

Pengendalian Mutu Produksi Permen Davos Lux Dengan Metode *Statistical Process Control*

Uli Kasih Angelica Tambunan^{1*}, Dina Rachmawaty^{2*},

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom Jl. D.I. Panjaitan No. 128, Purwokerto, 53147, Jawa Tengah, Indonesia

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom Jl. D.I. Panjaitan No. 128, Purwokerto, 53147, Jawa Tengah, Indonesia

* Corresponding author: ulikasih@student.telkomuniversity.ac.id, dinarr@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Slamet Langgeng Purbalingga untuk memantau, mengevaluasi, dan mengendalikan mutu produksi permen Davos Lux dengan menggunakan metode *Statistical Process Control*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis jenis dan proporsi cacat produk, menilai kestabilan proses, serta mengidentifikasi penyebab utama terjadinya cacat. Data diperoleh dari periode Juli 2025 dengan total produksi 4.801 unit dan ditemukan 918 unit cacat atau sebesar 22% dari total produksi. Analisis dilakukan dengan empat alat dari *Seven Quality Tools*, yaitu lembar periksa, diagram Pareto, peta kendali P, dan diagram sebab-akibat. Hasil penelitian menunjukkan jenis cacat dominan berupa bintik, retak, flek, rapuh, kontaminasi, dan ketebalan tidak seragam. Faktor utama penyebab cacat meliputi kinerja mesin yang kurang optimal, bahan baku yang tidak homogen, metode kerja yang tidak konsisten, kondisi lingkungan, dan keterampilan operator. Secara keseluruhan, penerapan *Statistical Process Control* terbukti membantu pemantauan mutu secara sistematis dan mendukung peningkatan kualitas produksi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, Davos Lux, SPC, Cacat

ABSTRACT

This study was conducted at PT. Slamet Langgeng Purbalingga to monitor and evaluate the quality of Davos Lux candy production using the Statistical Process Control method. The objective was to analyze defect types and proportions, assess process stability, and identify the main causes of product defects. Data were collected from July to August 2025, covering 7,524 units with 1,480 defective products, representing 20% of total production. The analysis applied four tools from the Seven Quality Tools: check sheet for defect recording, Pareto diagram for prioritizing defect types, P-chart for assessing process stability, and fishbone diagram for identifying root causes. The results indicated that the dominant defects included spots, cracks, stains, brittleness, contamination, and uneven thickness. The main contributing factors were suboptimal machine performance, non-homogeneous materials, inconsistent work methods, environmental conditions, and operator skills. Overall, the implementation of Statistical Process Control effectively supported systematic product monitoring and identification of defect sources, contributing to continuous quality improvement.

Keywords: Quality Control, Davos Lux, SPC, Defect

1. Pendahuluan

Perkembangan ekonomi dan teknologi di era industri modern menuntut sumber daya manusia yang adaptif serta memiliki kompetensi praktis di bidangnya. Salah satu upaya untuk mempersiapkan kemampuan tersebut adalah melalui kegiatan kerja praktik, yang memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan pengetahuan akademik secara langsung di dunia industri serta memahami proses kerja profesional secara nyata.

Industri makanan dan minuman merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satu produk yang telah lama dikenal masyarakat Indonesia adalah Permen Davos Lux, yang diproduksi oleh PT. Slamet Langgeng, sebuah perusahaan manufaktur yang berlokasi di Purbalingga, Jawa Tengah. Perusahaan ini telah berpengalaman dalam produksi permen tradisional dengan cita rasa mint khas yang memiliki konsumen loyal.

Dalam industri manufaktur skala besar, pengendalian mutu (*quality control*) menjadi aspek penting untuk menjaga konsistensi dan kepercayaan konsumen terhadap produk. Dalam menjaga daya saing dan kepercayaan konsumen, pengendalian mutu menjadi aspek penting dalam setiap tahap produksi, terutama karena proses dilakukan secara massal. Variasi yang tidak terkendali dalam proses produksi dapat menurunkan kualitas produk dan efisiensi perusahaan. Oleh karena itu, penerapan *Statistical Process Control* (SPC) menjadi metode yang efektif untuk memantau kestabilan proses, mendeteksi penyebab variasi, serta mencegah terjadinya cacat produksi.

