

Quality Control Analysis Of The Risk Of Paving Product Damage Using Six Sigma and Kaizen Methods [Analisis Quality Control Terhadap Risiko Kerusakan Produk Paving Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Dan Kaizen]

Lil Islacha¹⁾, Inggit Marodiyah ^{*2)}

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

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

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

Abstrak. PT Varia Usaha Beton experienced various problems, including product defects allegedly due to lack of quality control in the production process. January-December 2023, the company standard for product defects was 0.1% of production each month. In January the defect was 0.3%, February the defect was 0.2%, March the defect was 0.5%, April the defect was 0.4%, May the defect was 0.2%, June the defect was 0.3%, July the defect was 0.4%, August the defect was 0.3%, September the defect was 0.4%, October the defect was 0.2%, November the defect was 0.4%, and December the defect was 0.2%. The purpose of this study is to determine the of the causes of paving product failure and determine the risk reduction strategy for damage to paving products. To conduct this research using six sigma and kaizen methods. Results showed the highest defect was in March 4859 out of 984275 and the lowest was in October 985 out of 552177. Types of defects: crack 9250, gupil 10040, porous 9961. Production improvement analysis using Kaizen Five M Checklist, focus on supervision, machine maintenance, material, SOP, environment. Further research is needed on factors that contribute to product defects.

Keywords – Quality Control; Six Sigma; Kaizen; Paving

Abstrak. PT. Varia Usaha Beton mengalami berbagai masalah, termasuk kecacatan produk diduga karena kurangnya pengendalian kualitas dalam proses produksi. Januari-Desember 2023, standar perusahaan untuk kecacatan produk sebesar 0,1% dari produksi tiap bulan. Pada bulan Januari kecacatan 0,3%, Februari kecacatan 0,2%, Maret kecacatan 0,5%, April kecacatan 0,4%, Mei kecacatan 0,2%, Juni kecacatan 0,3%, Juli kecacatan sebesar 0,4%, Agustus kecacatan 0,3%, September kecacatan 0,4%, Oktober kecacatan sebesar 0,2%, November kecacatan 0,4%, dan Desember kecacatan 0,2%. Tujuan penelitian ini menentukan penyebab kegagalan produk paving dan menentukan strategi pengurangan risiko kerusakan pada produk paving. Untuk melakukan penelitian ini menggunakan metode six sigma dan kaizen. Hasil menunjukkan kecacatan tertinggi pada Maret 4859 dari 984275 dan terendah pada Oktober 985 dari 552177. Jenis kecacatan: retak 9250, gupil 10040, keropos 9961. Analisis perbaikan produksi menggunakan Kaizen Five M Checklist, fokus pada pengawasan, perawatan mesin, material, SOP, lingkungan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk faktor yang berkontribusi pada kecacatan produk.

Kata Kunci – Pengendalian kualitas; Six Sigma; Kaizen; Paving

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. Varia Usaha Beton selalu mengalami berbagai permasalahan. Salah satu permasalahannya adalah terjadinya cacat produk dalam proses produksinya yang terjadi karena penerapan *quality control* yang kurang maksimal. Permasalahan yang terjadi pada PT. Varia Usaha Beton adalah banyak terjadinya cacat produk dalam proses produksi dikarenakan kurangnya pengawasan dalam hal *quality control*. Pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember 2023, perusahaan menghasilkan produk paving sebanyak 9.022.481 *unit*. Permasalahan pada PT. Varia Usaha Beton adalah banyaknya terjadi kecacatan produk dalam proses produksi diduga dikarenakan kurang perhatian dalam hal pengendalian kualitas. Produksi pada bulan Januari sebanyak 801.731 *unit*, bulan Februari 743.700 *unit*, bulan Maret 984.375 *unit*, bulan April 476.237 *unit*, bulan Mei 767.483 *unit*, bulan Juni 711.499 *unit*, bulan Juli 726.900 *unit*, bulan Agustus 892.796 *unit*, bulan September 781.360 *unit*, bulan Oktober 552.177 *unit*, bulan November 801.369 *unit*, bulan Desember 782.954 *unit*. Standar yang diberikan perusahaan untuk kecacatan produk sebesar 0,1% dari produksi di setiap bulan. Pada bulan Januari didapatkan kecacatan sebesar 0,3%, bulan Februari didapatkan kecacatan sebesar 0,2%, bulan Maret didapatkan kecacatan sebesar 0,5%, bulan April didapatkan kecacatan sebesar 0,4%, bulan Mei didapatkan kecacatan sebesar 0,2%, bulan Juni didapatkan kecacatan sebesar 0,3%, bulan Juli didapatkan kecacatan sebesar 0,4%, bulan Agustus didapatkan kecacatan sebesar 0,3%, bulan September didapatkan kecacatan sebesar 0,4%, bulan Oktober didapatkan kecacatan sebesar 0,2%, bulan November didapatkan kecacatan sebesar 0,4%, dan bulan Desember didapatkan kecacatan sebesar 0,2%.

Kegiatan produksi adalah kegiatan sangat penting bagi perusahaan. Berbagai macam permasalahan yang ada dalam kegiatan produksi dapat menyebabkan kerugian baik material maupun *nonmaterial*. Manajemen mutu harus memenuhi standar mutu perusahaan hingga cacat produk berkurang, meningkatkan mutu, dan kepuasan konsumen [1]. Kualitas yaitu tingkat baik dan buruknya, tingkat kualitas yang berhubungan dengan produk, manusia atau tenaga pekerja dan lingkungan yang memuaskan pelanggan [2]. Pengendalian kualitas merupakan fungsi terpenting bagi perusahaan untuk bersaing di dunia industri. Kegiatan pengendalian mutu dirancang untuk membantu perusahaan meningkatkan kualitas produk dan mengendalikan tingkat cacat produk hingga tingkat cacat nol [3]. Manajemen risiko yaitu menghadapi ketidakpastian yang mungkin timbul, perlu strategi untuk mengelola ketidakpastian tersebut dan meminimalkan risiko dengan memperkuat SDM melalui mitigasi risiko [4].

Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan untuk mendukung penelitian ini antara lain penelitian Hairiyah [5] yang membahas tentang pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* dan *kaizen* berfokus dalam mengurangi jumlah cacat produk roti dan meningkatkan kualitas produk tersebut pada PT UD CJ Bakery yang dimana harus melakukan perbaikan berkelanjutan dari masalah tersebut. Penelitian dari Susetyo [6] membahas tentang identifikasi cacat produk menggunakan metode *six sigma* dan *kaizen* dalam melakukan identifikasi cacat produk yang terjadi pada proses pembuatan *plastic tube*.

Tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan masalah yang ada adalah sebagai berikut: (1) menentukan evaluasi penyebab kegagalan produk paving. (2) Menentukan strategi pengurangan risiko kerusakan pada produk paving.

B. Six Sigma

Sig Sigma merupakan aktivitas disiplin pendekatan melalui data untuk mengurangi atau mentiadakan kesalahan dalam semua proses produksi [7]. *Six sigma* adalah penentuan tingkat kecacatan produk untuk mengetahui terjadinya cacat produk [8]. *Six sigma* dapat meningkatkan kualitas produk dengan mengambil langkah-langkah yang dapat mengurangi risiko kegagalan produk cacat [9]. Prinsip *six sigma* yaitu semua aktivitas yang penting bagi kualitas dan hal-hal yang menyebabkan penundaan dalam setiap proses adalah kesempatan yang baik untuk melakukan perbaikan [10]. Tujuan *six sigma* untuk meningkatkan kinerja, mencapai tingkat kualitas yang tinggi, menghilangkan akar penyebab cacat, dan meminimalkan variasi proses dan produk [11]. DMAIC adalah proses peningkatan secara kontinyu untuk mencapai target *six sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta, DMAIC meliputi *define, measure, analyze, improve, control* [12].

