

Analysis Quality Control of Precast Concrete Piles Products Using Seven Tools and Six Sigma Method

Analisis Pengendalian Kualitas Produk Beton Pracetak Putar Dengan Menggunakan Metode *Seven Tools* dan *Six Sigma*

Lailil Muzaroh ¹⁾, Wiwik Sulistiyowati ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: wiwik@umsida.ac.id

Abstract. *The development of the business world in Indonesia shows an increase from year to year. PT.XYZ has made significant contributions and plays a strategic role in supporting the development of the industry, including prestressed concrete pile products. When facing a high rate of defective products exceeding the standard set by the company, namely 0.25%, this research aims to control process quality using Seven Tools and Six Sigma with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach to reduce the defect rate. Research data was obtained from the production period of January to June 2025 with a total production of 20,638 units and a total of 75 defective units. The results of this study showed that the highest defects were found in pile products, namely the pile shoe, amounting to 21 units. The root cause of the problems with these clunky shoes is influenced by several factors from humans, methods, machines, and the environment, such as a lack of carefulness in ensuring the position of the shoes in the mold, no standard for the shoe inclination position before closing, uneven mold closing process, and suboptimal lighting in the work area. As an improvement step, the application of the 5W-1H method is recommended to reduce the defect rate through SOP standardization, operator training, and regular machine maintenance to achieve the quality targets set by the company.*

Keywords – *Quality Control, Precast Concrete, Seven Tools, Six Sigma DMAIC*

Abstrak. Perkembangan dunia bisnis di Indonesia menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. PT.XYZ memiliki kontribusi yang signifikan serta peran strategis dalam mendukung perkembangan industri antara lain produk beton tiang pancang. Pada saat menghadapi tingginya produk cacat melebihi standar yang ditetapkan oleh PT. Yaitu 0,25%. Penelitian ini bertujuan mengendalikan kualitas proses menggunakan *Seven Tools* dan *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mengurangi tingkat kecacatan. Data penelitian diperoleh dari periode produksi Januari hingga Juni 2025 dengan total produksi 20.638 unit dan jumlah *defect* sebanyak 75 unit, hasil penelitian ini diketahui bahwa *defect* tertinggi pada produk tiang pancang yaitu sepatu gompal sebesar 21 unit. Akar penyebab permasalahan pada sepatu gompal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor dari manusia, metode, mesin dan lingkungan seperti kurang teliti dalam memastikan posisi sepatu ke cetakan, tidak ada standar posisi kemiringan sepatu sebelum ditutup, proses penutupan cetakan tidak merata dan pencahayaan area kerja kurang optimal. Sebagai langkah perbaikan penerapan metode 5W-1H direkomendasikan untuk menekan angka *defect* melalui standarisasi SOP, pelatihan operator, serta perawatan mesin secara berkala guna mencapai target kualitas yang ditetapkan perusahaan.

Kata Kunci – *Pengendalian Kualitas, Beton Pracetak, Seven tools, Six Sigma DMAIC,*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia bisnis di Indonesia menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun, salah satunya pada sektor konstruksi. Seiring dengan hal tersebut, kebutuhan terhadap material konstruksi, khususnya beton pracetak, juga mengalami peningkatan setiap tahunnya [1]. PT XYZ memiliki kontribusi yang signifikan serta peran strategis dalam mendukung perkembangan industri antara lain produk beton tiang pancang [2]. Produk tiang pancang datang dalam berbagai jenis seperti tiang pancang bulat berongga atau tiang pancang kotak masif. Dalam hal pembuatan, tiang pancang diproduksi melalui metode pabrikasi massal dan melewati sejumlah langkah-langkah seperti perakitan struktur tulangan, pembuatan cetakan, pengecoran material, penutupan cetakan, penegangan tulangan, pengompakan dengan teknik pemutaran, dan proses perawatan beton hingga produk memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk dapat dikeluarkan dari cetakan [3].

Pada saat ini, pembuatan beton pracetak mengalami sejumlah tantangan yang berkaitan dengan cacat produk yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan [4]. Oleh karena itu, proses produksi harus memperhatikan aspek kualitas secara ketat agar tingkat kecacatan produk dapat diminimalkan. Kualitas menjadi salah satu faktor penting bagi perusahaan dalam meningkatkan daya saing dan menghadapi persaingan dengan kompetitor [5]. Salah satu tantangan

yang dihadapi oleh PT Wijaya Karya Beton Tbk yaitu jenis produk yang mengalami peningkatan jumlah *defect* salah satunya pada produk tiang pancang. Pada bulan Januari memproduksi 1639 *unit*, Pada bulan Februari memproduksi 3431 *unit*, Pada bulan Maret memproduksi 5776 *unit*, Pada bulan April memproduksi 2868 *unit*, Pada bulan Mei memproduksi 3615 *unit*, Pada bulan Juni memproduksi 3309 *unit*. Dengan rata rata presentase cacat yaitu 0,39%. Cacat yang sering terjadi pada produk tiang pancang yaitu seperti, lengket kulit, gompal, sirip keropos, plat sambung miring. Produk cacat pada tiang pancang beton umumnya dapat diketahui setelah proses perawatan beton (*steam curing*) selesai dan cetakan dibuka. Pada tahap ini permukaan beton sudah terlihat jelas sehingga operator atau tim *quality control* dapat melakukan pemeriksaan visual terhadap kondisi produk. Efeknya yaitu meningkatnya biaya produksi cacat menyebabkan biaya tambahan, produktivitas menurun, dan menurunnya kepuasan dan kepercayaan pelanggan. Perusahaan sudah menerapkan manajemen mutu serta prosedur pengendalian mutu untuk produk beton pracetak, hal tersebut tidak relevan bagi perusahaan, sehingga perusahaan perlu mengambil langkah-langkah untuk meminimalkan masalah ini dengan meningkatkan pengendalian kualitas produk menggunakan metode *Seven Tools* dan *Six Sigma*. Dengan melakukan pengendalian kualitas maka dapat diminimalisir sehingga kapabilitas perusahaan dapat meningkat.

