

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS KERTAS DAUR ULANG MENGUNAKAN METODE TAGUCHI

Helena Sitorus¹, Reni Masrida², Satini³

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

³ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

^{1,2,3} Jalan Perjuangan No. 81 Marga Mulya Kecamatan Bekasi Utara, Bekasi, Jawa Barat

E-mail: helenasitorus@dsn.ubharajaya.ac.id¹, renimasrida@ubharajaya.ac.id²,

satini12300@gmail.com³

Abstrak – Industri kertas daur ulang menghadapi tingkat cacat produksi kertas board rata-rata 9,24% per bulan, jauh di atas batas toleransi perusahaan sebesar 2%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas yang bersifat inspektif dan reaktif belum mampu mengurangi variasi proses secara efektif. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap cacat dominan serta merumuskan rekomendasi perbaikan proses menggunakan metode Taguchi. Tahapan penelitian meliputi identifikasi cacat dominan dengan diagram Pareto, analisis akar penyebab menggunakan diagram Fishbone, perancangan eksperimen matriks ortogonal L9, analisis Signal-to-Noise Ratio dengan kriteria *smaller is better*, dan *Analysis of Variance* menggunakan Minitab 19. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor dominan pada setiap jenis cacat adalah tekanan roller untuk kertas robek (78,94%), tekanan semprot untuk cacat tidak ter-coating (51,49%), kecepatan mesin potong untuk cacat tidak terpotong (79,46%), dan jenis material untuk cacat gramatur tinggi (70,82%). Kombinasi parameter optimal yang direkomendasikan meliputi tekanan roller 90 kN/m, suhu pengeringan 130°C, dan material campuran, yang kemudian diterjemahkan ke dalam rencana tindakan berbasis 5W+1H untuk mendukung penurunan cacat produksi secara sistematis dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Cacat; Kertas Daur Ulang; Metode Taguchi; Pengendalian Kualitas; Signal-To-Noise Ratio

Abstract – The recycled paper industry faces a high defect rate in board paper production, averaging 9.24% per month, exceeding the company's 2% tolerance limit, with five dominant defects: torn paper, uncoated paper, uncut paper, high grammage, and low grammage. This study aims to identify the most influential factor for each dominant defect and formulate process improvement recommendations using the Taguchi method. The research employed Pareto and Fishbone diagrams, an L9 orthogonal array, Signal-to-Noise Ratio analysis with the *smaller-is-better* criterion, and *Analysis of Variance* using Minitab 19. The results indicate that the dominant factors were roller pressure for torn paper (78.94%), spray pressure for uncoated paper (51.49%), cutting machine speed for uncut paper (79.46%), and material type for high grammage (70.82%). The optimal parameter combination consists of a roller pressure of 90 kN/m, a drying temperature of 130°C, and mixed material, followed by a 5W+1H improvement plan to systematically and sustainably reduce production defects.

Keywords: Defect; Taguchi Method; Quality Control; Recycled Paper; Signal-To-Noise Ratio.

PENDAHULUAN

Persaingan industri manufaktur yang semakin ketat menuntut setiap perusahaan menjaga kualitas produk sebagai indikator daya saing di pasar domestik maupun global, sehingga pengendalian kualitas menjadi bagian penting dan berkelanjutan dari sistem produksi. Industri kertas daur ulang, khususnya produksi kertas board, menghadapi tantangan besar dalam menjaga konsistensi kualitas. Data produksi

tahun 2025 pada salah satu perusahaan daur ulang kertas menunjukkan total produksi 6.995.064 kg dengan produk cacat mencapai 646.493 kg atau rata-rata 9,24% per bulan, jauh melampaui batas toleransi 2%. Lima jenis cacat dominan meliputi kertas robek, tidak ter-coating, tidak terpotong, gramatur tinggi, dan gramatur rendah, dengan kertas robek dan tidak ter-coating sebagai penyumbang terbesar berdasarkan diagram pareto. Kondisi ini menunjukkan bahwa pendekatan pengendalian

kualitas yang inspektif dan reaktif belum cukup menekan variasi proses, sehingga diperlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi kombinasi parameter proses optimal secara efisien sejak tahap desain proses.