C. Kaizen

Kaizen adalah proses berkelanjutan untuk terus meningkatkan kualitas dan produktivitas untuk mencapai hasil yang signifikan dari waktu ke waktu [13]. Tujuan *kaizen* adalah untuk menciptakan kemampuan internal di perusahaan [14]. *Kaizen* dirancang untuk mengatur semua aktivitas perusahaan, memberi kemajuan yang bermanfaat yang mencakup proses *kaizen* [15]. *Kaizen* berguna untuk menentukan saran perbaikan setelah data suatu perusahaan diolah dengan *six sigma* [6].

II. METODE

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

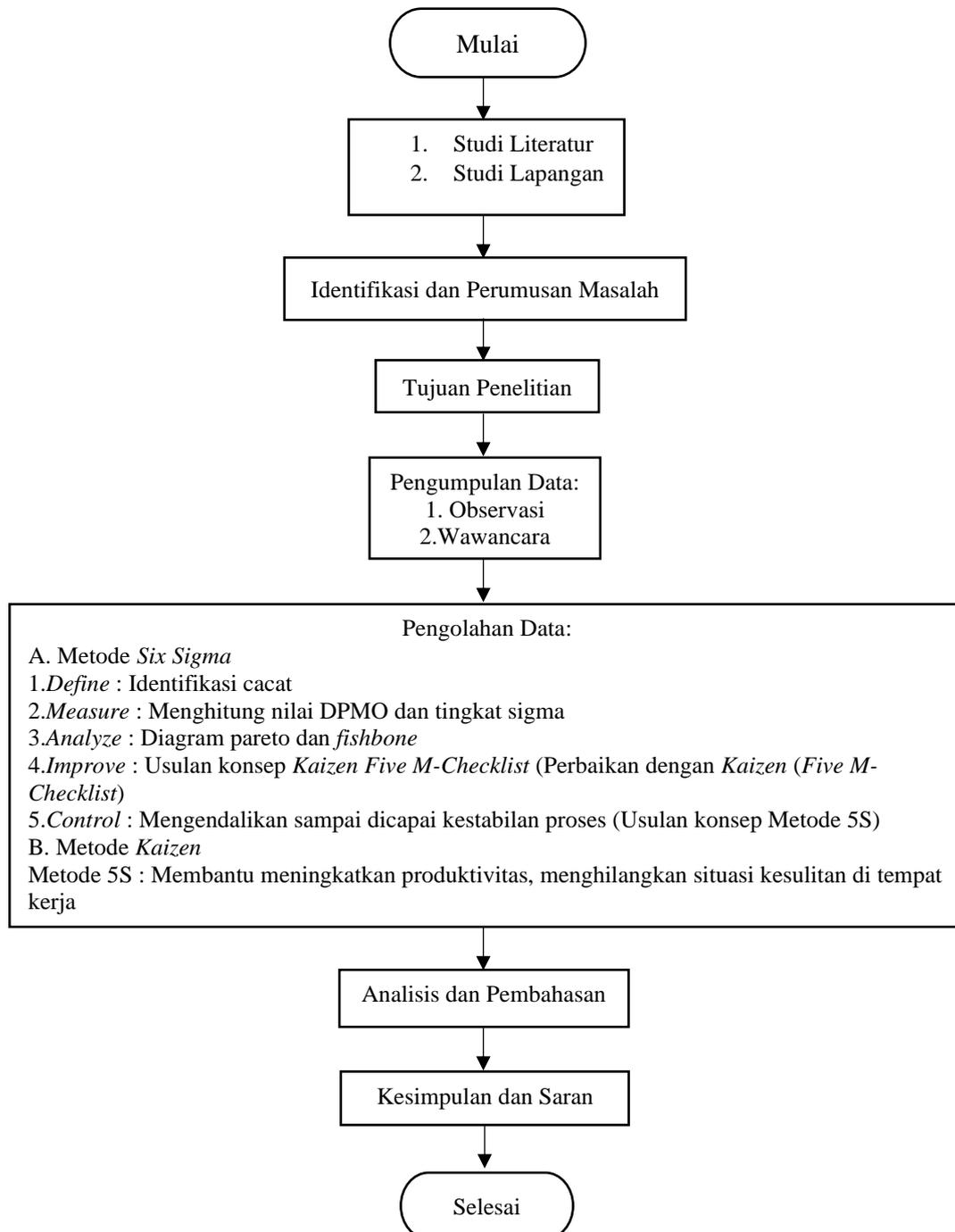
Penelitian ini dilakukan di PT. Varia Usaha Beton yang terletak di Tambak Oso, Jl. H. Anwar Hamzah Blok F02-F03, Kp. Baru, Tambakoso, Kec. Waru, Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, dari bulan Oktober tahun 2023 sampai dengan bulan Maret tahun 2024.

B. Pengambilan Data

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data dengan beberapa metode untuk menyelesaikan studi kasus yang dilaksanakan di PT. Varia Usaha Beton, terdapat dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer yang dibutuhkan untuk mendapatkan informasi yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah Observasi yang dilakukan dengan cara memerhatikan setiap tindakan yang dilakukan dalam bagian produksi dan *quality control*, mencatat data dari pengamatan tersebut, dan mengenali objek yang menjadi fokus penelitian untuk memperoleh informasi yang diperlukan, termasuk data produksi dan jenis cacat yang terjadi pada setiap produk. Melalui observasi atas cacat-cacat tersebut, maka tujuannya adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya cacat pada produk. Selanjutnya melakukan wawancara yang dilaksanakan terhadap pemilik mitra dan karyawan yang bertugas sebagai kontrol kualitas. Pemilihan narasumber dalam proses wawancara adalah mereka yang terlibat langsung dalam permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini. Wawancara dilakukan dengan menyajikan sejumlah pertanyaan, dan informasi yang diperoleh dari wawancara dicatat sebagai data yang relevan. Data hasil wawancara mencakup informasi mengenai produksi serta jenis cacat yang terjadi dari awal proses produksi hingga produk menjadi produk jadi. Setelah itu ada data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah tinjauan umum perusahaan, data jumlah produksi, data jumlah cacat produk dan data jenis cacat produk yang didapatkan dari perusahaan.

C. Alur Penelitian

Diagram alir penelitian yang menunjukkan tahapan-tahapan dalam penelitian yang dilakukan, berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Dalam penelitian ini, menggunakan dua jenis metode, yakni kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan melalui observasi lapangan dengan mengamati aktivitas yang dilakukan oleh bagian produksi. Selanjutnya, data hasil pengamatan dicatat dan objek penelitian diidentifikasi untuk pengumpulan data produksi dan jenis kecacatan pada setiap produk. Selain itu, dilakukan wawancara dengan kepala bagian produksi, dengan sejumlah pertanyaan yang hasilnya dicatat sebagai bagian dari pengumpulan data. Sementara itu, metode kuantitatif menggunakan metode *six sigma* dengan *kaizen*.

