



Analisis Pengendalian Kualitas Produk Telur Asin menggunakan Peta Kontrol P-Chart di UMKM HTM Jaya Brebes

Nurchahya Yulian Ashar^{1*}, Humam Rosyadi², Zizka Syaikhahtun Nabilah³

¹ Departemen Matematika, FSM, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

² Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

³ Mahasiswa S1 Matematika, FSM, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

yulian@lecturer.undip.ac.id

Abstract

This study aims to analyze product quality control using the P-chart control chart method at UMKM HTM Jaya Brebes, a small business that produces salted eggs in Brebes, Central Java. A total of 20,582 eggs were observed during the production process in July 2024, with a total of 1,039 defective units. The study uses Statistical Quality Control (SQC) tools such as control limits (UCL and LCL) and quality cost analysis. The P-chart was used to monitor and evaluate the proportion of defective products, identifying several points outside the control limits, indicating a lack of process stability. Additionally, fishbone diagrams were used to analyze root causes of defects such as shell damage and freshness issues. The analysis also included quality cost optimization, showing the importance of balancing quality assurance and control costs to improve product efficiency. The findings emphasize that P-chart implementation can help small industries enhance product quality and maintain consumer satisfaction.

Keywords: Quality Control; Salted Eggs; P-Chart; Quality Cost; UMKM Brebes.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk dengan menggunakan metode peta kontrol P-Chart di UMKM Telur Asin HTM Jaya Brebes, Jawa Tengah. Selama periode Juli 2024, diamati sebanyak 20.582 butir telur dengan total kerusakan sebanyak 1.039 butir. Alat bantu Statistical Quality Control (SQC) digunakan untuk mengevaluasi stabilitas proses produksi melalui perhitungan batas kontrol atas (UCL), bawah (LCL), serta analisis biaya kualitas. Diagram peta kontrol P menunjukkan beberapa titik di luar batas kontrol, menandakan bahwa proses produksi belum stabil sepenuhnya. Selain itu, analisis diagram tulang ikan (*fishbone*) mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama kerusakan seperti kulit cangkang, kesegaran telur, waktu pengasinan, dan perebusan. Diperoleh pula perhitungan biaya kualitas aktual dan biaya kualitas optimum yang menunjukkan pentingnya keseimbangan antara biaya jaminan kualitas dan biaya pengawasan kualitas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan peta kontrol P-Chart dapat menjadi alat efektif dalam meningkatkan mutu produk dan efisiensi produksi pada skala UMKM.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas; Telur Asin; Peta Kontrol P; Biaya Kualitas; UMKM.

1. PENDAHULUAN

Industri pangan global menghadapi tekanan besar untuk menjaga konsistensi dan kualitas produk. Salah satu solusi efektif adalah penggunaan *Statistical Process Control* (SPC) seperti control chart untuk memantau variasi proses dan mendeteksi penyimpangan sebelum menjadi cacat produk. Sebuah tinjauan sistematis menunjukkan bahwa SPC membantu menurunkan tingkat cacat (Halim et al., 2017) dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi (Lim et al., 2014), meskipun resistensi terhadap perubahan dan keterbatasan pemahaman statistik menjadi hambatan utama (Lim et al., 2016).

Survei di industri pangan Inggris mengungkapkan bahwa 45% perusahaan menggunakan SPC—khususnya *X-bar* dan *R chart*—dan dukungan manajemen puncak serta pelatihan menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi (Lim & Antony, 2016). Penelitian lanjutan dari Lim & Antony, 2016 menyoroti pentingnya kesiapan organisasi (Abdallah et al., 2021) dan *self-assessment* untuk meningkatkan penyerapan SPC (Sucipto et al., 2022).

