	2. Pemilihan <i>supplier</i> cat yang memiliki standar kualitas baik perlu diperhatikan agar material yang digunakan sesuai dengan kebutuhan produksi.	
	3. Cat terlalu encer saat digunakan	3. Melakukan uji kualitas cat secara berkala guna memastikan daya rekat, kekentalan, dan ketahanan cat tetap sesuai standar perusahaan	

<i>Environment</i> (lingkungan)	1. Pencahayaan kurang optimal	1. Perlu menambah dan melakukan perawatan lampu pada area painting agar operator dapat melihat hasil pengecatan dengan lebih jelas dan ketebalan cat dapat terkontrol dengan baik.	<i>Lux meter</i> (intensitas cahaya) & <i>Air flow velocity</i> (kecepatan aliran udara)
	2. Suhu ruangan <i>painting</i> tidak stabil	2. Melakukan pengontrolan suhu ruangan secara berkala serta memastikan kondisi area <i>painting</i> tetap sesuai standar proses pengecatan.	
	3. Sirkulasi udara kurang baik	3. Memperbaiki sistem ventilasi dan sirkulasi udara pada area painting agar proses pengecatan dan pengeringan cat dapat berjalan lebih optimal.	

Untuk memastikan keberhasilan transformasi proses painting, dilakukan implementasi atas lima pilar usulan perbaikan. Efektivitas langkah-langkah tersebut akan diukur melalui kedisiplinan operasional dan integrasi solusi ke dalam sistem kerja harian.

1. Efektivitas implementasi operasional

a. Efektivitas faktor *man* dan *method*

Peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan teknis dan kepatuhan ketat terhadap SOP (terkait jarak dan kecepatan *spray gun*) menjadi fondasi utama. Efektivitas ini dimonitor melalui pengawasan *real-time* untuk meminimalisir variabilitas gerakan yang menjadi penyebab utama ketebalan cat tidak merata.

b. Efektivitas faktor *machine* dan *material*

Stabilitas tekanan *spray gun* yang dijaga melalui perawatan rutin, serta manajemen material berbasis FIFO, terbukti efektif memitigasi risiko cacat kualitas (seperti cat encer atau kedaluwarsa). Dengan memastikan material selalu dalam kondisi prima, risiko *rework* dapat ditekan secara instan.

c. Efektivitas faktor *environment*

Optimalisasi sistem ventilasi, suhu, dan pencahayaan area kerja memberikan kontribusi signifikan dalam menciptakan kondisi operasional yang stabil. Lingkungan yang terkontrol memungkinkan operator bekerja dengan presisi yang lebih tinggi.

2. Estimasi dampak perbaikan

Secara akumulatif, jika kelima usulan perbaikan operasional ini diimplementasikan secara disiplin, diestimasikan tingkat *defect* pada proses painting yang semula tinggi dapat ditekan secara bertahap hingga mencapai di bawah 5%. Secara matematis, reduksi ini diproyeksikan mampu menurunkan nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) secara signifikan, yang otomatis akan mendongkrak kapabilitas proses pengecatan naik dari level *sigma* saat ini menuju level target yang lebih tinggi. Keberhasilan langkah ini nantinya akan dipastikan melalui penurunan angka *rework* secara konsisten pada periode pasca-implementasi, sebagai indikator bahwa proses telah bergerak menuju kondisi yang lebih stabil dan terkendali.

Control

Setelah dilakukan analisis dan usulan perbaikan pada tahap *Improve*, tahap berikutnya adalah *Control*, yaitu upaya untuk memastikan seluruh hasil perbaikan dapat berjalan secara konsisten dalam jangka panjang. Salah satu bentuk pengendalian yang dilakukan oleh PT. XYZ adalah dengan menyusun dan menerapkan SOP (Standar Operasional Prosedur) baru yang mencakup seluruh aspek perbaikan. Berikut merupakan tabel SOP baru hasil perbaikan yang disusun berdasarkan hasil analisis metode DMAIC:

Tabel 5. SOP baru

Aktivitas	Penanggung Jawab	SOP Baru	Frekuensi Audit
Pemeriksaan Alat	Operator & Maintenance	Operator wajib memeriksa tekanan <i>spray gun</i> sebelum digunakan agar tetap sesuai standar perusahaan.	Setiap <i>shift</i>
Pelaksanaan <i>Painting</i>	Operator	Jarak <i>spray gun</i> dengan permukaan tanki harus sesuai standar dan kecepatan gerakan <i>spray gun</i> harus stabil	Mingguan
Pemeriksaan Material Cat	QC & Gudang	Cat yang digunakan harus diperiksa masa berlakunya sebelum digunakan dan disimpan menggunakan sistem FIFO (<i>First In First</i>)	Bulanan

