

Pengendalian Kualitas Produk Beton Masonry Jenis Paving Tile Menggunakan Metode Seven tools dan Six sigma

Quality Control of Paving Tile Concrete Masonry Products Using Seven Tools and Six sigma Methods

Ichwan Hadiyansyah Nasution¹, Wiwik Sulistiyowati²

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. *This study aims to analyze and control the quality of masonry concrete products in the form of paving tiles at PT Varia Usaha Beton using the Seven Tools method and the Six Sigma approach with the DMAIC framework. Production and defect data were collected from October to December 2023, with a total production of 1,951,533 pieces. Three Critical to Quality (CTQ) characteristics were analyzed, namely cracks, chipping, and porosity. The Seven Tools analysis indicated that the highest defect rate occurred in November at 1.2%, exceeding the company's standard of 1%, with the dominant defect type being porosity (37%). The Six Sigma calculation resulted in an average DPMO of 3,585.53 and a sigma level of 4.19, indicating that the production process has not yet achieved the zero defect target. The fishbone diagram analysis identified the root causes of defects from the aspects of man, machine, material, method, measurement, and environment. Recommended improvements include the development and implementation of production SOPs, operator training, machine rejuvenation and maintenance, raw material quality control, and the application of automation at critical process points.*

Keywords - quality; concrete; paving tile; seven tools; six sigma

Abstrak. *Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas produk beton masonry jenis paving tile di PT Varia Usaha Beton menggunakan metode Seven Tools dan Six Sigma dengan pendekatan DMAIC. Data produksi dan cacat dikumpulkan selama periode Oktober–Desember (12 minggu) dengan total produksi sebanyak 1.951.533 pcs. Tiga Critical to Quality (CTQ) yang dianalisis adalah retak, gupil, dan keropos. Hasil analisis Seven Tools menunjukkan bahwa tingkat cacat tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 1,2%, melebihi standar perusahaan sebesar 1%, dengan jenis cacat dominan adalah keropos (37%). Perhitungan Six Sigma menghasilkan rata-rata DPMO sebesar 3.585,53 dan level sigma sebesar 4,19, yang mengindikasikan bahwa proses produksi belum mencapai target zero defect. Analisis fishbone diagram mengidentifikasi penyebab cacat dari aspek man, machine, material, method, measurement, dan environment. Rekomendasi perbaikan meliputi penyusunan dan penerapan SOP produksi, pelatihan operator, pemeliharaan dan perawatan mesin, pengendalian mutu bahan baku, serta penerapan otomasi pada titik proses kritis.*

Kata Kunci - kualitas; beton; paving tile; seven tools; six sigma

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. Varia Usaha Beton merupakan anak perusahaan dari PT. Semen Indonesia Beton yang bergerak dalam produksi berbagai jenis beton, seperti beton siap pakai, beton pracetak, beton masonry, batu pecah (*crushed stone*), serta menawarkan layanan konstruksi dan penyewaan peralatan. Perusahaan ini resmi berdiri sejak tahun 1991.

Kualitas menjadi elemen krusial dalam persaingan industri, sehingga setiap organisasi yang beroperasi di sektor barang atau layanan harus dapat menciptakan produk yang unggul dan memenuhi tuntutan konsumen [1]. Selain kualitas produk, hal lain yang menjadi pertimbangan adalah desain produk tersebut. Perspektif desain dalam pemasaran merupakan salah satu faktor pembentuk daya tarik[2]. Pengendalian kualitas bertujuan memastikan bahwa produk memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan sesuai standar mutu yang berlaku. Selain itu, pengendalian ini juga berfungsi untuk mengelola biaya desain, pengecekan, dan proses produksi secara efisien[3].

Standar yang telah banyak digunakan oleh perusahaan adalah ISO 9001:2008, Sertifikasi ISO 9001:2008 menunjukkan bahwa suatu perusahaan sudah dinilai dan memenuhi syarat yang ditetapkan dalam standar ISO tersebut[4]. Paving merupakan salah satu material konstruksi yang dibuat dari campuran air, semen portland, atau kombinasi bahan perekat hidrolik dengan agregat, tanpa penambahan bahan lain yang dapat menurunkan kualitas beton, sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Paving juga berperan sebagai solusi untuk masalah banjir karena berfungsi sebagai lahan resapan air [5]. Total produksi paving tile yang dihasilkan pada 3 bulan yaitu dari Oktober hingga Desember sebanyak 1.951.533 produk. Dengan rincian sebagai berikut, bulan Oktober jumlah produksi

552.210 unit dan jumlah kerusakan retak 1.913 unit, kerusakan gupil 1.806 unit, kerusakan keropos 2048 unit dengan total keseluruhan 5.767 unit (1%). Dan pada bulan November jumlah produksi 706.369 dengan kerusakan retak 2.887 unit, kerusakan gupil 1.934 unit, kerusakan keropos 3.306 unit dengan total kerusakan 8.127 unit (1,2%). Dan bulan Desember jumlah produksi 692.954 unit dengan kerusakan retak 2.212 unit, kerusakan gupil 2.413 unit, kerusakan keropos 2.524 unit dengan total kerusakan keseluruhan 7.149 unit (1%).

Dalam usaha menghasilkan produk berkualitas tinggi sesuai standar yang diharapkan konsumen, perusahaan manufaktur kerap menghadapi penyimpangan yang tidak diinginkan selama proses produksi. Kerusakan produk dapat menimbulkan kerugian besar bagi perusahaan. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah menerapkan sistem pengendalian kualitas yang dirancang untuk mengurangi kerusakan produk (*product defect*) hingga mencapai tingkat nol kerusakan (*zero defect*)[6]. Yang dimaksud dengan produk cacat adalah unit produksi yang tidak dapat dijadikan produk akhir karena kondisi fisiknya, namun dapat diperbaiki dan dijual sebagai produk akhir. Produk cacat pada proses produksi dapat disebabkan dua hal yaitu spesifikasi pesanan dan faktor internal[7]. *Seven tools* adalah serangkaian alat dasar yang dapat membantu perusahaan dalam menganalisis masalah, mengidentifikasi penyebab dan melakukan perbaikan dalam rangka meningkatkan kualitas produk[8]. *Six sigma* adalah suatu pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah melalui upaya peningkatan terus-menerus, dengan tujuan akhir mencapai *six sigma*[9]. Usulan perbaikan yaitu memberikan pelatihan untuk karyawan, melaksanakan perawatan alat secara berkala, membuat dan menerapkan SOP agar proses produksi berjalan sesuai prosedur[18].