Dalam praktik, penerapan EWMA control chart terbukti unggul dalam mendeteksi perubahan kecil pada proses pengemasan pangan, dengan efektivitas deteksi yang meningkat hingga 69% dibandingkan *NP-chart* (Lim & Antony, 2016). Selain itu, penggunaan kontrol *chart* juga tampak menjanjikan dalam sektor pengolahan seperti cokelat agroindustri (Lim & Antony, 2016), di mana histogram, Pareto, dan *fishbone* diagram diaplikasikan untuk memperbaiki output produk secara konsisten (Abdallah et al., 2021; Indrasti & Diatna, 2022).

Keterbatasan data atau error pengukuran sering kali mengganggu akurasi kontrol kualitas. Untuk itu, inovasi seperti EWMA (Djaafar et al., 2020) yang dikoreksi terhadap measurement error mampu meningkatkan keandalan *p-chart* menyediakan batas kontrol yang asimetris dan lebih akurat dalam situasi sampel kecil.

Di ranah Industry 4.0, integrasi SPC dengan teknologi seperti *Digital Twins* dan IIoT membuka potensi pengendalian kualitas yang lebih adaptif dan *real-time*. Framework *Digital Twin* yang adaptif memungkinkan sistem produksi merespons perubahan secara otomatis dan lebih presisi (Qian et al., 2025). Tinjauan lain juga menunjukkan bahwa IIoT mendukung visualisasi status proses dan analitik terkini yang memperkuat efisiensi kualitas produk (Bolender et al., 2021; Kanan et al., 2023; Hamid & Krishnapillai, 2010; Suman & Prajapati, 2018).

Aspek konteks pangan tradisional seperti telur asin juga penting dikaji. Implementasi SPC di sektor ini diharapkan mampu memantau kestabilan proses pengasinan, penyebab cacat (seperti keretakan), serta mengoptimalkan biaya dan mutu produk. Kombinasi metode analisis kuantitatif dan akar masalah (zum contohnya menggunakan *fishbone* dan SPC) akan membentuk pendekatan komprehensif terhadap kualitas berbasis data.

Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi rangkaian metode SPC modern—termasuk EWMA adaptif, kontrol peta proporsi, dan analisis biaya pengendalian kualitas—untuk UMKM telur asin di Brebes. Tujuan utamanya adalah mendeteksi variasi proses, memetakan penyebab utama cacat, dan merumuskan strategi peningkatan mutu yang aplikatif dan relevan secara lokal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan jenis penelitian terapan (*applied research*), yang bertujuan untuk menganalisis kualitas proses produksi telur asin di salah satu UMKM di Kabupaten Brebes. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi nyata di lapangan secara sistematis dan kuantitatif melalui metode *Statistical Process Control* (SPC) dan analisis biaya kualitas (*Cost of Quality*). Lokasi penelitian dilakukan di UMKM Telur Asin Bu Nur, yang terletak di Desa Sawojajar, Kecamatan Wanasari, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan, yaitu pada Mei 2025, dengan pengumpulan data dilakukan secara intensif melalui observasi langsung terhadap proses produksi, pencatatan hasil harian, dan wawancara dengan pemilik usaha.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh produk telur asin yang dihasilkan selama periode penelitian. Sampel yang digunakan adalah produk harian selama 20 hari kerja, dengan rata-rata produksi sekitar 100 butir per hari, sehingga total jumlah sampel yang diamati adalah sebanyak 2.000 butir. Data yang dikumpulkan terdiri dari jumlah produk layak jual dan produk cacat, serta informasi tentang jenis-jenis cacat seperti telur pecah, retak, dan perubahan warna. Selain itu, peneliti juga mencatat berbagai informasi terkait biaya produksi yang relevan dengan kategori biaya mutu.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap jalannya proses produksi, dokumentasi hasil produksi, serta wawancara dengan pemilik usaha mengenai alur kerja, masalah mutu, dan biaya-biaya yang dikeluarkan terkait pengendalian kualitas. Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data adalah lembar pengamatan kontrol kualitas, tabel pencatatan jumlah cacat per hari, dan catatan biaya operasional. Validitas data dijaga melalui triangulasi data, yaitu dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, sedangkan reliabilitas dijamin melalui pencatatan harian secara konsisten.

