

Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Bolen Menggunakan Pendekatan *Statistical Quality Control*

Analysis of Bolen Production Quality Control Using a Statistical Quality Control Approach

Sri Nofianti^{1*}, Bella Adriana¹

¹Program Studi Agribisnis, Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh, Indonesia

*Penulis Korespondensi: Sri Nofianti
Email : srinofianti83@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ merupakan salah satu subsektor industri pangan yang memiliki tingkat persaingan tinggi sehingga menuntut perusahaan menjaga konsistensi kualitas produk. Produk yang tidak memenuhi standar mutu berpotensi meningkatkan jumlah produk cacat, menimbulkan pemborosan bahan baku, serta menurunkan kepuasan konsumen. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengendalian kualitas produksi bolen menggunakan pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC) pada PT. XYZ di Kota Pekanbaru. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan teknik analisis berupa diagram pareto, peta kendali proporsi cacat (*p-chart*), dan analisis akar penyebab menggunakan diagram *fishbone*. Data penelitian diperoleh dari catatan produksi perusahaan selama periode 03–30 April 2025. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 1.935 kasus produk cacat dengan tiga jenis kerusakan dominan yaitu bolen bocor sebesar 39,9%, kulit rusak sebesar 23,6%, dan produk gosong sebesar 12,9%. Analisis *p-chart* menunjukkan bahwa sebagian besar proses produksi masih berada dalam batas kendali statistik meskipun beberapa titik pengamatan berada diatas batas kendali atas. Hasil analisis *fishbone* mengindikasikan bahwa penyebab utama cacat produk berkaitan dengan faktor manusia, metode kerja, mesin produksi, bahan baku, serta lingkungan produksi. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kualitas proses produksi perlu difokuskan pada standarisasi prosedur operasional, peningkatan keterampilan tenaga kerja, pemeliharaan mesin secara berkala, serta pengendalian kualitas bahan baku. Penerapan *Statistical Quality Control* secara berkelanjutan diharapkan mampu meningkatkan stabilitas proses produksi dan menurunkan tingkat cacat produk pada PT XYZ. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris melalui integrasi analisis pareto, *p-chart*, dan *fishbone* dalam kerangka SQC untuk mengidentifikasi sumber cacat dominan serta merumuskan prioritas perbaikan kualitas pada industri *bakery*.

Kata kunci: pengendalian kualitas, statistical quality control, produk cacat, stabilitas proses

Abstract

PT. XYZ is one of the most competitive sectors in the food industry, requiring companies to maintain consistent product quality. Products that fail to meet quality standards may increase defective products, lead to raw material waste, and reduce customer satisfaction. This study aims to analyze quality control in bolen production using the Statistical Quality Control (SQC) approach at PT. XYZ in Pekanbaru City. A descriptive quantitative approach was employed using several analytical tools, including Pareto diagrams, proportion control charts (*p-charts*), and root cause analysis through fishbone diagrams. The data were obtained from company production records during the period of 3–30 April 2025. The results indicate that 1,935 defective products were identified, with three dominant defect types: leaking filling (39.9%), damaged crust (23.6%), and burnt products (12.9%). The *p-chart* analysis shows that most production processes remain within statistical control limits, although several observations are above the upper control limit. Fishbone analysis reveals that the main causes of product defects are related to human factors, production methods, machinery conditions, raw material quality, and the production environment. These findings suggest that quality improvement efforts should focus on standardizing operational procedures, improving worker skills, conducting regular machine maintenance, and strengthening raw material quality control. Continuous implementation of Statistical Quality Control is expected to enhance process stability and reduce defect rates in the bakery industry. This study contributes empirically by integrating pareto analysis, *p-charts*, and fishbone diagrams within the SQC framework to identify dominant defect sources and formulate quality improvement priorities in bakery industry.

Keywords: quality control, statistical quality control, defective products, process stability

Pendahuluan

Industri pangan merupakan salah satu sektor yang mengalami pertumbuhan signifikan dan memiliki tingkat persaingan yang semakin kompetitif, khususnya pada segmen usaha *bakery* dan *pastry* skala mikro, kecil, dan menengah. Dalam konteks tersebut, kualitas produk menjadi determinan utama dalam membangun loyalitas konsumen, menjaga reputasi merek, serta mempertahankan keberlanjutan usaha. Produk pangan yang tidak konsisten mutunya berpotensi menimbulkan keluhan konsumen, peningkatan biaya produksi akibat produk cacat (*defect*), serta penurunan daya saing perusahaan di pasar. Untuk itu diperlukan pengendalian kualitas secara sistematis yang mampu menjamin berjalannya proses produksi sesuai standar dan menekan cacat produksi (Azis & Vikaliana, 2023).

Secara konseptual, kualitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen secara konsisten sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan (Tjiptono, 2020). Dalam konteks industri manufaktur dan pangan, kualitas tidak hanya berkaitan dengan karakteristik fisik produk, tetapi juga mencakup aspek konsistensi proses produksi, kesesuaian standar mutu, serta kemampuan perusahaan dalam meminimalkan variasi proses yang dapat menyebabkan produk cacat. Oleh karena itu, pengendalian kualitas (*quality control*) merupakan serangkaian aktivitas sistematis yang bertujuan untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan dalam batas kendali yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan produk sesuai standar (Montgomery, 2020) (Heizer, 2019). Dalam pendekatan *Statistical Quality Control* (SQC), variasi proses dianalisis menggunakan alat statistik untuk mengidentifikasi penyimpangan, menentukan faktor dominan penyebab cacat, serta merumuskan tindakan korektif berbasis data. Penerapan SQC tidak hanya berfungsi sebagai alat inspeksi akhir, tetapi juga sebagai mekanisme pengendalian proses secara berkelanjutan guna menekan tingkat *defect*, meningkatkan stabilitas produksi, serta memperbaiki efisiensi operasional perusahaan (Heizer, 2019).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan alat pengendalian kualitas seperti diagram pareto dan *fishbone* efektif dalam mengidentifikasi jenis cacat dominan pada industri pangan (Lestari & Widajanti, 2024). Metode tersebut banyak digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan kualitas dengan mengidentifikasi jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total kerusakan produk. Namun demikian, sebagian besar studi masih berfokus pada identifikasi jenis kerusakan tanpa memberikan analisis komprehensif mengenai kontribusi relatif setiap jenis cacat terhadap total *defect* serta implikasinya terhadap stabilitas proses produksi (Alinka, 2023). Selain itu, kajian pengendalian kualitas pada perusahaan skala UMKM di daerah masih relatif terbatas, khususnya yang mengkaji produk *pastry* dengan karakteristik proses berlapis dan sensitif terhadap variasi ukuran adonan, suhu, serta komposisi bahan (Dewi et al., 2023).

PT XYZ, merupakan salah satu perusahaan di Kota Pekanbaru yang memproduksi berbagai jenis roti dan *pastry*, dengan kue bolen sebagai salah satu produk unggulan dengan tingkat penjualan tertinggi dibandingkan produk lainnya yaitu sebesar 50% dari 3 produk lainnya. Tingginya volume produksi dan permintaan pasar menuntut konsistensi mutu yang ketat. Berdasarkan data produksi selama periode pengamatan bulan April 2025, total produksi bolen mencapai 19.319 unit. Dari jumlah tersebut, tercatat 1.935 kasus penurunan kualitas produk, yang setara dengan *defect rate* sekitar 10% dari total produksi. Angka ini menunjukkan bahwa dari setiap 100 unit bolen yang diproduksi, terdapat sekitar 10 unit yang tidak memenuhi standar mutu perusahaan. Kondisi ini menunjukkan adanya variasi proses yang perlu dianalisis secara sistematis untuk mengidentifikasi sumber penyebab utama dan menentukan prioritas perbaikan. Namun, sistem pencatatan kerusakan produk yang dimiliki perusahaan sejauh ini masih minim, sehingga kesulitan mengevaluasi dan mengidentifikasi titik kritis dalam proses produksinya. Pencatatan yang akurat merupakan kunci utama untuk mendukung proses pengendalian kualitas yang efektif (Goryńska-Goldmann et al., 2021).