Tujuan dari penelitian: (1) Mengetahui akar permasalahan yang menyebabkan tingkat kecacatan produk, (2) Memberikan rekomendasi perbaikan produk beton paving tile.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

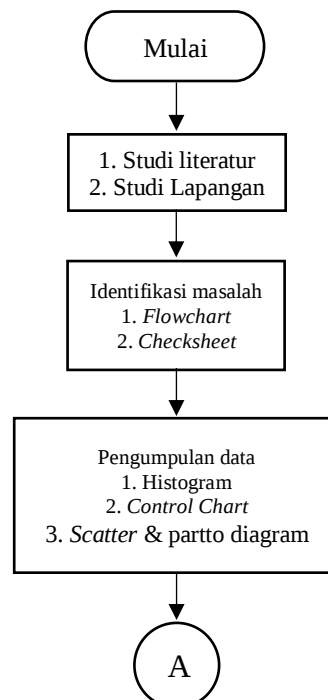
Penelitian ini dilakukan di PT. Varia Usaha Beton yang berlokasi di The Royal Business Park, Tambakoso, Jl H. Anwar Hamzah Blok F02-F03, Kp. Baru, Tambakoso, Kec. Waru, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur 61256. Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan sejak bulan September 2023 hingga Maret 2024.

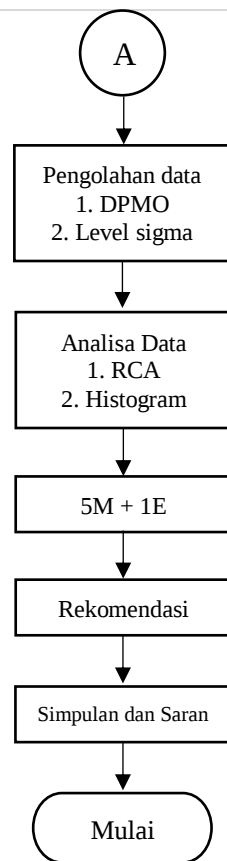
B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di PT. Varia Usaha Beton, penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara observasi ke *plant* BM Pandaan, serta melakukan wawancara terhadap 2 karyawan Supervisor (SPV) dan 1 *leader*. Data sekunder diperoleh dengan cara pengumpulan data histori *defect* pada produk selama 3 bulan dari bulan Oktober-Desember.

C. Alur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ada langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan skripsi. Seperti melakukan studi *literature* hingga sampai studi lapangan. Berikut gambar 1 yang menunjukkan *flowchart* dari alur penelitian.





Gambar 1. Alur penelitian

A. Metode Seven tools

Seven tools merupakan sekumpulan alat atau teknik sederhana yang digunakan untuk pengendalian mutu. Alat ini dianggap mudah dan cocok diterapkan di berbagai jenis usaha karena memiliki metode yang sederhana, membutuhkan keterampilan minimal, memiliki tujuan yang jelas, serta mekanisme yang mudah dipahami[10].

1. Flow Chart (diagram alir)

Dengan membuat *flow chart* maka akan lebih mudah untuk melihat gambaran proses produksi dan dapat mengetahui bagian produksi mana yang dapat menyebabkan cacat[11].

2. Check Sheet (lembar periksa)

Perusahaan menerima data produksi dan data cacat produk, lalu diolah menjadi tabel yang terstruktur. Proses ini dilakukan supaya data menjadi lebih mudah dipahami dan memungkinkan analisis lanjutan dilakukan dengan lebih efektif[11].

3. Histogram

Untuk memudahkan pembacaan dan interpretasi data secara cepat, maka data harus disajikan dalam bentuk histogram, yaitu representasi visual data dalam bentuk grafik yang menunjukkan nilai bentuk angka[11].

4. Diagram Pareto

Setelah data disajikan dalam histogram, langkah selanjutnya adalah menyajikannya dalam bentuk diagram pareto. Diagram pareto menampilkan data secara grafis untuk menentukan persebaran jenis produk cacat tertinggi secara relative. Dengan menggunakan diagram pareto, perusahaan dapat dengan cepat mengidentifikasi dan fokus pada masalah yang paling signifikan untuk diperbaiki[11].

5. Scatter Diagram (diagram pencar)

Scatter diagram adalah gambar yang menggambarkan hubungan yang mungkin terjadi antara dua faktor dan menunjukkan tingkat hubungan antara keduanya, yang dapat dinyatakan dengan koefisien korelasi. Diagram ini juga dapat digunakan untuk memeriksa apakah suatu variabel dapat menggantikan variabel lain. Dalam penggunaannya, scatter diagram memerlukan Kumpulan informasi sebagai standar uji, terutama Kumpulan data x sebagai *variable independent* yang dipasangkan dengan Kumpulan data y sebagai *variable dependen*[11].

6. Control Chart (peta kendali)

Peta kendali merupakan metode visual yang digunakan untuk menganalisis apakah suatu proses berada dalam batas kendali statistik, dengan tujuan mengidentifikasi masalah dan meningkatkan kualitas[11]. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pembuatan peta kendali:

a. Menghitung persentase kerusakan

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

Sumber: [19].

Keterangan:

np = Jumlah gagal dalam sub grup

n = Jumlah yang diperiksa dalam sub grup

- b. Menghitung garis tengah

Garis tengah adalah rata-rata kerusakan(p)

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

Sumber: [19]

Keterangan: $\bar{p}$: rata-rata produk rusak

$\sum np$ = jumlah total rusak

$\sum n$ = jumlah total diperiksa

- c. Menghitung Batas Kendali Atas

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

Sumber: [19]

Keterangan :

$\bar{p}$: rata-rata produk rusak

n : jumlah produksi

- d. Menghitung batas kendali bawah

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

Sumber: [19]

Keterangan :

$\bar{p}$: rata-rata produk rusak

n : jumlah produksi

7. Fishbone Diagram (diagram sebab akibat)

Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang sering terjadi, sedangkan analisis cacat produk sering dilakukan melalui diagram sebab-akibat untuk menganalisis faktor penyebab produk cacat [11].

B. Metode Six sigma

Six sigma adalah suatu metode pengendalian kualitas yang bisa diterapkan baik di industri jasa maupun manufaktur untuk mengevaluasi tingkat kecacatan. Sasaran utama dari penggunaan metode *six sigma* adalah untuk menentukan tingkat kecacatan produk berdasarkan 6 sigma[12]. Proses *six sigma* dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang disebut DMAIC, yaitu:

1. *Define* (D).