Penelitian ini difokuskan pada proses produksi Permen Davos Lux di PT. Slamet Langgeng. Tujuannya adalah untuk menganalisis stabilitas proses, mengidentifikasi jenis cacat yang muncul, serta mengevaluasi efektivitas pengawasan mutu dalam meminimalkan produk cacat.

Melalui Penelitian ini, mahasiswa memperoleh pengalaman langsung mengenai penerapan konsep pengendalian mutu di industri manufaktur makanan. Kegiatan ini tidak hanya memperkuat kemampuan teknis dalam menganalisis data proses produksi, tetapi juga meningkatkan pemahaman praktis tentang pentingnya sistem pengendalian mutu yang berkelanjutan dalam menjaga konsistensi kualitas produk.

2. Tinjauan Pustaka

Mutu produk didefinisikan sebagai tingkat kesesuaian antara hasil produksi dengan spesifikasi serta kebutuhan konsumen [1]. Dalam konteks industri pangan, mutu mencakup aspek fisik seperti berat dan ukuran, karakteristik organoleptik seperti rasa dan aroma, serta aspek keamanan pangan [2]. Produk cacat adalah hasil produksi yang tidak memenuhi standar tersebut, baik akibat variasi proses, bahan baku, maupun kesalahan operator. Upaya menjaga konsistensi mutu memerlukan sistem pengendalian kualitas yang terstruktur dan terukur [3].

Pengendalian mutu (*Quality Control*) merupakan bagian penting dari sistem manajemen mutu yang bertujuan memastikan bahwa produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan [4]. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah *Statistical Process Control* (SPC), yaitu metode berbasis statistik yang digunakan untuk memantau kestabilan proses melalui peta kendali (*control chart*) [5].

SPC mampu membedakan antara variasi alami (*common cause variation*) dan variasi khusus (*special cause variation*) [6]. Dengan demikian, proses dapat dijaga agar tetap berada dalam kondisi terkendali (*in-control*), mengurangi cacat, serta meningkatkan efisiensi produksi [7].

Beberapa jenis peta kendali umum digunakan di industri pangan, antara lain peta X-R untuk data berkelompok, I-MR untuk data individual, serta peta p dan np untuk memantau proporsi cacat [8]. Untuk proses dengan jumlah cacat per unit, digunakan peta

C dan U. Pemilihan peta kendali harus mempertimbangkan karakteristik data dan kondisi proses [9].

Penelitian Shrestha [10] menunjukkan bahwa penggunaan peta kendali p pada industri pengolahan makanan mampu mendeteksi penyimpangan yang sebelumnya tidak teridentifikasi secara visual. Sementara itu, Lim dan Antony [11] menekankan pentingnya kalibrasi data dan ukuran sampel agar hasil analisis SPC lebih akurat. Selain peta kendali, analisis kapabilitas proses juga digunakan untuk mengukur kemampuan suatu sistem produksi dalam memenuhi batas spesifikasi. Parameter yang digunakan meliputi indeks Cp, Cpk, serta batas kendali (UCL, LCL) [3], [12]. Nilai $C_p < 1,33$ menunjukkan bahwa variasi proses terlalu besar dibandingkan batas spesifikasi, sehingga perlu dilakukan perbaikan [13].

Penelitian Dhiba dan Arsiwi [14] pada industri tahu skala kecil menunjukkan bahwa meskipun proses telah stabil, kapabilitasnya masih di bawah standar. Perbaikan diarahkan pada pelatihan operator dan standarisasi metode kerja agar nilai Cpk meningkat. SPC tidak berdiri sendiri, tetapi dapat diintegrasikan dengan sistem lain seperti *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) dan *Lean Manufacturing* untuk memperkuat efektivitas pengendalian mutu [8], [15]. Integrasi ini memungkinkan perusahaan mendeteksi potensi bahaya dan penyimpangan mutu sebelum terjadi kegagalan produk. Zhang dan Singh [16] menunjukkan bahwa integrasi SPC dan HACCP berbasis digital mampu meningkatkan akurasi pemantauan mutu di lini pengemasan makanan. Pendekatan ini memberikan peringatan dini terhadap penyimpangan parameter proses.

Dalam era *Industry 4.0*, penggunaan *Industrial Internet of Things* (IIoT) dan kecerdasan buatan (AI) memperluas kemampuan SPC menjadi sistem prediktif. Zatsu [13] dan Krishnan [18] menegaskan bahwa pemantauan real-time berbasis IoT dapat mengidentifikasi penyimpangan bahkan sebelum terjadi cacat fisik.

