

# Analisa Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan Menggunakan Metode *Lean Six Sigma*

## [Analysis of Quality Control of Lightweight Brick Products Using the Lean Six Sigma Method]

Awwalinnur Rosyid Hidayatulloh<sup>1)</sup>, Atikha Sidhi Cahyana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: atikhasidhi@umsida.ac.id

**Abstract.** , *The lightweight brick manufacturing industry continues to face quality challenges, reflected in a 4% defect rate of total production. This study aims to identify the factors causing product defects and determine their root causes to develop data-driven improvement strategies. The research applies the Lean Six Sigma methodology with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) framework. Data were obtained through field observations, interviews, and analysis of production records from May to October 2025. Eight defect types were identified, including cap cracks, dimensional nonconformities, incomplete cutting, chipped edges, collapse, cutting cracks, separating cracks, and collapse/EH minim, with dimensional issues being the most dominant at 22%. Root causes are linked to human factors, machine conditions, methods, materials, measurement, and environment. The process shows a DPMO of 4,812.67 and a sigma level of 4.09, indicating the need for continuous improvement through operator training, SOP standardization, machine maintenance, and enhanced quality control.*

**Keywords** - *Lean Six Sigma, DMAIC, quality control, lightweight bricks, product defects.*

**Abstrak.** *Industri manufaktur bata ringan masih menghadapi tantangan kualitas yang ditunjukkan oleh tingkat cacat sebesar 4% dari total produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat produk serta menentukan akar penyebabnya guna menyusun strategi perbaikan berbasis data. Penelitian ini menggunakan metodologi Lean Six Sigma dengan kerangka DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara, dan analisis data produksi periode Mei hingga Oktober 2025. Ditemukan delapan jenis cacat, yaitu retak kepala, ketidaksesuaian dimensi, pemotongan tidak sempurna, gompal saat cutting, roboh, retak cutting, retak separating, dan collapse/EH minim, dengan cacat dimensi sebagai yang paling dominan sebesar 22%. Akar penyebab cacat dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan. Nilai DPMO sebesar 4.812,67 dan level sigma 4,09 menunjukkan perlunya perbaikan berkelanjutan melalui peningkatan kompetensi operator, standarisasi SOP, perawatan mesin, dan penguatan pengendalian kualitas.*

**Kata Kunci** - *Lean Six Sigma, DMAIC, pengendalian kualitas, bata ringan, kecacatan produk.*

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor konstruksi di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan percepatan pembangunan infrastruktur, sehingga menuntut efisiensi waktu, biaya, dan kualitas. Kondisi ini mendorong penggunaan teknologi serta material konstruksi modern yang lebih efektif dan berkelanjutan [1]. Perusahaan bata ringan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam produksi material konstruksi modern, yaitu bata ringan. Bata ringan merupakan bahan bangunan dinding dengan berat jenis rendah, tingkat ketelitian dimensi yang tinggi, serta mampu meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan dan kualitas hasil konstruksi [2]. Seiring meningkatnya permintaan pasar, jumlah produksi bata ringan juga terus bertambah. Namun, tingginya volume produksi tersebut berpotensi menimbulkan adanya sejumlah produk bata ringan yang mengalami kecacatan [3]. Kecacatan yang sering terjadi pada produk bata ringan antara lain *cap crack*, dimensi, tidak terpotong, *gompal cutting*, roboh, retak *cutting*, retak *separating*, dan *collapse/EH minim*. Pada periode Mei hingga Oktober, perusahaan memproduksi bata ringan berkisar 726.240–834.720 unit per bulan dengan jumlah kecacatan antara 27.884–32.527 unit. Dengan tingkat kecacatan yang konsisten sebesar 4%, perusahaan perlu menerapkan pengendalian kualitas untuk menekan cacat produksi hingga mencapai *zero defect*. Pengendalian kualitas bertujuan untuk memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan perusahaan senantiasa memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan [4].

Untuk mengurangi tingkat kecacatan pada produk bata ringan, metode yang digunakan adalah *lean six sigma* sebagai proses perbaikan kualitas. *Lean six sigma* adalah metode yang menggabungkan prinsip *lean* untuk menghilangkan pemborosan dan *six sigma* untuk mengurangi variasi serta kecacatan produk [5]. Dalam pendekatan *lean*, salah satu alat yang digunakan adalah *Value Stream Mapping (VSM)*, yaitu metode untuk memetakan alur proses produksi yang menunjukkan aliran material dan informasi pada setiap stasiun kerja untuk mengidentifikasi terjadinya

pemborosan [6]. Sedangkan *six sigma* menerapkan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) sebagai metode sistematis untuk meningkatkan kualitas proses melalui penentuan masalah, pengukuran kinerja, analisis penyebab utama, penerapan perbaikan, serta pengendalian hasil untuk mencapai kondisi *zero defect* dan mendukung tercapainya kinerja ideal [7].

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai bahan penguat antara lain, (Asmi, 2024) melakukan penelitian pengendalian kualitas produk bata ringan di PT. Bumi Saran Beton menggunakan diagram kontrol  $p$  dan DOB, dengan hasil bahwa diagram kontrol  $p$  lebih efektif karena lebih sensitif mendekati cacat produk [2]. (Sugiharto, 2023) meneliti cacat produk bata ringan di PT. Block Indonesia dengan metode RCA dan menemukan cacat dominan berupa patah 88%, dengan perbaikan melalui perawatan mesin dan pelatihan operator [3]. (Hanifi, 2025) melakukan penelitian tentang efisiensi produksi bata ringan di PT. ABC dengan metode *Lean Manufacturing* dan *Statistical Process Control* (SPC), menemukan cacat utama retakan struktural dan merekomendasikan pelatihan operator serta perawatan mesin [8].

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena mengintegrasikan metode *lean* sebagai pendekatan yang lebih komprehensif untuk mengkaji aktivitas produksi mulai dari bahan baku hingga produk akhir. Sedangkan *six sigma* menggunakan pendekatan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*), metode tersebut berfokus pada upaya meminimalkan tingkat cacat pada produk bata ringan. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan perbaikan proses yang berkesinambungan untuk meningkatkan kualitas produk, produktivitas, dan efisiensi operasional perusahaan.

Tujuan penelitian: (1) Menentukan faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan dalam proses produksi bata ringan. (2) Mengidentifikasi akar penyebab permasalahan serta memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi agar tingkat kecacatan dapat dikurangi.

## II. METODE

Penelitian ini dilakukan di perusahaan bata ringan yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, yaitu dari Mei 2025 hingga Oktober 2025. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder.