Permasalahan tingginya *defect rate* mengindikasikan bahwa sistem pengendalian kualitas yang berjalan masih memerlukan evaluasi berbasis pendekatan statistik agar perusahaan tidak hanya mengetahui jenis cacat yang terjadi, tetapi juga memahami pola dominasi masalah dan hubungan sebab-akibatnya secara terstruktur. Tanpa analisis kuantitatif yang memadai, upaya perbaikan berisiko tidak tepat sasaran dan kurang efisien. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian yang secara spesifik menganalisis penurunan kualitas produk bolen menggunakan pendekatan *statistical quality control* dengan memanfaatkan diagram pareto untuk menentukan prioritas masalah serta diagram

fishbone untuk mengidentifikasi akar penyebab dominan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris dalam penguatan praktik pengendalian kualitas pada Perusahaan skala menengah serta memperkaya literatur manajemen mutu pangan, khususnya pada konteks produk *pastry*. Adapun tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis sistem pengendalian kualitas produk bolen di PT XYZ; (2) mengidentifikasi jenis dan proporsi penurunan kualitas produk; (3) menentukan faktor dominan penyebab cacat berdasarkan pendekatan pareto dan *fishbone*; serta (4) merumuskan rekomendasi perbaikan proses produksi guna menekan tingkat *defect* dan meningkatkan konsistensi mutu produk.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus di PT XYZ, sebuah usaha yang bergerak di bidang pembuatan *cake* dan *pastry* di Kota Pekanbaru. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis kecacatan produk bolen menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC), sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami konteks produksi dan kontrol kualitas melalui observasi langsung serta wawancara informal dengan pihak produksi.

Data yang digunakan berasal dari data primer berupa hasil observasi dan wawancara, serta data sekunder dari dokumen produksi. Data primer yang diperoleh melalui observasi dan wawancara tidak terstruktur terkait penyebab kerusakan produk sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumentasi internal perusahaan berupa data produksi dan informasi standar produk bolen dari perusahaan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh produk bolen yang diproduksi selama periode penelitian, yaitu selama 28 hari kerja (tanggal 03-30 April 2025). Sampel diambil secara sensus dari seluruh produk yang dihasilkan selama periode tersebut.

Penelitian dilakukan terhadap pengendalian kualitas bolen dengan menggunakan metode statistik yaitu dengan *check sheet*, *diagram pareto*, *fishbone chart* dan *control chart*. Penelitian ini berupaya untuk menganalisis kualitas produksi, mengidentifikasi penyebab terjadinya cacat dalam proses produksi bolen, dan memberikan usulan perbaikan terhadap PT. XYZ. Variabel dalam penelitian ini meliputi jenis kerusakan produk, jumlah produk rusak dan tidak rusak, proporsi kerusakan produk, serta faktor penyebab kerusakan. Keempat variabel tersebut digunakan untuk menjawab tujuan penelitian dengan alat analisis yang terdiri dari *checksheet*, *paretochart*, *control chart*, dan *fish bone chart* (Novitasari & Atqiya, 2023)

Check sheet analisis bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan produk dan menentukan prioritas perbaikan jenis kerusakan produk untuk memastikan kualitas produk secara *real time* (Haq. A et al., 2024). Sedangkan penentuan prioritas perbaikan dianalisis menggunakan *pareto chart* untuk membantu menggolongkan jenis kerusakan yang terjadi dan difokuskan pada beberapa faktor yang memiliki dampak terbesar (Wardhani et al., 2024).

Analisis peta kendali sebagai suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika (SPC) atau tidak sehingga memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali (Heizer & Render, 2013). Dari peta kendali dapat diketahui batas kendali rata-rata proses serta variasi proses produksi. Pada penelitian ini jenis peta kendali yang digunakan adalah peta kendali proporsi kesalahan atau $\bar{p}$ -chart. $\bar{p}$ -chart digunakan untuk memantau proporsi kerusakan produk berdasarkan inspeksi penuh dalam periode tertentu dengan langkah perhitungan berikut.

Pertama, menghitung persentase rata-rata kerusakan/ proporsi cacat:

$$\bar{p} = \frac{\text{Total kerusakan}}{\text{Total Jumlah yang diperiksa}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : Total kerusakan = total produk yang tidak sesuai standar (produk cacat)

Kedua, mencari nilai garis tengah (*Control Level*), garis tengah atau CL adalah sama dengan persentase kerusakan yang terjadi, jadi:

$$CL = \bar{p} \dots\dots\dots (2)$$

Ketiga, mencari nilai batas kendali atas (*Upper Control Level*), UCL atau nilai batas kendali atas adalah nilai batas maksimal suatu produk mengalami kerusakan atau cacat. Rumus mencari *Upper Control Level* adalah:

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

di mana;

$\bar{p}$ = Persentase rata-rata kerusakan

z = Standar deviasi (z=3 untuk batas kendali 99,73%)

n = Jumlah Pengamatan tiap sampel

Keempat, mencari nilai batas kendali bawah (*Lower Control Level*), LCL atau nilai batas kendali bawah adalah nilai batas minimal suatu produk mengalami kerusakan atau cacat. Rumus mencari *lower control level* adalah:

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

Analisis akar permasalahan dan faktor penyebab kerusakan produk pada penelitian ini menggunakan *Fishbone Diagram* atau diagram tulang ikan. *Fishbone Diagram* adalah diagram untuk melihat penyebab terjadinya kerusakan produk dari berbagai aspek yaitu manusia, mesin atau peralatan, material, metode dan lingkungan kerja. Selanjutnya, dapat dirumuskan tindakan perbaikan yang tepat guna mengurangi tingkat kerusakan produk. Perumusan tindakan perbaikan pada penelitian ini dilakukan dengan menindaklanjuti *fishbone chart* dengan membuat usulan perbaikan yang sesuai dengan data hasil observasi langsung, dokumen produksi, dan hasil wawancara dengan pihak terkait.

Hasil dan Pembahasan

PT. XYZ merupakan usaha mikro kecil menengah yang bergerak di bidang manufaktur yang mengolah bahan baku mentah menjadi produk *ready to eat* yang siap disantap oleh konsumen. Produk yang dihasilkan di perusahaan ini berupa pengolahan pastry, roti, kue, dan minuman, dengan produk unggulan bolen aneka isian, roti manis dan asin, donat, serta roti tawar. Perusahaan juga memiliki produk signature seperti *Korean Garlic Cheese Bread*, *Brown Butter Brookies*, *Choco Loco*, dan *Mango Tango*.