A. Six Sigma

Six sigma yaitu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan aktivitas melalui perbaikan mendasar yang berkelanjutan untuk mencapai 6 *sigma* [16]. *Six sigma* termasuk strategis yang berfokus pada peningkatan kepuasan konsumen. Berikut merupakan langkah-langkah yang dipakai metode *six sigma* yaitu:

1. Define

Pada tahap *define* dilakukan identifikasi masalah kualitas yang dialami pada saat proses produksi, pada tahap ini produk yang mengalami kecacatan akan dicari tahu akar penyebab kecacatan dengan berdasarkan pada permasalahan yang ada [17]. Jika hal tersebut diketahui, langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan karakteristik kualitas CTQ, untuk menggambarkan kebutuhan pelanggan terhadap produk. *Critical to Quality* merupakan ukuran suatu produk yang harus memenuhi standar kinerja atau batasan spesifikasi untuk memuaskan pelanggan [18].

2. Measure

Tahap *measure* ini akan mengukur permasalahan yang telah ditetapkan untuk dipecahkan dan akan menciptakan matriks yang efektif untuk membantu memantau kemajuan terhadap tujuan yang diidentifikasi pada langkah sebelumnya. Tahap ini dilakukan pengumpulan data untuk mengukur karakteristik dan kemampuan untuk menentukan langkah-langkah yang dilakukan untuk perbaikan [2]. Berikut merupakan tahap-tahap *measure* yang harus dilakukan:

a. Peta Kendali P

Peta kendali P digunakan untuk memantau atribut yang berkaitan dengan karakteristik produk, khususnya berfokus pada kuantitas kejadian yang diterima atau ditolak sebagai akibat dari prosedur produksi, diagram ini dapat disusun dengan mengambil populasi dan sampel [17]. Selain itu, ada komponen-komponen khusus yang membentuk peta kendali, yaitu UCL (*Upper Central Line*), CL (*Central Line*), dan LCL (*Lower Central Line*). Berikut merupakan rumus untuk mencari peta kendali adalah sebagai berikut:

- Presentase Masalah atau Cacat

$$p = \frac{np}{n} \quad (1)$$

Sumber: [17]

Keterangan:

n = jumlah sampel

np = jumlah kecacatan

p = rata-rata proporsi kecacatan

- Perhitungan baris CL bertujuan untuk menilai rata-rata jumlah kesalahan atau masalah

$$CL = \frac{\sum X}{\sum N} \quad (2)$$

Sumber: [17]

Keterangan:

$\sum X$ = Jumlah total yang rusak

$\sum N$ = Jumlah total yang diperiksa

- Perhitungan batas kendali atas *Upper Central Line* (UCL) digunakan untuk menilai apakah data berada dalam kondisi kendali atau tidak.

$$UCL = P + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (3)$$

Sumber: [17]

Keterangan:

p = Rata-rata kecacatan produk

n = Jumlah produksi

- Perhitungan batas kendali bawah (LCL) digunakan untuk menilai apakah data berada dalam kondisi kendali atau tidak.

$$LCL = P - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (4)$$

Sumber: [17]

Keterangan:

p = Rata-rata kecacatan produk

n = Jumlah produksi

b. Tahap analisis DPMO dan Tingkat *Sigma*,

Untuk melakukan analisis DPMO dan menentukan tingkat nilai *sigma* dapat dilakukan dengan mengikuti langkah – langkah yang ada dalam tabel analisis DPMO dan tingkat *sigma*. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai DPMO:

- Pengukuran *Defect per Opportunities* (DPO)

DPO merupakan pengukuran kesalahan yang menunjukkan jumlah kesalahan per satu peluang dengan menggunakan rumus yaitu:

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produk} \times CTQ} \quad (5)$$

Sumber: [18]

- Perhitungan *Defect per Million Opportunites* (DPMO)

DPMO adalah kinerja kualitas sebagai tingkat kerusakan per satu juta peluang, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (6)$$

Sumber: [18]

- Perhitungan Sigma Level

Perhitungan sigma level menggunakan *Microsoft Excel* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{NORMSINV} ((1000000-DPMO)/1000000)+1,5 \quad (7)$$

Sumber: [18]

3. *Analyze*

Tahap analisis melibatkan penggunaan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi faktor dan penyebab. Diagram sebab dan akibat berfungsi sebagai alat yang menganalisis cacat dalam suatu perusahaan. Dengan memanfaatkan *fishbone diagram*, dapat secara efektif menampilkan faktor dan penyebab cacat, melakukan analisis menyeluruh hingga akar penyebab masalahnya ditentukan [17].

4. *Improve*

Tahap *improve* adalah fase peningkatan kualitas *six sigma* melalui pertimbangan peluang, kekurangan, kemampuan, perbaikan, analisis, dan tindakan untuk perbaikan lebih lanjut [17].

5. *Control*

Tahap *control* adalah langkah terakhir dalam tahap peningkatan kualitas dengan menjamin tingkat kinerja yang sesuai dengan standar, yang kemudian dicatat dan dilaksanakan serta berguna sebagai langkah korektif untuk menyelesaikan proses selanjutnya [17].

B. *Kaizen*

Berikut merupakan langkah-langkah menyelesaikan permasalahan menggunakan metode *kaizen* antaran lain yaitu:

1. *Five M-Checklist*, berfokus pada lima elemen pada proses, yaitu *man* (operator), *milieu* (lingkungan), *method* (metode), *machine* (mesin), dan *material* (bahan). Perbaikan dilakukan dengan mengkaji berbagai aspek proses [19].
2. *Five Step Plan*, rencana lima langkah ini adalah metode yang digunakan oleh perusahaan Jepang untuk menerapkan perbaikan. Langkah ini sering disebut 5- S yang meliputi:
 - *Seiri* (pemilahan), memilah dan mengelompokkan barang menurut fungsi dan jenisnya, untuk mengetahui yang dibutuhkan dan mana yang tidak.
 - *Seiso* (penataan), menata dan menempatkan bahan atau barang pada tempat yang sesuai agar mudah ditemukan dan dijangkau pada saat dibutuhkan.
 - *Seiton* (kebersihan), membersihkan seluruh peralatan di lingkungan kerja dan membuang sampah pada tempatnya.
 - *Seiketsu* (pemeliharaan), yaitu kegiatan menjaga kebersihan diri sehingga seluruh berpegang pada tiga tingkatan yang disebutkan di atas (*seiri, seiton, seiko*).
 - *Shitsuke* (pembiasaan), berarti mengembangkan sikap agar menaati peraturan yang telah ditetapkan serta disiplin mengenai kebersihan dan kerapian pada fasilitas di tempat kerja [19].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah rangkuman produk cacat dari produk paving dalam satu tahun yaitu dari bulan Januari 2023 hingga Desember 2023. Informasi ini mencakup produksi barang dan juga produk yang gagal produksi (*reject*) berdasarkan pengamatan langsung di PT. Varia Usaha Beton selama periode penelitian. Rincian data terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Cacat dan Jumlah Produksi