Langkah pertama dalam penerapan *Six sigma* adalah mengidentifikasi titik-titik kritis dalam perusahaan yang menjadi penyebab produk cacat, yang dikenal sebagai *Critical to Quality* (CTQ). Setiap produk yang dihasilkan oleh perusahaan memiliki jenis CTQ yang berbeda, sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Tahap ini mencakup penggambaran proses produksi secara rinci dan pembuatan diagram (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*).[12].

2. *Measure* (M)

Pada tahap ini, data dikumpulkan dan dilakukan perhitungan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Informasi yang diperlukan mencakup jumlah cacat pada produk berdasarkan jenis CTQ yang telah diidentifikasi pada tahap *define*. Nilai DPMO pada tahap ini dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{(\text{Banyaknya produk yang diproduksi} \times \text{CTQ potensial})} \times 1000000 \dots\dots\dots (5)$$

Dengan menggunakan rumus yang telah diberikan, nilai DPMO untuk setiap produk dapat dihitung. Selanjutnya, nilai DPMO akan dikonversi berdasarkan table *six sigma*[12].

3. *Analyze* (A)

Tahap ini melanjutkan proses dari tahap *measure*. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap nilai DPMO yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari produk cacat. Berbagai alat bantu, seperti *diagram fishbone*, *root cause analysis* (RCA), dan lainnya, dapat digunakan dalam tahap ini[12].

4. *Improve* (I)

Tahap ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kualitas produk dan mengurangi jumlah produk rusak, sehingga nilai sigma dapat ditingkatkan. Proses *improve* dapat dilakukan dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan keadaan masing-masing perusahaan. Ini bisa meliputi perbaikan pada system kerja (SOP), pelatihan karyawan, penggantian mesin atau perbaikan fasilitas dan infrastruktur, serta berbagai pendekatan lainnya[12].

5. *Control* (C)

Tahap kontrol bertujuan untuk memastikan proses berjalan sesuai dengan perbaikan yang telah dilakukan. Tujuan utamanya adalah menjaga agar proses produksi tetap terkendali sesuai dengan langkah-langkah perbaikan yang diterapkan. Pada tahap ini, diperlukan pemantauan yang optimal oleh perusahaan untuk memastikan setiap langkah perbaikan dijalankan secara efektif dan efisien, sehingga dapat mengurangi tingkat cacat pada produk[12].

Prinsip lean *six sigma* adalah bahwa semua aktivitas harus difokuskan pada hal yang kritis bagi kualitas konsumen dan mengurangi pemborosan serta penundaan yang tidak perlu. Pada setiap tahapan proses, terdapat peluang besar untuk melakukan perbaikan dan meningkatkan efisiensi biaya, kualitas, modal, dan *lead time*[13]. *Six Sigma* adalah metodologi yang bertujuan untuk meningkatkan proses dengan menekankan pemenuhan kebutuhan pelanggan, perbaikan berkelanjutan, serta partisipasi aktif dari individu di dalam maupun di luar organisasi[14]. Tujuan utama *six sigma* adalah memastikan bahwa produk atau layanan yang dihasilkan dapat memenuhi atau bahkan melampaui kebutuhan serta harapan konsumen, sehingga mencapai tingkat kesempurnaan yang lebih tinggi[15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap *Define*

Tahap *Define* adalah langkah awal dalam pendekatan *Six sigma*. Pada tahap ini, masalah utama dalam proses yang sedang berlangsung diidentifikasi. Selain itu, *Critical to Quality* (CTQ) juga ditentukan. CTQ mencakup batasan, karakteristik, dan standar kualitas yang harus dipenuhi untuk menjaga dimensi-dimensi kualitas suatu produk. Standar kualitas ini dapat berasal dari masukan konsumen atau ditetapkan oleh produsen. Berikut adalah tabel *Critical to Quality* untuk produk paving.

Tabel 1. *Critical to Quality* Produk Paving

No	<i>Critical to Quality</i>	Penyebab
1	Paving mengalami keretakan	Retakan paving biasanya bermanifestasi selama fase pengeringan, terutama sebagai akibat dari penumpukan paving yang berlebihan atau berpotensi disebabkan oleh perhatian yang tidak memadai dari karyawan selama pengangkatan paving tersebut, sehingga mengakibatkan paving menjadi retak.
2	Bentuk paving gupil	Retakan pada paving biasanya bermanifestasi selama fase pengeringan, biasanya akibat penumpukan paving yang berlebihan atau potensi kelalaian oleh pekerja selama proses pengangkatan, yang mengarah pada pengembangan paving yang retak. Ketidaksempurnaan dalam bentuk paving dapat timbul selama fase pengepresan, berpotensi dikaitkan dengan pembersihan yang tidak memadai sebelum penggunaan atau adanya jamur, sehingga menyebabkan masalah ketidaksejajaran.
3	Paving keropos	Terjadinya paving keropos dalam produksi PT. Varia Usaha Beton dianggap cacat yang dapat dikaitkan dengan berbagai faktor. Kekurangan dalam komposisi semen atau tekanan yang tidak mencukupi selama proses pengepresan umumnya diidentifikasi sebagai akar penyebab masalah ini. Akibatnya, paving yang dihasilkan dapat menunjukkan rongga karena sifatnya yang keropos. Kehadiran rongga ini merupakan konsekuensi langsung dari integritas struktural paving yang terganggu selama proses produksi.

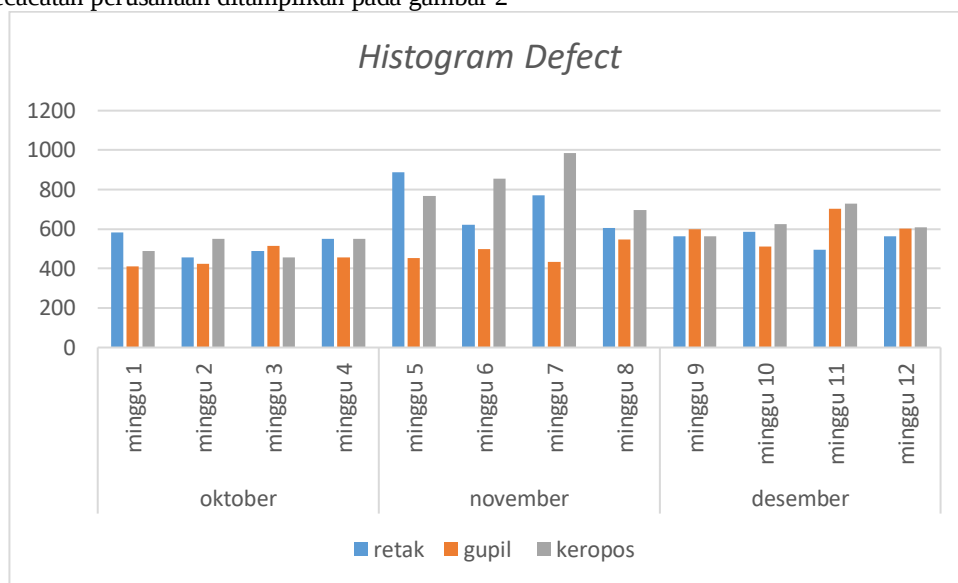
Hasil pengumpulan data kecacatan menggunakan *check sheet* untuk mengetahui jumlah cacat dan presentase kecacatan terhadap total produksi selama periode Oktober hingga Desember 2023.

