Analysis of Book Production Quality Using Ewma Control Chart: Comparison of Alpha Parameters, Trend Prediction, and Production Correlation

Amelia Putri[1], Aulia Hani[2], Anatasia Faradhilla[3], Risca Octaviyani Hutapea[4]
[1,2,3,4]Program Studi Statistika, Univesitas Negeri Medan, Indonesia
Email: ameliaputri255562@gmail.com; auliaahani@gmail.com; ntasyafaradhlh@gmail.com; riscaoctaviyanihutapea@gmail.com

ABSTRAK

Dalam industri percetakan, menjaga kualitas produk merupakan faktor penting untuk memastikan kepuasan pelanggan dan keunggulan kompetitif. Studi ini menerapkan bagan kendali Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) untuk memantau dan mengendalikan kualitas produksi buku di CV Renjana Offset. Dengan menggunakan data sekunder dari November 2023 hingga Juli 2024, analisis difokuskan pada persentase produk yang ditolak sebagai indikator utama kinerja kualitas. Metode EWMA, dengan konstanta penghalusan α = 0,3, secara efektif menyoroti pergeseran kecil dalam proses produksi. Hasil menunjukkan bahwa semua nilai EWMA berada dalam batas kendali (UCL = 22,54%, LCL = 0,00%), yang menunjukkan proses tersebut terkendali secara statistik. Lebih jauh, perbandingan nilai alpha yang berbeda menunjukkan trade-off antara sensitivitas dan stabilitas. Korelasi negatif sedang (r = -0,505) antara volume produksi dan persentase penolakan menunjukkan peningkatan efisiensi pada skala produksi yang lebih tinggi. Persentase penolakan yang diprediksi untuk Agustus 2024 adalah 4,74%, yang menunjukkan stabilitas proses. Secara keseluruhan, EWMA terbukti menjadi alat yang berharga dalam pemantauan kualitas berkelanjutan dan pengambilan keputusan berdasarkan data dalam produksi buku.
Keyword: EWMA; Kontrol Kualitas; Tingkat Penolakan; Produksi Buku

ABSTRACT

In the printing industry, maintaining product quality is a critical factor for ensuring customer satisfaction and competitive advantage. This study applies the Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control chart to monitor and control the quality of book production at CV Renjana Offset. Using secondary data from November 2023 to July 2024, the analysis focuses on the percentage of rejected products as a key indicator of quality performance. The EWMA method, with a smoothing constant of α = 0.3, effectively highlights small shifts in the production process. Results show that all EWMA values lie within the control limits (UCL = 22.54%, LCL = 0.00%), indicating the process is statistically under control. Furthermore, comparison of different alpha values demonstrates the trade-off between sensitivity and stability. A moderate negative correlation (r = -0.505) between production volume and reject percentage suggests increased efficiency at higher production scales. The predicted reject percentage for August 2024 is 4.74%, indicating process stability. Overall, EWMA proves to be a valuable tool in continuous quality monitoring and data-driven decision-making in book production.
Keyword: EWMA; Quality Control; Reject Rate; Book Production

Corresponding Author:
Amelia Putri,
Univesitas Negeri Medan,
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
Email: ameliaputri255562@gmail.com

1. INTRODUCTION

Dalam konteks globalisasi dan digitalisasi industri saat ini, kualitas produk merupakan faktor krusial yang memengaruhi keberhasilan serta daya saing suatu perusahaan. Produk yang tidak memenuhi standar kualitas dapat menimbulkan kerugian finansial dan berdampak negatif terhadap reputasi perusahaan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengendalian kualitas menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari sistem produksi modern. Salah satu metode yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi penyimpangan pada proses produksi secara statistik adalah *Statistical Process Control* (SPC), di mana peta kendali berperan sebagai alat utama dalam memantau jalannya proses produksi secara langsung (Antono & Santoso, 2016).