Berbagai studi menunjukkan keberhasilan penerapan SPC di sektor pangan. González Álvarez [4] dan Rique Junior [12] menemukan bahwa SPC menurunkan variasi berat permen dan meningkatkan konsistensi kualitas pada lini produksi konfeksioneri. Penelitian Wibowo [15] juga membuktikan bahwa peta kendali p dan diagram Pareto efektif dalam mengidentifikasi jenis cacat dominan serta memprioritaskan tindakan perbaikan.

Selain di industri besar, penerapan SPC juga relevan untuk industri kecil dan menengah. Alashaari [9] mengembangkan *SPC Readiness Assessment Tool* untuk menilai kesiapan UMKM pangan dalam menerapkan SPC secara menyeluruh.

Johnson dan Meyer [17] menyoroti pentingnya stabilitas proses dalam menjaga kualitas produk permen, sementara Patel dan Banerjee [19] menekankan efektivitas analisis Pareto dan p-chart untuk mengurangi tingkat cacat hingga 35%. Penelitian terbaru oleh Park dan Han [20] memperkenalkan kombinasi SPC dan *Machine Learning* untuk menganalisis data kualitas secara dinamis. Pendekatan ini memungkinkan pengendalian proses yang lebih adaptif, terutama pada industri dengan variasi bahan baku tinggi seperti makanan dan minuman.

Dalam konteks produksi Permen Davos di PT Selamat Langgeng, penerapan SPC menjadi strategi tepat untuk menjaga mutu produk secara konsisten. Penggunaan peta kendali p untuk proporsi cacat serta analisis kapabilitas proses akan membantu perusahaan meminimalkan variasi dan meningkatkan efisiensi operasional.

3. Metode Penelitian

Objek penelitian ini adalah proses produksi Permen Davos Lux di PT. Slamet Langgeng Purbalingga, khususnya pada aspek pengendalian kualitas (*Quality Control*) dengan fokus pada identifikasi dan analisis produk cacat (*defect*) serta penerapan metode

Statistical Process Control (SPC) untuk menjaga kestabilan proses produksi. Jenis cacat yang diamati meliputi permen pecah, terkontaminasi, dan tidak terbentuk sempurna. Subjek penelitian terdiri dari operator mesin, staf *Quality Control* (QC), dan supervisor produksi. Operator berperan langsung dalam proses produksi, QC bertanggung jawab atas pemeriksaan dan pencatatan mutu, sementara supervisor memastikan pelaksanaan Standard Operating Procedure (SOP) di lini produksi.

Data pada penelitian ini diperoleh melalui empat metode utama, yaitu: 1) Observasi Langsung, dengan mengamati proses produksi mulai dari penimbangan bahan baku hingga pengemasan untuk memahami alur kerja dan sumber potensi cacat. 2) Wawancara, dilakukan dengan operator, staf QC, dan supervisor untuk memperoleh informasi terkait kendala proses dan langkah perbaikan mutu. 3) Studi Pustaka, mengkaji literatur, jurnal, dan penelitian terdahulu terkait pengendalian mutu dan penerapan SPC. 4) Pengisian Check Sheet, mengumpulkan data primer jumlah dan jenis cacat harian untuk dianalisis menggunakan metode SPC.

Penelitian ini menggunakan jenis data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung dari hasil observasi, wawancara, dan pencatatan dilapangan, sedangkan data sekunder bersumber dari dokumen yang dipublikasikan dan tidak dipublikasikan. Adapun data tersebut berupa 1) Data Kualitatif, diperoleh dari observasi, wawancara, dan dokumentasi, memberikan gambaran umum tentang kondisi proses dan faktor penyebab cacat. 2) Data Kuantitatif, berupa data numerik hasil pencatatan *check sheet* mengenai jumlah dan proporsi cacat pada tiap batch produksi.

Analisis dilakukan menggunakan beberapa alat dari Seven Tools of Quality Control dalam kerangka SPC (Statistical Process Control), meliputi: 1) Check Sheet, digunakan untuk menyusun data produksi dan cacat dalam format terstruktur sebagai dasar analisis. 2) Diagram Pareto, mengidentifikasi jenis cacat dominan agar perbaikan dapat difokuskan pada masalah utama. 3) Peta Kendali P (P-Chart), menganalisis kestabilan proses produksi berdasarkan proporsi produk cacat harian. 4) Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram), menganalisis faktor penyebab utama cacat produk berdasarkan aspek *Man, Machine, Material, Method, dan Environment*.

