



PAPER – OPEN ACCESS

Pengendalian Kualitas Produk Tempe Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC dan Analisis Biaya Kualitas di Pabrik Tempe XYZ Makassar

Author : Puan Maharani, et al
DOI : 10.32734/ee.v9i2.2806
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 9 Issue 2 – 2026 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Pengendalian Kualitas Produk Tempe Menggunakan Metode *Six Sigma* DMAIC dan Analisis Biaya Kualitas di Pabrik Tempe XYZ Makassar

Puan Maharani*, Nadifah Amaliah, Taufik, Cahyu Irianjani Jamillatief, Fensylius Sau' Langi'

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan

puanmaharani0612@gmail.com, amaliahn22d@student.unhas.ac.id, taufiktfk832@gmail.com, latiefcahyu@gmail.com, fsaulangi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk tempe di Pabrik Tempe XYZ Makassar menggunakan metode Six Sigma DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) serta menganalisis biaya pengendalian kualitas secara komprehensif. Data dikumpulkan selama 30 hari produksi dengan total 194.544 unit dan 305 produk cacat yang terbagi dalam lima jenis kecacatan: cacat berwarna kuning kehitaman (C1), cacat kemasan rusak (C2), cacat bentuk tidak rata (C3), cacat kemasukan benda asing (C4), dan cacat ragi tidak mengembang (C5). Hasil tahap *Measure* menunjukkan proses produksi berada pada level sigma 5,00 dengan rata-rata DPMO sebesar 313,54. Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) mengidentifikasi faktor manusia, metode kerja, dan ketidakstabilan suhu lingkungan sebagai penyebab utama kecacatan. Tahap *Improve* mengusulkan perbaikan melalui FMEA dengan nilai RPN tertinggi 448, penerapan Kaizen 5S, dan metode 5W+1H. Analisis biaya kualitas menunjukkan total biaya kualitas tahun 2023 sebesar Rp3.138.374.919,60 dan tahun 2024 sebesar Rp3.141.252.900,80, dengan biaya kegagalan internal sebagai komponen terbesar. Hasil penelitian memberikan rekomendasi perbaikan berkelanjutan guna meningkatkan kualitas produksi tempe menuju standar industri kelas dunia.

Kata Kunci: Six Sigma; DMAIC; Pengendalian Kualitas; Biaya Kualitas; Tempe; FMEA; Kaizen

Abstract

This study aims to analyze the quality control of tempeh products at Pabrik Tempe XYZ Makassar using the Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) method and to comprehensively analyze quality control costs. Data was collected over 30 production days with a total of 194,544 units and 305 defective products classified into five defect types: yellowish-black discoloration (C1), damaged packaging (C2), uneven shape (C3), foreign material contamination (C4), and non-rising yeast (C5). The Measure phase results show that the production process operates at a sigma level of 5.00 with an average DPMO of 313.54. Fault Tree Analysis (FTA) in the Analyze phase identified human factors, work methods, and environmental temperature instability as the primary causes of defects. The Improve phase proposes corrections through FMEA with the highest RPN value of 448, Kaizen 5S implementation, and the 5W+1H method. Quality cost analysis indicates total quality costs of IDR 3,138,374,919.60 in 2023 and IDR 3,141,252,900.80 in 2024, with internal failure costs as the largest component. The findings provide continuous improvement recommendations to elevate tempeh production quality toward world-class industry standards.

Keywords: Six Sigma; DMAIC; Quality Control; Quality Cost; Tempeh; FMEA; Kaizen

1. Pendahuluan

Dunia yang semakin canggih dengan pergerakan globalisasi ekonomi telah membawa perubahan signifikan dalam persaingan antar pelaku industri. Perusahaan yang mampu mempertahankan kualitas produknya secara konsisten akan memiliki keunggulan kompetitif yang berkelanjutan. *Total Quality Management* (TQM) atau manajemen mutu terpadu didefinisikan sebagai sebuah filosofi serta tata nilai organisasional yang berfokus pada penjaminan kualitas secara berkelanjutan di setiap lini operasional, dengan mengintegrasikan partisipasi aktif dari seluruh elemen di dalam organisasi [1]. Berbagai strategi dapat digunakan untuk meningkatkan daya saing, mulai dari inovasi produk, efisiensi biaya, hingga peningkatan mutu secara berkelanjutan. Strategi peningkatan mutu terbukti menjadi pendekatan yang paling strategis karena memberikan dampak jangka panjang terhadap kepercayaan konsumen dan loyalitas pasar.