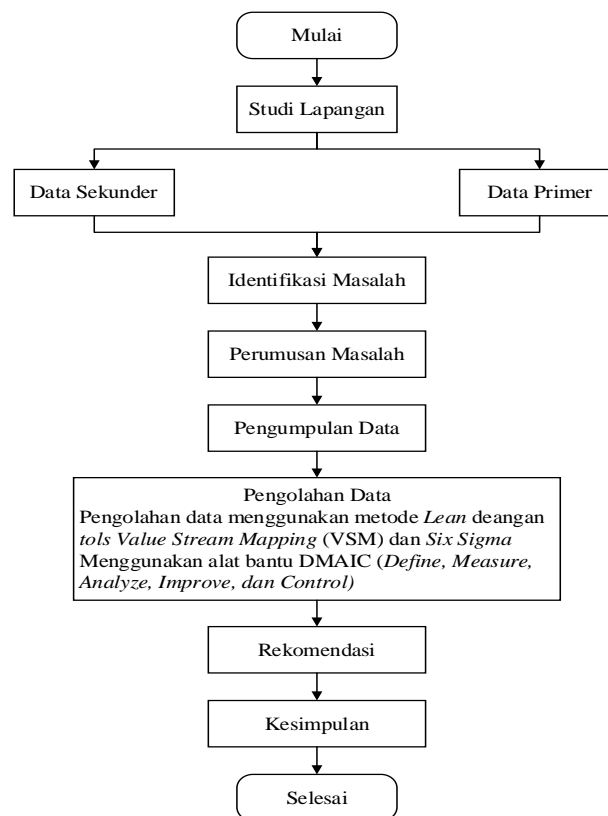
### 1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian, yang mencakup informasi umum perusahaan seperti sejarah singkat, alur proses produksi bata ringan, jenis *waste*, serta faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan produk. Data tersebut dikumpulkan melalui kegiatan observasi dan wawancara dengan pihak-pihak terkait yang terlibat dalam proses produksi.

### 2. Data Sekunder

Data sekunder terdiri atas data internal dan eksternal yang diperoleh dari dokumen perusahaan, meliputi data jumlah produksi, jenis *waste*, jumlah produk cacat, serta klasifikasi kecacatan produk.

Tahapan atau prosedur penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Alur Penelitian

Berikut merupakan tahapan atau prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini: (a). Penelitian diawali dengan studi literatur dan studi lapangan. (b). Selanjutnya, perumusan masalah dilakukan berdasarkan permasalahan yang ditemukan di lokasi penelitian dengan mengacu pada hasil studi lapangan dan kajian literatur. (c.) Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan pihak-pihak terkait, meliputi kepala bagian produksi, kepala bagian *quality control*, serta pemilik usaha. (d.) Pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode yang telah ditetapkan dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

#### *Lean*

*Lean* adalah pendekatan manajemen yang menekankan pengurangan pemborosan dalam setiap proses untuk menciptakan nilai yang lebih besar bagi pelanggan. Metode ini berfokus pada pemanfaatan sumber daya secara efektif melalui perbaikan berkelanjutan dan penghilangan aktivitas yang tidak bernilai tambah guna meningkatkan kinerja operasional. [9].

#### *Six Sigma*

Merupakan metode manajemen kualitas yang berfokus pada pengurangan variasi proses dan cacat melalui pendekatan berbasis data [10]. Metode ini terdiri dari DMAIC untuk perbaikan proses yang telah berjalan dan DMADV/DFSS untuk perancangan proses atau produk baru [11]. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) karena difokuskan pada perbaikan proses produksi yang sedang berlangsung.

##### 1. *Define*

Tahap *define* adalah tahap awal dalam metode Six Sigma yang digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan utama dalam proses produksi. Pada tahap ini ditentukan *Critical to Quality* (CTQ) dengan menggunakan *tols Value Stream Mapping* (VSM) sebagai alat *lean* untuk memetakan aliran material dan informasi dari bahan baku hingga produk jadi untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan pemborosan [12]. Diagram pareto digunakan untuk mengetahui jenis kecacatan dengan frekuensi tertinggi sebagai prioritas perbaikan [13].

##### 2. *Measure*

Tahap *Measure* berfokus pada pengukuran kinerja proses melalui pengumpulan data jenis dan jumlah kecacatan. Analisis dilakukan dengan menghitung DPMO dan tingkat sigma, serta menggunakan peta kendali P (*P-Chart*) untuk mengevaluasi kestabilan proses produksi [14]. Berikut merupakan langkah-langkah menyusun peta kendali:

a. Persentase masalah atau cacat

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

Sumber: [15], [16], [17].

Keterangan:

- P : Persentase cacat  
 X : Jumlah produk cacat  
 N : Jumlah sampel yang diambil

b. Perhitungan baris (CL)

$$CL = \frac{\sum X}{\sum N}$$

Sumber: [15], [16], [17].

Keterangan:

- $\sum X$  : Jumlah produk cacat  
 $\sum N$  : Jumlah produk diperiksa

c. Perhitungan batas kendali atas (UCL)

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

Sumber: [15], [16], [17].

Keterangan:

- $\bar{p}$  : Rata-rata kecacatan produk  
 n : Jumlah Produksi

d. Perhitungan batas kendali bawah (LCL)

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

Sumber: [15], [16], [17].

Keterangan:

- $\bar{p}$  : Rata-rata kecacatan produk  
 n : Jumlah Produksi

e. *Defects Per Million Opportunities* (DPMO)

$$DPMO = \frac{\text{jumlah defect}}{\text{jumlah produksi} \times CTQ} \times 1.000.000$$

Sumber: [15], [16], [17].

Keterangan:

CTQ : *Critical to quality*

f. Tingkat sigma menggunakan bantuan *microsoft excel*

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORMSINV}(1.000.000 - DPMO/1.000.000) + 1,5$$

Sumber: [15], [18], [19].

g. Klasifikasi berdasarkan nilai *sigma*

Tabel 1 menunjukkan klasifikasi kinerja proses berdasarkan nilai level sigma, yang dinilai dari *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan persentase produk yang memenuhi spesifikasi.

**Tabel 1. Level Sigma [16].**

Presentase yang memasuki spesifikasi	DPMO	Level Sigma	Keterangan
31%	691.162	1-sigma	Sangat tidak kompetitif
69,2%	308.538	2-sigma	Rata-rata industri Indonesia
93,32%	66.807	3-sigma	
99,379%	6.210	4-sigma	Rata-rata industri USA
99,977%	233	5-sigma	
99,9997%	3,4	6-sigma	Industri kelas dunia

### Analysis

Tahap *analyze* bertujuan menganalisis data untuk mengidentifikasi akar penyebab kecacatan produk. Pada tahap ini digunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan bantuan diagram *fishbone* untuk memetakan hubungan sebab-akibat permasalahan [20].

### Improve

Tahap ini berfokus pada pengembangan dan penerapan solusi untuk mengatasi akar penyebab masalah. Evaluasi dilakukan menggunakan *Kaizen five-M checklist* yang mencakup aspek *man, method, machine, material, dan environment* guna mengidentifikasi peluang perbaikan dan meningkatkan efektivitas proses produksi secara menyeluruh [21].