No	Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Produk <i>Reject</i>			Total
			Retak	Gupil	Keropos	
1	Januari	801731	831	982	982	2795
2	Februari	743700	521	912	265	1698
3	Maret	984275	1050	1851	1958	4859
4	April	476237	608	591	786	1985
5	Mei	767483	871	307	461	1639
6	Juni	711499	863	549	563	1975
7	Juli	726900	950	861	980	2791
8	Agustus	892796	760	1231	921	2912
9	September	781360	1051	891	909	2851
10	Oktober	552177	381	294	310	985
11	November	801369	699	981	1219	2899
12	Desember	782954	665	590	607	1862
	Total	9022481	9250	10040	9961	29251

Pada Tabel 1 terdapat bahwa bulan Januari perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 801731 dengan total kecacatan sebesar 2795. Pada bulan Februari perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 743700 dengan total kecacatan sebesar 1698. Pada bulan Maret perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 984275 dengan total kecacatan sebesar 4859. Pada bulan April perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 476237 dengan total kecacatan sebesar 1985. Pada bulan Mei perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 767483 dengan total kecacatan sebesar 1639. Pada bulan Juni perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 711499 dengan total kecacatan sebesar 1975. Pada bulan Juli perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 726900 dengan total kecacatan sebesar 2791. Pada bulan Agustus perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 892796 dengan total kecacatan sebesar 2912. Pada bulan September perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 781360 dengan total kecacatan sebesar 2851. Pada bulan Oktober perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 552177 dengan total kecacatan sebesar 985. Pada bulan November perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 801369 dengan total kecacatan sebesar 2899. Pada bulan Desember perusahaan memiliki jumlah produksi paving sebanyak 782954 dengan total kecacatan sebesar 1862.

B. Kategori Produk *Reject*

Pada kategori produk *reject* meliputi penjelasan dari produk paving yang memiliki kategori produk *reject* yang ada di PT. Varia Usaha Beton yang menjadi permasalahan dalam produksinya, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Produk *Reject*

No	Kategori	Penjelasan
1	Paving Retak	Kecacatan produk paving terdapat garis yang menyebabkan paving mudah terbelah atau retak. Hal tersebut bisa disebabkan karena takaran bahan pengeras yang kurang dari ketentuan ukuran.
2	Paving Gupil	Kecacatan produk paving mengalami kerusakan pada bagian salah satu sisinya.
3	Paving Keropos	Ketidaktepurnaan produk paving memiliki permukaan yang tidak rata. Disebabkan karena pasir yang digunakan terlalu kasar.

C. Pengolahan Data Menggunakan *Six Sigma*

Setelah proses pengumpulan data sudah lengkap, berikutnya yaitu proses pengolahan data untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada proses produksi. Dengan menggunakan metode *six sigma* maka dapat memberikan gambaran mengenai jenis-jenis cacat produk serta penyebabnya. Adapun 5 (lima) tahap *six sigma* yaitu *define, measure, analyze, improve, dan control*. Berikut pengolahan data dengan menggunakan metode *six sigma*.

1. Define

Tahap *define* merupakan proses inti perusahaan yang mencakup fungsi-fungsi yang memberikan nilai tambah seperti produk konsumen, layanan, dukungan dan informasi [20]. Dalam kegiatan produksi di PT. Varia Usaha Beton, sering kali mengalami cacat produk. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan untuk mengurangi cacat yang terjadi. Pada tahap *define* ini dilakukan identifikasi jenis cacat produk menggunakan *Critical to Quality* (CTQ). Berikut tabel *Critical to Quality* produk paving yaitu:

Tabel 3. *Critical to Quality* Produk Paving

No	<i>Critical to Quality</i>	Penyebab
1	Paving mengalami keretakan	Paving retak biasanya terjadi pada saat proses pengeringan, dikarenakan pada saat paving di tumpuk terlalu banyak atau bahkan bisa jadi karena pegawai kurang berhati-hati pada saat mengangkat paving tersebut, sehingga kondisi paving menjadi retak.
2	Bentuk paving gupil	Bentuk paving tidak sempurna karena bisa terjadi pada saat mesin pengepressan tidak dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan bisa juga karena cetakan masih belum berada di posisi yang tepat.
3	Paving keropos	Paving keropos ini adalah salah satu kecacatan yang terjadi pada hasil produksi PT. Varia Usaha Beton. Paving keropos ini biasanya terjadi karena kekurangan semen, atau bahkan karena pada saat pengepressan kurang di tekan sehingga paving memiliki rongga didalamnya yang berakibatkan bentuk paving menjadi keropos.

2. Measure

Tahap *measure* adalah pengukuran yang bertujuan untuk mengukur aspek-aspek seperti kinerja, proses, dan aktivitas, fase pengukurannya yaitu *P-Chart* dan tingkat *six sigma* dan DPMO [20]. Dalam melakukan pengendalian kualitas secara statistik, langkah pertama yang akan dilakukan adalah membuat *check sheet*. *Check sheet* atau lembar pengumpulan data dapat digunakan untuk membantu menganalisis masalah, mengendalikan proses, dan mengembangkan rencana [21]. Berikut data produksi selama Januari sampai Desember 2023.

Tabel 4. Data Produksi Paving dan Data Cacat Produk Paving

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	Jenis Produk Cacat			Presentase Cacat Produk
			Cacat Retak	Cacat Gupil	Cacat Keropos	
Januari	801731	2795	831	982	982	0,3%
Februari	743700	1698	521	912	265	0,2%
Maret	984275	4859	1050	1851	1958	0,5%
April	476237	1985	608	591	786	0,4%
Mei	767483	1639	871	307	461	0,2%
Juni	711499	1975	863	549	563	0,3%
Juli	726900	2791	950	861	980	0,4%
Agustus	892796	2912	760	1231	921	0,3%
September	781360	2851	1051	891	909	0,4%
Oktober	552177	985	381	294	310	0,2%
November	801369	2899	699	981	1219	0,4%
Desember	782954	1862	665	590	607	0,2%
Total	9022481	29251	9250	10040	9961	3,8

Dalam tahap *measure*, pengukuran dibagi menjadi dua tahap yaitu:

2.1 Peta Kendali (*Control Chart*)

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 [22]. Pembuatan peta kendali dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi variabel yang menunjukkan konsistensi serta variabel yang tidak dapat diprediksi, yang dapat menghasilkan keluaran yang dipengaruhi oleh sebab-sebab masalah yang kompleks. Untuk mempermudah proses perhitungan dalam pembuatan peta kendali P, digunakan bantuan *Microsoft Excel*. Contoh perhitungan peta kendali pada bulan Januari dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Perhitungan Proporsi Cacat bulan Januari:

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

$$P = \frac{2795}{801731}$$

$$P = 0,003486$$

Perhitungan *Center Line* (CL) bulan Januari:

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

$$CL = \frac{29251}{9022481}$$

$$CL = 0,003242$$

Perhitungan *Upper Center Limit* (UCL) bulan Januari:

$$UCL = P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

$$UCL = 0,003242 + 3\sqrt{\frac{0,003242(1-0,003242)}{801731}}$$

$$UCL = 0,003242 + 3\sqrt{\frac{0,003242(0,996758)}{801731}}$$

$$UCL = 0,003242 + 3\sqrt{\frac{0,003231}{801731}}$$

$$UCL = 0,003242 + 3\sqrt{0,0000000040}$$

$$UCL = 0,003242 + 3(0,00006348)$$

$$UCL = 0,003242 + (0,000190)$$

$$UCL = 0,003432$$

Perhitungan *Lower Center Limit* (LCL) bulan Januari:

$$LCL = P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

$$LCL = 0,003242 - 3\sqrt{\frac{0,003242(1-0,003242)}{801731}}$$

$$LCL = 0,003242 - 3\sqrt{\frac{0,003242(0,996758)}{801731}}$$

$$LCL = 0,003242 - 3\sqrt{\frac{0,003231}{801731}}$$

$$LCL = 0,003242 - 3\sqrt{0,0000000040}$$

$$LCL = 0,003242 - 3(0,000063)$$

$$LCL = 0,003242 - (0,000190)$$

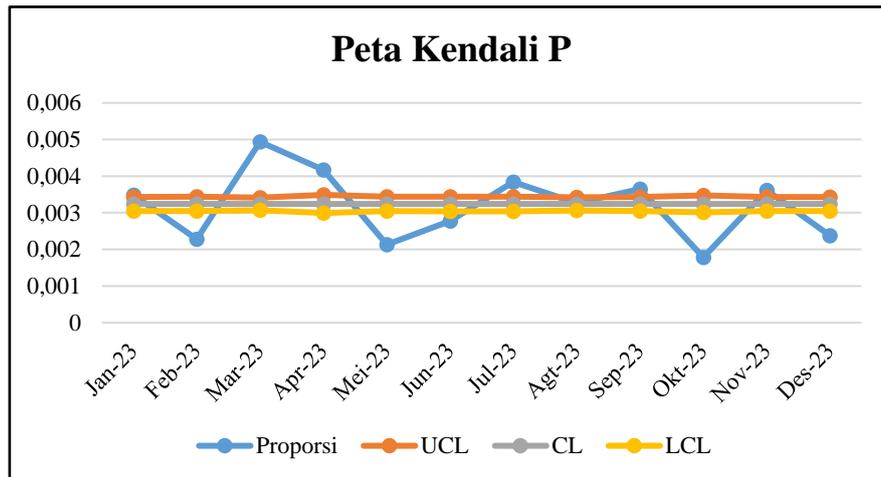
$$LCL = 0,003052$$

Setelah dilakukan perhitungan secara lengkap pada setiap bulan, data hasil dari pengolahan peta kendali tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Peta Kendali

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	Proporsi	UCL	CL	LCL
Januari	801731	2795	0,003486	0,003432	0,003242	0,003052
Februari	743700	1698	0,002283	0,003440	0,003242	0,003044
Maret	984275	4859	0,004937	0,003414	0,003242	0,003070
April	476237	1985	0,004168	0,003489	0,003242	0,002995
Mei	767483	1639	0,002136	0,003437	0,003242	0,003047
Juni	711499	1975	0,002776	0,003444	0,003242	0,003040
Juli	726900	2791	0,003840	0,003442	0,003242	0,003042
Agustus	892796	2912	0,003262	0,003423	0,003242	0,003062
September	781360	2851	0,003649	0,003435	0,003242	0,003049
Oktober	552177	985	0,001784	0,003472	0,003242	0,003013
November	801369	2899	0,003618	0,003433	0,003242	0,003052
Desember	782954	1862	0,002378	0,003435	0,003242	0,003049
Total	9022481	29251				

Setelah menganalisis data yang diperoleh dari perusahaan, peta kendali (*P-Chart*) telah disusun dan dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 1. Peta Kendali

Dari peta kendali P diatas didapatkan hasil bahwa ada 4 (empat) bulan yang berada diatas batal *control* yaitu bulan Maret berada pada angka 0,004937, bulan Juli berada pada angka 0,003840, pada bulan September berada pada angka 0,003649, dan bulan November berada pada angka 0,003618, yang mana dengan upaya dilakukannya perbaikan secara terus menerus dapat diketahui bahwa ada perubahan yang signifikan pada grafik peta kendali P yang mana, nilai P masih melebihi nilai UCL yang berada pada angka 0,003422 dan nilai LCL berada pada angka 0,003062 dan ada yang melebihi garis UCL dan LCL. Maka, kapabilitas proses pada periode Januari-Desember 2023 berjalan dengan tidak baik karena beberapa proporsi kecacatan melebihi pada batas control.

2.2 Tahap pengukuran tingkat Six Sigma dan Defect Per Million Opportunities (DPMO)

Perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*), kemudian mengkonversikan hasil perhitungan dengan tabel *six sigma* untuk memperoleh nilai sigma, Contoh perhitungan DPMO pada bulan September dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini :

a. Menghitung nilai DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produk} \times \text{CTQ}} = \frac{2851}{781360 \times 3} = 0,001216$$

b. Menghitung DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

$$\begin{aligned} DPMO &= DPO \times 1.000.000 \\ DPMO &= 0,001216 \times 1.000.000 \\ DPMO &= 1216,255 \end{aligned}$$

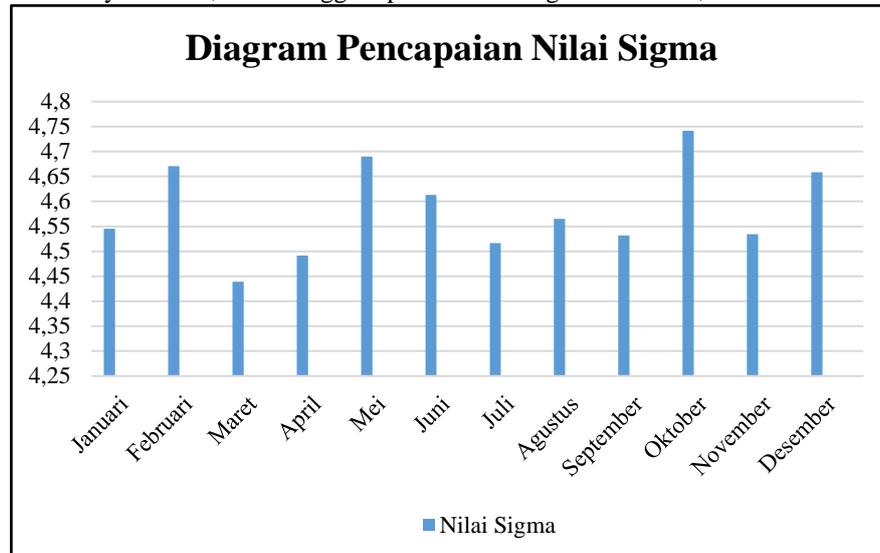
c. Menentukan nilai sigma

Perhitungan ini konversi nilai sigma dari DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) menjadi nilai sigma dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan rumus = NORMSINV ((1000000-DPMO)/1000000)+1,5. Maka nilai DPMO 1216 adalah sigma 4,53. Setelah dilakukan perhitungan secara lengkap pada setiap bulan, data hasil dari perhitungan DPMO dan nilai sigma tersebut terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Nilai Sigma dan DPMO

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	CTQ	Nilai DPO	DPMO	Nilai Sigma
Januari	801731	2795	3	0,001162	1162,069	4,545345
Februari	743700	1698	3	0,000761	761,0596	4,670433
Maret	984275	4859	3	0,001646	1645,543	4,439155
April	476237	1985	3	0,001389	1389,364	4,491212
Mei	767483	1639	3	0,000712	711,8507	4,689802
Juni	711499	1975	3	0,000925	925,2765	4,613224
Juli	726900	2791	3	0,00128	1279,864	4,516190
Agustus	892796	2912	3	0,001087	1087,221	4,565310
September	781360	2851	3	0,001216	1216,255	4,531613
Oktober	552177	985	3	0,000595	594,6161	4,741450
November	801369	2899	3	0,001206	1205,853	4,534205
Desember	782954	1862	3	0,000793	792,7243	4,658571
Total	9022481	29251	36	0,012772	12771,7	54,99650956
Rata-rata	751873,4167	2437,583333	3	0,001064	1064,308	4,583042463

Dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai DPMO yaitu 1.064,308 per bulan, yang berarti proses mempunyai peluang menghasilkan cacat sebanyak 1.064,308 sehingga diperoleh nilai sigma sebesar 4,58.