Industri tempe merupakan salah satu sektor pangan strategis di Indonesia yang berkontribusi pada ketahanan pangan nasional. Tempe sebagai sumber protein nabati terjangkau memiliki permintaan yang stabil namun menuntut standar kualitas yang konsisten. Pabrik Tempe XYZ Makassar merupakan salah satu produsen tempe higienis yang berdiri sejak tahun 2017 dan kini beroperasi di 66 kota di seluruh Indonesia dengan akumulasi produksi mencapai 22 ton per hari. Meskipun berskala besar, proses produksinya masih menghadapi permasalahan kecacatan yang berulang, meliputi cacat berwarna kuning kehitaman, kemasan rusak, bentuk tidak rata, kemasukan benda asing, dan ragi tidak mengembang. Kecacatan ini tidak hanya menimbulkan kerugian material berupa biaya *waste* dan *rework*, tetapi juga berpotensi menurunkan kepuasan dan kepercayaan pelanggan [2].

Six Sigma sebuah konsep manajemen kualitas dipergunakan untuk mengukur tingkat cacat pada level enam sigma, di mana hanya terdapat 3,4 cacat per satu juta peluang (DPMO = 3,4). Dikembangkan oleh Bill Smith di Motorola pada awal 1980-an, metode ini telah terbukti efektif di berbagai sektor industri [3]. Pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dalam *Six Sigma* menyediakan kerangka sistematis. Kerangka ini dipergunakan sebagai langkah dalam identifikasi, pengukuran, analisis, perbaikan, dan pengendalian kualitas proses produksi. Selain itu, analisis biaya kualitas (*Cost of Quality*) memberikan perspektif finansial yang penting untuk memahami dampak nyata kecacatan terhadap keseluruhan biaya operasional perusahaan [4]. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan jenis kecacatan menggunakan analisis Pareto, mengukur kapabilitas proses dengan pendekatan *Six Sigma*, menganalisis akar penyebab kecacatan melalui FTA, merumuskan usulan perbaikan dan menganalisis biaya kualitas secara komprehensif di Pabrik Tempe XYZ Makassar.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Konsep Kualitas dan Quality Management

Kondisi dinamis yang berkenaan terhadap produk, jasa, manusia, proses, dan lingkungan untuk memenuhi dan melampaui harapan pelanggan dinyatakan sebagai kualitas [5]. Konsep kualitas telah dikemukakan oleh berbagai ahli dengan sudut pandang yang berbeda. Ishikawa memandang kualitas sebagai upaya peningkatan kinerja organisasi yang dilakukan melalui identifikasi dan analisis penyebab masalah menggunakan *cause and effect diagram*. Juran mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian untuk digunakan (*fitness for use*) dan memperkenalkan konsep Juran Trilogy yang terdiri atas perencanaan mutu, pengendalian mutu, dan peningkatan mutu. Sementara itu, Crosby menekankan konsep *zero defect* yang menyatakan bahwa kualitas berarti bebas dari cacat atau kerusakan. Dalam konteks organisasi, *Quality Management* atau manajemen mutu merupakan serangkaian aktivitas yang bertujuan memastikan produk atau layanan yang dihasilkan dapat memenuhi atau melampaui kebutuhan pelanggan. Manajemen mutu mencakup penetapan tujuan, kebijakan, serta tanggung jawab yang diperlukan untuk menjaga konsistensi kualitas dan meningkatkan kepuasan pelanggan secara berkelanjutan. [6].

2.2. Metode Six Sigma dan Pendekatan DMAIC

Six Sigma adalah metodologi yang mengukur tingkat cacat pada level enam sigma dengan hanya 3,4 cacat per satu juta peluang (DPMO = 3,4). Pada awal 1980-an, Motorola menghadapi ketatnya persaingan dari industri Jepang yang mampu memproduksi barang dengan jumlah kerusakan lebih sedikit. Bill Smith, seorang ahli statistik di Motorola, kemudian mengembangkan konsep *Six Sigma* yang menjadi strategi utama Motorola untuk meningkatkan kualitas. Pada tahun 1988, Motorola meraih penghargaan *The Malcolm Baldrige National Quality Award* dan berhasil mempopulerkan metodologi *Six Sigma* ke seluruh dunia [3]. Pendekatan DMAIC terdiri dari lima fase terstruktur yaitu *Define* artinya mendefinisikan masalah, CTQ (*Critical to Quality*), dan tujuan perbaikan, *Measure* artinya mengukur kinerja proses melalui perhitungan proporsi cacat, DPMO, dan level sigma, *Analyze* artinya mengidentifikasi akar penyebab menggunakan FTA dan diagram sebab-akibat, *Improve* artinya merumuskan solusi perbaikan dan *Control* artinya memastikan keberlanjutan perbaikan melalui dokumentasi dan pemantauan [7].