Literatur mengenai metode Taguchi berkembang dari kerangka statistik kualitas level sistem, seperti sistem Mahalanobis-Taguchi untuk proses multivariat (Sun, Younis, Zhang, & Zhou, 2023), kajian risiko dan kapabilitas proses (Isaic-Maniu, Dragan, Grigore, & Constantin, 2023), serta desain ekonomis rencana sampling berbasis fungsi rugi Taguchi (Banihashemi, Fallah Nezhad, & Amiri, 2021), menuju aplikasi pada teknik material dan manufaktur, antara lain pengeboran komposit polimer (Kumar, Verma, & Mondal, 2021), pemotongan laser UV kayu lapis (Yung, Choy, Xiao, & Cai, 2021), milling aluminium (Sulaiman, Alajmi, Isahak, Yusuf, & Sayuti, 2022), pembentukan bellows logam (Liu, Liu, Li, & Liu, 2021), serta permesinan komposit nano (Kesarwani, Verma, & Jayswal, 2023). Metode ini juga merambah disiplin elektronika pada proses underfilling modul kendaraan (Huang, Shen, Wu, & Greene, 2021), geoteknik pada perbaikan tanah ekspansif berbasis fuzzy-grey (Ikeagwuani & Nwonu, 2022), dan manajemen mutu terpadu pada proses pembotolan (Oji & Oke, 2021). Riset terbaru mengintegrasikan Taguchi dengan kecerdasan buatan, seperti evaluasi kekasaran permukaan berbasis convolutional neural network (Bhandari & Park, 2024) dan optimasi fused deposition modeling (Chen, Zheng, & Chen, 2024). Pada konteks nasional, metode Taguchi diterapkan pada UMKM dan industri kecil, seperti engraving CNC kayu mahoni (Banoel, Wijaya, & Talitha, 2021), produk furniture (Octariani, Virgantari, & Wijayanti, 2021), kertas karbon dengan kombinasi Six Sigma (Al-Faritsy & Rachman, 2023), roti UMKM (Safitri, Wolok, & Lahay, 2025), wing king door (Saputra, 2023), dan Statistical Quality Control pada UMKM gethuk (Lestari & Widajanti, 2024). Namun terdapat perbedaan pandangan mengenai pendekatan pelengkap Taguchi yang paling tepat, misalnya kombinasi Six Sigma (Al-Faritsy & Rachman, 2023) dibandingkan Seven Tools dan Kaizen (Pratama, Dito, Kurniawan, & Al-Faritsy, 2023), sehingga belum ada konsensus tunggal. Secara

keseluruhan, penerapan Taguchi pada industri kertas daur ulang, khususnya kertas board dengan cacat multi-jenis, masih menjadi celah penelitian yang belum banyak dikaji.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama penelitian ini adalah tingkat produk cacat kertas board masih jauh melampaui toleransi perusahaan, sementara faktor-faktor penyebab dominan belum teridentifikasi secara sistematis, sehingga dirumuskan dua pertanyaan penelitian: faktor apa yang paling berpengaruh terhadap cacat produksi kertas, dan rekomendasi perbaikan apa yang dapat diterapkan. Untuk menjawabnya, penelitian ini menggunakan metode Taguchi karena keunggulannya dalam efisiensi jumlah eksperimen dan kemampuannya memperhitungkan faktor gangguan dibandingkan Six Sigma atau Statistical Process Control. Tahapan dimulai dari identifikasi penyebab cacat menggunakan diagram fishbone dan 5W+1H, dilanjutkan perancangan eksperimen matriks ortogonal L9 untuk setiap jenis cacat dominan, analisis Signal-to-Noise Ratio untuk menentukan level faktor optimal, serta Analysis of Variance untuk mengidentifikasi faktor paling signifikan, dengan bantuan perangkat lunak Minitab versi 19. Penelitian ini bertujuan menentukan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap cacat produksi kertas dan merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis metode Taguchi guna menurunkan tingkat produk cacat secara efektif dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen berbasis Taguchi untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kualitas produk dan menentukan kombinasi parameter proses yang optimal dalam meminimalkan produk cacat pada proses produksi kertas daur ulang. Penelitian dilaksanakan di salah satu perusahaan daur ulang kertas dengan memanfaatkan data primer berupa hasil eksperimen dan wawancara, serta data sekunder yang meliputi data historis produk cacat, standar mutu perusahaan, dan literatur pendukung. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, studi pustaka, dan eksperimen.