Metode *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) adalah salah satu teknik dalam *Statistical Process Control* (SPC) yang dirancang untuk mendeteksi perubahan kecil pada rata-rata suatu proses produksi. Teknik ini memberikan bobot lebih besar pada data terkini dan bobot lebih kecil pada data lama, sehingga mampu merespons perubahan atau fluktuasi dalam proses dengan lebih cepat dibandingkan metode konvensional seperti peta kendali Shewhart (Sukparungsee et al., 2020)

Penelitian terbaru juga mengembangkan variasi dari metode EWMA guna meningkatkan ketepatan dalam mendeteksi kualitas proses. Salah satu inovasi tersebut adalah Modified EWMA (M-EWMA) yang dikembangkan oleh (Zainab et al., 2025), dengan mengadopsi distribusi F-transformed untuk meningkatkan sensitivitas serta kestabilan batas kendali. Temuan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa M-EWMA menghasilkan batas kendali yang lebih ketat dan memiliki variansi yang lebih kecil, menjadikannya sangat sesuai untuk diterapkan di sektor industri yang menuntut tingkat ketelitian tinggi dalam pengawasan mutu, seperti industri farmasi, makanan, dan percetakan (Zainab et al., 2025)

Melihat keberhasilan penerapan metode EWMA di berbagai sektor, pendekatan ini juga dinilai sangat tepat untuk digunakan dalam industri percetakan buku. Proses produksi buku memiliki tantangan tersendiri, seperti ketepatan hasil cetak, kesesuaian susunan halaman, serta kualitas kertas, yang semuanya membutuhkan pengawasan mutu yang ketat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan peta kendali EWMA dalam mengawasi kualitas produksi buku di CV Renjana Offset, dengan fokus pada persentase produk yang ditolak (reject). Melalui pendekatan ini, perusahaan diharapkan mampu mendeteksi potensi penyimpangan lebih awal dan melakukan perbaikan proses secara terstruktur (Hamsah et al., 2019).

Dalam proses produksi buku, di mana kualitas cetakan dan penyusunan halaman sangat penting, penerapan metode EWMA dapat membantu dalam memantau dan mengendalikan proses produksi secara real-time. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk menjaga konsistensi mutu produk serta meminimalkan jumlah barang cacat yang dihasilkan.

2. RESEARCH METHOD

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis kualitas produksi produk buku dengan pendekatan statistik Exponential Weighted Moving Average (EWMA). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal penelitian oleh (Dwi Pujaningsih et al., n.d.), di mana data tersebut merupakan data primer dalam penelitian aslinya. Data yang digunakan mencakup data produksi bulanan selama periode November 2023 hingga Juli 2024, yang terdiri atas total produksi, jumlah produk cacat (reject), serta persentase reject setiap bulan. Objek penelitian dalam data tersebut adalah produk buku yang diproduksi oleh CV Renjana Offset selama periode waktu tersebut.

Metode EWMA dipilih karena mampu mendeteksi pergeseran kecil dalam proses produksi dengan lebih sensitif dibandingkan metode rata-rata bergerak biasa. Dalam analisis ini, nilai EWMA dihitung berdasarkan data persentase reject bulanan, kemudian dibandingkan dengan batas kendali atas (Upper Control Limit/UCL), batas kendali bawah (Lower Control Limit/LCL), dan garis tengah (Center Line/CL) untuk menentukan apakah proses produksi berada dalam kendali statistik. Nilai-nilai UCL, LCL, dan CL ditentukan berdasarkan rata-rata, standar deviasi, serta parameter pembobot λ dan batas kontrol L. Nilai umum yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\lambda = 0{,}3$ dan L = 3, yang umum digunakan dalam peta kendali untuk mendeteksi perubahan kecil dalam proses (batas tiga sigma).

Seluruh analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python, dengan memanfaatkan pustaka seperti pandas untuk pengolahan data, numpy untuk perhitungan statistik, matplotlib dan seaborn untuk visualisasi grafik, serta scipy.stats untuk analisis korelasi. Visualisasi peta kendali dilakukan untuk melihat kestabilan proses produksi, sedangkan analisis korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara total produksi dan jumlah reject.