#### Control

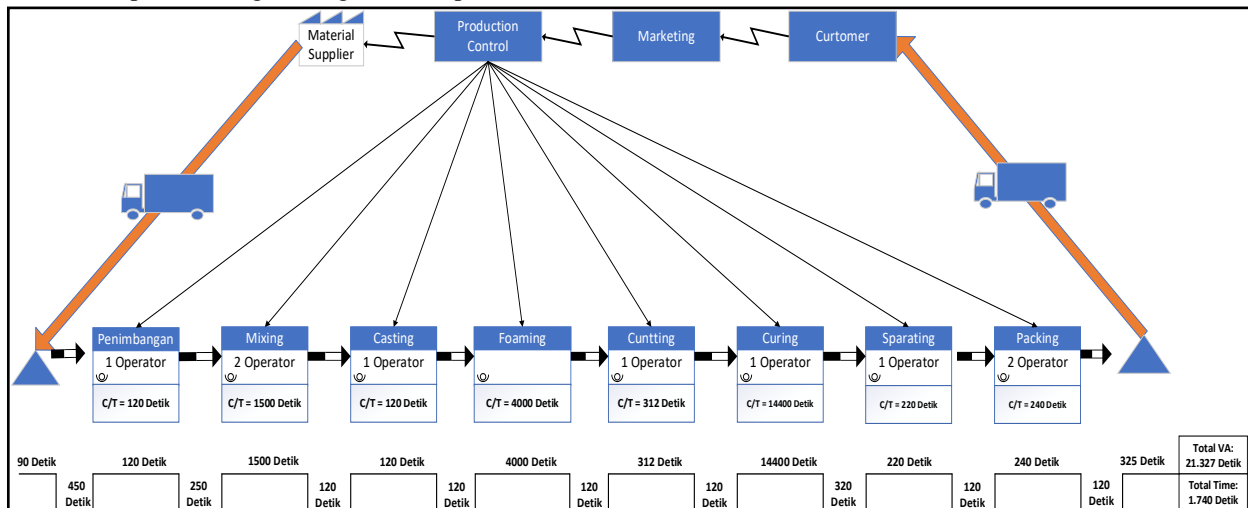
Pada tahap ini diperoleh usulan perbaikan yang disusun berdasarkan akar permasalahan dari tahap sebelumnya. Usulan tersebut dirumuskan melalui hasil observasi, wawancara, dan studi literatur terdahulu, serta dapat diterapkan oleh perusahaan dengan pemantauan perbaikan secara berkala agar tingkat kecacatan produk dapat diminimalkan [22].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan pengendalian kualitas pada penelitian ini dilakukan melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*.

#### A. Define

Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah adanya indikasi terjadinya *waste* dalam proses produksi, yang ditunjukkan oleh tingkat kecacatan produk sebesar 4%. Perusahaan menargetkan penurunan tingkat kecacatan hingga mencapai *zero defect*. Oleh karena itu, dilakukan identifikasi proses menggunakan *value stream mapping* serta analisis *waste* untuk mengetahui sumber permasalahan yang terjadi. *Value stream mapping* digunakan untuk memahami keseluruhan aliran material dan informasi dalam proses produksi [12]. **Gambar 2** menggambarkan aktivitas yang terjadi selama satu siklus produksi, termasuk pemetaan setiap tahapan proses serta waktu yang dibutuhkan pada masing-masing aktivitas produksi.



**Gambar 2.** Value Stream Mapping (VSM)

Berdasarkan Gambar 2 *Value Stream Mapping* (VSM), proses produksi bata ringan terdiri dari tahapan penimbangan hingga packing dengan variasi waktu siklus dan jumlah operator pada setiap proses. Hasil pemetaan menunjukkan total waktu bernilai tambah *value added* sebesar 21.327 detik atau 5.92 jam dan total *lead time* 1.740 detik atau 29 menit, yang mengindikasikan masih adanya aktivitas *non-value added* dalam aliran produksi. Identifikasi *waste* pada alur proses produksi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM). Tabel 2 merupakan *Process Activity Mapping* (PAM) yang memetakan seluruh tahapan mulai dari pemindahan bahan baku hingga menjadi produk jadi yang siap diserahkan kepada *customer*.

**Tabel 2.** Process Activity Mapping (PAM)

No	Aktivitas Produksi	Jenis Aktivitas					Sifat Aktivitas			Jarak (m)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator
		O	T	I	S	D	VA	NNVA	NVA			
1	Penerimaan bahan baku (pasir silika, semen, kapur, aluminium pasta, air)	✓					✓			0	120	1
2	inspeksi sampel bahan baku			✓				✓		0	240	1
3	Pemindahan bahan baku ke gudang penyimpanan		✓					✓		30	4560	1
4	Penyimpanan bahan baku di gudang				✓			✓		0	90	1

No	Aktivitas Produksi	Jenis Aktivitas					Sifat Aktivitas			Jarak (m)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator
		O	T	I	S	D	VA	NNVA	NVA			
5	Pemindahan bahan baku ke area penimbangan		✓				✓			15	450	1
6	Penimbangan bahan baku	✓					✓			0	120	1
7	Pemindahan bahan ke <i>mixer</i>		✓				✓			10	250	1
8	Proses pencampuran ( <i>mixing</i> )	✓					✓			0	1500	2
9	Pengecekan <i>Quality</i> hasil <i>mixing</i>			✓			✓			0	120	1
10	Pemindahan <i>slurry</i> ke area <i>mould</i>		✓				✓			8	120	0
11	Penuangan <i>slurry</i> ke <i>mould</i>	✓					✓			0	120	1
12	Pemindahan <i>mould</i> ke area <i>foaming</i>		✓				✓			10	120	0
13	Proses pengembangan ( <i>foaming</i> )	✓					✓			0	4000	0
14	Pengecekan Penetrasi atau tingkat Pengembangan			✓			✓			0	60	1
15	Pemindahan <i>mould</i> ke area pemotongan		✓				✓			10	120	1
16	Proses pemotongan bata ( <i>cutting</i> )	✓					✓			0	312	1
17	Pengecekan dimensi hasil <i>cutting</i>			✓			✓			0	120	1
18	Pemindahan bata mentah hasil <i>cutting</i> ke <i>autoclave</i>		✓				✓			20	120	0
19	Proses <i>curing</i> ( <i>autoclave</i> )	✓					✓			0	14400	1
20	Pemindahan bata matang ke separating		✓				✓			15	320	0
21	Proses separating (pemisahan blok)	✓					✓			0	220	1
22	Pengecekan hasil separating			✓			✓			0	120	1
23	Pemindahan ke area <i>packing</i>		✓				✓			15	120	0
24	Proses <i>packing</i>	✓					✓			0	240	2
25	Pengecekan <i>Quality</i> akhir & <i>labeling</i> produk			✓			✓			0	160	1
26	Pemindahan ke gudang penyimpanan	✓					✓			10	120	0
27	Penyimpanan produk jadi				✓		✓			0	325	1
Total		9	10	6	2	0	9	18		143	28567	22

Keterangan: O = Operasi, T = Pemindahanasi, I = Inspeksi, S = *Storage*, D = *Delay*, VA=*Value Added*, NNVA=*Necessary But Non Value Added*, NVA=*Non Value Added*.