Pengendalian kualitas dilakukan untuk menganalisis kesesuaian produk dengan standar yang telah ditetapkan serta sebagai dasar dalam melakukan tindakan perbaikan pada proses produksi [6]. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan analisis tersebut adalah *Seven Tools*. *Seven Tools* merupakan sekumpulan alat statistik sederhana yang digunakan untuk menganalisis data melalui pemetaan, pengelompokan, penyusunan data, pembuatan diagram, hingga penelusuran berbagai kemungkinan penyebab permasalahan [7]. Metode *Six Sigma* merupakan metode analitis dan grafis yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam bidang produksi dengan fokus utama pada pengendalian kualitas, *Six Sigma* menggunakan tahapan DMAIC yang meliputi *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* [8].

Penggunaan metode *Seven Tools* dan *Six Sigma* telah banyak digunakan oleh perusahaan lain dalam meminimalisir produk *defect* yang dilakukan oleh perusahaan. Hal ini sebagaimana dilakukan Sofyan dkk (2024) membahas penerapan *Seven Tools* pada perusahaan digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya cacat produk yang berdampak pada peningkatan biaya produksi, penurunan citra perusahaan, serta berkurangnya tingkat kepuasan konsumen [9]. Penelitian Firdaus (2023) membahas tentang kepuasan pelanggan dengan menggunakan metode *Seven Tools* untuk menganalisis standar kualitas pencapaian yang telah ditetapkan dan mengurangi cacat produk dalam produksi [10]. Penelitian Burhanudin dkk (2024) Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Seven Tools* dan 5W+1H untuk menemukan solusi atas terjadinya kecacatan produk [11]. Penelitian Faristy dkk (2022) membahas penerapan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di PT XYZ, yaitu adanya produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi atau mengalami cacat, seperti retak, ketidaksesuaian warna, dan mata kayu. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melakukan perbaikan serta peningkatan kualitas [12]. Penelitian Rufaidah dkk (2025) dalam penelitiannya analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Six Sigma* DMAIC dan pendekatan 5W+1H. Hasil penerapan *Six Sigma* digunakan untuk meningkatkan tingkat kualitas proses produksi sehingga pengendalian kualitas produk dapat dilakukan secara lebih efektif [13]. Tujuan penerapan metode *Seven Tools* dan *Six Sigma* untuk mengidentifikasi kecacatan dan mengetahui penyebab kecacatan, mengetahui tingkat kapasitas produksi menggunakan level Sigma (σ) serta memberikan usulan perbaikan pada proses produksi sehingga mampu meminimalisir kecacatan pada produk tiang pancang.

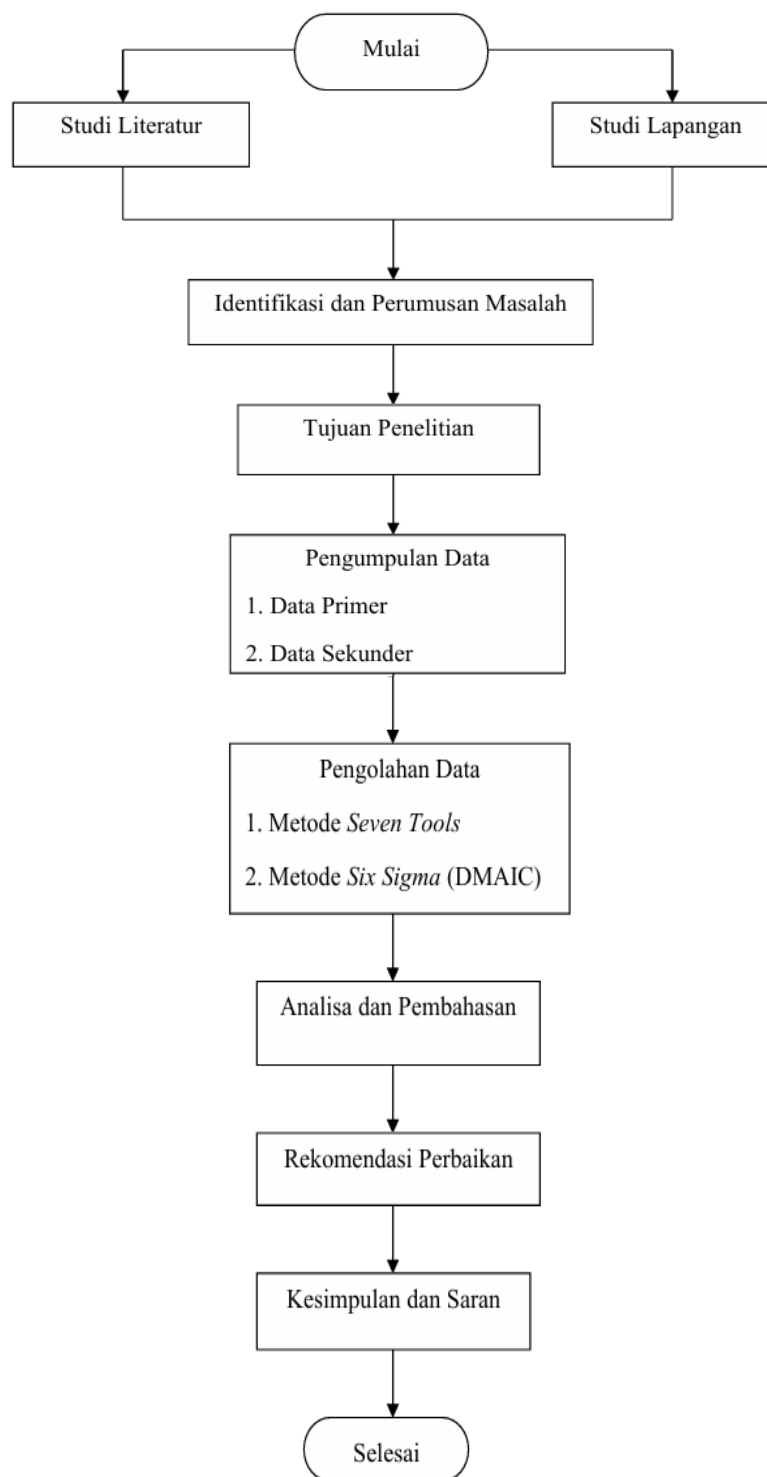
II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. XYZ, yaitu salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang produksi beton pracetak yang berlokasi di Jl. Raya Melikan No. 323 Kejawanan, Kec. Gempol, Pasuruan, Jawa Timur 67155. Adapun waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 3 bulan, dari bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober 2025.