Gambar 2. Diagram Pencapaian Nilai Sigma

Gambar diatas yaitu hasil tingkat pencapaian sigma, menunjukkan semakin tinggi DPMO yang dihasilkan maka nilai sigmanya semakin rendah. Oleh karena itu, harus dilakukan koreksi untuk menurunkan nilai DPMO dan meningkatkan nilai sigma hingga mencapai *zero damage*. Pada bulan Maret 2023, produksi mencapai tingkat sigma terendah sebesar 4,439155 dibandingkan bulan lainnya.

3. Analyze

Tahap pengambilan analisa menggunakan diagram pareto dan diagram sebab – akibat menggunakan fishbone diagram untuk mengetahui apa saja faktor yang mempengaruhi adanya kecacatan produk.

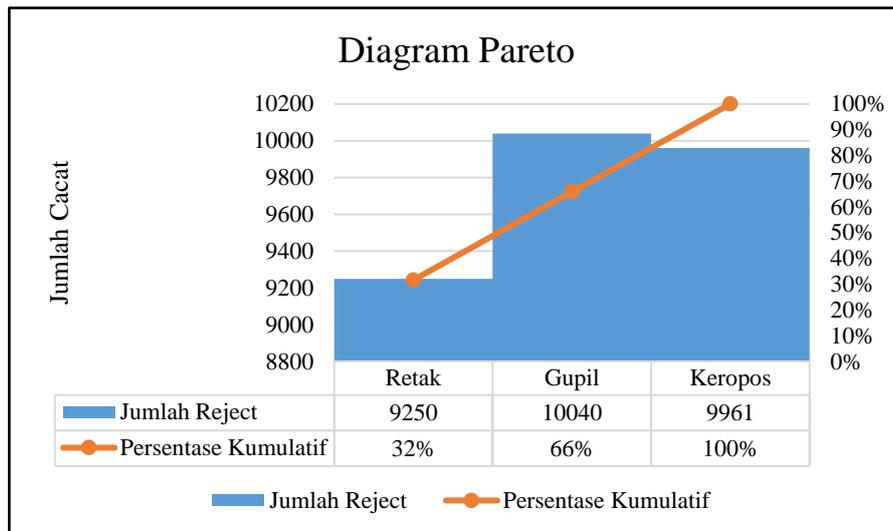
3.1 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram yang menyatakan suatu tingkat pada faktor-faktor kegagalan yang dapat memengaruhi keadaan berdasarkan prinsip pareto. dalam menganalisa kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan produksi kerupuk ikan, maka dilakukannya perhitungan data presentase produk cacat pada paving.

Tabel 7. Data Presentase Kecacatan produk Paving

Jenis cacat	Jumlah Kecacatan	Frekuensi Kumulatif	Persentase (%)	Kumulatif (%)
Retak	9250	9250	32%	32%
Gupil	10040	19290	34%	66%
Keropos	9961	29251	34%	100%
	29251		100%	

Berdasarkan tabel 7 diatas dapat dilihat bahwa produk yang mengalami retak memiliki persentase sebesar 32% dan presentase kumulatif sebesar 32%, produk yang mengalami gupil memiliki persentase sebesar 34% dan presentase kumulatif sebesar 66%, produk yang keropos memiliki persentase sebesar 34% dan presentase kumulatif sebesar 100%. Berdasarkan dari data pada Tabel 7 maka dapat disusun sebuah diagram pareto yang dapat dilihat pada Gambar 4.

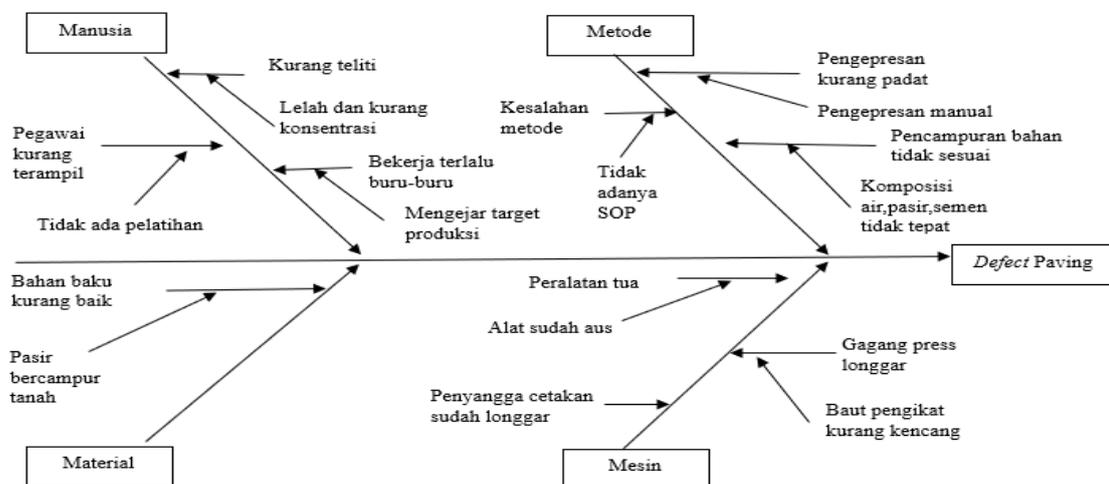


Gambar 3. Diagram Pareto

Berdasarkan gambar 3 diatas maka dapat disimpulkan bahwa jenis cacat produk paving yang paling besar pada periode Januari - Desember 2023 adalah gupil dengan jumlah cacat sebesar 10040 produk dan persentase cacat sebesar 66%.

3.2 Fishbone Diagram

Diagram ini, juga dikenal sebagai diagram tulang ikan atau diagram Ishikawa, dapat digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah atau hasil tertentu. Diagram membantu menghubungkan faktor-faktor penyebab yang mungkin mempengaruhi situasi atau masalah yang terjadi. Dipengaruhi oleh beberapa kategori, meliputi: manusia (*man*), yaitu semua orang yang terlibat dalam proses pembuatan, metode (*method*), menguraikan petunjuk untuk melakukan prosedur dan syarat-syarat yang harus dipenuhi, bahan-bahan (*material*), yaitu kebutuhan dan peralatan atau persyaratan, mesin (*machine*) peralatan yang dibutuhkan mengacu pada seluruh peralatan yang digunakan dalam proses produksi [22].