Berdasarkan tabel 2 hasil analisis *Process Activity Mapping* (PAM), alur produksi bata ringan terdiri atas 27 aktivitas, yang mencakup 9 aktivitas operasi, 10 aktivitas transportasi, 6 aktivitas inspeksi, serta 2 aktivitas penyimpanan. Total jarak perpindahan material mencapai 143 meter dengan akumulasi waktu proses sebesar 28.567 detik atau 8 jam dan melibatkan 22 operator. Ditinjau dari karakteristik aktivitas, terdapat 9 aktivitas yang memberikan nilai tambah *Value Added* (VA) dan 18 aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah namun masih diperlukan *Necessary Non-Value Added* (NNVA), sedangkan aktivitas *Non-Value Added* (NVA) tidak ditemukan. Setelah tahapan *Process Activity Mapping* (PAM) diselesaikan, dilakukan proses identifikasi terhadap berbagai jenis *waste* yang muncul dalam alur produksi, disertai dengan penentuan skor pada masing-masing *waste* sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Identifikasi *Waste*

No.	Jenis <i>Waste</i>	Skor
1	<i>Waste of Over Production</i>	1,25
2	<i>Waste of Inventory</i>	2,20
3	<i>Waste of Defects</i>	4,25
4	<i>Waste of transportation</i>	1,00

No.	Jenis Waste	Skor
5	<i>Waste of motion</i>	3,00
6	<i>Waste of waiting</i>	2,75
7	<i>Waste of Over Processing</i>	3,75

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis menunjukkan bahwa *waste of defects* memperoleh skor paling tinggi sebesar 4,25 yang menandakan bahwa permasalahan kecacatan produk menjadi isu utama dalam proses produksi. Tingginya tingkat kecacatan tersebut berdampak pada meningkatnya aktivitas *rework*, terjadinya pemborosan bahan baku, serta bertambahnya waktu dan biaya produksi. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pengendalian kualitas pada setiap tahapan proses produksi masih perlu ditingkatkan. Selanjutnya dilakukan pengelompokan dan analisis terhadap jenis-jenis kecacatan (*defect*) yang terjadi pada proses produksi bata ringan, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Jenis-jenis *Defect*

No	Jenis <i>Defect</i>	Keterangan
1	<i>Cap Crack</i>	Retak pada bagian atas bata akibat tekanan atau proses <i>curing</i> tidak stabil.
2	Dimensi	Ukuran bata tidak sesuai standar akibat setting mesin atau <i>mould</i> .
3	Tak terpotong	Bata tidak terpotong sempurna karena masalah kawat atau mesin <i>cutting</i> .
4	Gompal <i>Cutting</i>	Sudut atau sisi bata terkelupas saat proses <i>cutting</i> .
5	Roboh	Bata runtuh saat pemindahan di <i>conveyor</i> akibat kotoran atau sampah pada jalur <i>conveyor</i> .
6	Retak <i>Cutting</i>	Retak muncul saat proses <i>cutting</i> berlangsung.
7	Retak Separating	Retak saat proses pemisahan produk.
8	<i>Collapse / EH Minim</i>	Struktur turun atau tinggi ekspansi tidak memenuhi standar.

Berdasarkan tabel 4, diketahui bahwa kecacatan pada produk bata ringan muncul di beberapa tahapan proses produksi, seperti *curing*, *cutting*, dan pemindahan produk. Cacat tersebut umumnya disebabkan oleh ketidakterkendalian proses, pengaturan mesin yang kurang sesuai, serta kondisi peralatan dan conveyor yang belum optimal, sehingga diperlukan pengendalian proses yang lebih baik untuk menekan jumlah cacat.

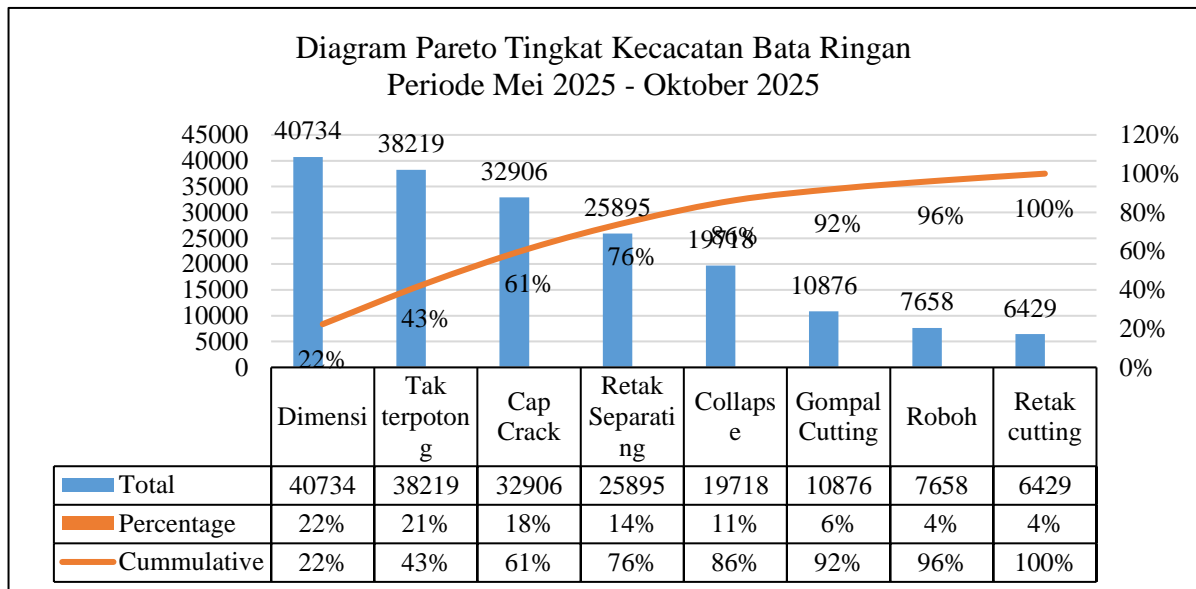
Data dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung pada setiap tahapan proses produksi di perusahaan yang menjadi objek penelitian, serta dari data historis perusahaan yang meliputi jumlah produksi, jumlah produk cacat, dan jenis kecacatan. Tabel 5 menyajikan ringkasan data pada proses pembuatan bata ringan selama periode Mei 2025 hingga Oktober 2025.

**Tabel 5.** Data Hasil Produksi dan *Defect* Produk Bata Ringan

Bulan	Total Produksi	Jenis <i>Defect</i>								Total <i>Defect</i> (Units)	Presentase (%)
		<i>Cap Crack</i>	Dimensi	Tak terpotong	Gompal <i>Cutting</i>	Roboh	Retak <i>cutting</i>	Retak Separating	<i>Collapse/ EH minim</i>		
Mei	784080	5039	7733	5401	1817	1285	1057	4186	3379	29897	4%
Juni	726240	4888	7328	4997	1542	1186	931	3920	3092	27884	4%
Juli	834720	6199	6012	7819	1882	1302	1161	4704	3448	32527	4%
Agustus	770400	6910	6081	5276	1805	1363	1055	4023	3070	29583	4%
September	796560	5180	8233	5642	1865	1251	1115	4380	3393	31059	4%
Oktober	825840	4690	5347	9084	1965	1271	1110	4682	3336	31485	4%
Total	4737840	32906	40734	38219	10876	7658	6429	25895	19718	182435	4%