Secara umum perusahaan telah melakukan pengendalian kualitas melalui pendekatan bahan baku, proses produksi dan produk akhir untuk setiap produk yang dihasilkan. Demikian halnya untuk produk bolen yang merupakan produk unggulan pada industri ini. Pada tahap bahan baku, pengawasan difokuskan pada kesegaran, ukuran, dan kualitas pisang serta bahan tambahan lainnya. Pada tahap produksi, aspek krusial terletak pada teknik penggilasan adonan, pengisian, dan pemanggangan. Sedangkan pada tahap hasil akhir, dilakukan inspeksi kesesuaian ukuran, bentuk, dan estetika produk. Temuan ini sejalan dengan konsep *quality control* berlapis yang dikemukakan (Tjiptono, 2020)), bahwa pengendalian kualitas efektif harus dimulai sejak input hingga output.

Perusahaan menetapkan kriteria standar kualitas produk dan merangkum aspek krusial dalam mempertahankan standar yang diinginkan. Berikut Adalah tabel kriteria standar kualitas bolen dan penurunan kualitas yang ditoleransi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan dalam standar operasional perusahaan.

Tabel 1. Kriteria bolen sesuai standar PT. XYZ

Kriteria sesuai standar kualitas	Kriteria penurunan kualitas	Toleransi penurunan
Organoleptik	Permukaan tidak mengkilap/ mengelupas	2%
	Topping seimbang	5%
	Asimetris	1%
	Aroma tidak sesuai varian rasa	0%
	Isian cair/keras	1%
Berat kulit bolen	Kulit terlalu berat atau ringan	1%
Konsistensi bahan	Sisa adonan yang menempel di peralatan	1%
Ketebalan kulit	Rusak/robek	0%
Bentuk Dan simetri	Deformasi	5%
Keseragaman bentuk	Cacat/penyok	0%
Isian dan topping	Kesesuaian jenis <i>topping</i> dengan jenis varian,	0%
Cetak Bolen	Bocor	0%
Berat topping	Kelebihan <i>topping</i>	10%
Oven	Tidak gosong	0%
Kebersihan hasil adonan	Tidak ada kontaminan (rambut, remah, serpihan alat, benda asing)	0%

Sumber : PT. XYZ. 2025

Analisis jenis kerusakan dan prioritas perbaikan produk Bolen

Analisis kualitas produksi pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan *statistical quality control* (SQC) dengan memanfaatkan beberapa alat analisis, yaitu *Cheek sheet*, *diagram Pareto*, peta kendali proporsi cacat (*p-chart*), serta analisis akar penyebab menggunakan diagram *fishbone*. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi variasi proses, menentukan stabilitas proses produksi, serta merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis data.

Berdasarkan data produksi bolen pada periode 3 sampai 30 April 2025 diperoleh total cacat produk sebanyak 1.935 unit dari keseluruhan produksi selama periode pengamatan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun tingkat cacat relatif tinggi dibandingkan total produksi, jumlah absolut produk cacat tetap signifikan sehingga memerlukan evaluasi terhadap stabilitas proses produksi.

Variasi kualitas produk yang muncul selama proses produksi menunjukkan bahwa terdapat beberapa tahapan kritis yang berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian produk terhadap standar mutu yang telah ditetapkan perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis statistik untuk mengidentifikasi pola variasi serta menentukan prioritas perbaikan kualitas. Berdasarkan alat bantu pencatatan awal menggunakan *check sheet* dapat diidentifikasi kerusakan produk yang terjadi pada produksi bolen di PT. XYZ. Data kerusakan hasil produksi berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

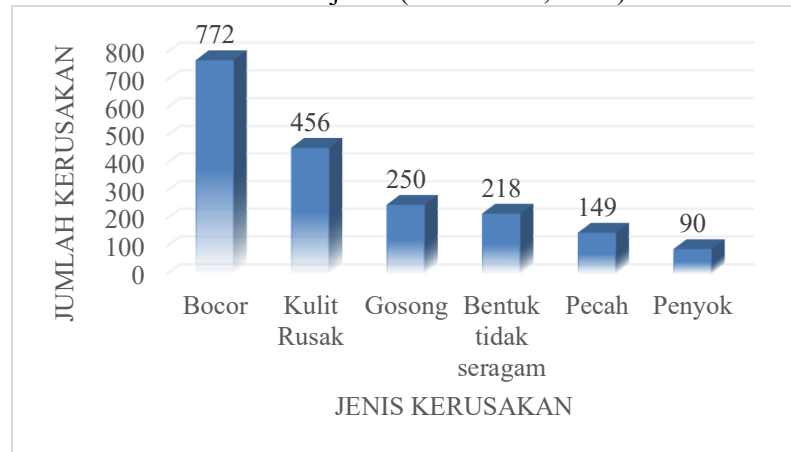
Tabel 2. Jenis dan Jumlah kerusakan produk bolen di PT. XYZ

No	Jenis kerusakan/ cacat	Jumlah Kerusakan/Cacat (bh)	Jumlah Kerusakan/Cacat (%)
1	Bocor	772	39,89
2	Kulit Rusak	456	23,57
3	Gosong	250	12,92
4	Bentuk tidak seragam	218	11,27
5	Pecah	149	7,70
6	Penyok	90	4,7
Total		1939	100

Sumber : Analisis data primer (2025)

Hasil pencatatan awal *check sheet* dan analisis statistik menggunakan histogram dapat terlihat gambaran visual mengenai sebaran yang terjadi selama proses produksi bolen di PT. XYZ. Berdasarkan data histogram kerusakan produk pada (gambar 1) terlihat variasi enam jenis kerusakan yang terjadi di PT. XYZ. Histogram ini mampu merepresentasikan variasi proses produksi secara grafis dan sebagai alat bantu manajemen dalam mengidentifikasi trend produksi yang memerlukan

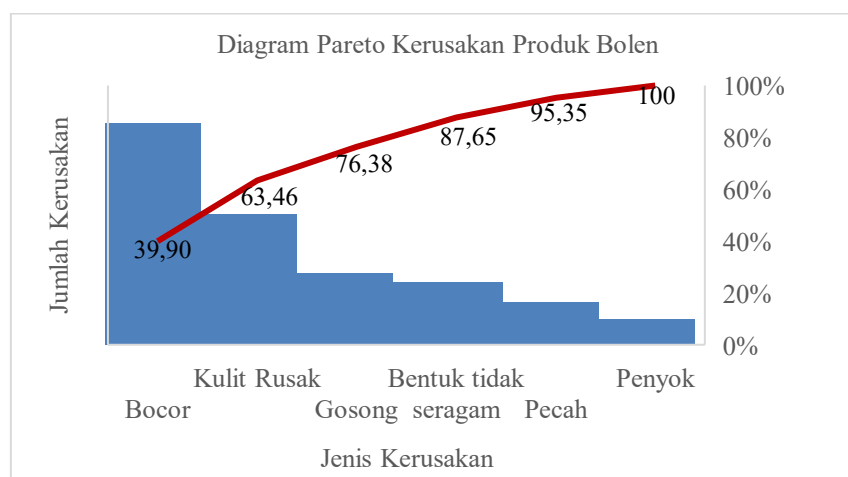
tindakan perbaikan. Fungsi ini sejalan dengan tujuan SPC untuk mengurangi variasi dengan memanfaatkan representasi visual yang intuitif. Dengan melihat bentuk distribusi data tersebut mampu menunjukkan bahwa visualisasi distribusi melalui histogram memfasilitasi deteksi anomali sebagai bagian dari evaluasi kualitas berkelanjutan (Smith et al., 2014).