Gambar 4. Fishbone Diagram

Dari gambar 4, dapat di analisa akar kecacatan produk terjadi karena beberapa faktor diantara lain adalah:

- Man (Manusia)** faktor manusia, cacat produk terjadi karena kurangnya keterampilan pekerja akibat tidak adanya pelatihan, kurangnya ketelitian yang disebabkan oleh lelah dan kurangnya konsentrasi, serta bekerja terlalu buru-buru, hal ini disebabkan oleh mengejar target produksi yang tinggi.
- Material (Bahan Baku)** dari faktor material, kecacatan produk terjadi disebabkan oleh bahan baku yang kurang baik yang disebabkan oleh pemilihan bahan baku yang kurang baik dan juga penyimpanan bahan baku yang kurang baik sehingga berpengaruh pada kualitas bahan baku.
- Machine (Mesin)** dari faktor mesin, peralatan sudah tua yang disebabkan alat sudah aus, penyangga cetakan sudah longgar karena terlalu sering digunakan dapat mengganggu pekerjaan sehingga berpengaruh pada kualitas produk, dan gagang press sudah longgar karena baut pengikat kurang kencang.

d. *Method* (Metode) dari faktor metode, terjadinya kesalahan metode yang disebabkan karena tidak adanya sop pada perusahaan sehingga para pekerja bekerja tidak menggunakan standar pada umumnya, pengepresan kurang padat dikarenakan masih menggunakan manual, dan pencampuran bahan tidak sesuai disebabkan oleh komposisi bahan tidak tepat.

4. *Improve*

Setelah diidentifikasi lalu diketahui penyebab yang dominan akibat terjadinya produk cacat, langkah selanjutnya membuat rencana perbaikan. Rencana perbaikan dilakukan melalui implementasi *Kaizen Five M- Checklist*. *Kaizen Five – M Checklist* adalah sebuah alat yang fokus pada lima elemen kunci dalam setiap proses, yaitu manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Keuntungan dari pelaksanaan 5S yaitu mengurangi tingkat kecacatan. Hal tersebut terjadi karena adanya penurunan produktifitas produksi, meningkatkan moral pekerja dan menyederhanakan lingkungan kerja [19].

Tabel 8. Analisa Perbaikan Menggunakan *Kaizen Five – M Checklist*

No	Faktor	Masalah	Penyebab	Pemecahan Masalah (Usulan Perbaikan)
1	Manusia	Kurangnya keterampilan	Kurang pengalaman	Diperlukannya penyelenggaraan pelatihan dan pengenalan secara berkala kepada para karyawan
		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
		Peralatan sudah tua	Alat sudah aus	Melakukan pengecekan kondisi alat sebelum digunakan produksi dan melakukan perawatan secara berkala
2	Mesin	Penyangga cetakan sudah longgar	Karena terlalu sering digunakan	Melakukan pemeriksaan terhadap penyangga cetakan berada dalam kondisi baik pada saat akan dilakukan pencetakan
		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-benar kokoh
3	Material	Bahan baku kurang baik	Pasir bercampur tanah	Pastikan pasir yang diterima atau pasir yang digunakan tidak mengandung campuran tanah
		Kesalahan metode	Tidak adanya SOP	Membuat SOP tentang kedisiplinan karyawan, material, alat, mesin, dan melaksanakan SOP secara berkelanjutan
4	Metode	Pengepresan kurang padat	Masih menggunakan pengepresan manual	Jika memungkinkan perusahaan membeli alat press otomatis agar meminimalisir paving mengalami <i>defect</i>
		Pencampuran bahan tidak sesuai	Komposisi air, pasir, semen tidak tepat	Memastikan bahan yang tercampur sesuai dengan yang telah ditetapkan perusahaan

Berdasarkan data tabel 8, penerapan *kaizen five-m checklist* memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap keempat elemen untuk mengidentifikasi bidang-bidang yang memerlukan perbaikan dan menerapkan langkah-langkah perbaikan yang tepat. Pendekatan ini mendorong peningkatan yang berkelanjutan dengan memperbaiki efisiensi, produktivitas, dan kualitas dalam aspek-aspek manusia, metode, mesin, dan material. Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat mencapai tujuan secara lebih efektif dan mempertahankan daya saing yang lebih tinggi di pasar.

5. *Control*

Pada tahap pengendalian ini berfokus pada perbaikan yang akan terus berlanjut. Perbaikan ini menggunakan usulan konsep *Kaizen Five Step Plan/ 5 S* yang akan terus menerus akan dilakukan oleh berbagai pihak dengan membuat atau menentukan proses standard operasional yang yang akan dipergunakan dalam pengawasan dalam proses produksi terhadap terjadinya kegagalan agar kegagalan dapat diminimalisir dan bisa meningkatkan produktifitas kerja.

Tabel 9. Usulan Perbaikan Menggunakan *Kaizen Five Step Plan*

No	<i>Five Step Plan</i>	Pemecahan Masalah
1	<i>Seiri</i> /Ringkas (Pemilahan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengelompokkan bahan baku yang dapat digunakan dan tidak dapat digunakan. 2. Mengelompokkan dan menyimpan barang-barang yang tidak diperlukan, termasuk: <ul style="list-style-type: none"> - Mesin atau peralatan kerja yang mengalami kerusakan. - Mesin atau perlengkapan kerja yang tidak digunakan secara aktif. - Faktor yang tidak berhubungan dengan pekerjaan.
2	<i>Seiton</i> /Rapi (Penataan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Simpan peralatan dengan teratur di lokasi penyimpanan yang telah ditetapkan. 2. Menyimpan peralatan atau bahan berdasarkan seberapa sering alat atau bahan tersebut digunakan.
3	<i>Seiso</i> /Resik (Kebersihan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membersihkan area kerja sebelum dan setelah pekerjaan dilakukan, memastikan lingkungan kerja tetap nyaman dan bersih. 2. Membersihkan peralatan yang telah digunakan setelah proses produksi selesai.
4	<i>Seiketsu</i> /Rawat (Pemeliharaan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menandai peralatan sesuai dengan fungsinya, jenis, dan ukurannya, menyusun prosedur operasional standar untuk operator, serta menyediakan instruksi di lokasi penyimpanan peralatan, material, dan barang selama dan setelah proses produksi. 2. Membuat petunjuk mengenai tempat penyimpanan alat, membuat SOP tentang tempat, mesin, dan alat; memasang poster 5S.
5	<i>Shitsuke</i> /Rajin (Pembiasaan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjalankan konsep 5S secara kontinu dan tanpa pengecualian, dengan karyawan dan pemilik mitra menjadi pengawas, bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih teratur dan memberikan tanggung jawab yang lebih personal kepada setiap individu. 2. Melaksanakan praktik <i>seiri</i>, <i>seiton</i>, <i>seiko</i>, <i>seiketsu</i>, dan <i>shitsuke</i> secara konsisten tanpa pengecualian, bertujuan supaya operator dan manajemen perusahaan terus menerus menciptakan lingkungan kerja yang lebih kondusif.

Dari tabel 9, penerapan *kaizen five step plan* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, kualitas, dan perbaikan dalam produksi paving. Perbaikan pada aspek-aspek tersebut diharapkan dapat menghasilkan produk yang lebih baik, mengurangi cacat dalam pembuatan paving, dan meningkatkan produktivitas. Penerapan *kaizen five step plan* (*seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu*, dan *shitsuke*) juga mendorong disiplin, tanggung jawab, dan kesadaran akan kebersihan, keteraturan, dan pemeliharaan lingkungan kerja yang optimal. Dengan menerapkan langkah-langkah ini secara konsisten, produksi tas wanita diharapkan menjadi lebih teratur, efisien, dan bermutu, serta mendorong peningkatan yang berkelanjutan dalam manajemen kualitas produksi paving.