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa selama periode Mei hingga Oktober jumlah produksi bata ringan mencapai 4.737.840 unit dengan total produk cacat sebanyak 182.435 unit, atau sekitar 4% dari total produksi tiap bulan. Cacat yang paling sering terjadi meliputi tak terpotong, ketidaksesuaian dimensi, dan *cap crack*, yang menunjukkan adanya kendala pada pengaturan mesin, proses *cutting*, serta pengendalian mutu ukuran produk. Persentase cacat yang cenderung stabil setiap bulan menandakan bahwa masalah kecacatan terjadi secara berulang, sehingga diperlukan

upaya perbaikan proses secara berkesinambungan. Diagram pareto digunakan untuk menampilkan data kecacatan pada produk bata ringan sebagai langkah untuk mengidentifikasi permasalahan utama, sebagaimana disajikan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Pareto

Berdasarkan Gambar 3 maka dapat disimpulkan bahwa jenis kecacatan produk bata ringan yang paling besar adalah dimensi dengan jumlah kecacatan sebanyak 40.734 unit memiliki persentase kecacatan sebesar 22%. Sehingga kecacatan dimensi pada produk bata ringan segera diutamakan untuk diperbaiki.

#### B. Measure

Tahap *measure* bertujuan untuk mengetahui tingkat level sigma dengan cara mengumpulkan data serta menghitung nilai DPMO (*Defects Per Million Opportunities*). Data yang digunakan berasal dari data historis perusahaan, meliputi jumlah kecacatan produk berdasarkan jenis *Critical to Quality* (CTQ) yang telah ditetapkan pada tahap *define*. Pada tahap ini dilakukan analisis data secara kuantitatif guna mengevaluasi dan menggambarkan kondisi kualitas produk yang dihasilkan perusahaan.

##### a. Analisis diagram kontrol (*P-Chart*).

Analisis ini menggunakan peta kendali untuk menentukan apakah proses produksi masih berada pada batas kendali statistik atau tidak. jenis peta kendali yang digunakan adalah peta kendali proporsi cacat (*p-chart*) [23]. Data yang digunakan berupa data *defect* dari PT. XYZ, kemudian dibuat peta kendali melalui perhitungan P, CL, UCL, dan LCL. Salah satu contoh perhitungannya yaitu:

##### 1. Proporsi produk cacat

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{Jumlah cacat produksi bulan mei}}{\text{jumlah produksi bulan mei}} \\
 &= \frac{29897}{784080} \\
 &= 0,0381
 \end{aligned}$$

##### 2. CL (*Central Line*)

$$\begin{aligned}
 CL &= \frac{\text{Jumlah defect dalam 6 bulan}}{\text{jumlah produksi dalam 6 bulan}} \\
 &= \frac{182435}{4737840} \\
 &= 0,0385
 \end{aligned}$$

##### 3. UCL (*Upper Control Limit*)

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p} \cdot (1-\bar{p})}}{\text{jumlah produksi bulan mei}} \\
 &= 0,0385 + 3 \frac{\sqrt{0,0385 \cdot (1-0,0385)}}{784080} \\
 &= 0,0392
 \end{aligned}$$

##### 4. LCL (*Lower Control Limit*)

$$\begin{aligned}
 LCL &= \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p} \cdot (1-\bar{p})}}{\text{jumlah produksi bulan mei}}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0385 - 3 \frac{\sqrt{0,0385 - (1-0,0385)}}{784080}$$

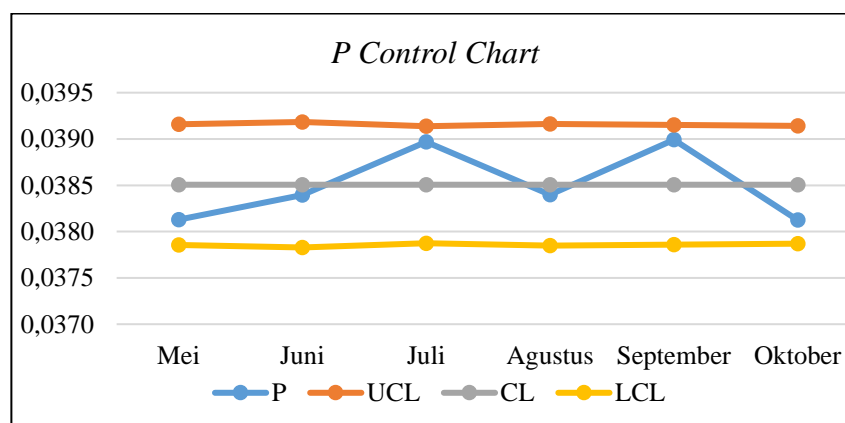
$$= 0,0379$$

Untuk mengetahui hasil perhitungan nilai P, CL, UCL, dan LCL pada bulan mei hingga bulan oktober dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6** Hasil Perhitungan Nilai P, CL, UCL, dan LCL.

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	P	UCL	CL	LCL
Mei	784080	29897	0,0381	0,0392	0,0385	0,0379
Juni	726240	27884	0,0384	0,0392	0,0385	0,0378
Juli	834720	32527	0,0390	0,0391	0,0385	0,0379
Agustus	770400	29583	0,0384	0,0392	0,0385	0,0378
September	796560	31059	0,0390	0,0392	0,0385	0,0379
Oktober	825840	31485	0,0381	0,0391	0,0385	0,0379
Total	4737840	182435				

Berdasarkan Tabel 6, hasil perhitungan P, CL, UCL, dan LCL, diperoleh nilai rata-rata P sebesar 0,0385, UCL sebesar 0,0392, CL sebesar 0,0385, dan LCL sebesar 0,0379. Nilai-nilai yang dihasilkan dari pengolahan data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan peta kendali P-Chart, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4**.



**Gambar 4** P Control Chart

Berdasarkan Gambar 4, hasil analisa diagram kontrol  $p$  dapat diketahui bahwa seluruh data proporsi kecacatan masih berada dalam batas kendali. Meskipun demikian, diperlukan analisis lanjutan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya permasalahan, sehingga perusahaan dapat menurunkan variabilitas produk dan meningkatkan optimalisasi proses produksi. Dengan adanya perbaikan tersebut, diharapkan produktivitas perusahaan dapat mengalami peningkatan.

b. Perhitungan DPMO dan *Level Sigma*

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai *level sigma* pada perusahaan. Perhitungan dilakukan pada data *defect* dari proses produksi selama 6 bulan.

1. Perhitungan nilai DPMO

$$\text{DPMO} = \frac{\text{jumlah defect bulan mei}}{\text{jumlah produksi bulan mei} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000$$

$$= \frac{29897}{784080 \times 8} \times 1.000.000$$

$$= 4766,25$$

2. Perhitungan Nilai *Sigma*

Perhitungan nilai *level sigma* ulan januari dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*.

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORM.S.INV} (1 - \text{DPMO}/1.000.000) + 1,5$$

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORM.S.INV} (1 - 4766,25/1.000.000) + 1,5$$

$$\text{Nilai sigma} = 4,09$$

Hasil perhitungan nilai DPMO dan nilai *level sigma* selama 6 bulan dengan jumlah produksi 4.737.840 unit dan ditemukan *defect* sebanyak 182.435 dapat dilihat pada Tabel 7.