Langkah – langkah dalam pembuatan peta kendali Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai rata-rata $\bar{x}$ dan variansi s^2 dari data peresentase reject untuk setiap bulan
2. Menghitung nilai EWMA ke-I menggunakan rumus:

$$z_i = \lambda\, x_i + (1-\lambda) z_{i-1}, dengan\ z_0 = \bar{x} \quad (1)$$

Keterangan :
z_i : Nilai EWMA pada waktu ke-i
x_i : Data actual pada waktu ke-I (persentase reject)
$z_{(i-1)}$: Nilai EWMA sebelumnya (i-1)
λ : Parameter pembobot (0,3)

3. Menghitung batas kendali atas (UCL), batas kendali bawah (LCL), dan garis tengah (CL) dengan rumus sebagai berikut:
Garis tengah (CL)
$CL = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \bar{x}_i}{m}$, dimana CL = nilai tengah (2)
Batas kendali atas (UCL)
$UCL_i = \mu_0 + L_\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)[1-(1-\lambda)^{2i}]}$, (3)
Batas kendali bawah (LCL)
$LCL_i = \mu_0 - L_\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)[1-(1-\lambda)^{2i}]}$ (4)
4. Membuat grafik peta kendali EWMA yang memuat nilai z_i,CL, UCL, dan LCL terhadap waktu (bulan).
5. Menafsirkan hasil peta kendali untuk mengidentifikasi apakah proses produksi berada dalam kendali statistic, serta melihat pola tren atau potensi penyimpangan dalam kualitas produksi.

3. RESULTS AND DISCUSSION

A. Statistik Deskriptif dan Ringkasan Data Produksi

Analisis ini didasarkan pada data produksi dari bulan November 2023 hingga Juli 2024. Data mencakup total produksi, jumlah produk yang direject, dan persentase reject setiap bulannya. Rata-rata persentase reject aktual selama periode ini adalah 5,56%, dengan standar deviasi sebesar 4,92%. Nilai maksimum persentase reject tercatat pada November 2023 sebesar 18,02%, sementara nilai minimum terjadi pada Februari 2024 sebesar 2,75%.

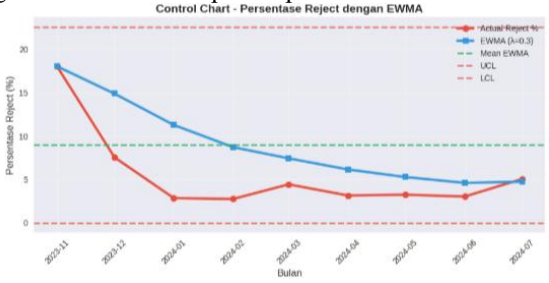
Tabel 1. Tabel Statistik Deskriptif

Bulan	Total Produksi	Total Reject	% Reject	EWMA (α=0.3)
Nov-23	777	140	18.02%	18.02%
Dec-23	6918	522	7.55%	14.88%
Jan-24	11317	323	2.85%	11.27%
Feb-24	10197	280	2.75%	8.71%
Mar-24	16835	745	4.43%	7.43%
Apr-24	20812	655	3.15%	6.15%
May-24	20686	671	3.24%	5.27%
Jun-24	3798	115	3.03%	4.60%
Jul-24	27877	1408	5.05%	4.74%

B. Analisis Kualitas dengan Metode EWMA

1) Monitoring Persentase Reject dengan EWMA

Metode *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) digunakan untuk memantau persentase reject dalam proses produksi. Dengan parameter smoothing α = 0,3, EWMA memberikan gambaran yang lebih halus terhadap fluktuasi data, memungkinkan deteksi dini terhadap pergeseran kecil dalam proses produksi. Berdasarkan analisis, nilai Center Line (CL) adalah 9,01%, Upper Control Limit (UCL) sebesar 22,54%, dan Lower Control Limit (LCL) adalah 0,00%. Selama periode analisis, tidak ada titik data yang melewati batas kontrol, menunjukkan bahwa proses produksi berada dalam kondisi yang terkendali secara statistik. Hal ini sejalan dengan temuan dalam penelitian oleh (Antono & Santoso, 2016), yang menyatakan bahwa EWMA efektif dalam mendeteksi pergeseran kecil dalam proses produksi.