IV. SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pada proses produksi PT. Varia Usaha Beton, terdapat kecacatan yang disebabkan beberapa faktor antara lain kesalahan dalam faktor manusia seperti kurangnya keterampilan, pengalaman, ketelitian, dan pengawasan, serta kelelahan karyawan, dapat menyebabkan kecacatan produk. Faktor material yang kurang baik karena pemilihan dan penyimpanan yang tidak teliti juga berpotensi merusak kualitas bahan baku. Masalah pada faktor mesin, seperti kondisi yang kurang baik dan jarum yang tumpul, akibat kurangnya perawatan dan pergantian jarum secara rutin, dapat mempengaruhi kualitas produk. Kurangnya standar operasional pada mitra yang menyebabkan kesalahan dalam metode kerja juga bisa menyebabkan cacat pada produk. Lingkungan kerja yang tidak mendukung, seperti suhu yang terlalu panas dan ruang kerja yang sempit, juga dapat mengganggu kenyamanan dan kinerja pekerja dalam memproduksi barang yang berkualitas sehingga menyebabkan kecacatan produk. Kecacatan paling tinggi terjadi pada bulan Maret 4859 dari 984275 dan terendah pada Oktober 985 dari 552177. Setelah menganalisis berbagai faktor yang memengaruhi produksi, dapat disimpulkan usulan perbaikan dengan menggunakan *Kaizen Five M Checklist* bahwa perbaikan yang dibutuhkan meliputi aspek-aspek yang

beragam. Masalah ketelitian pekerja dapat diatasi dengan lebih banyak pengawasan dan penyelenggaraan pelatihan reguler untuk meningkatkan keterampilan dan pengalaman pekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar dengan bantuan seluruh pihak yang bersangkutan. Oleh karena itu, ucapan terimakasih diberikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT. Varia Usaha Beton sebagai tempat penelitian.

REFERENSI

- [1] N. Nurhayani, S. R. Putri, dan A. Darmawan, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Outsole Sepatu Casual menggunakan Metode Six Sigma DMAIC dan Kaizen 6S,” *J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, hal. 248–258, 2023.
- [2] W. Kurniawan dan U. Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Jl Rungkut Madya Surabaya, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Gula Menggunakan Metode Six Sigma di PT PG Candi Baru,” *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform. (JTMEI)*, vol. 3, no. 1, hal. 110–125, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i1>.
- [3] D. Levia dan Mhubaligh, “Analisis Proses Produksi CPO Untuk Mengidentifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Mutu CPO,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 2, hal. 82–89, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i2.72.
- [4] I. S. Inggit Marodiyah, “ANALISA RISIKO GUNA PENINGKATAN KUALITAS PROSES PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT Inggit Marodiyah 1), Indung Sudarso 2),” 2020.
- [5] N. Hairiyah, “PENERAPAN SIX SIGMA DAN KAIZEN UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS ROTI DI UD. CJ BAKERY [Application of six sigma and kaizen to improve the bread quality In UD. CJ Bakery],” *J. Teknol. Ind. Has. Pertan.*, vol. 25, no. 1, hal. 35, 2020, doi: 10.23960/jtihp.v25i1.35-43.
- [6] A. W. Susetyo, H. Supriyanto, dan J. T. Industri, “Six Sigma Dan Kaizen,” *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan II (SENASTITAN II)*, vol. 2, no. 2, hal. 392–400, 2022.
- [7] Aldi Adi Pratama dan Ahmad Chirzun, “Analisis Pengendalian Kualitas Dalam Meningkatkan Pelayanan Asuradur Kredit Usaha Rakyat Menggunakan Six Sigma,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 3, hal. 191–199, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i3.268.
- [8] H. C. Wahyuni, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*, 1 ed. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2020. doi: 10.21070/2020/978-623-6833-79-7.
- [9] P. S. K. Hanifah dan I. Iftadi, “Penerapan Metode Six Sigma dan Failure Mode Effect Analysis untuk Perbaikan Pengendalian Kualitas Produksi Gula,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 8, no. 2, hal. 90–98, 2022, doi: 10.30656/intech.v8i2.4655.
- [10] S. Sarman dan 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, hal. 24–34, 2022.
- [11] A. Widodo dan 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, hal. 1–12, 2022.
- [12] E. Sukirno, J. Prasetyo, R. Rosma, dan M. H. R. S. R. Sari, “Implementasi Metode Six Sigma Dmaic Untuk Mengurangi Defect Pipe Exhaust Xe 611,” *J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, hal. 10, 2022, doi: 10.32585/japti.v2i2.1492.
- [13] Nofal Azhar Pratama, Marchimal Zulfian Dito, Otniel Odi Kurniawan, dan Ari Zaqi Al-Faritsy, “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Seven Tools Dan Kaizen Dalam Upaya Mengurangi Tingkat Kecacatan Produk,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 2, hal. 53–62, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i1.111.
- [14] Z. Rohmah dan Y. Mahfud, “Pengaruh Budaya Kaizen, Disiplin Kerja Dan Kompetensi Terhadap Kinerja Pegawai Kantor Kementerian Agama Kabupaten Wonosobo,” *J. Econ. Bus. Eng.*, vol. 3, no. 1, hal. 40–49, 2021, doi: 10.32500/jebe.v3i1.1994.
- [15] I. W. Rusdiana dan D. Soediantono, “Kaizen and Implementation Suggestion in the Defense Industry : A Literature Review Implementasi Kaizen dan Usulan Penerapannya Pada Industri Pertahanan : A Literature Review,” *J. Tek. Ind. Manaj. Ris.*, vol. 3, no. 3, hal. 35–52, 2022.
- [16] A. R. Andriansyah dan 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, hal. 47–56, 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1272.
- [17] M. Juliana dan 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, hal. 16–21, 2023.
- [18] M. Suryono, Sumartini, dan R. Aisy, “Pengendalian Mutu Pada Produksi Tuna Loin Center Cut Beku Menggunakan Metode Six Sigma Di Perusahaan Pembekuan Tuna X,” *Authentic Res. Glob. Fish. Appl. J. (Aurelia Journal)*, vol. 5, no. April, hal. 15–26, 2023.
- [19] K. Nabila dan R. Rochmoeljati, “Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dan Perbaikan Dengan Kaizen,” *Juminten*, vol. 1, no. 1, hal. 116–127, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i1.27.
- [20] U. Perbaikan, U. Menurunkan, R. Pada, K. Upright, P. Pwh, dan T. Akhir, “Menggunakan Metode Six Sigma Dan Fmea (Failure Mode and Effect Analysis),” *J. Sains Student Res.*, vol. 2, no. 1, hal. 583–590, 2024.
- [21] S. A. Pebrianti, S. H. Kusumah, dan N. Yunita, “Identifikasi Permasalahan Kualitas Garam Industri Di Pt Niaga Garamcemerlang Menggunakan Check Sheet, Pareto Chart Dan Fishbone Analysis,” *J. Ilmu Tek. Ed. 2(3)*, 79-86., vol. 2, no. 3, hal. 79–86, 2021.
- [22] C. A. Z. Arifin dan 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, hal. 110–123, 2023, doi: 10.31602/jieom.v6i1.11440.

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.