Poin-poin yang diamati dalam pengumpulan data mencakup beberapa aspek penting terkait kualitas produk telur asin. Pertama, kondisi kulit cangkang telur bebek sebelum diproses diamati untuk memastikan tidak ada keretakan. Kedua, kualitas telur asin setelah pengasinan, termasuk kemungkinan adanya kerusakan cangkang. Ketiga, kesegaran telur, yang dinilai dari aroma dan rasa. Keempat, kerusakan yang muncul pada tahap perebusan, misalnya cangkang pecah akibat benturan. Selain itu, data biaya operasional juga dicatat, meliputi biaya perawatan bahan baku, pemeliharaan mesin, pengecekan produk, serta tenaga kerja.

Instrumen yang digunakan telah melalui validasi dengan melihat kesesuaian indikator yang diamati terhadap tujuan penelitian. Lembar pengamatan kontrol kualitas dipastikan mampu merekam data cacat produk secara akurat dan konsisten. Tabel pencatatan jumlah cacat per hari divalidasi melalui kesesuaian dengan standar kualitas perusahaan dan keterulangan hasil pengamatan. Catatan biaya operasional diverifikasi agar sesuai dengan realisasi pengeluaran UMKM, sehingga dapat digunakan dalam analisis biaya kualitas aktual maupun optimum. Dengan demikian, instrumen yang digunakan layak dan reliabel untuk mendukung analisis pengendalian kualitas.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu SPC dan analisis biaya kualitas. Dalam metode SPC, alat yang digunakan meliputi histogram untuk melihat distribusi cacat, diagram Pareto untuk mengidentifikasi jenis cacat

dominan berdasarkan prinsip 80/20, diagram sebab-akibat (*fishbone/ Ishikawa*) untuk menelusuri penyebab utama cacat, dan peta kontrol proporsi cacat (*p-chart*) untuk menilai apakah proses produksi berada dalam kontrol statistik. P-chart dibuat berdasarkan proporsi cacat harian terhadap total produksi harian, dan dihitung batas kontrol atas (UCL), batas kontrol bawah (LCL), serta garis tengah (CL) untuk menentukan kestabilan proses produksi.

Sementara itu, analisis biaya kualitas dilakukan dengan mengklasifikasikan biaya mutu ke dalam empat kategori, yaitu biaya pencegahan (*prevention cost*), biaya penilaian (*appraisal cost*), biaya kegagalan internal (*internal failure cost*), dan biaya kegagalan eksternal (*external failure cost*). Data biaya yang dikumpulkan dianalisis untuk mengetahui kontribusi masing-masing kategori terhadap total biaya mutu, serta mengevaluasi efektivitas alokasi biaya dalam menurunkan cacat produksi dan meningkatkan kualitas produk. Hasil analisis biaya kualitas akan digunakan untuk memberikan rekomendasi efisiensi produksi berdasarkan aspek ekonomi dan mutu secara bersamaan.

Melalui metode ini, diharapkan penelitian mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi mutu proses produksi telur asin di UMKM tersebut, sekaligus menawarkan solusi berbasis data untuk peningkatan kualitas dan efisiensi biaya. Dengan menggabungkan metode SPC dan analisis biaya kualitas, penelitian ini memberikan pendekatan terpadu yang tidak hanya fokus pada deteksi dan pengendalian cacat, tetapi juga pada evaluasi efisiensi biaya dalam manajemen mutu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan dari hasil pengamatan dan analisis data yang diperoleh selama proses penelitian di UMKM produksi telur asin di Brebes. Analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan Statistical Process Control (SPC) untuk menilai kestabilan proses produksi, serta analisis biaya kualitas untuk mengevaluasi efisiensi pengendalian mutu secara ekonomi. Data yang diperoleh dianalisis melalui beberapa alat bantu SPC seperti p-chart, histogram, diagram Pareto, dan diagram sebab-akibat, guna mengidentifikasi jenis dan penyebab utama cacat produk. Selanjutnya, hasil dari perhitungan biaya mutu dikaji untuk melihat sejauh mana masing-masing kategori biaya (pencegahan, penilaian, kegagalan internal, dan kegagalan eksternal) berkontribusi terhadap kualitas dan kinerja produksi. Pembahasan dalam bagian ini akan mengaitkan hasil temuan dengan teori serta studi terdahulu untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai kondisi mutu dan potensi peningkatan di UMKM yang diteliti.