Gambar 1. Jumlah dan jenis kerusakan produk bolen di PT. XYZ

Berdasarkan data histogram dapat dilihat bahwa terdapat 6 area yang perlu dikendalikan. Area dengan variabilitas tertinggi terdapat pada kerusakan akibat produk yang bocor sebanyak 772 kerusakan, kulit bolen yang rusak sebanyak 456 kerusakan serta produk gosong sebanyak 250 kerusakan. Melalui data histogram ini mengidentifikasi area dengan variabilitas tinggi yang perlu dikendalikan melalui perubahan proses atau formulasi (Smith et al., 2014).

Diagram pareto digunakan untuk mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya sehingga ditemukan masalah utama atau yang diprioritaskan (skala prioritas). Dengan menggunakan diagram ini, perusahaan dapat memfokuskan upaya perbaikan pada faktor-faktor yang memberikan dampak terbesar terhadap cacat produk atau kegagalan proses. Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan dalam proses produksi bolen. Prinsip Pareto menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan kualitas biasanya disebabkan oleh sejumlah kecil faktor utama.



Gambar 2. Diagram Pareto kerusakan produk bolen

Hasil analisis pareto (gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat enam jenis cacat utama pada produksi bolen, yaitu bocor, kulit rusak, gosong, bentuk tidak seragam, pecah, dan penyok. Distribusi jumlah cacat menunjukkan bahwa cacat bolen bocor merupakan jenis cacat yang paling dominan dengan kontribusi sekitar 39,90% dari total cacat yang terjadi. Jenis cacat kedua adalah kulit rusak atau retak dengan kontribusi sekitar 23,6%, diikuti oleh cacat gosong sekitar 12,9%.

Secara kumulatif, ketiga jenis cacat tersebut menyumbang lebih dari 75% dari total cacat yang terjadi selama periode penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar masalah kualitas

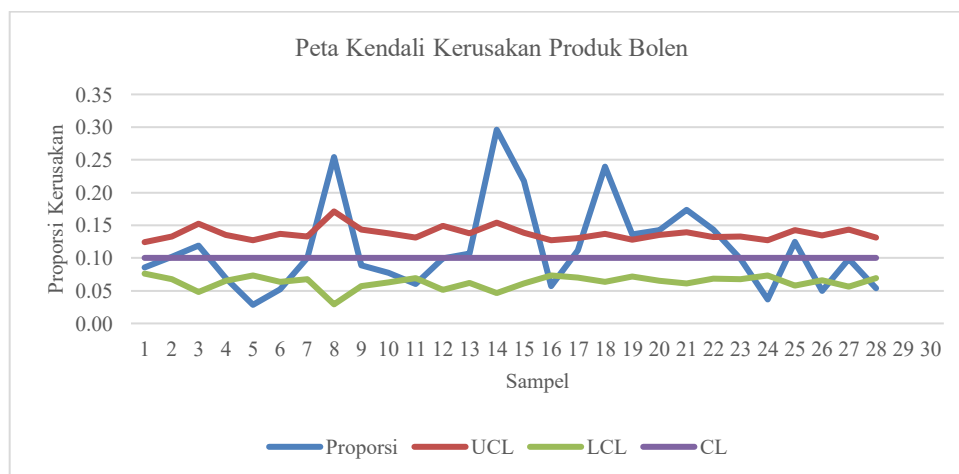
pada produksi bolen disebabkan oleh tiga jenis cacat utama tersebut. Dengan demikian, upaya perbaikan kualitas sebaiknya difokuskan pada pengendalian faktor-faktor yang menyebabkan cacat bocor, kulit rusak, dan gosong. Dominasi cacat bocor menunjukkan adanya ketidakkonsistenan pada proses pengisian dan pelipatan adonan. Sementara itu, cacat kulit rusak berkaitan dengan ketidaktepatan teknik penggilasan adonan atau ketebalan kulit yang tidak seragam. Cacat gosong lebih banyak dipengaruhi oleh ketidaktepatan pengaturan suhu dan waktu pemanggangan pada oven.

Hasil ini mengkonfirmasi prinsip Pareto (80/20), di mana sebagian kecil jenis cacat memberikan kontribusi dominan terhadap total kerusakan produk. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem produksi belum mampu mengendalikan variasi kritis secara konsisten, khususnya pada proses pengisian, pelipatan, dan pemanggangan. Analisis pareto memberikan dasar bagi perusahaan untuk menentukan prioritas perbaikan kualitas secara lebih efektif sehingga sumber daya yang tersedia dapat difokuskan pada faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan kualitas produk (Rachmasari et al., 2024). Pareto memanfaatkan prinsip 80/20 untuk menyoroti sebagian kecil penyebab yang bertanggung jawab atas sebagian besar cacat, memfasilitasi prioritas tindakan perbaikan (kaizen) dan alokasi sumber daya yang efisien (Mohammadrosyidi, 2023).

Analisis stabilitas proses menggunakan peta kendali (*p-chart*) produk bolen

Peta kendali proporsi cacat (*p-chart*) digunakan untuk mengevaluasi stabilitas proses produksi bolen. Peta kendali ini menunjukkan apakah variasi yang terjadi pada proses produksi masih berada dalam batas kendali statistik atau tidak. Proses didefinisikan terkendali apabila proporsi kerusakan berada dalam batas kendali, yaitu antara *Upper Control limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL). Apabila terdapat kondisi titik yang berada diluar batas kendali tersebut, maka dapat dikategorikan bahwa proses produksi dalam kondisi diluar kontrol, sehingga diperlukan tindakan lanjut untuk proses perbaikan.

Berdasarkan hasil perhitungan batas kendali diperoleh nilai rata-rata proporsi cacat ($\bar{p}$) sebesar 0,1001. Nilai ini menunjukkan bahwa rata-rata sekitar 10% produk yang dihasilkan mengalami cacat selama periode pengamatan.



Gambar 3. Peta kendali kerusakan produk Bolen

Batas kendali atas (UCL) bernilai 0.137 dan batas kendali bawah (LCL) bernilai 0,06 dihitung menggunakan pendekatan tiga standar deviasi. Hasil pengamatan (gambar 3) menunjukkan bahwa sebagian besar titik data berada dalam batas kendali statistik. Namun belum sepenuhnya stabil karena masih terdapat titik data yang melewati batas kendali (UCL) seperti pada titik ke 8, dan 14, yang menunjukkan proporsi kerusakan diatas 25%. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi belum berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Keberadaan titik di luar batas kendali menunjukkan adanya *assignable causes* yang bersifat tidak acak, sehingga variasi yang terjadi bukan hanya disebabkan oleh faktor alami (*common cause*), tetapi juga oleh faktor spesifik yang memerlukan tindakan korektif. Sedangkan untuk titik yang berada dibawah LCL mencerminkan kondisi optimal yang belum terjadi secara konsisten. Namun demikian, terdapat beberapa titik pengamatan yang mendekati batas kendali atas. Kondisi tersebut menunjukkan adanya potensi