B. Tahapan Penelitian

Berikut ini merupakan langkah langkah penelitian yang digambarkan pada diagram alir (*flowchart*) seperti gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian

C. Tahapan Penelitian dengan Mengintegrasikan *Seven Tools* dan *Six Sigma*

1. Metode *Seven Tools*

Metode *Seven Tools* merupakan serangkaian tujuh alat yang digunakan untuk menganalisis dan mengatasi permasalahan dalam proses produksi, khususnya permasalahan yang berkaitan dengan mutu atau kualitas produk [14]. Berikut ini adalah deskripsi dari tujuh (7) alat statistik yang digunakan dalam pendekatan *Seven Tools* untuk mengidentifikasi berbagai jenis cacat dan penyebabnya pada produk

a.) Flow chart (diagram alir)

Flow chart digunakan untuk mempermudah pemahaman terhadap gambaran alur proses produksi. Melalui *flow chart*, dapat diidentifikasi tahapan produksi yang berpotensi menimbulkan terjadinya cacat pada produk.

b.) Check Sheet (lembar periksa)

Check Sheet digunakan untuk mencatat data yang diperoleh dari proses produksi, khususnya data terkait produk cacat, yang disajikan dalam bentuk tabel secara rapi dan terstruktur.

c.) Histogram

Merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi ketidakkonsistenan dalam suatu proses serta berfungsi sebagai metode peringkasan data guna memudahkan analisis [14].

d.) Diagram Pareto

Merupakan grafik yang terdiri dari diagram batang dan diagram garis. Diagram batang menunjukkan klasifikasi serta besaran data, sedangkan diagram garis menggambarkan akumulasi data secara kumulatif [14].

e.) Scatter Diagram

Merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara dua variabel. Pola sebaran data pada diagram ini menunjukkan bentuk hubungan antar variabel, sehingga bermanfaat dalam analisis korelasi maupun pengembangan model regresi [14].

f.) Peta kendali

Merupakan alat visual yang digunakan untuk menganalisis apakah suatu proses berada dalam batas kendali statistik, dengan tujuan mendeteksi adanya penyimpangan, mengidentifikasi permasalahan, serta meningkatkan kualitas proses. Berikut ini merupakan tahapan dalam pembuatan peta kendali p [14].

1. Menghitung Presentase Defect

$$P = \frac{np}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Sumber : [15].

Keterangan:

np = Quantity produk defect dalam sub grup

n = Quantity produk yang diperiksa

2. Menghitung garis tengah Garis tengah adalah rata-rata kerusakan (p)

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \dots\dots\dots (2)$$

Sumber: [15].

Keterangan:

$\bar{p}$ = Rata-rata produk rusak

$\sum np$ = Jumlah total rusak

$\sum n$ = Jumlah total diperiksa

3. Menghitung Batas Kendali Atas

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

Sumber: [15].

Keterangan:

$\bar{p}$ = rata-rata *defect* produk

n = jumlah produksi

4. Menghitung batas kendali bawah

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

Sumber: [15].

Keterangan :

$\bar{p}$ = rata-rata *defect* produk

n = jumlah produksi

g.) Fishbone Diagram (diagram sebab akibat)

Digunakan setelah permasalahan utama diidentifikasi melalui diagram Pareto. Selanjutnya, analisis terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya produk cacat dilakukan dengan menerapkan diagram sebab akibat, sehingga mempermudah penelusuran dan pemahaman faktor-faktor yang menyebabkan tingginya tingkat kecacatan produk [14].

2. Metode Six Sigma

Metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC memiliki manfaat yang telah terbukti, antara lain mampu menurunkan biaya operasional, meningkatkan produktivitas, memperluas pangsa pasar, mengurangi tingkat

kecacatan, serta mendorong pengembangan produk maupun jasa [16]. *Six Sigma* memiliki beberapa langkah dalam penerapannya antara lain:

a.) Define

Tahap *Define* merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang akan diselesaikan [17].

b.) Measure

Tahap *Measure* merupakan tahap pengukuran kinerja proses. Pada tahap ini, tingkat kecacatan produk dalam metode *Six Sigma* dianalisis dengan menggunakan perhitungan DPMO (*defect per million opportunities*) [17].

c.) Analyze

Tahap *Analyze* bertujuan untuk meningkatkan pemahaman terhadap proses dan permasalahan yang terjadi, serta mengidentifikasi akar penyebab dari masalah tersebut [17].

d.) Improve

Merupakan tahap perumusan dan pengembangan berbagai ide perbaikan atau solusi yang memungkinkan untuk diterapkan. Dalam menentukan usulan perbaikan tersebut, digunakan pendekatan 5 *Whys Analysis* untuk menggali penyebab masalah secara lebih mendalam [17].

e.) Control

Control dalam pendekatan *Six Sigma* bertujuan untuk melakukan pengawasan guna memastikan bahwa hasil perbaikan yang telah dicapai dapat dipertahankan dan proses tetap sesuai dengan target yang telah ditetapkan [17].