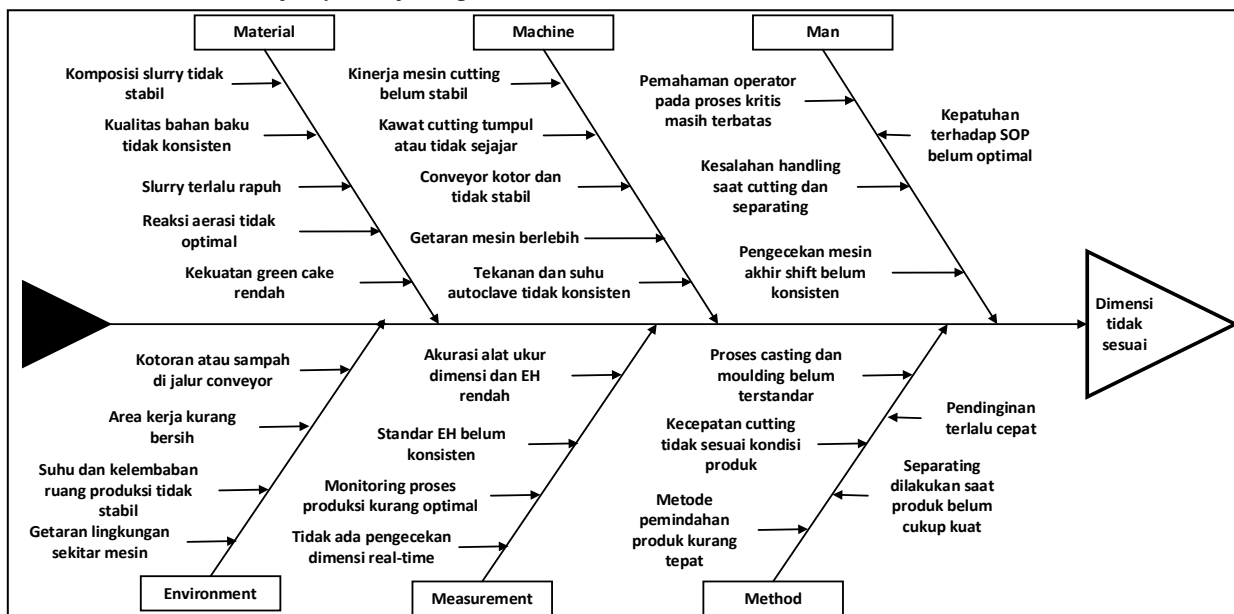
**Tabel 7** Hasil Perhitungan Nilai DPMO Dan Nilai *Level Sigma*

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	Opportunities	DPMO	Level Sigma
Mei	784080	29897	8	4766,25	4,09
Juni	726240	27884	8	4799,38	4,09
Juli	834720	32527	8	4870,94	4,08
Agustus	770400	29583	8	4799,94	4,09
September	796560	31059	8	4873,93	4,08
Oktober	825840	31485	8	4765,60	4,09
Rata-rata				4812,67	4,09

Berdasarkan Tabel 7, hasil perhitungan DPMO menunjukkan bahwa nilai rata-rata DPMO sebesar 4.812,67, yang mengindikasikan terdapat sekitar 4.812,67 produk cacat dalam setiap satu juta unit produksi. Sementara itu, perhitungan level sigma menghasilkan nilai rata-rata sebesar 4,09. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kualitas yang diterapkan masih belum optimal karena belum mendekati standar 6 sigma. Oleh sebab itu, diperlukan upaya perbaikan untuk menekan jumlah kecacatan agar perusahaan dapat meningkatkan efisiensi serta memberikan kepuasan yang lebih baik kepada pelanggan.

### C. Analysis

Pada tahap ini dilakukan analisis yang lebih mendalam terhadap data yang telah diperoleh pada tahap *measure*. Identifikasi berbagai faktor yang memengaruhi hasil pengamatan dilakukan dengan menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*), kemudian diverifikasi melalui wawancara oleh kepala bagian *quality control* dan produksi. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya disajikan pada **Gambar 5**.

**Gambar 5** fishbone diagram

Berdasarkan Gambar 5, hasil analisa menggunakan *fishbone diagram* penyebab kecacatan produk berasal dari enam faktor utama (5M+E), yaitu manusia, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan. Faktor manusia berkaitan dengan kemampuan operator dan penerapan SOP, faktor mesin dipengaruhi oleh kestabilan dan kondisi peralatan produksi, faktor metode disebabkan oleh prosedur kerja yang belum baku, faktor material terkait dengan mutu dan konsistensi bahan baku, faktor pengukuran berhubungan dengan ketelitian alat ukur serta pengendalian proses, sedangkan faktor lingkungan dipengaruhi oleh kebersihan, kondisi suhu, dan getaran di area produksi.

### D. Improve

Tahap ini bertujuan untuk menemukan akar penyebab permasalahan guna menurunkan jumlah produk cacat yang dihasilkan perusahaan. Setelah faktor penyebab diidentifikasi melalui analisis diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) dan ditentukan jenis kecacatan dengan persentase tertinggi pada tahap define, selanjutnya dilakukan analisis akar masalah menggunakan metode *Kaizen Five M Checklist*. Metode ini digunakan untuk menggali sumber utama

terjadinya kecacatan produk sehingga dapat dirumuskan rekomendasi perbaikan yang lebih tepat dan efektif yang dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8** *Kaizen Five M Checklist*