3.1 Analisis Data

Penelitian ini dilakukan selama 20 hari kerja di UMKM telur asin Bu Nur yang berlokasi di Kecamatan Wanasari, Kabupaten Brebes. Selama periode tersebut, total produksi telur asin mencapai 2.000 butir, dengan rata-rata produksi harian sebesar 100 butir. Dari jumlah tersebut, ditemukan sebanyak 172 butir telur mengalami cacat atau tidak layak jual, yang mencakup kategori keretakan kulit, telur pecah, dan perubahan warna pada kulit setelah proses pengovenan. Data ini kemudian dianalisis menggunakan metode Statistical Process Control (SPC) untuk menilai stabilitas proses dan proporsi kecacatan harian.

Penggunaan peta kontrol proporsi (*p-chart*) menunjukkan bahwa sebagian besar titik proporsi cacat harian berada dalam batas kontrol atas (UCL) dan batas kontrol bawah (LCL). Namun, terdapat tiga titik data yang berada di luar batas kontrol atas, mengindikasikan adanya penyimpangan proses atau *assignable cause* yang menyebabkan lonjakan kecacatan pada hari-hari tertentu. Garis tengah (*center line*) proporsi cacat dihitung sebesar 0,086 atau 8,6%, sementara batas kontrol atas mencapai sekitar 0,138 dan batas kontrol bawah mendekati 0,033. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun proses produksi secara umum terkontrol, masih terdapat beberapa hari di mana proses mengalami ketidakteraturan.

Selain itu, analisis histogram terhadap distribusi proporsi cacat menunjukkan bahwa nilai proporsi cacat harian paling sering berada pada rentang 6–10%, dengan modus di kisaran 8%. Data ini memperkuat hasil dari *p-chart*, bahwa proporsi cacat yang terjadi relatif konstan namun masih berada pada tingkat yang cukup tinggi untuk skala UMKM. Selanjutnya, penggunaan diagram Pareto menghasilkan informasi bahwa dari total 172 produk cacat, jenis kecacatan terbesar adalah telur retak sebanyak 76 butir (44%), diikuti oleh telur pecah sebanyak 54 butir (31%), dan perubahan warna sebanyak 42 butir (25%). Dua jenis kecacatan terbesar (retak dan pecah) menyumbang sekitar 75% dari total produk cacat, menunjukkan bahwa fokus perbaikan sebaiknya ditujukan pada dua penyebab dominan tersebut.

Untuk mendalami faktor penyebab terjadinya kecacatan, dilakukan analisis dengan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*). Dari hasil observasi dan wawancara, ditemukan bahwa faktor penyebab utama berasal dari unsur manusia (*human error*), seperti kurang hati-hati dalam menangani telur selama pencucian dan pengovenan, serta metode kerja yang belum distandarisasi. Selain itu, faktor material juga berkontribusi, karena kualitas telur mentah yang diterima dari pemasok tidak seragam. Dari sisi peralatan, oven yang digunakan masih bersifat manual tanpa kontrol suhu otomatis, yang menyebabkan variasi suhu pengovenan dan meningkatkan risiko pecahnya telur.

Selanjutnya, analisis biaya kualitas menunjukkan bahwa total biaya mutu selama 20 hari produksi adalah sebesar Rp 1.390.000. Rincian dari biaya tersebut terdiri atas biaya pencegahan sebesar Rp 150.000, biaya penilaian sebesar Rp 200.000, biaya kegagalan internal sebesar Rp 860.000, dan biaya kegagalan eksternal sebesar Rp 180.000. Komposisi terbesar berasal dari biaya kegagalan internal, yang mencakup telur pecah atau retak yang dibuang sebelum dijual. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar biaya kualitas saat ini dihabiskan untuk menangani produk yang gagal, bukan untuk mencegah terjadinya kecacatan sejak awal proses produksi.