Lingkungan Kerja	Seluruh Karyawan	Out) Melakukan pembersihan filter <i>spray booth</i> dengan rutin dan mengontrol suhu ruangan supaya mendapatkan hasil <i>painting</i> yang maksimal	Mingguan
Evaluasi Kinerja	Manager	Review data DPMO dan perhitungan Level <i>Sigma</i> untuk mengukur kinerja proses <i>painting</i> selama sebulan.	Bulanan

Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi metodologi *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC berhasil mengidentifikasi bahwa penyebab utama *defect* cat tipis (81,18%) pada PT. XYZ bersumber dari lima faktor utama (*Fishbone Diagram*). Pada faktor *man* dan *method*, ditemukan adanya inkonsistensi prosedur dan kurangnya ketelitian operator; pada faktor *machine* dan *material*, terdapat isu pada stabilitas tekanan *spray gun* serta viskositas cat; sementara faktor *environment* dipengaruhi oleh fluktuasi suhu dan sirkulasi udara yang kurang optimal pada area *spray booth*.

Untuk memitigasi permasalahan tersebut, dilakukan serangkaian usulan perbaikan yang mencakup standardisasi teknis operasional melalui revisi SOP, penerapan pemeliharaan preventif secara berkala, hingga peningkatan sistem pengawasan melalui audit berjenjang. Strategi ini dirancang untuk menciptakan stabilitas proses yang berkelanjutan. Meskipun perbaikan ini memberikan dampak positif terhadap penurunan angka *defect*, hasil refleksi menunjukkan bahwa level *sigma* 2,92 yang dicapai masih berada di bawah target *world-class manufacturing* (> 4,5 *sigma*), sehingga PT. XYZ disarankan untuk bertransisi dari pengecatan manual menuju otomatisasi penuh guna meminimalisir ketergantungan pada *human factor*.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya mencakup satu lini produksi dalam periode observasi selama tiga bulan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan sangat disarankan untuk melakukan evaluasi pasca-implementasi dalam jangka panjang guna memvalidasi keberlanjutan perbaikan serta melibatkan variasi produk yang lebih beragam. Integrasi sistem kendali yang disiplin serta pengembangan infrastruktur produksi secara bertahap diharapkan menjadi kunci utama bagi perusahaan dalam meningkatkan kapabilitas proses dan efisiensi biaya secara konsisten di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- [1] “Implementasi Lean Six Sigma /Dalam Upaya Mengurangi.”
- [2] G. C. Novriane, M. N. Kirana, And E. Juniuss, “Penerapan Metode Lean Six Sigma Dmaic Dalam Optimalisasi Overcapacity Gudang Chemical Plant Marunda Pt Smart Tbk Optimizing Warehouse Overcapacity At Pt Smart Tbk Marunda Chemical Plant Through The Lean Six Sigma Dmaic Approach”, Doi: 10.24843/Jrati.2025.V03.I01.P122.
- [3] D. G. Tambunan, B. Sumartono, And D. H. Moektiwibowo, “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Pada Proses Produksi Koper Di Pt Srg.”
- [4] A. Sukma Hanafi, S. Wulan Anggraeni, P. Studi Teknik Pembuatan Garmen, A. Komunitas Industri Tekstil Dan Produk Tekstil Surakarta, J. Ki Hajar Dewantara, And J. Tengah, “Deteksi Dan Reduksi Kasus Jarum Patah Pada Proses Sewing Di Pt Gi Dengan Pendekatan Fishbone Diagram,” 2024.
- [5] G. A. K. Sa’idan, D. Ernawati, And S. Dewi, “Analisis Pemborosan Supply Chain Pengadaan Beras Luar Negeri (Ln) Menggunakan Metode Lean Six Sigma Pada Perum Bulog Kancab Sidoarjo,” *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, Vol. 12, No. 1, Pp. 23–34, Feb. 2025, Doi: 10.24853/Jisi.12.1.23-34.
- [6] E. E. Sanjaya And D. Nurkertamanda, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Untuk Customer Pt Nandya Karya Perkasa Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Pada Pt Bimuda Karya Teknik.”
- [7] A. Burhanudin And A. S. Cahyana, “Reducing Production Defects In Indonesian Furniture Using Seven Tools And 5w+1h,” *Indonesian Journal Of Innovation Studies*, Vol. 25, No. 4, Jun. 2024, Doi: 10.21070/Ijins.V25i4.1189.
- [8] A. Yohanes, F. Ardiansyah Ekoanindiyo, U. Stikubank, And K. V Bendan Ngisor, “Analisis Perbaikan Untuk Mengurangi Defect Pada Produk Pelindung Tangan Dengan Pendekatan Lean Six Sigma,” 2021. [Online]. Available: https://ojs.sttind.ac.id/Sttind_Ojs/Index.php/Sain
- [9] M. Risiko Terhadap Kontrak Perencanaan Konstruksi Jalan Tol Dengan Metode Simulasi Monte Carlo, L. Maulana Sutedi, H. Purwanto, L. S. Maulana, And S. Pati, “Hari Purwanto | Manajemen Risiko Terhadap Kontrak Perencanaan Konstruksi Jalan Tol | 117-123 Dengan Metode Simulasi Monte Carlo,” 2023.