Faktor	Permasalahan	Usulan <i>Improvement</i>
<i>Man</i> (Manusia)	Kompetensi operator belum memadai	Menyelenggarakan pelatihan berkala pada proses <i>casting</i> , <i>cutting</i> , dan <i>separating</i> [1], [2].
	Kesalahan <i>handling</i> saat <i>cutting</i> dan <i>separating</i>	Menetapkan standar <i>handling</i> produk serta <i>briefing</i> sebelum proses kritis [8].
	Kepatuhan terhadap SOP rendah	Meningkatkan pengawasan dan evaluasi disiplin kerja operator [2].
	Inspeksi mesin akhir shift belum berjalan	Menerapkan <i>checklist</i> pengecekan mesin di akhir setiap shift [1].
<i>Machine</i> (Mesin)	Pengendalian mesin <i>cutting</i> belum optimal	Menetapkan jadwal inspeksi dan pengendalian mesin secara berkala [3].
	Kondisi kawat <i>cutting</i> tidak layak	Melakukan pemeriksaan dan penggantian kawat <i>cutting</i> terjadwal [3], [8].
	Conveyor kotor atau tidak stabil	Melaksanakan perawatan dan pembersihan conveyor secara rutin [8].
	Getaran mesin berlebihan	Melakukan pengecekan keseimbangan dan peredaman getaran mesin [2].
<i>Method</i> (Metode)	Parameter <i>autoclave</i> tidak stabil	Mengontrol dan memantau suhu serta tekanan <i>autoclave</i> sesuai standar [1].
	Proses <i>casting</i> dan <i>moulding</i> tidak seragam	Menyusun dan menerapkan SOP <i>casting</i> dan <i>moulding</i> yang terstandar [2].
	Kecepatan <i>cutting</i> terlalu tinggi	Menyesuaikan kecepatan <i>cutting</i> dengan kekuatan <i>green cake</i> [2].
	Metode pemindahan produk kurang tepat	Menetapkan metode pemindahan produk yang aman melalui conveyor [1].
	Pendinginan berlangsung terlalu cepat	Mengatur waktu dan metode pendinginan untuk mencegah retak [3].
<i>Material</i> (Material)	Separating dilakukan sebelum produk kuat	Menentukan waktu <i>separating</i> berdasarkan kekuatan produk [3], [8].
	Formulasi <i>slurry</i> tidak stabil	Mengendalikan komposisi <i>slurry</i> sesuai standar produksi [3].
	Mutu bahan baku tidak konsisten	Melakukan pemeriksaan kualitas bahan baku sebelum produksi [2].
	<i>Slurry</i> bersifat rapuh	Mengontrol rasio bahan dan kadar air <i>slurry</i> [2].
	Proses aerasi belum optimal	Mengoptimalkan aerasi agar ekspansi produk stabil [2].
<i>Measurement</i> (Pengukuran)	Kekuatan <i>green cake</i> rendah	Mengevaluasi komposisi bahan dan proses <i>curing</i> awal [8].
	Akurasi alat ukur dimensi rendah	Melakukan kalibrasi alat ukur secara berkala [3].
	Standar EH ( <i>Expansion Height</i> ) belum konsisten	Menetapkan standar EH yang jelas dan pengecekan per <i>batch</i> [8].
	Monitoring proses kurang efektif	Meningkatkan pencatatan dan pengawasan parameter proses [1], [2].
Environment (Lingkungan)	Inspeksi dimensi <i>real-time</i> belum dilakukan	Menerapkan pengecekan dimensi langsung saat <i>cutting</i> [3].
	Jalur conveyor kotor	Menerapkan program kebersihan area produksi rutin [1], [2].
	Suhu dan kelembaban tidak stabil	Mengendalikan kondisi lingkungan produksi sesuai standar.
	Area kerja kurang bersih	Menerapkan prinsip 5S di area produksi [2].
	Getaran lingkungan sekitar mesin	Menata ulang tata letak mesin dan memasang peredam getaran [3], [8].

Berdasarkan tabel 8, hasil analisa menggunakan *kaizen five M checklist* dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya cacat pada produksi bata ringan dipengaruhi oleh faktor manusia yang belum memiliki kompetensi dan kedisiplinan kerja yang optimal, faktor mesin yang kinerjanya belum stabil, faktor metode yang belum terstandarisasi dengan baik, faktor material yang kualitas dan komposisinya belum konsisten, faktor pengukuran yang masih kurang akurat, serta faktor lingkungan kerja yang belum terkendali. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diterapkan konsep Kaizen melalui peningkatan keterampilan operator, perawatan dan pengendalian mesin secara berkala, penerapan SOP proses produksi, pengendalian kualitas material, peningkatan akurasi pengukuran, serta perbaikan kondisi lingkungan kerja, sehingga diharapkan dapat menurunkan tingkat *defect* dan meningkatkan kualitas serta konsistensi produk bata ringan.

### E. Control

Pada tahap pengendalian dalam penelitian ini disusun usulan langkah-langkah perbaikan yang perlu segera diterapkan untuk mengatasi penyebab terjadinya kecacatan. Tahap ini meliputi perencanaan serta pelaksanaan strategi yang difokuskan pada penurunan tingkat cacat produk. Usulan perbaikan ini dirancang agar proses produksi mampu menghasilkan *output* dengan kualitas lebih tinggi yang dapat dilihat pada tabel 9.

**Tabel 9** Rekomendasi dan Usulan Perbaikan

Aspek Pengendalian	Tindakan Pengendalian	Sasaran
Standarisasi Proses	Menyusun dan memberlakukan SOP pada proses <i>casting</i> , <i>cutting</i> , <i>separating</i> , dan penanganan produk	Menjamin keseragaman proses dan mutu produk
Pengendalian Operator	Melakukan pengawasan rutin terhadap kepatuhan operator pada SOP kerja	Menekan kesalahan kerja akibat faktor manusia
Kontrol Mesin	Menerapkan pemeriksaan kondisi mesin dan conveyor secara berkala setiap shift	Menjaga performa dan keandalan mesin
Pengawasan Proses	Mengendalikan dan memantau parameter tekanan serta suhu <i>autoclave</i>	Menjaga kestabilan proses <i>curing</i>
Pengendalian Mutu	Mencatat dan mengevaluasi data kecacatan produk secara periodik	Mendeteksi penyimpangan kualitas lebih awal
Kalibrasi Alat Ukur	Melaksanakan kalibrasi alat ukur dimensi dan EH secara terjadwal	Menjamin ketepatan hasil pengukuran
Evaluasi Internal	Melakukan audit internal proses dan kualitas secara berkala	Menilai efektivitas penerapan perbaikan
Peningkatan Berkelanjutan	Menindaklanjuti hasil evaluasi melalui tindakan korektif	Menjaga keberlangsungan peningkatan kualitas

Berdasarkan tabel 9, tahap *control* diarahkan untuk memastikan hasil perbaikan dapat diterapkan secara konsisten melalui penerapan standar kerja, pengawasan kinerja operator, serta pengendalian mesin dan proses produksi. Pelaksanaan inspeksi rutin, pemantauan kualitas, dan kalibrasi alat ukur dilakukan untuk mencegah terjadinya penyimpangan kualitas. Selain itu, audit internal dan tindak lanjut perbaikan secara berkelanjutan diperlukan agar mutu produk bata ringan tetap terjaga dan terus mengalami peningkatan.