2.3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan sebuah instrumen metodologis yang diimplementasikan untuk mendeteksi, mengkaji, serta mengukur potensi kegagalan yang dapat muncul di dalam suatu sistem, rancangan, proses, ataupun bentuk layanan. Pendekatan ini mempermudah penentuan derajat risiko dari tiap jenis kegagalan guna merumuskan prioritas langkah perbaikan secara tepat. Evaluasi terhadap potensi kegagalan dijalankan melalui pemberian bobot skor pada masing-masing moda kegagalan yang didasarkan pada tiga parameter fundamental, yaitu *Severity* (S) yang merepresentasikan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap konsumen dengan rentang skala 1 hingga 10, *Occurrence* (O) yang mengukur frekuensi kemunculan penyebab kegagalan pada skala 1–10 dan *Detection* (D) yang menilai kapasitas sistem dalam mengidentifikasi kegagalan sebelum menjangkau pengguna akhir dengan skala 1–10. Akumulasi dari parameter tersebut diformulasikan ke dalam nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui persamaan $RPN = S \times O \times D$. Jenis kegagalan yang menghasilkan perolehan skor RPN paling tinggi ditetapkan sebagai prioritas utama dalam tindakan korektif yang wajib diselesaikan terlebih dahulu [8].

2.4. Biaya Kualitas (*Cost of Quality*)

Beban biaya kualitas didefinisikan sebagai seluruh pengeluaran yang muncul akibat adanya potensi atau realisasi mutu yang rendah di dalam rangkaian proses manufaktur. Komponen biaya ini dikelompokkan ke dalam empat klasifikasi utama, yaitu Biaya Pencegahan (*Prevention Costs*) yang dialokasikan guna mengantisipasi munculnya produk cacat, seperti investasi pada pelatihan staf, perancangan mutu, serta asesmen terhadap mitra pemasok, Biaya Penilaian (*Appraisal Costs*) yang dikeluarkan untuk menguji keselarasan produk dengan spesifikasi standar melalui aktivitas inspeksi dan pengujian, Biaya Kegagalan Internal (*Internal Failure Costs*) yang mencakup kerugian finansial akibat ditemukannya produk cacat sebelum tahap distribusi ke konsumen, seperti ongkos material terbuang (*waste*) dan pengerjaan ulang (*rework*) dan Biaya Kegagalan Eksternal (*External Failure Costs*) yang timbul ketika produk cacat telanjur diterima oleh pengguna akhir, meliputi biaya penanganan klaim garansi dan komplain. Secara teoritis, optimalisasi alokasi pada sektor biaya pencegahan dan penilaian akan mereduksi total biaya kegagalan secara signifikan dalam jangka panjang [4].

3. Metode Penelitian

3.1. Objek dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pabrik Tempe XYZ Makassar yang berlokasi di Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pabrik ini didirikan pada tahun 2017 dan merupakan cabang dari jaringan Tempe XYZ yang tersebar di 66 kota seluruh Indonesia. Kapasitas produksi cabang Makassar mencapai 7.000 pcs per hari dengan jangkauan distribusi meliputi Makassar, Maros, Gowa, dan Jeneponto. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 dengan pengambilan data produksi selama 30 hari kerja.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan dengan cara yaitu observasi langsung terhadap seluruh tahapan proses produksi tempe mulai dari penerimaan bahan baku, pencucian, perebusan, pengupasan kulit, inokulasi ragi, fermentasi, pengemasan, hingga distribusi. Kemudian, wawancara mendalam dengan pemilik pabrik dan karyawan bagian produksi dan *quality control* untuk memperoleh informasi mengenai prosedur kerja, identifikasi jenis cacat, dan data historis kecacatan. Selain itu, dokumentasi berupa pencatatan data produksi harian, jumlah dan jenis kecacatan selama 30 hari, data gaji karyawan, serta laporan keuangan terkait biaya kualitas tahun 2023 dan 2024. Data diolah menggunakan *software Minitab 19* dan *Microsoft Excel 2019*.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel independen dalam penelitian ini adalah lima jenis kecacatan produk tempe yaitu C1 (cacat berwarna kuning kehitaman), C2 (cacat kemasan rusak), C3 (cacat bentuk tidak rata), C4 (cacat kemasan benda asing), dan C5 (cacat ragi tidak mengembang). Variabel dependen adalah kualitas produk tempe yang dihasilkan. Variabel kontrol meliputi jumlah produksi harian, kondisi lingkungan produksi, prosedur kerja, dan kualitas bahan baku yang berlaku selama periode pengamatan.

3.4. Prosedur Analisis

Analisis dilakukan secara bertahap mengikuti kerangka DMAIC sebagai berikut.