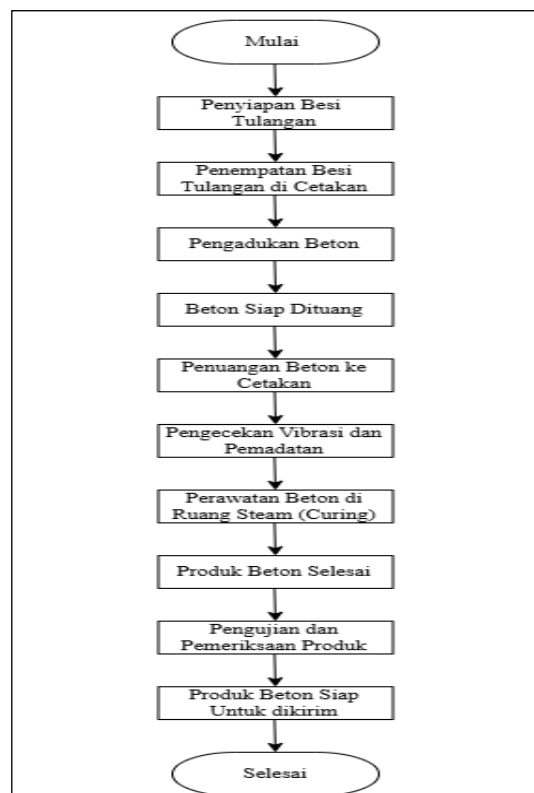
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Define

Tahap *Define* adalah langkah awal dalam pendekatan *Six sigma*. Pada tahap ini, masalah utama dalam proses yang sedang berlangsung diidentifikasi, langkah pertama adalah memilih produk yang akan menjadi fokus penelitian.

1. Peta Aliran Proses

Metode *Seven Tools* yang akan digunakan maka *tools* yang pertama yaitu peta aliran proses atau *flow chart* merupakan alat yang dirancang untuk membuat proses mengidentifikasi produk *defect* lebih mudah dipahami dengan memecahkan proses manufaktur menjadi langkah-langkah yang akan dikelola. Diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah dalam pembuatan produk beton tiang pancang dibuat menggunakan data observasi yang dilakukan dengan kepala bagian produksi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Aliran Proses Pembuatan Tiang Pancang

Proses produksi diawali dengan tahap mulai, yang menandakan dimulainya seluruh rangkaian kegiatan manufaktur tiang pancang beton. Tahap pertama adalah penyiapan besi tulangan, pada tahap ini dilakukan pemeriksaan diameter, panjang, serta jumlah tulangan untuk memastikan kesesuaian dengan standar mutu. dilanjutkan dengan penempatan besi tulangan di cetakan. Pada tahap ini, rangka tulangan dimasukkan dan diposisikan secara presisi ke dalam mould atau bekisting tiang pancang. Tahap berikutnya adalah pengadukan beton, di mana material penyusun beton menggunakan batching plant. Setelah beton tercampur dengan baik, masuk ke tahap beton siap dituang. Selanjutnya dilakukan penuangan beton ke cetakan, yaitu menuangkan campuran beton ke dalam cetakan yang telah berisi tulangan secara bertahap dan merata. Setelah pengecoran selesai, dilakukan pengecekan vibrasi dan pemadatan. Pada tahap ini digunakan alat vibrator untuk menghilangkan rongga udara sehingga beton menjadi lebih padat, kuat, dan tidak keropos. Tahap selanjutnya adalah perawatan beton di ruang steam (*curing*). Tiang pancang yang telah dicor dimasukkan ke ruang steam curing untuk mempercepat proses hidrasi semen dan meningkatkan kekuatan awal beton. Produk beton selesai, dilakukan pengujian dan pemeriksaan produk, meliputi serta uji kuat tekan atau uji lainnya sesuai standar mutu perusahaan. produk beton siap untuk dikirim, di mana tiang pancang disusun dan dipersiapkan untuk distribusi ke proyek.

2. Check Sheet

Tools yang kedua, *check sheet* merupakan data yang diambil dari proses produksi terutama hasil produk *defect* disajikan dalam bentuk tabel yang disusun secara rapi serta terstruktur. *Check sheet* yang akan digunakan merupakan laporan di PT. XYZ seperti pada tabel 1.

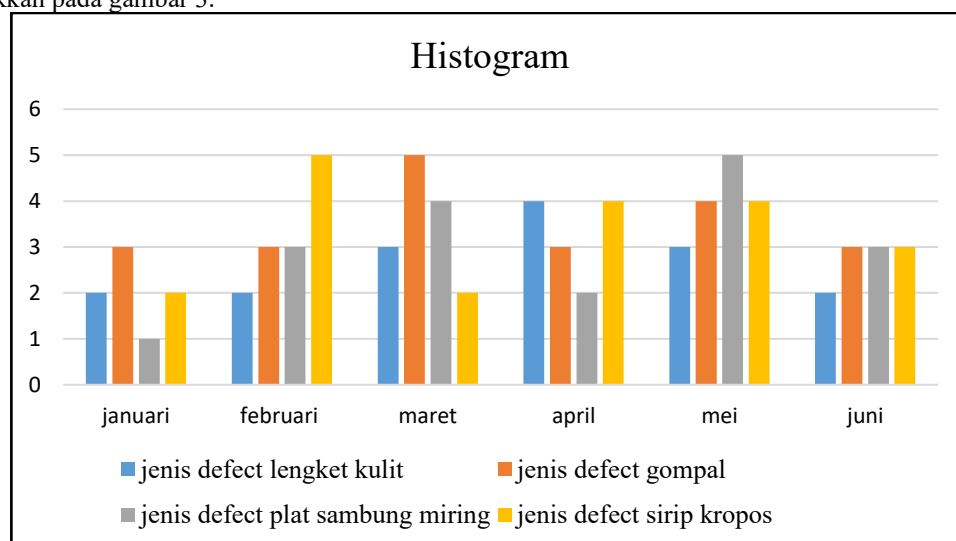
Tabel 1. Data *Check Sheet*

No	Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Defect				Total	Presentase
			Lengket Kulit	Sepatu Gompal	Plat Sambung Miring	Sirip Kropos		
1	Januari	1639	2	3	1	2	8	0.49%
2	Februari	3431	2	3	3	5	13	0.38%
3	Maret	5776	3	5	4	2	14	0.24%
4	April	2868	4	3	2	4	13	0.45%
5	Mei	3615	3	4	5	4	16	0.44%
6	Juni	3309	2	3	3	3	11	0.33%

Berdasarkan Tabel 1, selama periode Januari hingga Juni 2025 jumlah produksi tiang pancang mencapai 20.638 unit dengan total *defect* sebanyak 75 *unit*. Jenis *defect* yang paling dominan adalah gompal sebanyak 21 *unit*, diikuti oleh sirip kropos sebanyak 20 *unit*, plat sambung miring sebanyak 18 *unit*, dan lengket kulit sebanyak 16 *unit*. Jumlah *defect* tertinggi terjadi pada bulan Mei sebanyak 16 *unit*, sedangkan jumlah *defect* terendah terjadi pada bulan Januari sebanyak 8 *unit*.