Tabel 2. Data *CheckSheet*

Bulan	Per minggu	Jumlah Produksi	Jenis Produk <i>Reject</i>			Total	Persentase per bulan
			Retak	Gupil	Keropos		
Oktober	Minggu ke-1	136.023	584	411	489	1484	1,0%
	Minggu ke-2	137.056	456	423	549	1428	

	Minggu ke-3	140.098	414	415	458	1387	
	Minggu ke-4	139.033	459	457	552	1468	
	Total	552.210	1913	1806	2048	5767	
November	Minggu ke-1	177.811	889	452	768	2109	1,2%
	Minggu ke-2	165.799	622	500	857	1979	
	Minggu ke-3	181.888	770	435	984	2189	
	Minggu ke-4	180.871	606	547	697	1850	
	Total	706.369	2887	1934	3306	8127	
Desember	Minggu ke-1	173.222	565	600	563	1406	1,0%
	Minggu ke-2	173.298	586	510	625	1556	
	Minggu ke-3	173.209	496	702	728	1926	
	Minggu ke-4	173.225	565	601	608	1774	
	Total	692,954	2212	2413	2524	7149	
Total		1.951.533				21.043	

Berdasarkan data tabel 2, diketahui bahwa selama 3 bulan kecacatan melebihi standar perusahaan. Hasil olah data histogram kecacatan perusahaan ditampilkan pada gambar 2



Gambar 2. Histogram Kecacatan

Dari data histogram yang telah ditunjukkan pada gambar 2 dapat dilihat bahwa jumlah kecacatan produksi per-minggu di bulan oktober sebesar 1913 retak, 1806 gupil, 2048 keropos. Bulan november 2887 retak, 1934 gupil, 3306 keropos. Bulan desember 2212 retak, 2413 gupil, 2524 keropos.

Peta kendali merupakan alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas statistik untuk memantau dan mengevaluasi aktivitas atau proses secara grafis untuk mengatasi masalah dan meningkatkan kualitas[17]. Untuk mengidentifikasi variabel yang konsisten dan tidak dapat diprediksi yang mungkin dipengaruhi oleh penyebab masalah yang kompleks, diagram kendali dibuat sebagai bagian dari penelitian ini. Microsoft Excel digunakan untuk menyederhanakan proses perhitungan untuk menghasilkan diagram kendali P. Ilustrasi perhitungan diagram kendali bulan Oktober disajikan di bawah ini.

Perhitungan Presentase Cacat bulan oktober minggu ke-1:

$$P = \frac{np}{n}$$

$$P = \frac{1484}{136,023}$$

$$P = 0,01091$$

Perhitungan Center Line (CL):

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$CL = \bar{p} = \frac{21.043}{1.951.533}$$

$$CL = 0,01078$$

Perhitungan Upper Center Limit (UCL) bulan Oktober minggu ke-1:

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{P(1-P)}}{n} \\
 UCL &= 0,01078 + 3 \frac{\sqrt{0,01078(1-0,01078)}}{136.023} \\
 UCL &= 0,01078 + 3 \frac{\sqrt{0,01078(0,98922)}}{136.023} \\
 UCL &= 0,01078 + 3 \frac{\sqrt{0,0106637916}}{136.023} \\
 UCL &= 0,01078 + 3 \sqrt{0,0000000783969740411548} \\
 UCL &= 0,01078 + 3(0,00027999459645) \\
 UCL &= 0,01078 + 0,00083998378935 \\
 UCL &= 0,01161998
 \end{aligned}$$

Perhitungan Lower Center Limit (LCL) bulan Oktober minggu ke-1

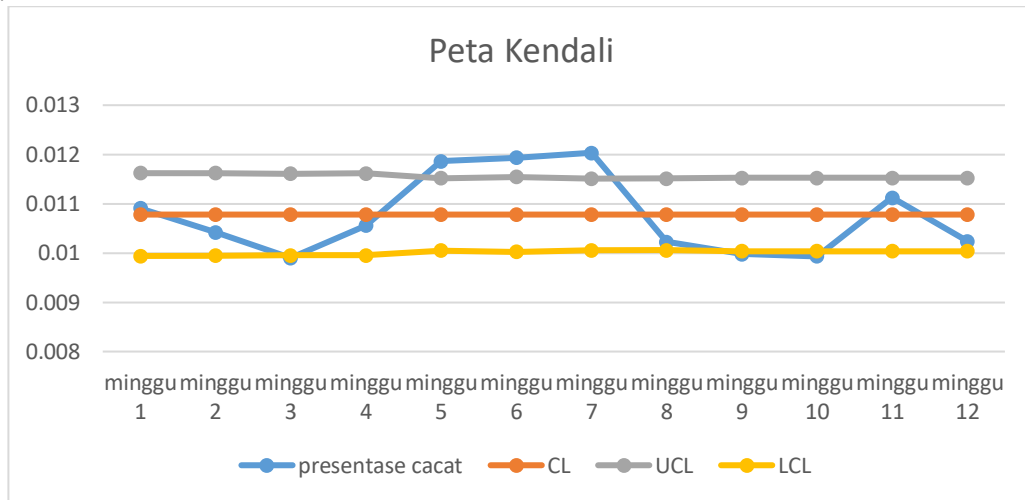
$$\begin{aligned}
 LCL &= \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{P(1-P)}}{n} \\
 LCL &= 0,01078 - 3 \frac{\sqrt{0,01078(1-0,01078)}}{136.023} \\
 LCL &= 0,01078 - 3 \frac{\sqrt{0,01078(0,98922)}}{136.023} \\
 LCL &= 0,01078 - 3 \frac{\sqrt{0,0106637916}}{136.023} \\
 LCL &= 0,01078 - 3 \sqrt{0,0000000783969740411548} \\
 LCL &= 0,01078 - 3(0,00027999459645) \\
 LCL &= 0,01078 - 0,00083998378935 \\
 LCL &= 0,00994001
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan secara lengkap pada setiap bulan, data hasil dari pengolahan peta kendali tersebut tersaji dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Peta Kendali