3.1 Statistical Process Control

Dalam metode *Statistical Process Control* (SPC), pengendalian kualitas berdasarkan data atribut seperti proporsi produk cacat (*defect proportion*) dapat dianalisis menggunakan *peta kendali p* (*p-chart*).

Proporsi cacat setiap sampel dihitung menggunakan Persamaan (1)

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

di mana:

p = proporsi cacat pada sampel

d = jumlah unit cacat

n = total produksi

Menghitung garis pusat (CL) menggunakan persamaan (2)

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

di mana

\bar{p} = Rata-rata proporsi cacat keseluruhan

$\sum p$ = Total proporsi cacat

n = ukuran sampel

Menghitung Batas kendali atas (*Upper Control Limit*, UCL) dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit*, LCL) dihitung berdasarkan Persamaan (3) dan (4):

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

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

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dengan check sheet

Tabel 1. Check Sheet Total Produksi dan Total Cacat

Tanggal	Total Produksi (Unit)	Produk Realisasi	Total Defect(unit)	Persentase
1	180	122	58	32%
2	183	123	60	33%
3	190	131	59	31%
4	138	67	71	51%
7	184	141	43	23%
8	189	112	77	23%
9	184	155	29	16%
10	192	169	23	12%
11	200	158	42	21%
14	178	144	34	19%
15	168	143	25	15%
16	192	166	26	14%
17	165	126	39	24%
18	170	143	27	16%
21	190	163	27	14%
22	190	139	51	27%
23	185	166	19	10%
24	165	134	31	19%
25	164	132	32	20%
28	163	134	29	18%
29	155	134	21	14%
30	198	156	42	21%
31	158	105	53	34%
Total	4081	3163	918	22%

Sumber : data historis PT. SLAMET LANGGENG

Berdasarkan data hasil *check sheet* produksi Permen Davos Lux selama bulan Juli di PT. Slamet Langgeng, total produksi mencapai 4.081 unit, dengan jumlah produk layak (*produk realisasi*) sebanyak 3.163 unit, dan 918 unit tercatat sebagai *defect* atau produk cacat. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata tingkat cacat bulanan sebesar 22% dari total produksi. Tingkat *defect* harian bervariasi antara 10% hingga 51%, menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup signifikan pada stabilitas proses produksi. Nilai persentase cacat tertinggi terjadi pada tanggal 4 Juli dengan 51%, sedangkan persentase terendah tercatat pada tanggal 23 Juli sebesar 10%.

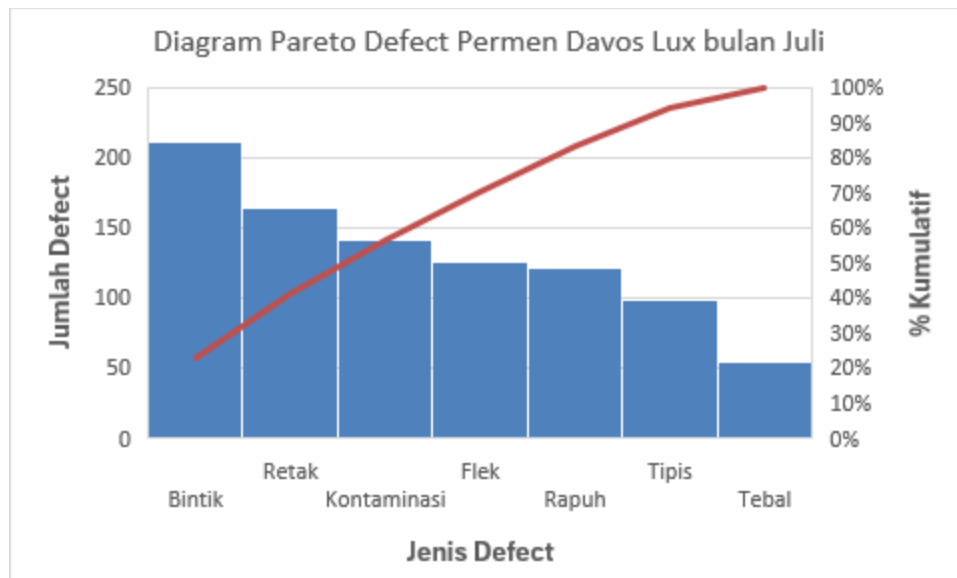
Hasil dengan diagram pareto

Tabel 2. Persentase Diagram Pareto

Jenis Defect	Jumlah Defect	Persentase Kerusakan	Persentase Kumulatif
Bintik	211	22,98%	22,98%
Retak	165	17,97%	40,96%