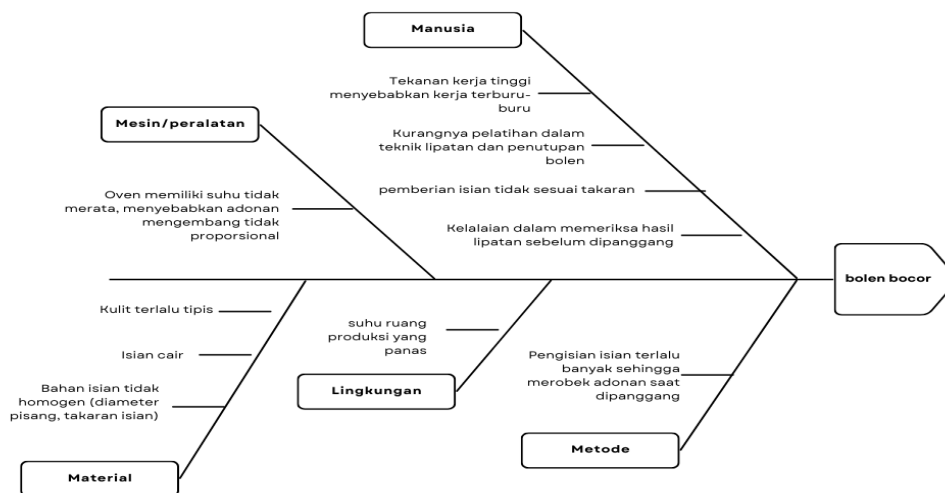
variasi proses yang dapat meningkatkan jumlah produk cacat apabila tidak segera dilakukan tindakan perbaikan.

Variasi tersebut kemungkinan disebabkan oleh ketidakkonsistenan dalam pengaturan suhu oven, variasi teknik pelipatan adonan oleh operator, serta perbedaan konsistensi bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Oleh karena itu, pemantauan proses produksi secara berkelanjutan menggunakan peta kendali sangat penting untuk memastikan stabilitas proses produksi tetap terjaga. Dimana *chart* kontrol dapat menggabungkan target kualitas dengan kapabilitas proses, sehingga relevan untuk pemantauan berkelanjutan di lini produksi (Kuo & Chuang, 2023). Dalam konteks industri pangan, penerapan peta kendali membantu menjaga stabilitas mutu produk dengan memantau variabel proses yang dapat diukur secara berkelanjutan, seperti ketebalan laminasi, kelembapan crumb, waktu pemanggangan, dan parameter mutu lainnya (Ayubi et al., 2024; Smith et al., 2014).

Analisis penyebab kerusakan produk bolen

Untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat produk, dilakukan analisis menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*). Analisis ini mengelompokkan faktor penyebab berdasarkan lima kategori utama, yaitu manusia (*man*), metode (*method*), mesin (*machine*), material, dan lingkungan (*environment*). *Fishbone* diagram mampu memetakan hubungan sebab akibat secara sistematis, sehingga tim bisa menelusuri sumber masalah dari faktor-faktor penyebab paling mendasar hingga dampaknya pada mutu produk (Safitri & Khairi, 2022). Hal ini terutama berguna untuk masalah mutu pada lini produksi *pastry* seperti laminasi bolen, pemanggangan, atau penyimpanan yang dipengaruhi oleh banyak variabel operasional.

Pertama kerusakan yang disebabkan oleh produk bocor. Produk bocor merupakan jenis kerusakan yang tertinggi dari kerusakan produk yang terjadi di perusahaan ini yaitu sebanyak 772 buah kerusakan atau mencapai 39,9% dari total kerusakan. Tingginya kerusakan yang terjadi akibat produk bolen yang bocor ini mengindikasikan perlu prioritas pengendalian dan perbaikan pada factor penyebab kerusakan ini. Bolen bocor adalah kondisi di mana isian seperti pisang, cokelat, atau keju keluar atau merembes dari lapisan kulit *pastry*, baik saat proses pemanggangan maupun setelah produk matang. *Fishbone chart* berikut digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama dari kerusakan bolen bocor

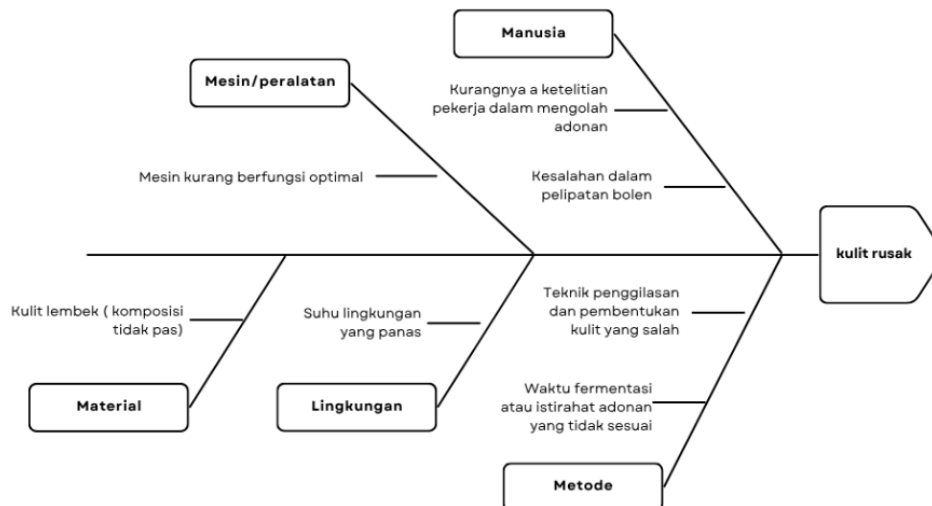


Gambar 4. *Fishbone chart* produk bolen bocor

Bolen bocor disebabkan sambungan kulit tidak rapat serta konsistensi isian yang terlalu cair. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam penerapan metode kerja dan keterampilan operator, yang berdampak langsung terhadap kualitas produk akhir. Bolen bocor pada produksi di PT. XYZ disebabkan oleh kombinasi faktor manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Faktor manusia muncul dari tergesanya dalam bekerja, teknik pelipatan yang tidak rapat, serta kelalaian dalam *quality control*. Dari sisi metode, ketidaksesuaian takaran isian dan variasi teknik antar pekerja menimbulkan inkonsistensi. Faktor mesin berupa oven dengan distribusi panas

tidak merata turut memperbesar risiko kebocoran. Sementara itu, material yang tidak sesuai, seperti kulit terlalu tipis atau isian terlalu cair, melemahkan daya tahan adonan. Faktor lingkungan berupa suhu ruang produksi yang tinggi mempercepat pengeringan adonan sehingga elastisitas berkurang dan lipatan mudah sobek.

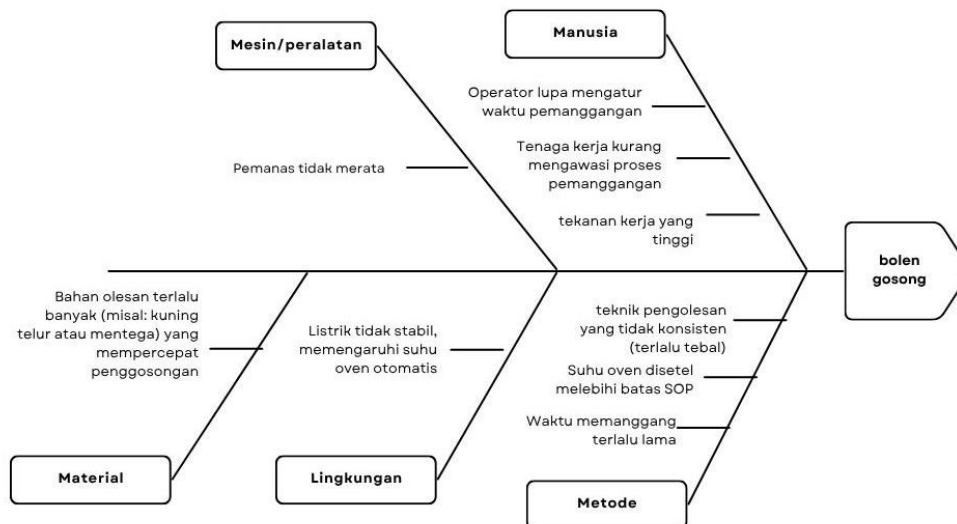
Penyebab kerusakan kedua adalah kulit bolen rusak. Kulit rusak merupakan jenis kerusakan yang paling mendasar yang sangat mempengaruhi kualitas produk bolen. Berdasarkan hasil penelitian kulit bolen rusak merupakan jenis kerusakan tertinggi kedua yaitu sebanyak 456 kerusakan atau sebesar 23,6% dari total kerusakan produk yang terjadi. Kerusakan pada kulit tidak hanya mempengaruhi kualitas produk secara estetika atau penampilan namun juga mempengaruhi persepsi konsumen terhadap mutu produk secara keseluruhan. *Fishbone chart* berikut digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama dari kerusakan kulit bolen,