no	bulan	Jumlah produksi	Jenis defect			Total defect	CL	UCL	LCL	Presentase cacat
			Retak	Gupil	Keropos					
1	Okt	552210	1913	1806	2048	5767				
	Week 1	136023	584	411	489	1484	0,01078	0,01161998	0,00994001	0,01090991
	Week 2	137056	456	423	549	1428	0,01078	0,01161973	0,00994589	0,01041909
	Week3	140098	414	515	458	1387	0,01078	0,01161059	0,00995502	0,00990021
	Week4	139033	459	457	552	1468	0,01078	0,01161375	0,00995186	0,01055864
2	Nov	706369	2887	1934	3306	8127				
	Week 5	177811	889	452	768	2109	0,01078	0,01151758	0,01004803	0,01186090
	Week 6	165799	622	500	857	1979	0,01078	0,01154373	0,01002188	0,01193613
	Week 7	181888	770	435	984	2189	0,01078	0,01150930	0,01005631	0,01203487
	Week 8	180871	606	547	697	1850	0,01078	0,01151134	0,01005427	0,01022828
3	Des	692954	2212	2413	2524	7149				
	Week 9	173222	565	600	563	1728	0,01078	0,01152725	0,01003836	0,00997563
	Week 10	173298	586	510	625	1721	0,01078	0,01152708	0,01003853	0,00993087
	Week 11	173209	496	702	728	1926	0,01078	0,01152728	0,01003833	0,01111951
	Week 12	173225	565	601	608	1774	0,01078	0,01152724	0,01003837	0,01024101
	Total	1.951.533				21.043				
	Rata-rata	281944,5				7014				

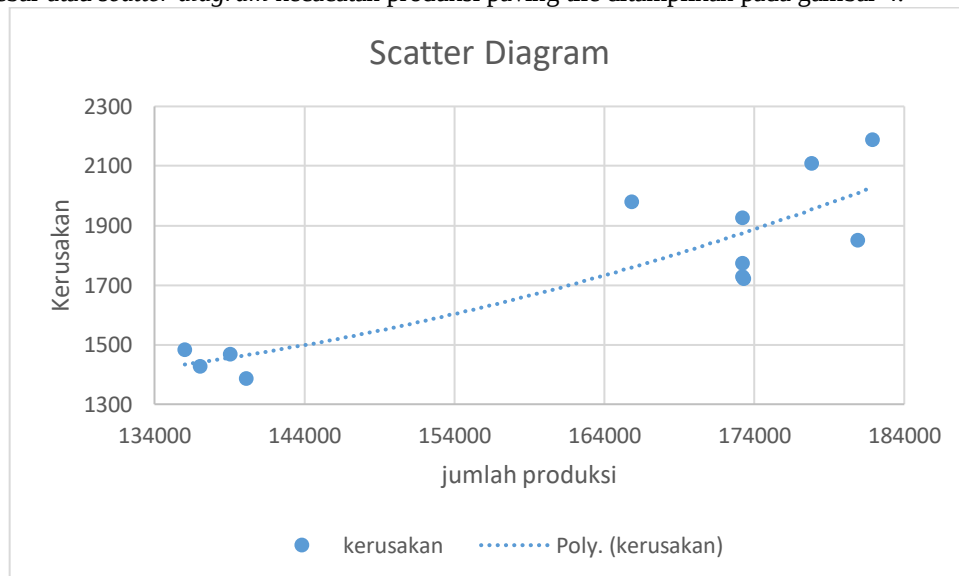
Setelah menganalisis data yang diperoleh dari perusahaan, peta kendali telah disusun dan dapat dilihat dalam gambar 3.



Gambar 3. Grafik Peta kendali

Gambar 3, menunjukkan bahwa kecacatan yang terjadi dibulan november atau minggu ke-5 sampai 8 berada di luar batas kendali atas. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu takaran bahan pengeras yang tidak sesuai dengan takaran, pekerja yang kurang teliti dalam melakukan *set up* takaran, dan dari segi material yang tidak sesuai dengan yang distandarisasi oleh perusahaan.

Diagram sebar atau *scatter diagram* kecacatan produksi paving tile ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Scatter diagram kecacatan

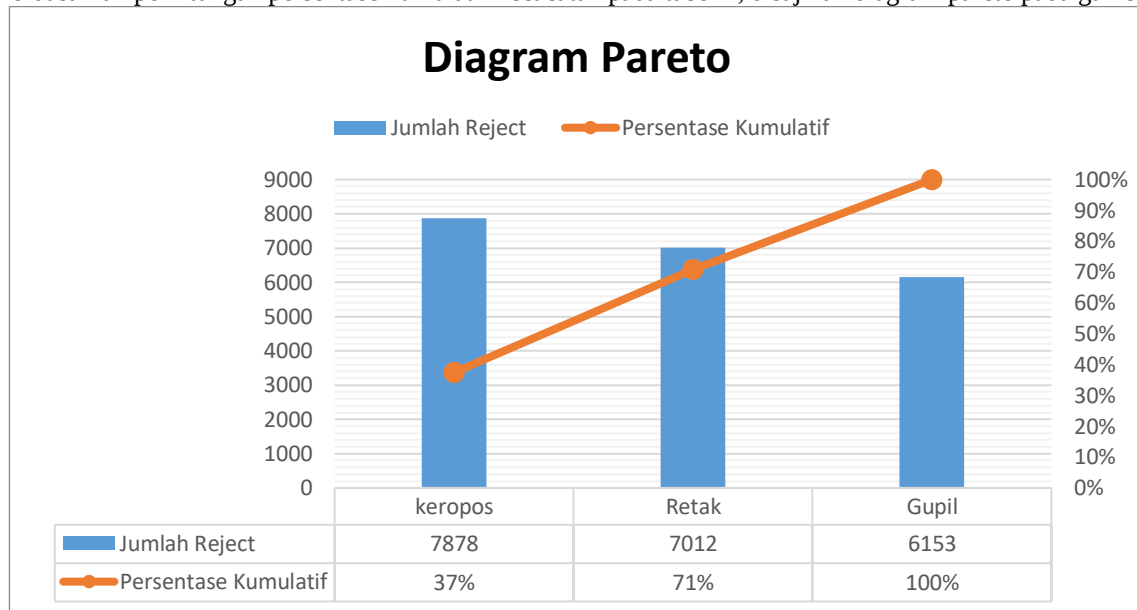
Berdasarkan diagram sebar pada gambar 4 terlihat bentuk sebaran memiliki korelasi yang positif. Diagram tersebut menggambarkan jumlah produksi yang tinggi juga menyebabkan cacat yang tinggi