3.2 Analisis Hasil Akhir

Hasil analisis menunjukkan bahwa proses produksi telur asin di UMKM masih menghadapi tantangan dari segi kestabilan mutu. Berdasarkan *p-chart* (Gambar 1), meskipun sebagian besar proporsi cacat harian berada dalam batas kontrol, terdapat beberapa titik yang melewati batas kontrol atas (UCL), yaitu pada hari ke-6, ke-10, dan ke-14. Hal ini menandakan bahwa proses produksi belum sepenuhnya terkontrol secara statistik dan terdapat penyebab khusus (*assignable causes*) yang perlu diidentifikasi lebih lanjut. Proses yang tidak terkontrol secara statistik dapat menyebabkan tidak konsistennya mutu produk, yang pada akhirnya berdampak pada kepuasan konsumen dan

biaya produksi. Data perhitungan CL, UCL, dan LCL dijabarkan lebih detail pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perhitungan CL, UCL dan LCL

Sampel	Ukuran Sampel	Banyak Cacat	Proporsi	CL	UCL	LCL
1	800	62	0,0775	0,050481	0,073702	0,027259
2	1260	60	0,047619	0,050481	0,068984	0,031977
3	1500	47	0,031333	0,050481	0,067439	0,033522
4	565	74	0,130973	0,050481	0,078113	0,022849
5	1100	61	0,055454	0,050481	0,070284	0,030677
6	1100	26	0,023636	0,050481	0,070284	0,030677
7	611	29	0,047463	0,050481	0,077052	0,023909
8	600	35	0,058333	0,050481	0,077295	0,023667
9	1020	33	0,032352	0,050481	0,071046	0,029915
10	358	35	0,097765	0,050481	0,085194	0,015767
11	225	76	0,337777	0,050481	0,094268	0,006693
12	559	30	0,053667	0,050481	0,078260	0,022701
13	725	61	0,084137	0,050481	0,074874	0,026087
14	1500	38	0,025333	0,050481	0,067439	0,033522
15	1300	38	0,029230	0,050481	0,068697	0,032264
16	555	28	0,050450	0,050481	0,078360	0,022601
17	600	31	0,051666	0,050481	0,077295	0,023667
18	500	33	0,066	0,050481	0,079854	0,021107
19	947	22	0,023231	0,050481	0,071824	0,029137
20	670	22	0,032835	0,050481	0,075855	0,025106
21	1200	45	0,0375	0,050481	0,069441	0,031520
22	457	33	0,072210	0,050481	0,081205	0,019756
23	955	23	0,024083	0,050481	0,071734	0,029227
24	675	48	0,071111	0,050481	0,0757615	0,0252005
25	800	49	0,06125	0,050481	0,0737026	0,0272594

Distribusi proporsi cacat harian berkisar antara 6% hingga 14%, dengan rata-rata (CL) sebesar 8,6%. Nilai batas kontrol atas (UCL) dihitung sebesar $\pm 13,8\%$, sedangkan batas bawah (LCL) sekitar $\pm 3,3\%$. Penyimpangan yang muncul pada hari-hari tertentu diduga berasal dari variabel proses yang tidak dikontrol, seperti suhu oven yang tidak stabil atau perlakuan pekerja yang tidak konsisten dalam menangani telur. Ketidakteraturan seperti ini menunjukkan bahwa sistem produksi belum memiliki prosedur standar yang cukup ketat untuk menjaga kualitas dalam kisaran yang diinginkan.