Gambar 5. Fishbone chart Kulit bolen rusak

Kulit bolen yang rusak seperti robek, ketebalan tidak merata, penyok, kering mempengaruhi kualitas hasil pada proses pembuatan bolen. Kulit rusak terjadi akibat penggilasan yang tidak merata atau adonan terlalu lembek. Kerusakan kulit bolen di PT. XYZ dipengaruhi oleh faktor manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Dari sisi manusia, kelalaian dalam menarik air, Teknik pelipatan yang terburu-buru, serta penggilasan yang tidak hati-hati membuat adonan lembek, tidak elastis, dan mudah robek. Dari aspek metode, kesalahan dalam teknik penggilasan dan ketidaktepatan waktu fermentasi atau istirahat adonan menimbulkan ketebalan kulit yang tidak merata, sehingga struktur dan tekstur bolen terganggu. Faktor mesin berupa *dough sheeter* yang tidak berfungsi optimal turut menyebabkan adonan tidak tergilas dengan baik. Material yang tidak sesuai takaran, misalnya kelebihan air atau kekurangan lemak, membuat adonan terlalu lembek atau keras sehingga kulit kehilangan elastisitas. Sementara itu, faktor lingkungan berupa suhu ruang yang tinggi dan penggunaan kipas angin mempercepat pelelehan lemak dan pengeringan adonan, yang pada akhirnya menurunkan kualitas kulit. Temuan ini menegaskan bahwa ketidakstabilan dalam proses dan kondisi produksi berkontribusi langsung terhadap penurunan mutu kulit bolen.

Penyebab kerusakan ketiga adalah gosong. Produk bolen yang gosong selama pengamatan berjumlah sebanyak 250 kasus kerusakan atau sebesar 12,9% dari total kerusakan. Bolen gosong adalah kondisi di mana produk mengalami tingkat pemanggangan yang berlebihan sehingga permukaan luar atau seluruh bagian bolen menjadi berwarna coklat gelap, hangus, atau terbakar. Kerusakan akibat gosong ini merusak tampilan produk secara umumnya dan juga merusak kualitas organoleptik produk. *Fishbone chart* berikut digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama dari kerusakan produk gosong.



Gambar 6. Fishbone chart bolen gosong

Kerusakan berupa bolen gosong terutama disebabkan oleh faktor manusia, yaitu kelalaian tenaga kerja dalam mengatur waktu dan kurangnya pengawasan saat proses pemanggangan sehingga produk terlambat dikeluarkan dari oven. Dari sisi metode, kesalahan penyetalan suhu yang melebihi standar serta durasi pemanggangan yang terlalu lama mempercepat penghitaman lapisan luar sebelum bagian dalam matang sempurna, ditambah pengolesan yang tidak konsisten. Faktor mesin juga berpengaruh, di mana distribusi panas oven yang tidak merata dan sisa bahan pangangan yang menempel pada alas oven memicu gosong lokal. Material berupa olesan berlebih mempercepat karamelisasi hingga menyebabkan permukaan atau bagian bawah gosong. Selain itu, faktor lingkungan berupa listrik yang tidak stabil membuat suhu oven melonjak dan tidak terkendali. Temuan ini menunjukkan bahwa bolen gosong merupakan konsekuensi dari kombinasi kesalahan manusia, metode, peralatan, material, dan kondisi lingkungan produksi yang tidak stabil, bolen gosong muncul akibat suhu pemanggangan yang tidak sesuai

Usulan Tindakan Perbaikan Kerusakan Produk

Fishbone chart menunjukkan bahwa kerusakan kualitas produk pada industri pangan tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh interaksi berbagai faktor produksi. Oleh karena itu, upaya peningkatan kualitas perlu dilakukan secara terintegrasi dengan memperhatikan aspek manusia, metode kerja, mesin produksi, bahan baku, serta lingkungan produksi. Usulan perbaikan disusun berdasarkan hasil wawancara dengan pengendali kualitas, observasi lapangan, dan standar produksi yang berlaku dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Usulan tindakan perbaikan kerusakan produk bolen di PT XYZ

Jenis kerusakan	Faktor yang diamati	Permasalahan yang terjadi	Usulan Tindakan perbaikan
Produk Bocor	Manusia	Keterampilan tenaga kerja tidak seragam Tidak ada tenaga inspektur Tenaga kerja tidak teliti dan fokus Tenaga kerja belum disiplin dengan SOP produksi	Pelatihan teknik pelipatan bolen Pelatihan standar pengisian produk Pengawasan proses produksi secara berkala Rotasi kerja untuk mengurangi kelelahan pekerja
	Material	Kualitas bahan isian kurang baik	Standarisasi formulasi adonan Penggunaan bahan baku dengan kualitas seragam Pengaturan konsistensi isian bolen Pengawasan kualitas bahan sebelum produksi
	Metode	Teknik pelipatan belum terstandar Takaran isian yang tidak tepat	Penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pada setiap tahapan produksi