3. Histogram

Histogram sangat membantu dalam membantu memvisualisasikan jenis produk yang paling umum mengalami cacat berdasarkan lembar pemeriksaan. Histogram atau grafik batang, dibuat untuk menampilkan perincian kuantitas yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Histogram

Histogram menunjukkan fluktuasi jumlah defect pada setiap jenis cacat selama periode Januari hingga Juni 2025. *Defect* gompel dan sirip keros cenderung memiliki frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan jenis defect lainnya, dengan puncak kejadian terjadi pada bulan Maret dan Mei. Sementara itu, *defect* lengket kulit dan plat sambung miring relatif lebih rendah namun tetap menunjukkan variasi antar bulan.

B. Measure

Pada tahap *measure* ini dilakukan pengumpulan data mengenai tingkat kecacatan produk selama periode bulan Januari hingga Juni 2025 untuk menganalisis jenis cacat yang ditampilkan dalam bentuk histogram, untuk mengevaluasi seberapa sering kesalahan muncul dalam proses produksi.

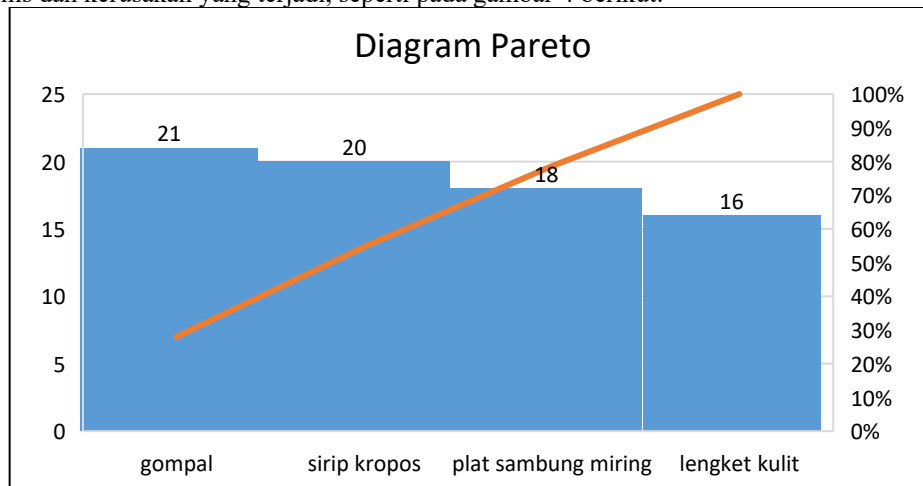
1. Diagram Pareto

Tahap selanjutnya adalah membuat diagram pareto untuk memudahkan dalam melihat presentase dari cacat yang terjadi ketika data produksi dan data cacat dari pengambilan sampel produk selama bulan Januari - Juni 2025 dikumpulkan.

Tabel 2. Hasil Persentase Produk *Defect*

No.	Jenis Kerusakan	Total	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Lengket Kulit	16	21%	21%
2	Gompal	21	28%	49%
3	Plat Sambung Miring	18	24%	73%
4	Sirip Keros	20	27%	100%
	Total	75	100%	

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat digambarkan dalam diagram pareto yang menunjukkan perbandingan jenis dan kerusakan yang terjadi, seperti pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Diagram Pareto

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4 diatas memperlihatkan jenis cacat yang sering terjadi yaitu sepatu gompal dengan total cacat 21 atau 28%, selanjutnya sirip keros dengan total cacat 20 atau 27%, berikutnya plat sambung miring dengan total cacat 18 atau 24%, dan yang terakhir adalah lengket kulit dengan total cacat sebesar 16 atau 21%.

Pada langkah ini mencakup pemilihan karakteristik kualitas (CTQ), pada tabel 1 maka tahap *measure* akan dilakukan dengan melakukan penyusunan peta kendali control, penyusunan diagram pareto dan menghitung nilai DPMO. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan *Defect Per Unit* (DPU), *Control Limit* (CL), *Upper Control Limit* (UCL), *Lower Control Limit* (LCL).

a. Proporsi produk cacat

$$\text{Januari} = P = \frac{8}{1.639} = 0.005$$

$$\text{Februari} = P = \frac{13}{3.431} = 0.004$$

$$\text{Maret} = P = \frac{14}{5.776} = 0.002$$

$$\text{April} = P = \frac{13}{2868} = 0.005$$

$$\text{Mei} = P = \frac{16}{3615} = 0.004$$

$$\text{Juni} = P = \frac{11}{3309} = 0.003$$

- b. Nilai baris pusat atau *Center Line* (CL)

$$CL = P = \frac{75}{20.638} = 0.004$$

- c. Batas kendali atas atau *Upper Control Limit* (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1-\bar{p})}{n}} = 0.004 + 3 \sqrt{\frac{0.004 \cdot (1-0.004)}{20.638}} = 0.005$$

- d. Perhitungan Batas Kendali Bawah atau *Lower Control Limit* (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1-\bar{p})}{n}} = 0.004 - 3 \sqrt{\frac{0.004 \cdot (1-0.004)}{20.638}} = 0.002$$