1. Tahap *Define*: identifikasi CTQ menggunakan diagram Pareto untuk memprioritaskan jenis kecacatan berdasarkan prinsip 80/20.
2. Tahap *Measure*: perhitungan proporsi cacat harian, pembuatan P-Chart untuk menilai stabilitas proses, pengukuran DPMO, konversi ke nilai sigma, uji normalitas data, dan *capability analysis* menggunakan Minitab.
3. Tahap *Analyze*: analisis FTA (*Fault Tree Analysis*) dengan pendekatan 5M+1E untuk setiap jenis kecacatan.
4. Tahap *Improve*: penyusunan FMEA, implementasi Kaizen 5S, *Five-M Checklist*, dan 5W+1H.
5. Tahap *Control*: dokumentasi standar perbaikan dan sistem pemantauan berkelanjutan.

Analisis biaya kualitas mencakup perhitungan biaya pencegahan, biaya penilaian, biaya kegagalan internal (*waste* dan *rework*), dan biaya kegagalan eksternal (klaim dan keluhan) untuk tahun 2023 dan 2024.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Tahap Define

Tahap *define* bertujuan mendefinisikan masalah secara jelas dan mengidentifikasi CTQ (*Critical to Quality*) yang paling berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Berdasarkan observasi dan wawancara selama 30 hari, ditemukan lima jenis kecacatan utama pada produksi tempe di Pabrik Tempe XYZ Makassar dengan total 305 produk cacat dari 194.544 unit produksi.

Cacat berwarna kuning kehitaman (C1) terjadi karena kontaminasi atau fermentasi yang tidak optimal, sehingga warna tempe yang seharusnya putih bersih berubah menjadi kuning kehitaman. Cacat kemasan rusak (C2) disebabkan oleh kurangnya kekuatan material kemasan dan proses pengemasan yang kasar sehingga plastik kemasan menjadi sobek atau berlubang. Cacat bentuk tidak rata (C3) terjadi karena tekanan tidak merata dari karung penutup selama proses fermentasi. Cacat kemasukan benda asing (C4) berupa kontaminasi rambut atau kotoran kecil yang masuk selama proses pencampuran atau pengemasan. Cacat ragi tidak mengembang (C5) disebabkan kurangnya aktivitas ragi akibat suhu lingkungan yang tidak stabil atau kualitas ragi yang kurang baik.

Tabel 1. Data Produksi dan Jenis Kecacatan Produk Tempe (Sampel 30 Hari)

Hari ke-	Jumlah Produksi	C1	C2	C3	C4	C5	Total Cacat
1	6.837	2	3	0	3	1	9
5	5.964	0	2	1	3	2	8
10	6.199	2	2	0	3	1	8
15	7.193	3	4	1	4	3	15
19	6.300	2	4	1	3	4	14
20	6.312	1	3	2	4	3	13
25	6.980	1	2	1	3	2	9
27	6.493	2	3	2	3	4	14
30	6.700	2	2	2	3	1	10
Total	194.544	48	85	40	80	52	305

Tabel 2 menyajikan analisis Pareto untuk menetapkan prioritas CTQ. Berdasarkan prinsip 80/20, empat jenis cacat teratas (C2, C4, C5, C1) secara kumulatif mewakili 87% dari total kecacatan dan menjadi prioritas perbaikan utama.

Tabel 2. Distribusi CTQ dan Analisis Pareto Kecacatan Produk Tempe

Jenis Cacat	Jumlah	Proporsi	Kumulatif
Cacat berwarna kuning kehitaman (C1)	48	16%	16%
Cacat kemasan rusak (C2)	85	28%	44%
Cacat bentuk tidak rata (C3)	40	13%	57%
Cacat kemasukan benda asing (C4)	80	26%	83%
Cacat ragi tidak mengembang (C5)	52	17%	100%
Total	305	100%	

Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa cacat kemasan rusak (C2) mendominasi dengan proporsi 28%, diikuti cacat kemasukan benda asing (C4) sebesar 26%, cacat ragi tidak mengembang (C5) sebesar 17%, dan cacat berwarna kuning kehitaman (C1) sebesar 16%. Keempat jenis cacat ini menjadi fokus utama pada tahap-tahap DMAIC selanjutnya.