## VII. SIMPULAN

1. Kecacatan dalam proses produksi bata ringan dipengaruhi oleh enam faktor utama yang dikenal sebagai 5M+E, yaitu manusia, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan kerja. Jenis pemborosan terbesar teridentifikasi sebagai *waste of defect* dengan skor 4,25, di mana kecacatan dimensi menjadi yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 22%. Selain itu, nilai rata-rata DPMO sebesar 4.812,67 dan tingkat sigma 4,09 menunjukkan bahwa kapabilitas proses saat ini masih berada pada level 4-sigma, sehingga diperlukan upaya perbaikan yang berkelanjutan untuk meningkatkan kinerja proses.
2. Akar permasalahan diidentifikasi menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Kaizen Five M Checklist*, yang mengungkap adanya kendala pada aspek kompetensi operator, kondisi dan keandalan mesin, standarisasi metode kerja, konsistensi material, ketepatan pengukuran, serta lingkungan kerja. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan diarahkan pada peningkatan pelatihan dan keterampilan operator, penerapan serta penegakan SOP, pemeliharaan mesin secara rutin, pengendalian kualitas material, kalibrasi alat ukur secara berkala, serta penguatan sistem pengawasan mutu yang berkesinambungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) serta perusahaan bata ringan atas dukungan yang diberikan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] T. W. Putri And M. Suryanto, “Penerapan Metode Statistical Process Control Sebagai Pengendalian Mutu Bata Ringan,” *J. Ilmu Kependidikan*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–9, 2020.
- [2] N. N. Asmi, Sudarmin, And Z. Rais, “Perbandingan Efektivitas Diagram Kontrol Decision On Belief Dan Diagram Kontrol P Pada Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan Di Pt. Bumi Sarana Beton,” *Variansi J. Stat. Its Appl. Teach. Res.*, Vol. 6, No. 2, Pp. 95–106, 2024, Doi: 10.35580/Variansium159.
- [3] P. B. Sugiharto, E. Furqon, And O. Kustiadi, “Analisis Perbaikan Defect Pada Produk Bata Ringan Dengan Menggunakan Metode RCA (Root Cause Analysis) Pada Salah Satu Perusahaan Bata Ringan Di Serang Timur,” *J. Ilm. Tek. Dan Manaj. Ind.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 157–170, 2023, [Online]. Available: <https://Taguchi.Lppmbinabangsa.Id/Index.Php/Home/Article/View/66%0ahttps://Taguchi.Lppmbinabangsa.Id/Index.Php/Home/Article/Download/66/62>
- [4] N. T. Putri, *Manajemen Kualitas Terpadu*, 1st Ed. Sidoarjo: Indomedia Pustaka, 2018.
- [5] N. I. Muvidah, E. W. Yunitasari, P. Studi, T. Industri, And U. S. Tamansiswa, “Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Lean Six Sigma Dan Fuzzy FMEA Dalam Upaya Menekan Kecacatan Produk,” *J. Engine Energi, Manufaktur, Dan Mater.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 86–95, 2023.
- [6] N. A. Ramadhani And Sriwidodo, “Implementasi Pendekatan Lean Manufacturing Dengan Berbagai Metode Di Industri Farmasi Untuk Meningkatkan Efektivitas Proses Produksi,” *J. Innov. Res. Knowl.*, Vol. 4, No. 6, Pp. 3999–4008, 2024.
- [7] 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.
- [8] N. R. A. Hanifi, A. N. P. Fakinafidin, And N. A. Laturuwa, “Strategi Peningkatan Efisiensi Produksi Menggunakan Lean Manufacturing Dan SPC: Studi Pada Industri Bata Ringan Aac Pt. Abc,” *J. Ind. Eng. Manag.*, Vol. 6, No. 02, Pp. 202–211, 2025, Doi: 10.47398/Just-Me.V6i02.132.
- [9] S. Tampubolon And H. H. Purba, “Lean Six Sigma Implementation , A Systematic Literature Review,” *Int. J. Prod. Manag. Eng.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 125–139, 2021.
- [10] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al, And S. Mahlawat, “Heliyon The Performance Improvement Analysis Using Six Sigma DMAIC Methodology : A Case Study On Indian Manufacturing Company,” *Heliyon*, Vol. 9, No. 3, P. E14625, 2023, Doi: 10.1016/J.Heliyon.2023.E14625.
- [11] B. C. Pradana, D. A. Kusuma, And F. H. Sakti, “Tinjauan Literatur Sistematis Penerapan DMAIC Dan DMADV Di Industri Manufaktur,” *J. Inov. Tek. Ind.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 77–95, 2022.
- [12] A. Khunaifi, R. Primadasa, And S. B. Sutono, “Implementasi Lean Manufacturing Untuk Meminimasi Pemborosan ( Waste ) Menggunakan Metode Value Stream Mapping Di Pt . Pura Barutama,” *J. Rekayasa Ind.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 87–93, 2022.
- [13] A. Waruwu, D. Putri, V. Rensi Tampubolon, And M. A. Pratama, “Pengendalian Kualitas Metode Six Sigma Untuk Mengurangi Tingkat Kerusakan Produk Kalender Di Pt. Klm,” *Imtechno J. Ind. Manag. Technol.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 82–90, 2022, [Online]. Available: [Http://Jurnal.Bsi.Ac.Id/Index.Php/Imtechno](http://Jurnal.Bsi.Ac.Id/Index.Php/Imtechno)
- [14] N. Nurhayani, S. R. Putri, And A. Darmawan, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Outsole Sepatu Casual Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC Dan Kaizen 6s,” *J. Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 248–258, 2023.
- [15] R. Islamia And S. Asy’ari, “Six Sigma DMAIC Penerapan Six Sigma DMAIC Pada Produk Batu Split (Studi Kasus Pt.Mbp),” *Matrik J. Manaj. Dan Tek. Ind. Produksi*, Vol. 24, No. 1, P. 63, 2023, Doi: 10.30587/Matrik.V24i1.5845.
- [16] K. Nabila And R. Rochmoeljati, “Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dan Perbaikan Dengan Kaizen,” *Juminten*, Vol. 1, No. 1, Pp. 116–127, 2020, Doi: 10.33005/Juminten.V1i1.27.
- [17] Suhadak And T. Sukmono, “Peningkatan Mutu Produk Dengan Pengendalian Kualitas Produksi,” *Prozima*, Vol. 4, No. 2, Pp. 41–50, 2020.
- [18] A. L. Fernandez, Purnawan, And W. Larutama, “Implementasi Lean Six Sigma (DMAIC) Pada Aktivitas Distribusi Impor Di Pt. Xyz,” *Jutin J. Tek. Ind. Terintegrasi*, Vol. 8, No. 3, Pp. 2439–2446, 2025, Doi: 10.31004/Jutin.V8i3.45961.
- [19] N. Cundara, D. A. Kifta, Rapani, And A. L. Setyabudhi, “Perbaikan Kualitas Produk Coupling Menggunakan Metode Six Sigma Pada Pt. Xyz Nandar,” *Jt-Ibsi J. Tek. Ibnu Sina*, Vol. 5, No. 2, Pp. 36–45, 2020, Doi: 10.3652/Jt-Ibsi.V5i02.251.
- [20] A. Chusnah And A. S. Cahyana, “Pengendalian Kualitas Produk Griller Menggunakan Failure Mode Effect

- And Analysis ( FMEA ) Dan Root Cause Analysis ( RCA ),” *J. Optim.*, Vol. 10, No. 01, Pp. 156–166, 2024.
- [21] M. D. Prasetyo And A. S. Cahyana, “Pengendalian Kualitas Produk Tas Wanita Menggunakan Metode Seven Tools Dan Kaizen,” *J. Optim.*, Vol. 10, No. 01, Pp. 49–60, 2024.
- [22] Z. Zulkarnain And T. Wicaksono, “Metode Six Sigma Dalam Perbaikan Cacat Botol Pada Produk Personal Care,” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 7, No. 1, P. 19, 2021, Doi: 10.24014/Jti.V7i1.10243.
- [23] F. N. Tasya And P. A. Wicaksono, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Frozen Salted Edamame Menggunakan Metode Six Sigma Pada Pt Xyz Fedora,” *Ind. Eng. Online J.*, Vol. 14, No. 4, Pp. 1–10, 2025, Doi: 10.33005/Wj.V16i1.28.

**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.*