Gambar 1. Peta Kendali EWMA Persentase Reject (α=0.3)

Interpretasi menunjukkan proses berada dalam kondisi yang terkendali secara statistik. Nilai EWMA terakhir (Juli 2024) adalah 4,74%, jauh di bawah batas atas, yang menunjukkan kestabilan kualitas. Namun demikian, penting untuk mempertimbangkan bahwa metode EWMA lebih optimal untuk mendeteksi pergeseran kecil secara bertahap, dan kurang efektif jika terdapat lonjakan ekstrem mendadak yang terjadi secara acak.

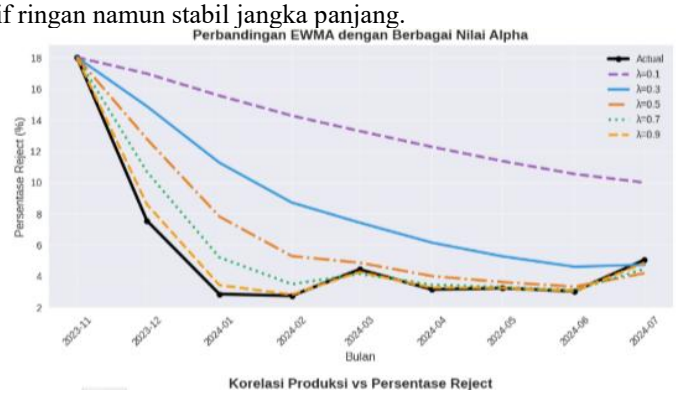
2) Perbandingan Nilai Alpha pada EWMA

Analisis dilakukan dengan membandingkan berbagai nilai alpha (λ) pada metode EWMA untuk menilai sensitivitas terhadap perubahan dalam proses produksi. Nilai alpha yang lebih tinggi memberikan respons yang lebih cepat terhadap perubahan, namun dapat meningkatkan variabilitas. Sebaliknya, nilai alpha yang lebih rendah menghasilkan respons yang lebih lambat namun lebih stabil. Dalam konteks ini, nilai α = 0,3 dipilih karena memberikan keseimbangan antara sensitivitas dan stabilitas, sesuai dengan rekomendasi dalam penelitian oleh (Hamsah et al., 2019), yang menyatakan bahwa pemilihan nilai alpha yang tepat sangat penting untuk efektivitas EWMA dalam pengendalian kualitas. Dilakukan perbandingan EWMA dengan untuk menilai sensitivitas metode terhadap perubahan:

Tabel 2. Perbandingan EWMA dengan berbagai Alpha

Bulan Label	Persentase Reject	EWMA α0.1	EWMA α0.3	EWMA α0.5	EWMA α0.7	EWMA α0.9
Nov-23	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02
Dec-23	7.55	16.97	14.88	12.79	10.69	8.60
Jan-24	2.85	15.56	11.27	7.82	5.30	3.42
Feb-24	2.75	14.28	8.71	5.28	3.49	2.82
Mar-24	4.43	13.29	7.43	4.86	4.15	4.24
Apr-24	3.15	12.28	6.15	4.02	3.45	3.26
May-24	3.24	11.38	5.27	3.62	3.30	3.20
Jun-24	3.03	10.54	4.60	3.33	3.11	3.05
Jul-24	5.05	9.99	4.74	4.19	4.47	4.85

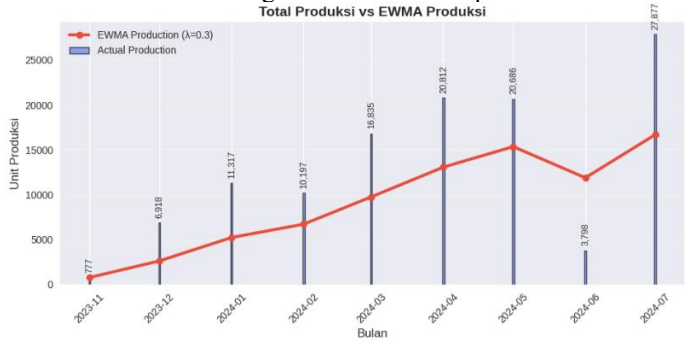
Alpha tinggi lebih reaktif tetapi lebih berisiko terhadap noise; alpha rendah lebih stabil namun lambat mendeteksi perubahan. Pemilihan menunjukkan keseimbangan dan cocok digunakan untuk proses produksi yang bersifat fluktuatif ringan namun stabil jangka panjang.