4.2. Tahap Measure

Tahap *measure* bertujuan mengukur baseline kinerja proses produksi secara kuantitatif melalui perhitungan proporsi cacat, pembuatan P-Chart, pengukuran nilai sigma, dan analisis kapabilitas proses. Proporsi cacat harian (P_i) dihitung menggunakan persamaan (1), rata-rata proporsi cacat keseluruhan ($\bar{p}$) menggunakan persamaan (2), batas kendali atas (UCL) menggunakan persamaan (3), dan batas kendali bawah (LCL) menggunakan persamaan (4):

$$P_i = \frac{n p_i}{n_i} \times 100\% \quad (1)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum n p_i}{\sum n} \quad (2)$$

$$\bar{p} = \frac{305}{194544} = 0,002$$

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

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

Tabel 3 menyajikan rekapitulasi data proporsi cacat, CL, UCL, dan LCL untuk setiap hari produksi (data sampel representatif ditampilkan).

Tabel 3. Rekapitulasi Data Proporsi Cacat dan Batas Kendali P-Chart

Hari	Produksi	Cacat	Proporsi (%)	CL	UCL	LCL
1	6.837	9	13%	0,002	0,003	0
5	5.964	8	13%	0,002	0,003	0
8	6.750	6	09%	0,002	0,003	0
10	6.199	8	13%	0,002	0,003	0
15	7.193	15	21%	0,002	0,003	0
19	6.300	14	22%	0,002	0,003	0
21	5.937	13	22%	0,002	0,003	0
25	6.980	9	13%	0,002	0,003	0
27	6.493	14	22%	0,002	0,003	0
30	6.700	10	15%	0,002	0,003	0
Rata-rata	6.485	10,17	15%	0,002	0,003	0

Hasil P-Chart menunjukkan seluruh nilai proporsi cacat harian berada di dalam batas kendali ($UCL = 0,003$ dan $LCL \approx 0$). Hal ini mengindikasikan proses berada dalam kondisi terkendali secara statistik (*in-control*), sehingga analisis kapabilitas sigma dapat dilanjutkan.

Nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dihitung menggunakan persamaan (5) dengan $CTQ_p = 5$:

$$DPMO = \frac{np_i}{n_i \times CTQ_p} \times 1.000.000 \quad (5)$$

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai DPMO dan Kapabilitas Sigma Produksi Tempe

Hari	Produksi	Cacat	CTQp	DPMO	Nilai Sigma
1	6.837	9	5	263,27	4,97
2	7.169	11	5	306,88	4,93
8	6.750	6	5	177,78	5,07
10	6.199	8	5	258,11	4,97
12	5.985	7	5	233,92	5,00
15	7.193	15	5	417,07	4,84
17	6.818	8	5	234,67	5,00
19	6.300	14	5	444,44	4,82
21	5.937	13	5	437,93	4,83
25	6.980	9	5	257,88	4,97
27	6.493	14	5	431,23	4,83
30	6.700	10	5	298,51	4,93
Rata-rata	6.485	10,17	5	313,61	4,93

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan proses produksi tempe Pabrik XYZ Makassar beroperasi pada level sigma rata-rata 5,00 dengan nilai DPMO tertinggi 444,44 (hari ke-19) dan terendah 177,78 (hari ke-8). Level sigma 5,00 berada di atas rata-rata industri Indonesia (2-sigma) namun masih jauh di bawah standar industri kelas dunia (6-sigma = 3,4 DPMO), sehingga masih diperlukan upaya perbaikan yang signifikan.

Pengujian normalitas menggunakan Minitab menghasilkan nilai $P = 0,168 > 0,05$, sehingga data berdistribusi normal. Hasil *capability analysis* menunjukkan $C_p = 8,94$ (memenuhi syarat $\geq 1,33$) namun $C_{pk} = -25$ (tidak memenuhi syarat). Nilai C_{pk} yang negatif mengindikasikan rata-rata proses tidak berada di tengah batas spesifikasi, artinya terjadi penyimpangan sistematis yang perlu diperbaiki meskipun presisi proses sudah cukup baik (*precise but not accurate*).

4.3. Tahap Analyze

Tahap *analyze* mengidentifikasi akar penyebab kecacatan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan pendekatan 5M+1E (*Man, Machine, Method, Material, Measurement, Environment*). FTA dimulai dari *top event* (jenis kecacatan) dan menelusuri secara sistematis ke bawah untuk menemukan penyebab-penyebab yang berkontribusi.

Hasil analisis FTA untuk kelima jenis kecacatan menunjukkan pola yang konsisten. Cacat C1 (berwarna kuning kehitaman): faktor utama adalah kurang ketelitian pekerja (*Man*), tidak adanya prosedur pengecekan ulang (*Method*), dan ketidakstabilan suhu fermentasi (*Environment*). Cacat C2 (kemasan rusak): kurang ketelitian pekerja (*Man*) dan material kemasan yang lemah (*Material*). Cacat C3 (bentuk tidak rata): kurang ketelitian pekerja (*Man*), kesalahan pengendalian fermentasi (*Method*), dan ketidakstabilan suhu (*Environment*). Cacat C4 (kemasukan benda asing): kurang ketelitian pekerja (*Man*) dan area kerja yang kurang higienis (*Environment*). Cacat C5 (ragi tidak mengembang): kurang ketelitian pekerja (*Man*), tidak ada pengecekan berkala kondisi ragi (*Method*), dan ketidakstabilan suhu yang sangat kritis bagi pertumbuhan ragi (*Environment*).