		Variasi ketebalan kulit yang tidak sesuai SOP	Penetapan standar berat dan ukuran adonan Penetapan standar jumlah isian Penetapan standar waktu dan suhu pemanggangan
	Mesin /peralatan	Kondisi Mesin Pemanggang tidak optimal	Perawatan rutin peralatan produksi
	Lingkungan	Suhu ruangan merusak kualitas adonan kulit\	Peningkatan sistem ventilasi Penataan ulang ruang produksi agar lebih ergonomis
Kulit Rusak	Manusia	Kurangnya keterampilan tenaga kerja Kurangnya ketelitian dan fokus tenaga kerja Tenaga kerja tidak menjalankan SOP secara disiplin Kurangnya pengawasan oleh operator produksi	Pelatihan teknik pelipatan dan pengilasan adonan bolen Pengawasan proses produksi secara berkala Rotasi kerja untuk mengurangi kelelahan pekerja
	Material	Kualitas bahan kulit yang tidak baik Kualitas bahan baku bervariasi	Standarisasi formulasi adonan Penggunaan bahan baku dengan kualitas seragam Pengawasan kualitas bahan sebelum produksi
	Metode	Metode produksi belum diterapkan secara disiplin Teknik pengilasan dan pelipatan kulit tidak tepat Waktu fermentasi dan <i>proofing</i> adonan tidak sesuai standar Formulasi adonan tidak terstandar	Penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pada setiap tahapan produksi Penetapan standar formulasi, berat dan ukuran adonan Penetapan standar waktu dan suhu fermentasi dan <i>proofing</i> adonan
	Mesin /peralatan	Kondisi Mesin produksi tidak optimal	Perawatan rutin peralatan produksi
	Lingkungan	Suhu ruangan merusak kualitas adonan kulit	Peningkatan sistem ventilasi Penataan ulang ruang produksi agar lebih ergonomis
Produk Gosong	Manusia	Kurangnya keterampilan tenaga kerja pemangangan Kurangnya ketelitian tenaga kerja Tenaga kerja tidak menjalankan SOP secara disiplin Kurangnya pengawasan oleh operator produksi	Pelatihan teknik pemangangan dan penggunaan oven Pengawasan proses produksi secara berkala Rotasi kerja untuk mengurangi kelelahan pekerja
	Material	Kualitas bahan kulit yang tidak baik	Standarisasi formulasi adonan Penggunaan bahan baku dengan kualitas seragam Pengawasan kualitas bahan sebelum produksi
	Metode	waktu pemangangan bolen tidak sesuai standar Suhu oven tidak terstandar Penggunaan bahan olesan yang tidak terstandar	Penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pada setiap tahapan produksi Penetapan standar waktu dan suhu pemanggangan
	Mesin /peralatan	Distribusi panas oven yang tidak merata Peralatan yang kurang bersih dari sisa pemangangan	Kalibrasi oven secara berkala Penggunaan oven dengan kontrol suhu yang lebih stabil Pemeriksaan distribusi panas oven
	Lingkungan	Listrik yang tidak stabil	Penggunaan stabilizer listrik untuk menjaga kestabilan oven

Sumber : Analisis data primer, 2025

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa perbaikan kualitas perlu dilakukan secara terintegrasi dengan memperhatikan aspek manusia, metode kerja, mesin produksi, bahan baku, serta lingkungan produksi. Faktor manusia sering menjadi penyebab utama cacat produk, terutama terkait dengan keterampilan operator, ketelitian dalam proses produksi, serta tingkat pengawasan produksi.

Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan penyebab dominan terjadinya kerusakan kualitas produk pangan. Kesalahan operator sering terjadi pada tahapan produksi yang membutuhkan ketelitian tinggi seperti penimbangan bahan, pelipatan adonan, pengisian produk, dan proses pemanggangan. Beberapa penelitian seperti (Anggraeni et al., 2020), (Lestari & Widajanti, 2024), serta (Farida & Mardiana, 2023) menunjukkan bahwa kurangnya keterampilan operator dan ketidakkonsistenan dalam mengikuti prosedur produksi menyebabkan variasi produk yang signifikan. Selain itu, faktor kelelahan kerja dan kurangnya pengawasan juga dapat meningkatkan kemungkinan kesalahan selama proses produksi. Penelitian lain pada industri makanan ringan menunjukkan bahwa pelatihan tenaga kerja dan peningkatan pengawasan produksi dapat menurunkan tingkat cacat produk secara signifikan (Permana et al., 2022)

Metode kerja yang tidak standar juga menjadi penyebab utama variasi kualitas produk. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tidak adanya *Standar Operasional Prosedur* (SOP) yang jelas pada setiap tahapan produksi menyebabkan proses produksi dilakukan secara berbeda oleh setiap operator. Penelitian terkait kerusakan produk menunjukkan bahwa ketidakkonsistenan metode produksi seperti variasi ukuran adonan, formulasi bahan yang tidak standar, serta perbedaan waktu pemanggangan dapat menyebabkan ketidaksesuaian kualitas produk. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa penyebab utama ketidaksesuaian mutu terkait dengan takaran isi/adonan yang tidak seragam. Beberapa data penelitian mengungkap bahwa faktor metode, termasuk teknik pembentukan adonan dan penimbangan bahan yang tidak akurat, berkontribusi pada variasi ukuran serta tingkat cacat produk (Dewi et al., 2023)). Penelitian lain juga menekankan bahwa takaran bahan yang tidak akurat serta kurang teliti dalam pengisian isi berkontribusi pada ketidakteraturan ukuran adonan dan isi, sehingga memperbesar probabilitas cacat produk (Ningsih et al., 2015)(Dewi et al., 2023).

Peralatan produksi memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas proses produksi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kondisi mesin yang tidak optimal dapat menyebabkan variasi kualitas produk. Penelitian oleh (Astiana et al., 2024) menunjukkan bahwa oven dengan distribusi panas yang tidak merata dapat menyebabkan produk mengalami gosong atau tidak matang secara merata. Selain itu, kurangnya perawatan mesin dan kalibrasi peralatan produksi juga dapat menyebabkan ketidakkonsistenan hasil produksi (Ramadhani et al., 2024).

Kualitas bahan baku merupakan faktor penting yang mempengaruhi hasil akhir produk pangan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa variasi kualitas bahan baku dapat menyebabkan ketidakkonsistenan produk. Penelitian oleh Safitri & Khairi (2022), Riptanti dan Walujo (2025) menunjukkan bahwa kandungan air bahan baku yang tidak stabil dapat mempengaruhi tekstur produk akhir. Selain itu, kualitas bahan tambahan seperti margarin, gula, dan tepung juga mempengaruhi struktur produk *bakery*. (Utomo et al, 2020) juga menemukan bahwa bahan baku dengan kualitas tidak seragam dapat menyebabkan produk mudah rusak selama proses produksi.

Lingkungan produksi juga berpengaruh terhadap kualitas produk pangan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kondisi lingkungan seperti suhu ruang produksi, kelembaban udara, serta ventilasi ruangan dapat mempengaruhi proses produksi. Penelitian oleh (Farida & Mardiana, 2023) menunjukkan bahwa suhu ruangan yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi konsistensi adonan dan menyebabkan produk mudah rusak.

Berdasarkan uraian diatas maka upaya pengendalian kualitas dapat dilakukan melalui perbaikan terhadap faktor penyebab utama kerusakan. Tindakan perbaikan harus mengikuti analisis akar penyebab dan dilakukan secara berkelanjutan untuk menjaga proses tetap berada dalam kontrol (Widodo et al., 2023). Dewi et al., (2023) menunjukkan melalui penerapan DMAIC (*Six Sigma*) dan analisis FMEA mengidentifikasi manusia, metode, bahan baku, dan mesin sebagai faktor-faktor utama penyebab cacat, dengan rekomendasi perbaikan termasuk SOP yang lebih ketat, penimbangan bahan yang lebih akurat, dan penggunaan alat ukur yang tepat di meja produksi. Dengan demikian dapat terlihat bahwa pentingnya pengendalian kualitas berbasis data (SQC/SPC) untuk mengidentifikasi *out-of-control points*, mengurangi penyimpangan, dan menjaga lini produksi tetap terkendali. Widodo et al., (2023) juga menunjukkan bahwa grafik kendali p (p-chart) dan identifikasi titik di luar kendala memandu tindakan perbaikan untuk menormalkan proses. Permana et al. juga menekankan penggunaan peta kendali, diagram tulang ikan, dan SQC/SPC untuk mengurangi cacat produksi (Permana et al., 2022).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa cacat dominan pada produksi bolen adalah bocor (39,9%), kulit rusak (23,6%), dan gosong (12,9%), yang secara kumulatif menyumbang lebih dari 75% total cacat. Analisis p-chart menunjukkan bahwa proses produksi belum sepenuhnya terkendali secara statistik, ditandai dengan adanya titik di luar batas kendali. Faktor utama penyebab cacat berasal dari manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Oleh karena itu, perbaikan kualitas perlu difokuskan pada standarisasi SOP, peningkatan keterampilan tenaga kerja, serta pengendalian proses produksi secara berkelanjutan berbasis data. Secara teoritis, hasil penelitian ini memperkuat literatur mengenai penerapan SQC pada industri pangan dengan menunjukkan bahwa pendekatan pengendalian kualitas berbasis data mampu mengidentifikasi sumber variasi proses secara sistematis dan memberikan dasar pengambilan keputusan dalam peningkatan kualitas produksi. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena analisis hanya dilakukan pada satu jenis produk dan dalam periode pengamatan yang relatif terbatas, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi produksi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan analisis kapabilitas proses, atau metode Six Sigma serta menggunakan periode data produksi yang lebih panjang agar diperoleh model pengendalian kualitas yang lebih komprehensif pada PT XYZ.