Gambar 2. Perbandingan EWMA dengan α=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9

3) Produksi Aktual vs EWMA Produksi

Perbandingan antara data produksi aktual dengan hasil smoothing menggunakan EWMA menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengidentifikasi tren jangka panjang dan mengurangi dampak fluktuasi jangka pendek. Hal ini memungkinkan manajemen untuk lebih mudah mengidentifikasi pola dalam produksi dan mengambil keputusan yang lebih tepat waktu. Penelitian oleh (Hamsah et al., 2019) mendukung penggunaan EWMA untuk memantau dan mengendalikan kualitas produksi secara efektif.



Gambar 3. Perbandingan EWMA dengan α=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9

EWMA berhasil menghaluskan fluktuasi data produksi dan memudahkan identifikasi tren jangka panjang. Ini membantu manajemen dalam perencanaan kapasitas dan pengambilan keputusan berbasis data. Selain itu, grafik ini dapat dimanfaatkan sebagai alat monitoring visual yang berguna untuk audit mutu dan pelaporan rutin.

4) Korelasi antara Produksi dan Reject

Analisis korelasi antara volume produksi dan persentase reject menunjukkan hubungan negatif yang sedang, dengan koefisien korelasi sebesar -0,505. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan volume produksi cenderung diikuti oleh penurunan persentase reject, yang mencerminkan efisiensi operasional saat skala produksi membesar. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh (Yeyen Setyorini et al., 2022), yang menyatakan bahwa peningkatan efisiensi produksi dapat berkontribusi pada pengurangan tingkat reject. Namun demikian, korelasi ini tidak serta-merta menunjukkan hubungan kausal, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor-faktor lain yang mungkin berperan, seperti efisiensi mesin, pelatihan karyawan, atau standar bahan baku.

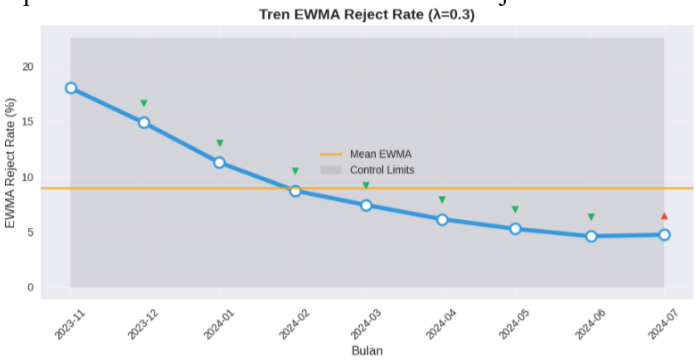
Tabel 3. Korelasi Produksi dan Reject

Variabel 1	Variabel 2	Korelasi
Total Produksi	% Reject	-0,505

C. Analisis Tren dan Prediksi

1) Analisis Tren EWMA

Terjadi penurunan konsisten. Namun pada Juli 2024 terjadi sedikit kenaikan yang masih dalam batas normal. Hal ini dapat menunjukkan adanya variasi temporer yang wajar, seperti kenaikan permintaan yang memengaruhi kestabilan operasional atau masuknya batch produksi baru. Penelitian oleh (Resti et al., 2021) menekankan pentingnya pemantauan tren untuk memastikan keberlanjutan kualitas dalam proses produksi.



Gambar 4. Tren EWMA Persentase Reject per Bulan

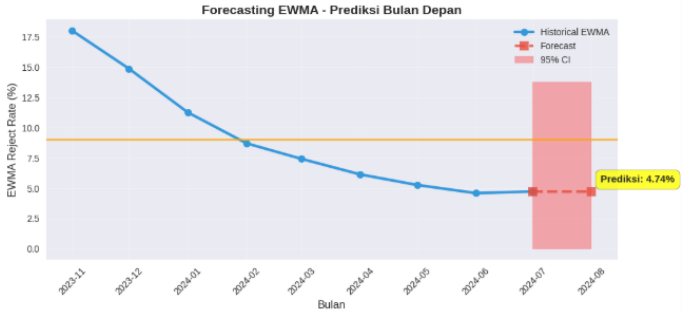
Ini mencerminkan perbaikan sistematis, kemungkinan akibat penguatan kontrol kualitas atau pelatihan SDM.