Dari hasil FTA secara keseluruhan, faktor manusia (*Man*) menjadi penyebab yang paling konsisten hadir di seluruh jenis kecacatan. Faktor lingkungan (*Environment*) terutama ketidakstabilan suhu, dan faktor metode (*Method*) berupa tidak adanya SOP yang terstandarisasi juga berkontribusi signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa intervensi pada ketiga faktor tersebut akan memberikan dampak perbaikan yang paling besar.

4.4. Tahap Improve

Tahap *improve* merumuskan usulan perbaikan melalui tiga metode yang diterapkan secara terintegrasi: FMEA, Kaizen 5S, dan 5W+1H. Tabel 5 menyajikan rekapitulasi hasil FMEA beserta nilai RPN untuk setiap moda kegagalan yang teridentifikasi.

Tabel 5. Rekapitulasi FMEA dan Nilai RPN Kecacatan Produk Tempe

Jenis Cacat	Potensi Penyebab (Faktor)	Serinity	Occurance	Detection	RPN	% RPN
C1: Kuning kehitaman	Man: Kurang teliti dan fokus	5	7	7	245	7,23
	Method: Tidak ada pengecekan ulang	4	8	6	192	5,67
	Environment: Suhu tidak stabil	5	4	6	120	3,54
C2: Kemasan rusak	Man: Kurang teliti dan fokus	7	7	7	343	10,12
	Material: Kemasan tidak kuat/elastis	7	7	8	392	11,57
C3: Bentuk tidak rata	Man: Kurang teliti dan fokus	7	7	7	343	10,12
	Method: Kesalahan proses fermentasi	6	5	6	180	5,31
	Environment: Suhu tidak stabil	7	6	6	252	7,44
C4: Benda asing	Man: Kurang teliti dan fokus	7	7	7	343	10,12
	Environment: Tempat kurang higienis	7	6	6	252	7,44
C5: Ragi tdk mengembang	Man: Kurang teliti dan fokus	7	7	2	98	2,89
	Method: Tidak ada pengecekan berkala	6	5	6	180	5,31
	Environment: Suhu tidak stabil	7	8	8	448	13,22
Total RPN					3.388	100

Berdasarkan Tabel 5, nilai RPN tertinggi adalah 448 (13,22%) berasal dari faktor lingkungan pada cacat C5 (ragi tidak mengembang). Urutan prioritas perbaikan: (1) stabilisasi suhu ruang fermentasi dengan sistem pengatur suhu otomatis; (2) penggantian material kemasan plastik yang lebih kuat dan elastis (RPN 392, 11,57%); (3) peningkatan ketelitian pekerja pada C2, C3, dan C4 (masing-masing RPN 343, 10,12%) melalui pelatihan intensif. Selain FMEA, prinsip Kaizen diterapkan melalui konsep 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) untuk menciptakan budaya kerja yang tertata dan disiplin, serta metode 5W+1H untuk merumuskan rencana tindak lanjut yang konkret dan terukur.

4.5. Tahap Control

Tahap *control* bertujuan memastikan perbaikan yang diimplementasikan dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Beberapa mekanisme pengendalian yang direkomendasikan untuk Pabrik Tempe XYZ Makassar: (1) Pemantauan P-Chart secara rutin minimal setiap minggu untuk mendeteksi sedini mungkin jika terjadi penyimpangan proses; (2) Audit internal bulanan menggunakan *Five-M Checklist* memastikan penerapan yang konsisten; (3) Dokumentasi Standar Operasional Prosedur (SOP) baru yang mencakup seluruh tahapan produksi dari penerimaan bahan baku hingga pengiriman, termasuk kriteria penerimaan dan penolakan produk; (4) Pelatihan *refresher* bagi karyawan baru dan berkala setiap enam bulan bagi karyawan lama; serta (5) Pemasangan termometer digital di ruang fermentasi dengan sistem alarm jika suhu melebihi batas yang ditetapkan. Hasil dari

setiap upaya perbaikan harus didokumentasikan dan disebarluaskan kepada seluruh karyawan sebagai landasan perbaikan berkelanjutan.