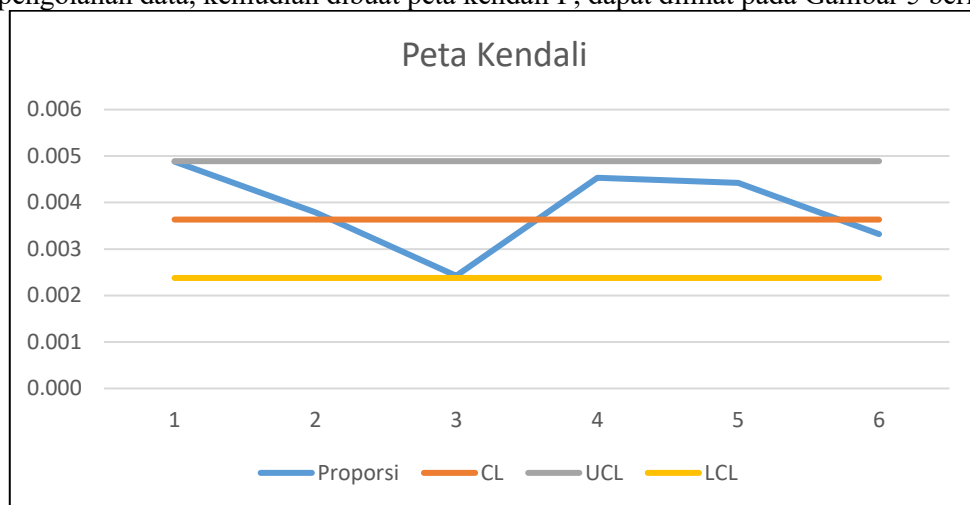
2. Peta Kendali

Peta kendali digunakan untuk menentukan apakah jumlah cacat yang terjadi masih berada dalam batas pengendalian yang telah ditetapkan atau tidak. Hasil perhitungan persentase produk cacat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Perhitungan CL, UCL, LCL

Periode	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	Proporsi	CL	UCL	LCL
Januari	1639	8	0.005	0.004	0.005	0.002
Februari	3431	13	0.004	0.004	0.005	0.002
Maret	5776	14	0.002	0.004	0.005	0.002
April	2868	13	0.005	0.004	0.005	0.002
Mei	3615	16	0.004	0.004	0.005	0.002
Juni	3309	11	0.003	0.004	0.005	0.002
Total	20638	75				

Berdasarkan Tabel 3 di atas, selama periode dari bulan Januari hingga bulan Juni, jumlah produksi total mencapai 20.638 unit dengan total kecacatan sebanyak 75 unit. Proporsi rata-rata kecacatan (P) untuk masing-masing bulan berkisar antara 0,002 hingga 0,005, dengan nilai CL (garis pusat) yang konsisten di sekitar 0,004. Nilai UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) menunjukkan batas kontrol yang relatif stabil antara 0,005 dan 0,002. Berdasarkan pengolahan data, kemudian dibuat peta kendali P, dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Peta Kendali P Chart

Pada Gambar 5 dapat dilihat pada data grafik bahwa nilai pada peta kendali P dalam batas kendali dan tidak ada data yang melebihi batas kendali.

3. Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Pada Tabel 4 berikut, dapat dilihat perhitungan nilai DPMO dan level sigma untuk proses tiang pancang bulan Januari hingga Juni 2025.

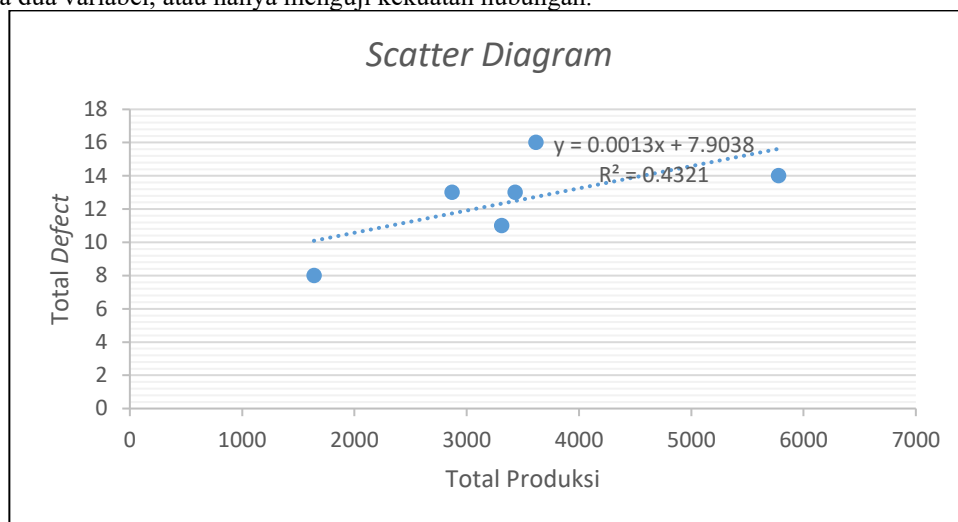
Tabel 4. Perhitungan DPMO dan *Level Sigma*.

Bulan	Jumlah Produksi	Defect	CTQ	DPMO	Level Sigma
Januari	1639	8	4	1220.256	4.53
Februari	3431	13	4	947.2457	4.61
Maret	5776	14	4	605.9557	4.74
April	2868	13	4	1133.194	4.55
Mei	3615	16	4	1106.501	4.56
Juni	3309	11	4	831.0668	4.64

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai DPMO (*Defects Per Million Opportunities*), dengan level sigma konsisten di sekitar 4,53 hingga 4,64 atau berada pada kategori rata – rata industri (USA). Secara keseluruhan, nilai level sigma yang berada di bawah 5 menunjukkan bahwa proses produksi masih memiliki variasi yang cukup tinggi dan memerlukan upaya perbaikan berkelanjutan, khususnya pada CTQ yang telah ditetapkan, agar kinerja proses dapat ditingkatkan menuju level sigma yang lebih tinggi sesuai prinsip Six Sigma.

4. Scatter Diagram

Scatter diagram digunakan ketika menentukan apakah ada hubungan positif, negatif, atau tidak ada hubungan sama sekali antara dua variabel, atau hanya menguji kekuatan hubungan.



Gambar 6. Scatter Diagram

Gambar 6 mengilustrasikan bagaimana bentuk sebaran hampir seragam karena jumlah jenis produk cacat yang dibuat tidak bergantung pada volume produksi, yang berarti bahwa jumlah barang yang baik yang diproduksi memiliki dampak yang signifikan terhadap terjadinya produk cacat.