2) Prediksi Persentase Reject

Berdasarkan model EWMA, prediksi persentase reject untuk Agustus 2024 adalah 4,74%, yang berada dalam batas kendali dan menunjukkan stabilitas dalam proses produksi. Rentang prediksi dengan tingkat kepercayaan 95% adalah antara 0,00% hingga 13,76%. Prediksi ini memberikan dasar yang kuat bagi manajemen untuk merencanakan dan mengimplementasikan strategi peningkatan kualitas. Penelitian oleh (Wibawati et al., 2022) mendukung penggunaan EWMA dalam prediksi dan pengendalian kualitas proses produksi.

Tabel 4. Prediksi Persentase Reject Agustus 2024

Periode	Prediksi (%)	Rentang 95% CI (%)
Aug-24	4.74	0.00 - 13.76



Gambar 5. Tren EWMA Persentase Reject per Bulan

D. Penerapan Metode EWMA dalam Sistem Monitoring Kualitas Produksi

Penerapan metode EWMA dalam sistem monitoring kualitas produksi memberikan pendekatan yang efisien dan adaptif untuk memantau performa proses secara berkelanjutan. EWMA mampu mendeteksi perubahan kecil pada rata-rata proses yang mungkin tidak terlihat dengan metode kontrol konvensional. Dalam konteks data produksi dari bulan November 2023 hingga Juli 2024, EWMA digunakan untuk menganalisis persentase reject sebagai indikator utama kualitas.

Dengan menggunakan nilai smoothing parameter $\alpha = 0,3$, metode ini berhasil menyaring fluktuasi jangka pendek dan menampilkan tren jangka panjang yang lebih stabil. Hal ini penting untuk menghindari respons berlebihan terhadap variasi acak (noise), sambil tetap cukup sensitif untuk mengidentifikasi perubahan signifikan dalam kualitas produk.

Beberapa manfaat utama penerapan metode EWMA dalam sistem produksi antara lain:

1. Pemantauan real-time: Dengan integrasi ke sistem produksi berbasis data, nilai EWMA dapat diperbarui secara otomatis setiap kali data produksi harian atau bulanan masuk.
2. Sinyal peringatan dini: Ketika nilai EWMA mendekati atau melewati batas kontrol atas (UCL), manajemen dapat segera menyelidiki dan mengidentifikasi penyebab potensial (root cause).
3. Pengambilan keputusan berbasis data: Data historis dan proyeksi ke depan berdasarkan EWMA membantu perencanaan kualitas jangka panjang dan tindakan pencegahan.
4. Penerapan fleksibel: Nilai α dapat disesuaikan tergantung pada sensitivitas yang diinginkan – misalnya, α lebih tinggi untuk mendeteksi perubahan cepat, atau lebih rendah untuk memantau tren jangka panjang.

Dengan hasil analisis yang menunjukkan tren penurunan reject dan prediksi stabil di masa depan, EWMA terbukti menjadi alat pengendalian kualitas yang efektif. Disarankan agar perusahaan menerapkan sistem pemantauan berbasis EWMA secara berkala, serta mengintegrasikan hasilnya ke dalam sistem pengambilan keputusan manajerial untuk peningkatan mutu yang berkelanjutan.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis pengendalian kualitas produksi buku menggunakan peta kendali EWMA di CV Renjana Offset selama periode November 2023 hingga Juli 2024, dapat disimpulkan bahwa proses produksi berlangsung dalam kondisi yang terkendali secara statistik, tanpa adanya data yang melampaui batas kendali yang telah ditentukan. Metode EWMA dengan parameter pelicin $\alpha = 0,3$ berhasil mengungkap adanya tren peningkatan mutu yang konsisten, terlihat dari penurunan signifikan dalam persentase produk reject, dari 18,02% pada November 2023 menjadi 4,74% pada Juli 2024, yang mencerminkan adanya peningkatan pengendalian kualitas secara sistematis.

Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif yang sedang antara volume produksi dan tingkat reject, dengan nilai korelasi -0,505. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika volume produksi meningkat, persentase produk yang ditolak cenderung menurun, menandakan peningkatan efisiensi proses produksi. Prediksi untuk Agustus 2024 menggunakan model EWMA memperkirakan tingkat reject tetap stabil di angka 4,74%, dengan interval kepercayaan 95% antara 0,00% hingga 13,76%.

Secara keseluruhan, metode EWMA terbukti efektif sebagai alat pengendalian kualitas yang mampu mendeteksi pergeseran kecil dalam proses secara cepat, memberikan data yang andal bagi pengambilan keputusan manajerial, serta mendukung upaya perbaikan mutu secara berkelanjutan. Oleh karena itu, disarankan agar perusahaan menerapkan pemantauan berbasis EWMA secara berkala dan mengintegrasikannya dalam sistem pengambilan keputusan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produksi buku ke depannya.

REFERENCES

Abdallah, R. A., Haridy, S., Shamsuzzaman, M., Bashir, H., & Maged, A. (2021). 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). IEOM Society International.

Alevizakos, V., Chatterjee, A., Chatterjee, K., & Koukouvinos, C. (2024). The exponentiated exponentially weighted moving average control chart. *Statistical Papers*, 65(6), 3853–3891.

Antono, I., & Santoso, R. (2016). Komputasi metode exponentially weighted moving average untuk pengendalian kualitas proses produksi menggunakan GUI MATLAB (Studi kasus: PT Djarum Kudus SKT Brak Megawon III). *Jurnal Gaussian*, 5(4), 673–682. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

Dwi Pujaningsih, E., Yunitasari, E. W., & Nurhayati, E. (n.d.). Pengendalian kualitas produk menggunakan cumulative sum control (CUSUM) dan fuzzy decision making pada proses produksi buku tahunan di CV Renjana Offset. https://doi.org/10.30588/jeemm.v9i1.2145

Hamsah, L., Purnamasari, I., & Satriya, A. M. A. (2019). Penerapan peta kendali exponentially weighted moving average (EWMA) dan peta kendali double exponentially weighted moving average (DEWMA) dalam pengendalian kualitas produk mie pada UD. Sinar Sulawesi. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika*, 1, 222–230.

Hamsah, L., Purnamasari, I., Muhammad, A., & Satriya, A. (2019). *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*.

Nesari, N., Mustafid, M., & Widiharih, T. (2023). Penerapan diagram kontrol MEWMA dalam pengendalian kualitas produksi keripik singkong pada UMKM di Kota Semarang (Studi kasus: Ceriping Bintang Putra Bu Slamet). *Jurnal Gaussian*, 11(3), 355–365.

Resti, A., Widiharih, T., & Santoso, R. (2021). Grafik pengendali mixed exponentially weighted moving average-cumulative sum (MEC) dalam analisis pengawasan proses produksi (Studi kasus: Wingko Babat Cap "Moel"). *Jurnal Gaussian*, 10(1), 114–124. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/

Sukparungsee, S., Areepong, Y., & Taboran, R. (2020). Exponentially weighted moving average—Moving average charts for monitoring the process mean. *PLoS ONE*, 15(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228208

Wibawati, W., Rahma, W. A., Ahsan, M., & Udiatami, W. M. (2022). Penerapan peta kendali neutrosophic exponentially weighted moving average (NEWMA) X dalam monitoring rata-rata proses ketebalan kaca. *Jambura Journal of Mathematics*, 4(1). https://doi.org/10.34312/jjom.v4i1.11993

Yeyen Setyorini, E., Surjanto, S. D., & Program Sarjana Studi, P. (2022). Perbandingan kinerja peta kendali CUSUM (Cumulative Sum) dan EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) dalam pengendalian kualitas produk FJLB (Finger Joint Laminated Board) di PT Serbaguna Prima.

Zainab, M. J., Zoramawa, A. B., Audu, A., & Tambuwal, A. I. (2025). Performance of modified exponentially weighted moving average (M-EWMA) control charts using transformed F-distribution. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 27(3), 176–187.