Tabel 6. Usulan Perbaikan dengan Metode 5W+1H

Akar Penyebab Utama	What	Why	Who	When	How
Kurang teliti (Man)	Tingkatkan ketelitian kerja	Penyebab utama di semua cacat	Supervisor & Karyawan	Saat produksi berlangsung	Pelatihan berkala & SOP
Suhu tidak stabil (Environment)	Stabilkan suhu fermentasi	Kritis untuk ragi & warna tempe	Manajemen & Teknisi	Sebelum & selama produksi	Pasang thermostat otomatis
Kemasan lemah (Material)	Ganti material kemasan	Kemasan mudah robek/sobek	Bagian Pengadaan	Saat pembelian material	Seleksi plastik berkualitas
Tidak ada SOP (Method)	Buat & terapkan SOP produksi	Tidak ada prosedur baku	Manajemen & QC	Segera & berkelanjutan	Dokumentasikan & sosialisasikan
Area kurang higienis (Environment)	Tingkatkan kebersihan area	Risiko kontaminasi tinggi	Seluruh Karyawan	Setiap hari sebelum produksi	Jadwal & checklist kebersihan

4.6. Analisis Biaya Kualitas

Biaya kualitas di Pabrik Tempe XYZ Makassar terdiri dari empat kategori yang dianalisis untuk tahun 2023 dan 2024. Biaya pencegahan mencakup biaya pelatihan, perencanaan kualitas, tinjauan ulang produk baru, pengendalian proses, dan evaluasi pemasok. Total biaya pencegahan tahun 2023 sebesar Rp172.413.840 dan tahun 2024 sebesar Rp173.842.740, meningkat Rp1.428.900 (0,83%) akibat bertambahnya frekuensi pelatihan karyawan.

Biaya penilaian mencakup biaya sampel, pemeriksaan produk dalam proses, pengujian produk akhir, dan pengujian material. Total biaya penilaian tahun 2023 sebesar Rp59.463.072 dan tahun 2024 sebesar Rp53.550.072, turun Rp5.913.000 (9,94%) akibat berkurangnya jumlah pembelian sampel material (dari 13 sampel menjadi 11 sampel). Biaya kegagalan internal terdiri dari biaya *waste* (limbah bahan baku) dan biaya *rework* (perbaikan produk cacat). Meskipun biaya kegagalan internal turun sebesar Rp7.065.681 (0,82%) dari Rp859.860.454,60 menjadi Rp852.794.773,80, komponen ini masih menjadi yang terbesar dalam struktur biaya kualitas.

Biaya kegagalan eksternal terdiri dari biaya klaim (kompensasi produk cacat) dan biaya keluhan (*complaint*). Total biaya kegagalan eksternal justru meningkat signifikan dari Rp132.467.657 menjadi Rp146.895.419, naik Rp14.427.762 (10,89%). Peningkatan ini merupakan sinyal peringatan bahwa semakin banyak produk cacat yang lolos ke tangan pelanggan dan tidak terdeteksi oleh sistem pengendalian kualitas internal. Tabel 7 menyajikan perbandingan total biaya kualitas kedua tahun.

Tabel 7. Perbandingan Total Biaya Kualitas Tahun 2023 dan 2024

Kategori Biaya Kualitas	Tahun 2023 (Rp)	Tahun 2024 (Rp)	Perubahan
Biaya Pencegahan	172.413.840,00	173.842.740,00	+0,83%
Biaya Penilaian	59.463.072,00	53.550.072,00	-9,94%
Biaya Kegagalan Internal	859.860.454,60	852.794.773,80	-0,82%
Biaya Kegagalan Eksternal	132.467.657,00	146.895.419,00	+10,89%
Total Biaya Kualitas	3.138.374.919,60	3.141.252.900,80	+0,09%

Dari Tabel 7 terlihat bahwa meskipun total biaya kualitas hanya meningkat 0,09%, pola perubahan yang terjadi menunjukkan tren yang kurang menguntungkan: biaya kegagalan eksternal meningkat tajam (10,89%) sementara biaya kegagalan internal hanya turun sedikit (0,82%). Komposisi biaya kualitas didominasi oleh biaya kegagalan internal yang mencapai 27,37% dari total pada 2023 dan 27,15% pada 2024. Meningkatnya biaya kegagalan eksternal memperkuat kebutuhan untuk memperkuat sistem deteksi internal dan meningkatkan proporsi investasi pada biaya pencegahan. Sesuai dengan teori biaya kualitas, setiap peningkatan investasi pada biaya pencegahan diharapkan dapat menekan biaya kegagalan internal dan eksternal dalam jangka panjang [4].