Daftar Pustaka

- Alinka, L. R. (2023). Analisis Kapabilitas Proses Produksi Kecap Manis Dengan Metode Statistical Process Control (Studi Kasus: Pt Xyz). *Industrial Engineering Online Journal*, 12(4).
- Anggraeni, A., Fadrijani, F., & Darmawan, D. R. (2020). Analisis Statistical Quality Control (SQC) Pada Industri Rumah Tangga Masyitah Bakery. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik Indonesia*, 7(1), 88–101. <https://doi.org/10.24815/ekapi.v7i1.20736>
- Astiana, I., Cesrany, M., & Gunawan, R. H. (2024). Pengendalian Cacat Fisik Ikan Sarden Kaleng Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Ika Astiana , Mahaldika Cesrany *, Rosa Hendri Gunawan Physical Defect Control in Canned Sardine Fish Using Statistical Quality Control (SQC) Method Bahan. *Jhpi*, 27(4), 337–350.
- Ayubi, A. H. Al, Ahmad, & Gozali, L. (2024). Perancangan Visual Control Chart Untuk Meningkatkan Efisiensi Kinerja Kerja Dalam Proses Produksi Harian Perusahaan Sparepart Otomotif. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 3(2), 162–170. <https://doi.org/10.24912/jmti.v3i2.32011>
- Azis, D., & Vikaliana, R. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Pendekatan Six Sigma Dan Kaizen Sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk. *Jurnal Intent: Jurnal Industri Dan Teknologi Terpadu*, 6(1), 37–53. <https://doi.org/10.47080/intent.v6i1.2596>
- Dewi, I. A. P. P., Sedana Yoga, I. W. G., & Suryawan Wiranatha, A. A. P. A. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Pada Produk Roti di PT. Bapak Bakery. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(1), 80. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2023.v11.i01.p08>
- Farida, I., & Mardiana, N. (2023). Implementasi Metode Statistical Quality Control Pada Proses Pengendalian Kualitas Hasil Produksi. *Techno-socio Ekonomika*, 16(1), 50–62. <https://doi.org/10.32897/techno.2023.16.1.1415>
- Goryńska-Goldmann, E., Gazdecki, M., & Rejman, K. (2021). Benefits and Limitations of Methods of Measuring Food Losses and Their Economic and Non-Economic Significance – The Case of Bakery and Confectionery Industry. *Environmental Protection and Natural Resources*, 32(3), 20–28. <https://doi.org/10.2478/oszn-2021-0011>
- Haq, A, Syarifuddin Nasution, & Matri Yanti Hasugian. (2024). Implementasi Plan Do Check Action Pada Produk Crude Palm Oil. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 3(2), 70–81. <https://doi.org/10.56127/juit.v3i2.1433>
- Heizer, J. . R. B. . & M. C. (2019). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management (13th ed.)*. (13th ed.). Pearson Education.
- Kuo, T.-I., & Chuang, T.-L. (2023). Process Capability Control Charts for Monitoring Process Accuracy and Precision. *Axioms*, 12(9), 857. <https://doi.org/10.3390/axioms12090857>
- Lestari, A. D., & Widajanti, E. (2024). Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Statistical Quality Control untuk Mengurangi Produk Rusak pada UMKM Gethuk Anyar di Ngawi. *Jurnal*

- Rimba : Riset Ilmu Manajemen Bisnis Dan Akuntansi*, 2(3), 328–355.
<https://doi.org/10.61132/rimba.v2i3.1164>
- Mohammadrosyidi, M. R. R. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Roti Dengan Metode Statistical Quality Control di IRT. Jauharoh. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), 61–70.
<https://doi.org/10.55616/jitu.v4i1.434>
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.).
- Ningsih, I. K., Surawan, F. E. D., & Efendi, Z. (2015). Physical Quality Analysis Of ‘Roti Manis’ At Barokah Bakery In Lahat. *Jurnal Agroindustri*, 5(1), 20–35.
<https://doi.org/10.31186/j.agroind.5.1.20-35>
- Novitasari, D., & Atqiya, F. R. (2023). Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) untuk Meminimumkan Bibit Kelapa Kopyor Gagal pada CV Jayo Agro Biotechnology. *Jurnal Agroindustri Terapan Indonesia*, 1(1), 22–31.
<https://doi.org/10.31962/jati.v1i1.125>
- Permana, S. D., Wiyono, S. N., Syamsiyah, N., & Renaldi, E. (2022). Implementasi Pengendalian Kualitas (Quality Control) Pada Produksi Simping di Kabupaten Purwakarta. *JURNAL AGROINDUSTRI HALAL*, 8(2), 155–166. <https://doi.org/10.30997/jah.v8i2.5739>
- Ramadhani, M. R., Muh Widodo, E., & Rosyidi, M. I. (2024). *Borobudur Engineering Review Analisis Pengendalian Kualitas Produk UMKM dengan Metode Statistical Quality Control (SQC)*. <https://doi.org/10.31603/benr.v4i02.12692>
- Safitri, R. D., & Khairi, A. N. (2022). Quality Control of Dry Noodle Product Processing in Semarang Central Java. *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 2(1).
<https://doi.org/10.12928/jafost.v2i1.4775>
- Setia Bhakti Utomo, A., & Vitasari, P. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Produk Keripik Dengan Metode Six Sigma Guna Mengurangkan Kecacatan Pada Keripik Pisang Di UMKM Indochips Alesha Trimulya. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, 3(2).
- Smith, H. D., Megahed, F. M., Jones-Farmer, L. A., & Clark, M. (2014). Using Visual Data Mining to Enhance the Simple Tools in Statistical Process Control: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(6), 905–917. <https://doi.org/10.1002/qre.1706>
- Tjiptono, F. (2020). *Strategi Pemasaran, Prinsip Dan Penerapan*. Andi Offset.
- Wardhani, R. P., Lukman, Selvia Sarungu, & Siti Norhidayah. (2024). Teknik Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Metode Diagram Pareto Dalam mencapai Customer Satisfaction. *Jurnal Teknosains Kodepena*, 4(2), 12–17. <https://doi.org/10.54423/jtk.v4i2.58>
- Widodo, D. E., Dupri, M. D., & Sari, I. N. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Sebagai Upaya Meminimalisir Kerusakan Produk Roti Pada PT Surya Tsabat Mandiri. *Jurnal Manajemen Diversifikasi*, 3(2), 343–356. <https://doi.org/10.24127/diversifikasi.v3i2.2042>