Penyajian perhitungan persentase kumulatif kecacatan yang terjadi pada pembuatan paving tile selama 3 bulan atau 12 minggu terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan persentase kecacatan

Kecacatan	Jumlah Reject	Kumulatif	Persen	Persentase Kumulatif
Keropos	7878	7878	37%	37%
Retak	7012	14890	33%	71%
Gupil	6153	21043	29%	100%

Berdasarkan perhitungan persentase kumulatif kecacatan pada tabel 4, disajikan diagram pareto pada gambar 5



Gambar 5. Diagram pareto kecacatan

Berdasarkan diagram pareto gambar 5. Diketahui bahwa kecacatan tertinggi terdapat pada cacat keropos, yaitu sebesar 37% dengan jumlah 7878 pcs dari total produksi selama 3 bulan atau 12 minggu sebesar 1.951.533 pcs. Oleh karena itu perusahaan perlu memberikan perhatian lebih pada faktor yang menyebabkan kecacatan keropos agar kuantitas kecacatan tersebut dapat dikurangi.

B. Tahap Mean

Tahap pengukuran tingkat *Six sigma* dan *Defect Per Million Opportunities (DPMO)*

Penghitungan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dilakukan, kemudian hasilnya dikonversi menggunakan tabel *Six sigma* untuk menentukan nilai sigma. Contoh penghitungan DPMO pada bulan Oktober minggu 1 dapat dilihat pada penjelasan berikut ini:

Menghitung nilai DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Product} \times \text{CTQ}} = \frac{1484}{136023 \times 3} = 0,003636639882$$

Menghitung DPMO (*Difect Per Million Opportunities*)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO = 0,003636639882 \times 1.000.000$$

$$DPMO = 3636,639882$$

Menentukan nilai sigma

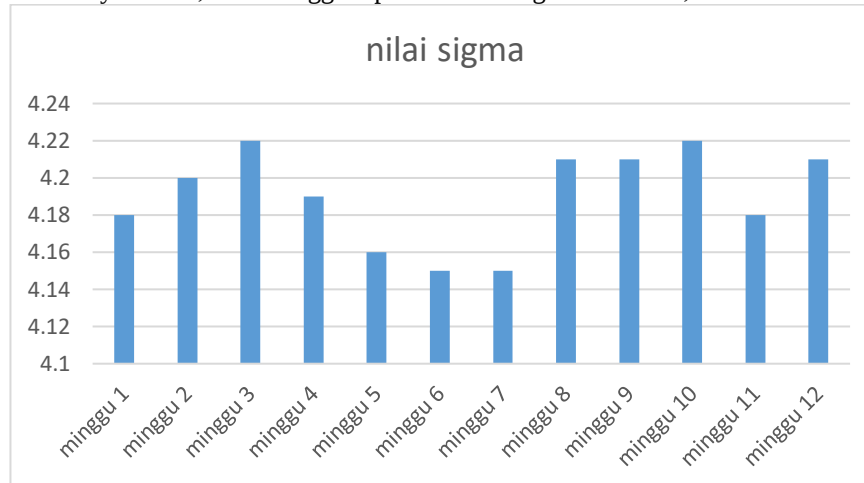
Perhitungan ini konversi nilai sigma dari DPMO (*Difect Per Million Opportunities*) menjadi nilai sigma dengan menggunakan Microsoft Excel dengan rumus = NORMSINV ((1000000-DPMO)/1000000)+1,5. Maka nilai DPMO adalah sigma 4,21. Setelah dilakukan perhitungan secara lengkap pada setiap bulan, data hasil dari perhitungan DPMO dan nilai sigma tersebut terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan nilai sigma

Bulan	Jumlah Produksi (Unit)	Jumlah Produk Cacat (Unit)	CTQ	Nilai DPO	DPMO	Nilai Sigma
Minggu 1	136.023	1484	3	0,00363664	3636,63	4,18
Minggu 2	137.056	1428	3	0,003473033	3473,03	,4,20
Minggu 3	140.098	1387	3	0,003300071	3300,07	4,22
Minggu 4	139.033	1468	3	0,003519548	3519,54	4,19
Minggu 5	177.811	2109	3	0,003953636	3953,63	4,16
Minggu 6	165.799	1979	3	0,003978713	3978,71	4,15
Minggu 7	181.888	2189	3	0,004011626	4011,62	4,15
Minggu 8	180.871	1850	3	0,003409428	3409,42	4,21
Minggu 9	173.222	1728	3	0,003325213	3325,21	4,21
Minggu 10	173.298	1721	3	0,00331029	3310,29	4,22

Minggu 11	173.209	1926	3	0,003706505	3706,50	4,18
Minggu 12	173.225	1774	3	0,003413672	3413,67	4,21
Total	1.951.533	21.043	3	0,043038375	43038,37	50,27
Rata-rata	650511	7014,33	3	0,003586531	3585,53	4,19

Dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai DPMO yaitu 3347,493 per bulan, yang berarti proses mempunyai peluang menghasilkan cacat sebanyak 3206,919 sehingga diperoleh nilai sigma sebesar 4,21.

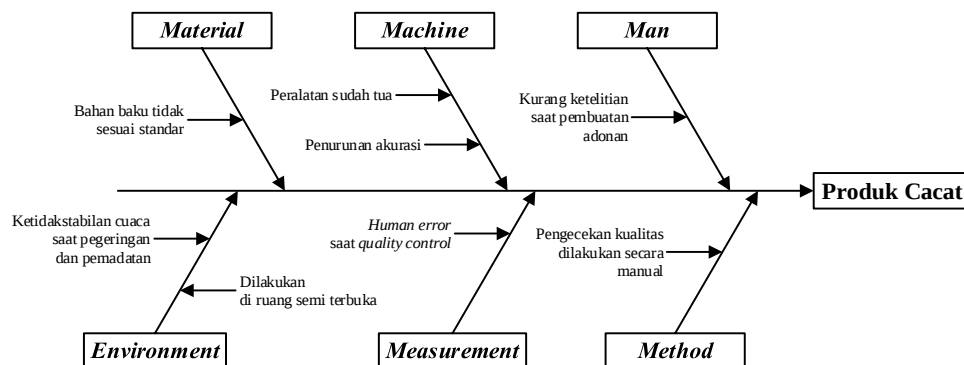


Gambar 6. Diagram Pencapaian Nilai Sigma

Gambar 6 yaitu hasil tingkat pencapaian sigma, menunjukkan semakin tinggi DPMO yang dihasilkan sigmanya semakin rendah. Oleh karena itu harus dilakukan koreksi untuk menurunkan nilai DPMO dan meningkatkan nilai sigma hingga mencapai *zero damage*. Pada minggu 6 dan 7, produksi mencapai tingkat sigma terendah sebesar 4,15 dibandingkan bulan lainnya