Jenis Defect	Jumlah Defect	Persentase Kerusakan	Persentase Kumulatif
Kontaminasi	142	15,47%	56,43%
Rapuh	121	13,18%	69,61%
Flek	126	13,73%	83,33%
Tebal	54	5,88%	89,22%
Tipis	99	10,78%	100,00%
Total	918	100%	

Sumber: data diolah, 2025



Gambar 1. Diagram Pareto PT. SLAMET LANGGENG

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan diagram Pareto, dapat diketahui bahwa jenis cacat yang paling dominan pada produk permen Davos Lux bulan Juli adalah cacat bintik, dengan persentase sebesar 22,98% dari total kerusakan yang terjadi. Jenis cacat berikutnya adalah retak sebesar 17,97%, kemudian diikuti oleh kontaminasi sebesar 15,47%, dan rapuh sebesar 13,18%. Jika digabungkan, keempat jenis cacat ini menyumbang sekitar 69,61% dari keseluruhan kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas masalah kualitas produk berasal dari hanya sebagian kecil jenis cacat yang terjadi di lini produksi.

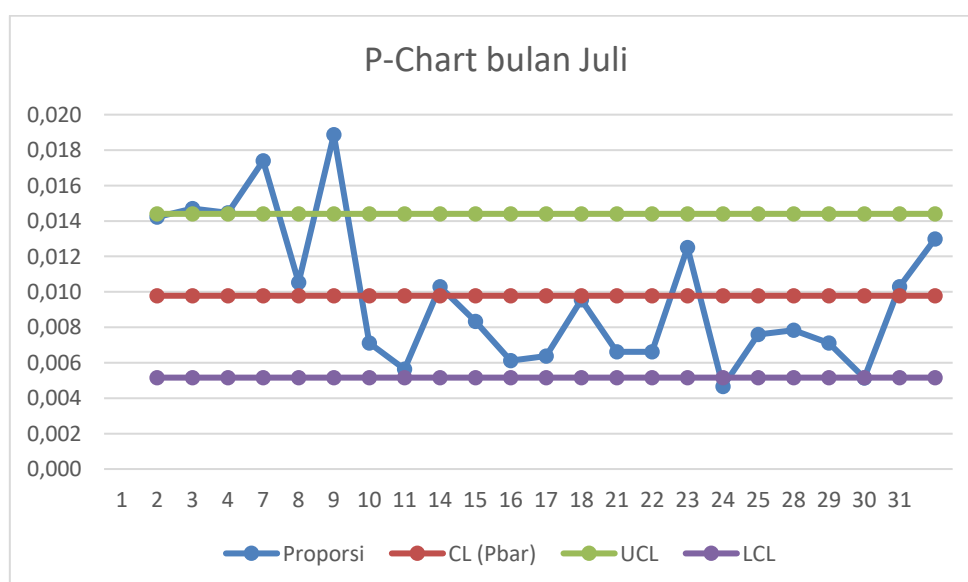
Hasil dengan P-Chart.

Tabel 3. Perhitungan Peta Kendali

Tangga 1	Total Produksi	Total Defect	Proporsi	CL (Pbar)	UCL	LCL
1	180	58	0,014	0,010	0,014	0,005
2	183	60	0,015	0,010	0,014	0,005
3	190	59	0,014	0,010	0,014	0,005
4	138	71	0,017	0,010	0,014	0,005
7	184	43	0,011	0,010	0,014	0,005
8	189	77	0,019	0,010	0,014	0,005
9	184	29	0,007	0,010	0,014	0,005
10	192	23	0,006	0,010	0,014	0,005
11	200	42	0,010	0,010	0,014	0,005
14	178	34	0,008	0,010	0,014	0,005
15	168	25	0,006	0,010	0,014	0,005