- [10] S. R. F. Semnasti And R. Z. Semnasti, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Pada Pt. Xyz Menggunakan Metode Six Sigma Dmaic,” *Waluyo Jatmiko Proceeding*, Pp. 1–10, Nov. 2023, Doi: 10.33005/Wj.V16i1.28.
- [11] Y. Anggita Putri, N. Fakhri Ardiansyah, S. Wanda, Y. Prastyo, And U. Pelita Bangsa Jl Inspeksi Kalimalang Cikarang Selatan Bekasi, “Penurunan Reject Pada Material Rubber Menggunakan Metode Six Sigma Pada Industri Spare Part Otomotif.”
- [12] Y. Widhiasmara Putra, H. J. Kristina, And M. A. Saryatmo, “Penerapan Lean Six Sigma Pada Upaya Peningkatan Kualitas Dan Efisiensi Proses Pada Produksi Embossed Signage Yohanes Widhiasmara Putra.”
- [13] W. Novianti, R. Bachrul Ulum, H. Iskandar, And P. Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana Purwakarta, “Quality Control Analysis To Reduce The Number Of Defects In Polybag Vacuum Inventory Products Ptries Using The Six Sigma Method In The Bag Making Department At Pt Iluva Gravure Industry Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Jumlah Defect Produk Polybag Vacuum Inventory Ptries Menggunakan Metode Six Sigma Pada Departement Bag Making Di Pt Iluva Gravure Industri,” *Journal Of Scientech Research And Development*, Vol. 6, No. 1, 2024, [Online]. Available: [Https://Idm.Or.Id/Jser/Index](https://Idm.Or.Id/Jser/Index).
- [14] R. Soesilo And S. Tinggi Teknologi Mutu Muhaamadiyah, “Analisis Cacat Pada Pemasangan Gasket Di Lini Assembly Dengan Pendekatan Dmaic Six Sigma,” *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, Vol. 2, No. 1, Pp. 2022–2036, Doi: 10.46306/Tgc.V2i1.
- [15] J. Hasil, P. Dan, K. Ilmiah, N. Nurhayani, S. R. Putri, And A. Darmawan, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Outsole Sepatu Casual Menggunakan Metode Six Sigma Dmaic Dan Kaizen 6s.”
- [16] M. Rifaldi And W. Sudarwati, “Penerapan Metode Six Sigma Dan Fmea Sebagai Usaha Untuk Mengurangi Cacat Pada Produk Bracket.”
- [17] A. Kendra Azaria *Et Al.*, “Peningkatan Kualitas Dan Keamanan Produk Tempe Menggunakan Pendekatan Six Sigma Dan Good Manufacturing Practice (Gmp),” *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, Vol. 6, No. 2, 2024.
- [18] I. Saidatuningtyas And M. A. Rizal, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Konstruksi Baja Untuk Jembatan Menggunakan Metode Six Sigma Dmaic Di Pabrik Fabrikasi Baja,” *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, Vol. 21, No. 2, Pp. 75–84, Aug. 2023, Doi: 10.52330/Jtm.V21i2.110.
- [19] M. Kholil, J. Haekal, A. Suparno, D. S. Oktaandhini, And T. Widodo, “Lean Six Sigma Integration To Reduce Waste In Tablet Coating Production With Dmaic And Vsm Approach In Production Lines Of Manufacturing Companies,” *International Journal Of Scientific Advances*, Vol. 2, No. 5, 2021, Doi: 10.51542/Ijscia.V2i5.8.
- [20] J. A. Zulkhulaifah And F. Apriliani, “Penerapan Six Sigma Dan Metode Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Dmaic) Untuk Analisis Green Tyre Shortage Di Pt Merpati Putih,” *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, Vol. 2, No. 3, Pp. 119–133, May 2024, Doi: 10.56211/Factory.V2i3.495.
- [21] Y. Anggita Putri, N. Fakhri Ardiansyah, S. Wanda, Y. Prastyo, And U. Pelita Bangsa Jl Inspeksi Kalimalang Cikarang Selatan Bekasi, “Penurunan Reject Pada Material Rubber Menggunakan Metode Six Sigma Pada Industri Spare Part Otomotif.”