C. Analyze

fishbone diagram

Dalam *fishbone* diagram penyebab *defect* dikelompokkan menjadi 4 faktor yakni manusia, metode, mesin dan lingkungan. Berikut ini adalah uraian faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan.



Gambar 7. Fishbone Diagram

Berdasarkan gambar 7 diagram *fishbone* yang telah disusun, diketahui bahwa terjadinya cacat sepatu gompal dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu metode, manusia, mesin, dan lingkungan.

1. Metode, penyebab cacat berasal dari penempatan sepatu ke dalam cetakan yang belum memiliki prosedur kerja yang rinci serta tidak adanya standar posisi atau kemiringan sepatu sebelum proses penutupan cetakan dilakukan. Kondisi tersebut menyebabkan posisi sepatu sering tidak presisi dan berpotensi mengalami benturan saat cetakan ditutup.
2. Manusia, disebabkan oleh kurangnya ketelitian operator dalam memastikan posisi sepatu telah sejajar serta pengecekan ulang sebelum proses penutupan cetakan yang belum dilakukan secara konsisten.
3. Mesin, kondisi cetakan yang kurang presisi dan proses penutupan cetakan yang tidak merata, sehingga tekanan yang terjadi pada sepatu menjadi tidak seimbang dan menyebabkan bagian tertentu mengalami gompal.
4. Lingkungan, pencahayaan area kerja yang kurang optimal serta area kerja yang terbatas menyulitkan operator dalam memastikan posisi sepatu telah terpasang dengan benar sebelum proses pencetakan berlangsung.

D. Improve

Pada fase improve akan dibuat rekomendasi perbaikan dari data yang sudah didapat dari tahapan *define*, *measure*, dan *analyze* dengan cara menkolaborasikan metode six sigma DMAIC. Tahap *improve* adalah langkah dalam rencana peningkatan produktivitas yang dilakukan setelah mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering terjadi selama proses produksi. Setelah diketahui penyebab utama dari cacat tersebut, langkah selanjutnya adalah menyusun rencana perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk. Berikut ini tabel 5 adalah tabel 5W+1H yang menjelaskan penyebab cacat sepatu gompal.

Tabel 5. Analisa 5W-1H

Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
Metode	Penempatan sepatu ke dalam cetakan belum dilakukan secara rinci dan terstandar	Tidak adanya SOP penempatan sepatu serta standar posisi atau kemiringan sepatu sebelum cetakan ditutup	Area Produksi	Sebelum proses penutupan cetakan	Tim Produksi dan QC	Menyusun SOP penempatan sepatu yang rinci serta menetapkan standar posisi dan toleransi kemiringan sepatu.

Mesin	Kondisi cetakan kurang presisi dan proses penutupan tidak merata	Cetakan mengalami keausan dan mekanisme penutupan belum optimal	Area Produksi	Saat proses penutupan cetakan	Tim Produksi	Melakukan perawatan cetakan secara rutin dan memastikan proses penutupan cetakan berjalan merata
Lingkungan	Pencahayaannya area kerja kurang optimal dan area kerja terbatas	Pengaturan lingkungan kerja belum mendukung proses penempatan sepatu secara presisi	Area Produksi	Selama proses pencetakan	Tim Produksi	Meningkatkan pencahayaan area kerja dan menata ulang area kerja agar lebih ergonomis

E. Control

Pada tahap *control* merupakan tahap akhir yang dilakukan pada metode DMAIC untuk dapat meningkatkan produktivitas dalam mengurangi *defect* yang terjadi. Tindakan yang diharapkan dapat mengurangi atau mencegah terjadinya *defect* antara lain:

- (1). Melakukan pelatihan terhadap operator mesin dan memperhatikan cetakan harus presisi, bersih, dan layak pakai.
- (2). Selalu melakukan inspeksi berkala secara mandiri.
- (3). Melakukan pengawasan terhadap seluruh tenaga kerja agar mutu produk yang dihasilkan memiliki kualitas baik.
- (3). Melakukan perawatan pada mesin secara berkala.
- (4). Menerapkan SOP yang sudah ditetapkan oleh perusahaan
- (5). Area cetakan harus bebas hambatan serta alur kerja jelas dan aman

F. Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil analisis di atas yaitu, menurut kepala produksi pada PT. XYZ disarankan untuk melakukan pelatihan terhadap operator mesin yang berfokus pada teknik proses produksi tiang pancang. Dilakukan penyusunan SOP penempatan sepatu yang rinci, menetapkan standar posisi kemiringan, memberikan pelatihan, pengarahan rutin, serta mewajibkan pengecekan posisi sepatu sebelum cetakan ditutup. Selain itu, diperlukan melakukan perawatan mesin dan cetakan secara rutin guna mencegah kerusakan. Penambahan lampu kerja fokus area cetakan, serta rutin mengingatkan mengenai mutu juga perlu diperketat untuk meminimalkan terjadinya kecacatan produk. Rekomendasi ini sejalan dengan penelitian oleh Akbar dkk (2021), yang menyatakan bahwa produk cacat karena faktor lingkungan, manusia, metode, mesin. Penyebab sekunder yang signifikan yaitu, pada lingkungan yaitu berdebu dan kotor, udara kotor, bising, dan suhu yang tinggi. Faktor manusia yaitu kurang disiplin, lelah mata, kurang teliti, kelelahan pada pekerja. Menerapkan 5S, memperbaiki posisi kerja, pengawasan suhu saat berproduksi, pengecekan dan membersihkan alat setelah digunakan, pengecekan mesin setiap minggu oleh divisi [18]. Dengan melaksanakan pengawasan dan evaluasi proses secara konsisten menggunakan peta kendali, diharapkan tingkat *defect* produk tiang pancang dapat ditekan hingga berada di bawah batas standar perusahaan yaitu 0,25% hingga sampai *zero defect*.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas produk beton pracetak di PT XYZ melalui pendekatan *Seven Tools* menunjukkan bahwa proses produksi selama periode Januari hingga Juni 2025 berada dalam kondisi stabil dan terkendali secara statistik, sebagaimana dibuktikan oleh posisi data pada peta kendali p yang tidak keluar dari batas UCL dan LCL. Meskipun secara statistik terkendali, identifikasi melalui diagram Pareto menunjukkan adanya empat jenis cacat utama yang masih terjadi, yaitu sepatu gompal (28%), di mana tingkat kecacatan aktual (0,24% - 0,49%) masih sering melampaui standar toleransi perusahaan sebesar 0,25%. Cacat yang sering terjadi pada produk tiang pancang yaitu sepatu gompal. Efeknya yaitu meningkatnya biaya produksi cacat, menyebabkan biaya tambahan, produktivitas menurun, dan menurunnya kepuasan dan kepercayaan pelanggan. Melalui analisis *Fishbone*, ditemukan bahwa akar penyebab masalah dominan berasal dari faktor metode yang kurang detail, kurangnya ketelitian manusia, kondisi cetakan yang tidak presisi, serta pencahayaan lingkungan yang kurang optimal. Sebagai langkah perbaikan berbasis *Six Sigma* DMAIC, penerapan metode 5W-1H direkomendasikan untuk menekan angka *defect* melalui standarisasi SOP, pelatihan operator, serta perawatan mesin secara berkala guna mencapai target kualitas yang ditetapkan perusahaan. Kelebihan penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi jenis cacat