Tangga 1	Total Produksi	Total Defect	Proporsi	CL (Pbar)	UCL	LCL
16	192	26	0,006	0,010	0,014	0,005
17	165	39	0,010	0,010	0,014	0,005
18	170	27	0,007	0,010	0,014	0,005
21	190	27	0,007	0,010	0,014	0,005
22	190	51	0,012	0,010	0,014	0,005
23	185	19	0,005	0,010	0,014	0,005
24	165	31	0,008	0,010	0,014	0,005
25	164	32	0,008	0,010	0,014	0,005
28	163	29	0,007	0,010	0,014	0,005
29	155	21	0,005	0,010	0,014	0,005
30	198	42	0,010	0,010	0,014	0,005
31	158	53	0,013	0,010	0,014	0,005
Total	4081	918	0,225			

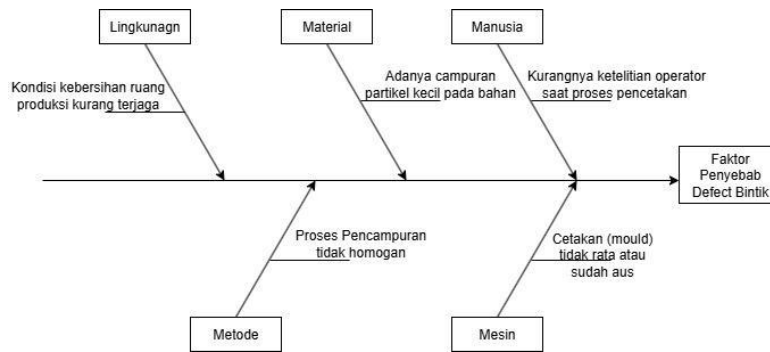
Sumber : data diolah, 2025



Gambar 2. Peta kendali Permen Davos Lux

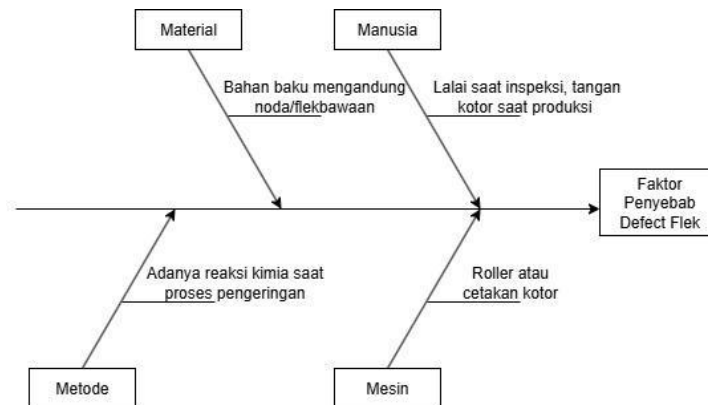
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *p-chart* untuk bulan Juli, dapat dilihat bahwa garis tengah (CL) berada pada nilai proporsi sekitar 0,010 atau 1%. Batas kendali atas (UCL) berada di kisaran 0,014, sedangkan batas kendali bawah (LCL) berada di sekitar 0,005. Hasil plotting data menunjukkan bahwa seluruh titik proporsi cacat berada di dalam batas kendali, tanpa ada data yang melewati UCL maupun LCL. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi selama bulan Juli masih berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Meskipun demikian, pada awal bulan terlihat adanya beberapa titik proporsi cacat yang mendekati batas atas, khususnya pada hari ke-4 dengan nilai p sebesar 0,017 yang melebihi UCL dengan nilai 0,014 dan ke-8 sebesar 0,019. Sementara itu, pada pertengahan hingga akhir bulan sebagian besar titik data cenderung lebih stabil dan beberapa mendekati batas bawah, seperti pada hari ke-24 dan ke-29.