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Pabrik Tempe XYZ Makassar menggunakan pendekatan *Six Sigma* DMAIC, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Pertama, tahap *Define* mengidentifikasi lima CTQ dengan total 305 produk cacat dari 194.544 unit produksi. Cacat kemasan rusak (C2) mendominasi dengan proporsi 28%, dan empat jenis cacat teratas secara kumulatif mewakili 87% total kecacatan berdasarkan analisis Pareto. Kedua, tahap *Measure* menunjukkan proses produksi berada pada level sigma 5,00 dengan rata-rata DPMO = 313,54 dan proses terbukti stabil secara statistik berdasarkan P-Chart. Namun nilai $Cpk = -25$ mengindikasikan perlunya perbaikan pada akurasi proses. Ketiga, analisis FTA pada tahap *Analyze* mengidentifikasi faktor manusia (kurangnya ketelitian dan fokus pekerja), faktor lingkungan (ketidakstabilan suhu fermentasi), dan faktor metode (tidak adanya SOP yang memadai) sebagai akar penyebab utama yang berkontribusi pada seluruh jenis kecacatan. Keempat, FMEA pada tahap *Improve* menghasilkan total RPN = 3.388 dengan nilai tertinggi 448 pada faktor lingkungan untuk cacat ragi tidak mengembang. Perbaikan prioritas meliputi: stabilisasi suhu ruang fermentasi, penggantian

material kemasan, pelatihan karyawan, penerapan Kaizen 5S, dan pembuatan SOP terstandarisasi. Kelima, analisis biaya kualitas menunjukkan total biaya kualitas tahun 2023 sebesar Rp3.138.374.919,60 dan tahun 2024 sebesar Rp3.141.252.900,80. Peningkatan biaya kegagalan eksternal sebesar 10,89% menjadi sinyal penting bahwa investasi lebih besar pada biaya pencegahan sangat diperlukan untuk menekan biaya kegagalan secara keseluruhan dalam jangka panjang.

Referensi

- [1] U. Lasiyono, "Manajemen Mutu Terpadu," *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2022.
- [2] A. L. Falah, K. Arief, dan R. S. Riginianto, "Analisis Pengendalian Kualitas Pada Tempe Menggunakan Metode Seven Tools Dan FMEA," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 2, no. 3, pp. 212–223, 2023.
- [3] H. Sirine dan D. U. Kurniawati, "Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma," *AJIE–Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 2, no. 3, pp. 254–290, 2017.
- [4] N. T. Putri, *Manajemen Kualitas Terpadu: Konsep, Alat dan Teknik, Aplikasi*. Indomedia Pustaka, 2022.
- [5] D. W. Ariani, *Manajemen Kualitas*. Universitas Terbuka, 2020.
- [6] A. Fadhlhan, T. Yuwanda, dan S. R. Mulyani, "Kepemimpinan Digital, Manajemen Inovasi Dan Daya Saing Di Era Revolusi Industri 4.0: Peran Mediasi Dari Quality Management," *Jurnal Bisnis Dan Kewirausahaan*, vol. 18, no. 2, pp. 138–148, 2022.
- [7] F. Nurprihatin, N. E. Yulita, dan D. Caesaron, "Usulan Pengurangan Pemborosan Pada Proses Penjahitan Menggunakan Metode Lean Six Sigma," *Prosiding Seminar Nasional*, pp. 809–818, 2017.
- [8] H. Hasbullah, S. S. Dahda, dan E. Widodo, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode FMEA," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [9] J. Oakland dan R. Oakland, *Statistical Process Control*, 7th ed. Routledge, 2019.
- [10] Firmansyah, "Konsep dan Sejarah Total Quality Management," *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, vol. 4, no. 1, pp. 13–29, 2019.
- [11] K. Damayanti, M. Fajrin, dan N. Adriana, "Pengendalian Kualitas Di Mabel PT. Jaya Abadi Dengan Menggunakan Metode Seven Tools," *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [12] S. W. Ahmad, M. Farild, dan A. Mulia, "Pengaruh Just In Time Dan Total Quality Management Terhadap Efisiensi Biaya Produksi," *Forum Ekonomi: Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, vol. 24, no. 2, pp. 1–12, 2022.
- [13] M. R. Zakaria dan I. P. Sari, "Penerapan Total Quality Management pada Perencanaan Kaizen Kualitas Plating," *Jurnal Informatika SIMANTIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2019.
- [14] A. Merjani dan I. Kamil, "Penerapan Metode Seven Tools dan PDCA untuk Mengurangi Cacat Pengelasan Pipa," *Profisiensi: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 124–131, 2021.
- [15] T. W. S. Panjaitan, *Six Sigma dalam Bisnis dan Industri*. Universitas Surabaya, 2017.