C. Tahap Analyze

Hubungan sebab akibat kecacatan disajikan menggunakan *fishbone diagram* pada gambar 7. Faktor penyebab kecacatan dianalisa berdasarkan faktor 5M+1E, yaitu *man*, *material*, *machine*, *method*, *measurement*, dan *environment*



Gambar 7. Fishbone Diagram

Berdasarkan gambar 7 bisa disimpulkan bahwa faktor *man*, kecacatan terjadi karena kurangnya ketelitian dalam pembuatan campuran adonan paving. Berdasarkan faktor *machine*, kecacatan terjadi karena yang akurasinya berkurang juga mesin yang memerlukan perawatan. Berdasarkan faktor *material* dipengaruhi oleh raw material yang tidak sesuai dengan standar perusahaan. Pada faktor *measurement* diketahui bahwa seringkali terjadi *human error* pada saat pengecekan kualitas, berhubungan dengan faktor *method* yang masih dilakukan secara manual baik dari pengecekan kualitas maupun pencampuran bahan. Berdasarkan *environment* kecacatan dapat terjadi disebabkan oleh proses pengeringan di ruang semi terbuka dan juga adanya faktor ketidakstabilan cuaca.

D. Tahap Improve

Dalam upaya memperbaiki proses, dilakukan berbagai peningkatan seperti mengembangkan solusi untuk menghilangkan akar masalah, melakukan pengujian, dan mengevaluasi hasilnya. Pada tahap ini, dirancang rencana tindakan untuk mengimplementasikan peningkatan kualitas sesuai dengan prinsip *Six sigma*.

Tabel 6. Improve six sigma

No	Faktor	Masalah	Penyebab	Pemecahan masalah (usulan perbaikan)
1	Manusia	Kurangnya keterampilan	Kurang pengalaman	Diperlukannya penyelenggaraan latihan dan pengenalan secara berkala terhadap para pekerja[18]
		Bekerja terlalu terburu-buru	Mengejar target produksi yang terlalu banyak	Diperlukan penambah SDM ketika target produksi terlalu banyak.
		Kurangnya ketelitian	1. Lelah dan kurang konsentrasi 2. kurangnya pengawasan	Lebih banyak pengawasan yang diberlakukan terhadap karyawan saat mereka sedang bekerja
2	Mesin	Peralatan sudah tua	Alat sudah aus	Melakukan pengecekan kondisi sebelum digunakan produksi dan melakukan perawatan secara berkala[18]
		Penyangga cetakan sudah longgar	Karena terlalu sering digunakan	Melakukan pemeriksaan terhadap penyangga cetakan berada dalam kondisi baik pada saat akan dilakukan percetakan
		Gagang press longgar	Baut pengikat kurang kencang	Periksa apakah gagang atau sekrup pengepresan sudah benar-benar kencang dan dalam kondisi baik (tidak kendur) dan pastikan hasil pengepresan benar
3	Material	Bahan baku kurang	Pasir bercampur tanah	Pastikan pasir yang diterima atau yang digunakan tidak mengandung campuran tanah
		Kesalahan metode	Tidak adanya SOP	Membuat SOP tentang kedisiplinan karyawan, material, alat, mesin, dan melaksanakan SOP berkelanjutan[18]
4	Metode	Pengepresan kurang padat	Masih menggunakan cara manual	Jika memungkinkan perusahaan membeli alat press otomatis agar meminimalisir paving mengalami cacat
		Pencampuran bahan tidak sesuai	Komposisi air, pasir, semen, batu tidak tepat	Memastikan bahan yang tercampur sesuai dengan yang telah ditetapkan perusahaan

Pada tabel 6 memungkinkan evaluasi terhadap keempat elemen untuk identifikasi area yang perlu ditingkatkan dan menerapkan langkah-langkah perbaikan yang tepat. Pendekatan ini mendorong perbaikan berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi, produktivitas, dan kualitas manusia, metode, mesin, dan material. Dengan cara ini, perusahaan dapat mencapai tujuannya dengan lebih efisien dan tetap lebih kompetitif di pasar.

E. Tahap Control

Tahap terakhir dalam pendekatan DMAIC adalah tahap kontrol. Pada tahap ini, implementasi di lingkup perusahaan belum dilakukan sepenuhnya. Oleh karena itu, saran yang diberikan kepada perusahaan adalah untuk terus memantau dan meninjau proyek perbaikan yang sedang berjalan.

Tabel 7. Saran perbaikan produk paving

No	Proses	Indicator kinerja utama	Batas control (UCL/LCL)	Frekuensi pemantauan	Alat kontrol	Tindakan korektif	Penanggung jawab
1	Percetakan	Tingkat retak pada paving (%)	UCL: (1%) LCL: (0%)	Harian	Control chart	Pemeriksaan kualitas bahan, pengaturan ulang	Kepala produksi
		Tingkat gupil pada paving (%)	UCL: (1%) LCL: (0%)				

		Tingkat keropos pada paving (%)	UCL: (1%) LCL: (0%)			tekanan mesin	
2	Finishing dan pemolesan	Permukaan kasar/tidak rata (%)	UCL: (1%) LCL: (0%)	Mingguan	Visual inspection	Peningkatan prosedur finishing	
3	Pengemasan dan penyimpanan	Jumlah paving rusak dalam pengemasan (%)	UCL: (1%) LCL: (0%)	Harian	checksheet	Pelatihan pengemasan, penggunaan material pelindung	

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 7, diperlukan pencatatan histori data perbaikan untuk memungkinkan perbandingan guna menentukan apakah proses telah mengalami peningkatan dibandingkan sebelumnya. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk tujuan ini meliputi *check sheet*, laporan kualitas, *control chart*, dan dokumentasi [16].

IV. SIMPULAN

Persentase kecacatan pada produksi beton paving tile lebih dari sama dengan 1% dan terdiri dari kecacatan paving mengalami keretakan, bentuk paving gupil, dan paving keropos. Akar permasalahan penyebab terjadinya produk cacat dianalisis menggunakan kombinasi metode *six sigma* dan *Seven tools*. Penyebab kecacatan produk beton paving tile yaitu disebabkan oleh perhatian yang tidak memadai dari karyawan selama pengangkutan paving tersebut, sehingga mengakibatkan paving menjadi retak, ketidaksempurnaan dalam bentuk paving dapat timbul selama fase pengepresan, berpotensi dikaitkan dengan pembersihan yang tidak memadai sebelum penggunaan atau adanya jamur, sehingga menyebabkan masalah ketidaksejajaran, dan kekurangan dalam komposisi semen atau tekanan yang tidak mencukupi selama proses pengepresan.

Rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi kuantitas kecacatan dari produk beton paving tile yaitu melakukan pemeriksaan kualitas bahan, melakukan pengaturan ulang tekanan mesin, meningkatkan prosedur finishing, serta melaksanakan pelatihan pengemasan, penggunaan material pelindung. Rekomendasi lain yang diberikan yaitu membuat SOP tentang kedisiplinan karyawan, material, alat, mesin, dan melaksanakan SOP berkelanjutan dan jika memungkinkan perusahaan membeli alat press otomatis agar meminimalisir paving mengalami cacat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT. Varia Usaha Beton sebagai tempat penelitian.

REFERENSI

- [1] K. Damayant, M. Fajri, and N. Adriana, "Pengendalian Kualitas Di Mabel PT. Jaya Abadi Dengan Menggunakan Metode *Seven tools*," *J. Penelit. Mhs. Tek. Ind. Univ. Indraprasta PGRI*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [2] M. T. Y. Suari, N. L. W. S. Telagawathi, and N. N. Yulianthini, "Pengaruh Kualitas Produk Dan Desain Produk Terhadap Keputusan Pembelian," *Bisma J. Manaj.*, vol. 5, no. 1, pp. 26–33, 2019.
- [3] F. A. Lestari and N. Purwatmini, "Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC," *J. Ecodemica J. Ekon. Manajemen, dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 79–85, 2021, doi: 10.31294/jeco.v5i1.9233.
- [4] E. Priyanto, B. Ervadius, and S. Rahmawati, "Perencanaan Saluran Irigasi Menggunakan Beton Precast pada Rehabilitasi Jaringan Irigasi Waduk Bunder Kecamatan Cerme Kabupaten Gresik," *Wahana Tek.*, vol. 08, no. 02, pp. 44–58, 2019.
- [5] I. Y. Budiarti and H. Dani, "Penerapan Statistical Process Control Untuk Pengendalian Mutu Paving Block Di Pt. Varia Usaha Beton," *Ejournal.Unesa.Ac.Id*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/37177%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/37177/41259>
- [6] E. Suprianto, P. S. Teknik, M. Pembekalan, F. Teknik, and U. N. Bandung, "PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI MENGGUNAKAN ALAT BANTU STATISTIK (*SEVEN TOOLS*) DALAM UPAYA MENEKAN TINGKAT," vol. 6, no. 2, pp. 10–18, 2016.
- [7] I. Bitung, "INDONESIA ACCOUNTING Penerapan Total Quality Management terhadap produk cacat pada PT . Sinar Pure Foods," pp. 97–102, 2020.

- [8] B. S. Priambodo *et al.*, “EVALUASI KERUSAKAN BARANG DALAM PROSES PENGIRIMAN,” vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [9] A. R. Andriansyah and W. Sulistyowati, “Clarisa Product Quality Control Using Methods Lean Six sigma and Fmeca Method (Failure Mode And Effect Cricitality Analysis) (Case Study: Pt. Maspion Iii),” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.,* vol. 4, no. 1, pp. 47–56, 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1272.
- [10] H. Hamdani, W. Wahyudin, C. G. Gemilang Putra, and B. Subangkit, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk 4L45W 21.5 MY Menggunakan Seven tools dan Kaizen,” *Go-Integratif J. Tek. Sist. dan Ind.,* vol. 2, no. 02, pp. 112–123, 2021, doi: 10.35261/gijtsi.v2i2.5651.
- [11] M. S. ARIFIN, S. ADJIE, and E. SANTOSO, “Pengendalian Kualitas Dengan Metode Seventools Sebagai Alat Untuk Mengurangi Produk Cacat Pada Perusahaan Tanteka Sablon Ponorogo,” *ISOQUANT J. Ekon. Manaj. dan Akunt.,* vol. 3, no. 1, p. 25, 2019, doi: 10.24269/iso.v3i1.237.
- [12] H. C. Wahyuni, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa.* 2020. doi: 10.21070/2020/978-623-6833-79-7.
- [13] S. Sarman and D. Soediantono, “Literature Review of Lean Six sigma (LSS) Implementation and Recommendations for Implementation in the Defense Industries,” *J. Ind. Eng. & Manag. Res.,* vol. 3, no. 2, pp. 24–34, 2022, [Online]. Available: <https://jiemar.org/index.php/jiemar/article/view/273>
- [14] A. Widodo and D. Soediantono, “Manfaat Metode Six sigma (DMAIC) dan Usulan Penerapan Pada Industri Pertahanan: A Literature Review,” *Int. J. Soc. Manag. Stud.,* vol. 3, no. 3, pp. 1–12, 2022.
- [15] M. Juliana and B. Estavan Imanuel Sitanggang, “Analisis Pengendalian Kualitas Paving Menggunakan Metode Six sigma Pada Cv Mtu. Analysis of Paving Quality Control Using the Six sigma Method in Cv Mtu,” *J. Ris. dan Apl. Tek. Ind.,* vol. 1, no. 3, pp. 16–21, 2023.
- [16] A. Irwanto, D. Arifin, M. M. Arifin, and X. Pt, “PENINGKATAN KUALITAS PRODUK GEARBOX DENGAN PENDEKATAN DMAIC SIX SIGMA PADA PT . X , Y , Z Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Borobudur produk juga harus berjalan dengan baik . Namun pada kenyataannya , tiap tahun didapatkan kegagalan nol (zero defect).,” pp. 1–17.
- [17] C. A. Z. Arifin and F. N. Azizah, “Analisis Kecacatan Ban Vulkanisir Dengan Pengendalian Kualitas Metode Statistical Quality Control (Sqc) Pada Cv.Arm,” *J. Ind. Eng. Oper. Manag.,* vol. 6, no. 1, pp. 110–123, 2023, doi: 10.31602/jieom.v6i1.11440.
- [18] F. Rozi and A. J. Nugroho, “Upaya perbaikan kualitas produk batik di Batik Allussan menggunakan metode Six Sigma dan New Seven Tools,” *Jurnal Cakrawala Ilmiah,* vol. 1, no. 11, pp. 2971–2982, Jul. 2022.
- [19] J. Susetyo, M. Yusuf, and J. Geriot, “Pengendalian Kualitas Produk Gula Dengan Metode Statistical Processing Control (Spc) Dan Failure Mode and Efect Analysis (Fmea),” *J. Teknol.,* vol. 13, no. 2, pp. 127–135, 2020