Hasil dengan diagram sebab-akibat



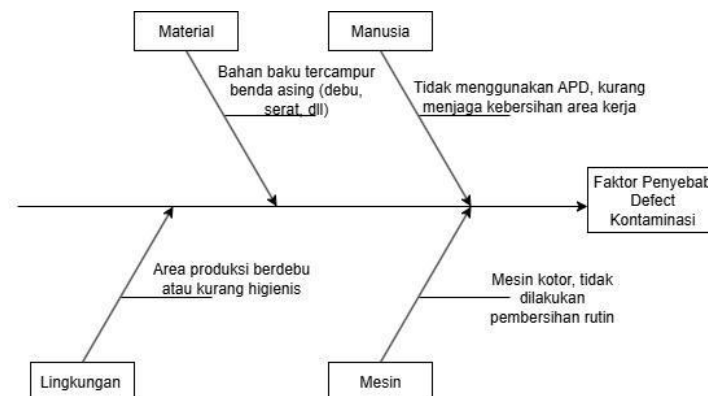
Gambar 3. Fishbone Defect bintik

Berdasarkan hasil analisis jenis *defect* bintik yang terjadi pada produk permen davos lux disebabkan oleh 5 faktor, secara keseluruhan *defect* tersebut muncul karena cetakan aus atau material tercampur partikel kecil, ditambah operator kurang teliti menjaga kebersihan proses.



Gambar 4. Fishbone Defect Flek

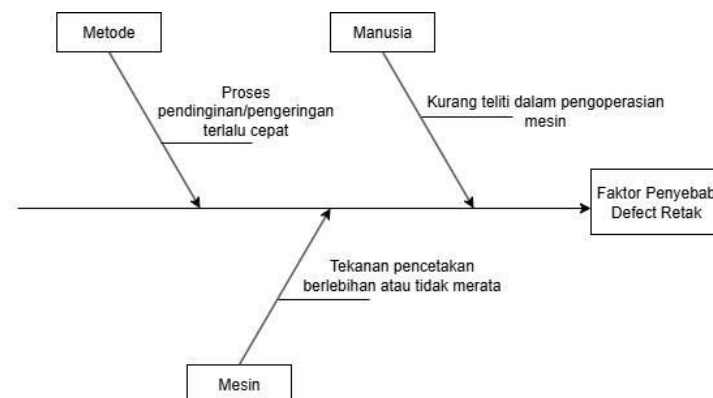
Berdasarkan hasil analisis jenis *defect* flek yang terjadi pada produk permen davos lux disebabkan oleh 4 faktor, secara keseluruhan *defect* tersebut disebabkan oleh cetakan/roller kotor dan bahan baku yang sudah mengandung noda, diperparah dengan lingkungan berdebu dan inspeksi yang kurang.



Gambar 5. Fishbone Defect Kontaminasi

Berdasarkan hasil analisis jenis *defect* kontaminasi yang terjadi pada produk permen davos lux disebabkan oleh 4 faktor, dimana dari keseluruhan faktor tersebut *defect*

kontaminasi muncul akibat bahan baku tercampur benda asing, mesin dan area produksi kotor, serta operator kurang menjaga kebersihan kerja.



Gambar 6. Fishbone Defect Retak

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja praktik yang telah dilaksanakan di PT. Slamet Langgeng Purbalingga dengan menerapkan metode *Statistical Process Control* (SPC) pada proses produksi Permen Davos Lux, hasil pengolahan data menunjukkan bahwa selama periode pengamatan, produk Permen Davos Lux masih mengalami berbagai jenis cacat, antara lain bintik, flek, kontaminasi, retak, rapuh, tebal, dan tipis. Berdasarkan analisis yang dilakukan, faktor penyebab utama dari cacat tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam lima aspek utama, yaitu mesin, material, metode, lingkungan, dan manusia, yang saling berkontribusi terhadap ketidaksesuaian mutu produk. Dalam proses analisis, penelitian ini menggunakan empat alat utama dari *Seven Tools of Quality*, yaitu *Check Sheet*, *Diagram Pareto*, *Peta Kendali* (P-Chart), dan *Diagram Sebab Akibat* (*Fishbone Diagram*). *Check Sheet* digunakan sebagai instrumen awal untuk mencatat dan mengumpulkan data cacat secara sistematis sehingga memudahkan proses identifikasi jenis dan frekuensi cacat. *Diagram Pareto* kemudian diaplikasikan untuk menentukan prioritas jenis cacat yang paling dominan dan memiliki pengaruh terbesar terhadap total ketidaksesuaian, yang dalam hal ini didominasi oleh cacat bintik dan retak. Selanjutnya, *Peta Kendali* (P-Chart) dimanfaatkan untuk menganalisis kestabilan proses produksi dengan mengamati proporsi cacat harian. Hasil analisis menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa titik data yang berada di luar batas kendali, menandakan adanya faktor penyebab khusus (*assignable causes*) yang perlu dikendalikan lebih lanjut. Terakhir, *Diagram Sebab Akibat* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab utama dari cacat yang terjadi, yang kemudian menjadi dasar dalam merumuskan rekomendasi perbaikan proses produksi secara berkelanjutan.