Guna mengidentifikasi akar masalah, digunakan tabel distribusi kecacatan (Tabel 1). Dari data tersebut terlihat bahwa dua jenis cacat yang paling dominan adalah telur retak (44%) dan telur pecah (31%), sedangkan perubahan warna menyumbang 25% dari total cacat. Fenomena ini mendukung prinsip Pareto, yaitu bahwa sebagian besar masalah

mutu disebabkan oleh sebagian kecil faktor penyebab. Dengan demikian, fokus perbaikan dapat diarahkan pada pengendalian penyebab utama dari telur retak dan pecah, yang bersama-sama menyumbang 75% dari total kecacatan.

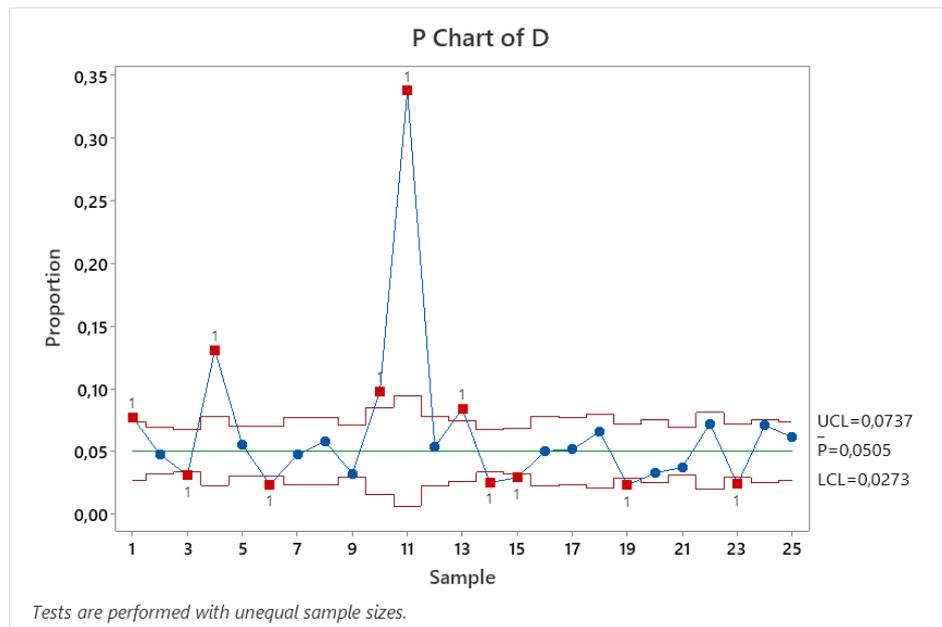
Berdasarkan hasil observasi, retaknya kulit telur sebagian besar disebabkan oleh perlakuan kasar saat pencucian dan pengovenan. Penggunaan oven tradisional tanpa pengontrol suhu menyebabkan pemanasan yang tidak merata, yang memperbesar kemungkinan telur pecah atau kulit mengelupas. Selain itu, belum adanya prosedur operasi standar (SOP) membuat pekerja menangani telur secara berbeda-beda, bergantung pada pengalaman masing-masing. Ketidakkonsistenan ini memperbesar kemungkinan cacat akibat kesalahan manusia.

Lebih lanjut, pembahasan mengenai biaya kualitas menunjukkan bahwa sebagian besar biaya mutu dikeluarkan untuk menangani kegagalan internal, yang menyumbang sekitar 62% dari total biaya mutu. Hal ini menunjukkan bahwa strategi pengendalian mutu masih bersifat reaktif, yaitu memperbaiki setelah cacat terjadi, bukan mencegah sejak awal. Padahal, berdasarkan prinsip manajemen mutu total (*Total Quality Management/TQM*), investasi pada pencegahan dan penilaian dapat mengurangi biaya kegagalan secara signifikan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, UMKM sebaiknya mengalokasikan sebagian biaya untuk pelatihan pekerja, pembakuan proses, dan perawatan peralatan agar proses produksi menjadi lebih stabil dan terkontrol.