(seperti sepatu gompal), tetapi juga merinci akar penyebabnya dari berbagai faktor: manusia, metode, mesin, dan lingkungan menggunakan *Fishbone Diagram* dan analisis 5W+1H. Meskipun kelemahan ini disebutkan bahwa cacat meningkatkan biaya produksi, penelitian ini tidak merinci analisis biaya-manfaat (*cost-benefit analysis*) dari usulan perbaikan yang diberikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan perusahaan yang telah memfasilitasi pengambilan data penelitian.

REFERENSI

- [1] D. R. Arthaningtyas, N. K. Anggraeni, and S. Suharyo, "Analisa Risiko pada Rantai Pasok Industri Beton Pracetak Sistem *Make-to-Order*," vol. 6, pp. 118–125, 2023, doi: 10.33087/talentasipil.v6i1.210.
- [2] Y. A. Firdaus and D. Mellita, "Strategi Pemasaran Precast Beton Pada PT Wijaya Karya Beton , Tbk Wilayah Penjualan II," vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2021.
- [3] W. R. Satyadharma, "Optimalisasi Proses Produksi Tiang Pancang (Spun Pile) Menggunakan Connector Ring Pada Cetakan," vol. 2, no. 1, 2022.
- [4] W. Widhianingsih and H. C. Wahyuni, "Strategi Peningkatan Kualitas Sepatu dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis, Grey Relational Analysis, dan Root Cause Analysis," *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 3, p. 17, 2024, doi: 10.47134/innovative.v3i3.112.
- [5] I. Rinjani, W. Wahyudin, and B. Nugraha, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada Lensa Tipe X Menggunakan Lean Six Sigma dengan Konsep DMAIC," vol. 8, no. 1, pp. 18–29, 2021.
- [6] Wiwik Sulistiyowati and H. C. Wahyuni, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*. Umsida Press, 2020. doi: 10.21070/2020/978 623-6833-79-7.
- [7] F. A. Ansori, I. N. Gusniar, "Penerapan Metode Seven Tools pada Pengendalian," vol. VIII, no. 2, pp. 5970–5978, 2023..
- [8] M. A. Arifianto and W. Sulistiyowati, "Product Quality Analysis Using Six Sigma Method and Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) in Furniture Products [Analisa Kualitas Produk Dengan Metode Six Sigma Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Pada Produk Mebel]," pp. 1–13.
- [9] Hady Sofyan, Regyawan Maydi Syaferi Putra, IndraGumelar, Tarman, and Farliana Sutartiah, "Analisis Produk Cacat pada Block Beton Menggunakan Metode Seven Tools dan Failure Mode Effect Analysis di Perusahaan Precast XYZ," *J. Teknosains Kodepena*, vol. 5, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: 10.54423/teknosains.v5i1.72.
- [10] Maulida Nuzula Firdaus, "Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Tujuh Alat Untuk Produk Cacat Pada Produksi Pemindai," vol. 2, no. 4, pp. 31–41, 2023.
- [11] A. Burhanudin and A. S. Cahyana, "Reducing Production Defects in Indonesian Furniture Using Seven Tools and 5W + 1H : Mengurangi Cacat Produksi pada Furnitur Indonesia dengan Menggunakan Tujuh Alat," vol. 25, no. 4, pp. 1–16, 2024, doi: 10.21070/ijins.v25i4.1189.
- [12] A. Z. Al-faritsy, A. S. Wahyunoto, J. T. Industri, U. T. Yogyakarta, and K. Yogyakarta, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Meja Menggunakan Metode Six Sigma Pada PT XYZ," vol. 4, no. 2, pp. 52–62, 2022.
- [13] A. Rufaidah, M. A. Alhariri, and U. Qomaruddin, "Analisis Pengendalian Kualitas Paving dengan Metode Six Sigma," vol. 4, no. 2, pp. 810–820, 2025.
- [14] A. Merjani and I. Kamil, "Penerapan_Metode_Seven_Tools_Dan_Pdca_Pl," vol. 9, no. 1, pp. 124–131, 2021.
- [15] R. Nugraha, A. Suwarno and S. B. Rahardjo, "Jurnal teknik industri," vol. 3, no. 1, pp. 59–65, 2022.
- [16] S. Tuasamu, J. Sahupala, and T. D. Kaisupy, "Penerapan Metode Six Sigma Dengan Konsep DMAIC Sebagai Alat Pengendalian Kualitas Produk," *Indo-Fintech Intellectuals J. Econ. Bus.*, vol. 3, no. 1, pp. 36–48, 2023, doi: 10.54373/ifijeb.v3i1.83.
- [17] N. Purwatmini and F. Lestari, "Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC," *J. Ecodemica J. Ekon. Manajemen, dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 79–85, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ecodemica>
- [18] M. N. Akbar, A. Saleh, and A. Daud, "Analisis Produk Cacat Menggunakan Metode Seven Tools Dalam Memberikan Layanan," vol. 2, no. 1, pp. 13–21, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.