Sementara itu, tiga alat kualitas lainnya, yaitu *Histogram*, *Scatter Diagram*, dan *Stratifikasi*, tidak digunakan dalam penelitian ini karena data yang diperoleh bersifat atribut dan lebih relevan dianalisis melalui pendekatan proporsi cacat serta identifikasi penyebab, bukan melalui distribusi data maupun hubungan antarvariabel. Dengan demikian, penerapan metode SPC melalui empat alat utama yang digunakan telah membantu perusahaan dalam memahami kondisi mutu produk secara kuantitatif serta memberikan arah perbaikan yang lebih fokus dan terukur terhadap faktor-faktor penyebab cacat yang dominan.

Pustaka

- [1] F. Naila, *Konsep Dasar Mutu Produk dan Pengendalian Kualitas*, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2024.
- [2] D. Handayani, *Pengendalian Mutu Produk Industri Pangan*, Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [3] M. González, *Food Quality Control Systems and Statistical Approaches*, Amsterdam: Elsevier, 2022.
- [4] J. C. González Álvarez, "Implementation of Statistical Process Control in Confectionery Manufacturing," *Food Control Journal*, vol. 134, no. 3, pp. 108–116, 2021.
- [5] H. Hadiyanto and A. Sitepu, "Statistical Process Control Implementation in Food Packaging Lines," *E3S Web of Conferences*, vol. 408, no. 1066, pp. 1–9, 2023.
- [6] M. F. M. Yunus, C. A. Taib, and R. Iteng, "Statistical Process Control for Process Efficiency: A Case Study," *Sains Humanika*, vol. 8, no. 4–2, pp. 25–31, 2016.
- [7] M. Abbas, *Modern Process Control and Statistical Quality Tools in Manufacturing*, Cham: Springer, 2022.
- [8] J. L. Cabrera, O. A. Corpus, and J. C. Álvarez, "Improving Quality by Implementing Lean Manufacturing, SPC, and HACCP," *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 31, no. 4, pp. 194–207, 2020.
- [9] M. Alashaari, "Statistical Process Control Readiness Assessment in Food SMEs," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 48, no. 2, pp. 223–236, 2025.
- [10] N. Shrestha, "Application of Statistical Process Control Chart in Food Manufacturing," *International Journal of Economics, Business and Management (IJEEM)*, vol. 4, no. 5, pp. 11–18, 2020.
- [11] S. A. H. Lim and J. Antony, *Statistical Process Control for the Food Industry*, Hoboken: Wiley, 2019.
- [12] R. Rique Junior, "SPC-Based Quality Improvement in Bakery Production," *Journal of Food Engineering*, vol. 295, pp. 110–124, 2021.
- [13] A. Zatsu, "Integrating SPC with AI-Based Monitoring in Food Industry 4.0," *Food Manufacturing Review*, vol. 12, no. 1, pp. 45–59, 2024.
- [14] A. Dhiba and N. Arsiwi, "Penerapan SPC pada Industri Tahu Skala Kecil," *Jurnal Teknologi Agroindustri Indonesia*, vol. 7, no. 1, pp. 55–66, 2025.
- [15] A. T. R. Wibowo, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Peta Kendali P dan Diagram Pareto pada Industri Pangan," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 9, no. 2, pp. 133–140, 2023.
- [16] K. Zhang and P. Singh, "Digital Integration of SPC and HACCP in Food Manufacturing," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 211, pp. 108–125, 2023.
- [17] B. Johnson and C. O. Meyer, "Process Stability and Capability Analysis in Candy Production," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 59, no. 5, pp. 1153–1162, 2022.
- [18] R. V. Krishnan, "Real-Time SPC Monitoring System Using IoT for Food Quality," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 102531–102540, 2024.
- [19] G. Patel and R. S. Banerjee, "Reducing Defect Rate Using P-Chart Analysis in Sugar Confectionery," *Journal of Quality and Reliability Engineering*, vol. 2023, Article ID 553620, 2023.
- [20] L. M. Park and J. Han, "Advanced Statistical Control and Machine Learning for Food Manufacturing Processes," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 20, no. 4, pp. 5002–5015, 2024.