Dengan mengintegrasikan pendekatan *Statistical Process Control* dan analisis biaya kualitas, UMKM dapat mengidentifikasi masalah utama dalam produksi serta mengembangkan strategi peningkatan mutu yang tidak hanya efektif tetapi juga efisien secara biaya. Pendekatan ini juga dapat menjadi dasar dalam penerapan sistem manajemen mutu berkelanjutan yang sesuai dengan kapasitas dan kondisi lokal UMKM.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang mendukung penggunaan peta kendali dalam mengendalikan kualitas produk. (Putra et al., 2022) menemukan bahwa penerapan analisis pengendalian kualitas di PT Krakatau Steel mampu mengidentifikasi faktor penyebab cacat dan memberikan langkah perbaikan yang tepat. Hasil ini sejalan dengan temuan pada UMKM Telur Asin HTM Jaya Brebes, di mana peta kendali p-chart digunakan untuk memantau proporsi cacat dan menemukan adanya variasi proses yang tidak terkendali. Selain itu, penelitian (Revita et al., 2021) juga menunjukkan efektivitas metode ini dalam meminimalkan kerusakan produk dan meningkatkan konsistensi kualitas.

Namun, terdapat penelitian lain yang menyoroti bahwa peta kendali saja tidak cukup untuk menjaga kualitas tanpa dukungan manajemen yang konsisten. (Candrawati & Nurcaya, 2020) dalam penelitiannya pada UD Sari Luwih menemukan bahwa meskipun pengendalian kualitas dengan peta kendali membantu, kerusakan tetap terjadi jika faktor manusia dan metode kerja tidak diperbaiki. Hal ini selaras dengan hasil penelitian pada UMKM HTM Jaya Brebes, di mana faktor human error, metode kerja, serta lingkungan masih menjadi penyebab utama cacat produk. Dengan demikian, penggunaan peta kendali perlu dipadukan dengan perbaikan manajemen operasional untuk hasil yang lebih optimal.



Gambar 1. Diagram p-chart produk telur asin dari tanggal 1 juli 2024 s/d 30 juli 2024

4. SIMPULAN

Proses produksi telur asin di UMKM Bu Nur menunjukkan kecenderungan berada dalam kontrol statistik, namun masih terdapat hari-hari tertentu dengan proporsi cacat melebihi batas kontrol atas. Jenis kecacatan terbanyak adalah telur retak dan pecah, yang bersama-sama menyumbang lebih dari 75% dari total kecacatan. Penyebab utama berasal dari ketidakteraturan metode kerja, perlakuan pekerja yang tidak seragam, serta penggunaan oven tradisional tanpa pengatur suhu. Hal ini menandakan perlunya perbaikan pada aspek prosedural dan teknis dalam proses produksi.

Analisis biaya kualitas menunjukkan bahwa mayoritas biaya mutu masih terserap pada penanganan produk gagal (biaya kegagalan internal), mencerminkan strategi mutu yang reaktif. Oleh karena itu, pendekatan preventif melalui pelatihan pekerja, penyusunan SOP, dan perbaikan peralatan menjadi sangat penting. Penerapan metode *Statistical Process Control* (SPC) dan analisis biaya mutu terbukti efektif dalam mengidentifikasi akar masalah dan dapat dijadikan dasar untuk peningkatan mutu secara berkelanjutan pada UMKM sejenis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Universitas Diponegoro atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Skema Pendanaan Dana Selain APBN untuk Tahun Anggaran 2025, berdasarkan Surat Keputusan Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Diponegoro (LPPM) Nomor: 610/UN7.D2/HK/III/2025 tanggal 18 Maret 2025, dan Nomor Perjanjian Kontrak: 222-179/UN7.D2/PP/IV/2025 tanggal 8 April 2025. Dukungan ini sangat berharga dalam memfasilitasi dan menyelesaikan penelitian ini.

6. REKOMENDASI

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar UMKM Bu Nur segera menerapkan prosedur operasi standar (SOP) untuk setiap tahapan produksi, khususnya pada proses pencucian, pengovenan, dan pengemasan, guna mengurangi variasi kerja antar pekerja. Selain itu, pelatihan rutin tentang pengendalian mutu bagi pekerja perlu dilaksanakan agar mereka memahami pentingnya kehati-hatian dalam menangani produk. Penggunaan oven tradisional sebaiknya ditingkatkan atau diganti dengan alat yang memiliki pengatur suhu otomatis guna menjaga kestabilan proses. Untuk efisiensi biaya, UMKM juga perlu mulai mengalokasikan anggaran secara proporsional ke dalam kategori biaya pencegahan dan penilaian, guna menekan biaya kegagalan internal di masa depan.

7. REFERENSI

- Abdallah, R. A., Haridy, S., Shamsuzzaman, M., Bashir, H., & Maged, A. (2021, March). An application of EWMA control chart for monitoring packaging defects in food industry. In *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 2151-2159).
- Bolender, T., Bürvenich, G., Dalibor, M., Rumpe, B., & Wortmann, A. (2021, May). Self-adaptive manufacturing with digital twins. In *2021 International symposium on software engineering for adaptive and self-managing systems (SEAMS)* (pp. 156-166). IEEE.
- Candrawati, A. A. D., & Nurcaya, I. N. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Telur Asin Pada Ud. Sari Luwih Di Desa Padang Luwih. *Jurnal Manajemen*, 9(6), 2332-2351.
- Djaafar, T. F., Utami, T., Marwati, T., Pramesi, P. C., Wikandari, R., & Rahayu, E. S. (2020, December). The assessment of good manufacturing practices (GMP) implementation and critical control point (CCP) determination on the cocoa powder processing in Agricultural Techno Park Nglanggeran, Yogyakarta. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 980, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Halim L., S. A., Antony, J., Arshed, N., & Albliwi, S. (2017). A systematic review of statistical process control implementation in the food manufacturing industry. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(1-2), 176-189.
- Hamid, A. B., & Krishnapillai, G. (2010). The impact of purchasing and Early Supplier Involvement (ESI) in a manufacturing firm.
- Indrasti, N. S., & Djatna, T. (2022, July). A system analysis and design for ubiquitous material procurement control of cocoa-agroindustry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1063, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- Kanan, M., Jebreen, A., Saleh, Y., Zaid, A. A., Assaf, R., Tunsi, W., & Al-Sartawi, A. (2023). Assessing the implementation of statistical process control in food industries: an empirical study from a developing country context. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 6(2).
- Lim, S. A. H., Antony, J., & Albliwi, S. (2014). Statistical Process Control (SPC) in the food industry—A systematic review and future research agenda. *Trends in food science & technology*, 37(2), 137-151.
- Lim, S. A. H., Antony, J., & Arshed, N. (2016). A critical assessment on SPC implementation in the UK food industry. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(1), 37-42.
- Lim, S. A. H., & Antony, J. (2016). Statistical process control readiness in the food industry: Development of a self-assessment tool. *Trends in food science & technology*, 58, 133-139.

- Putra, G. D., Pangestu, P. A., & Puspitasari, I. (2022). Analisis pengendalian kualitas produk dengan menggunakan analisis P-Chart untuk mengetahui penyebab produk rusak di PT. Krakatau Steel. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 3(1).
- Qian, C., Guo, Y., Liang, H., Song, J., & Yu, W. (2025). Secured edge intelligence in smart manufacturing CPS. In *Edge Intelligence in Cyber-Physical Systems* (pp. 377-401). Academic Press.
- Revita, I., Suharto, A., & Izzudin, A. (2021). Studi Empiris Pengendalian Kualitas Produk Pada Vieyuri Konveksi Empirical Study of Quality Control in Vieyuri Konveksi. *Bisnis-Net Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 4(2), 39-49.
- Sucipto, S., Ariani, I., & Wulandari, S. (2022, May). Continuous quality improvement by statistical process control implementation in Cocoa Agroindustry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1024, No. 1, p. 012073). IOP Publishing.
- Suman, G., & Prajapati, D. (2018). Control chart applications in healthcare: a literature review. *International journal of metrology and quality engineering*, 9, 5.