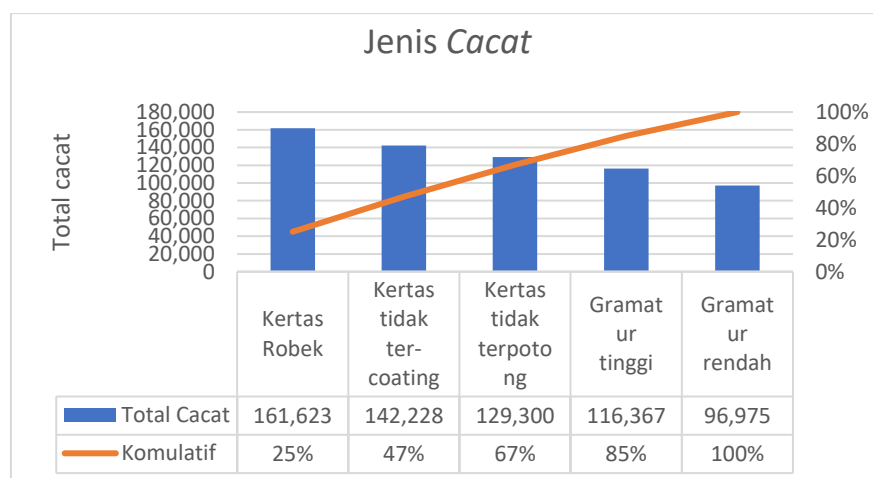
Tahapan penelitian diawali dengan analisis **Diagram Pareto** untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan, kemudian dilanjutkan dengan Diagram Fishbone untuk menganalisis akar penyebab cacat berdasarkan *Man, Machine, Material, Method, Measurement*, dan *Environment*. Selanjutnya dilakukan perancangan eksperimen menggunakan metode Taguchi yang meliputi penentuan karakteristik kualitas, identifikasi faktor dan level, perhitungan derajat kebebasan, serta pemilihan matriks ortogonal L9 sebagai rancangan percobaan. Eksperimen dilakukan sesuai kombinasi perlakuan pada matriks ortogonal untuk memperoleh data respons.

Data hasil eksperimen dianalisis menggunakan Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio) dengan karakteristik *Smaller is Better* untuk menentukan kombinasi parameter yang menghasilkan tingkat cacat terendah. Selanjutnya, Analysis of Variance (ANOVA) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh

signifikan terhadap kualitas produk, sedangkan teknik **Pooling Up** diterapkan untuk menggabungkan faktor yang tidak signifikan sebagai galat (*error*). Berdasarkan hasil analisis tersebut, rekomendasi perbaikan proses disusun menggunakan pendekatan 5W+1H sebagai dasar implementasi peningkatan kualitas pada proses produksi kertas daur ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbaikan masalah cacat produk kertas dilakukan melalui analisis cacat tersebut dengan menggunakan diagram Pareto dan diagram *Fishbone*. Diagram Pareto menunjukkan jenis cacat utama, yaitu kertas robek, tidak ter-*coating*, tidak terpotong, dan gramatur tinggi, yang menyumbang 85% dari total cacat. Hal ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan kualitas sebaiknya difokuskan pada empat penyebab cacat utama tersebut agar penurunan jumlah cacat dapat tercapai secara signifikan.



Gambar 1. Diagram Pareto Produk Cacat Kertas

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Untuk mengetahui lebih dalam penyebab dari keempat jenis *reject* utama tersebut, dilakukan analisis menggunakan diagram *Fishbone* (diagram tulang ikan). Analisis ini bertujuan untuk

mengidentifikasi faktor-faktor penyebab yang berkontribusi terhadap terjadinya cacat produk, baik dari aspek manusia, mesin, metode, material, maupun lingkungan.



Gambar 2. Fishbone Cacat Kertas Robek

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan diagram *fishbone* dan *brainstorming* cacat kertas robek, diketahui bahwa penyebab utama dari cacat kertas robek berasal dari empat faktor utama, yaitu manusia, mesin, metode, dan material. Cacat kertas robek merupakan hasil dari kombinasi berbagai faktor. Namun, tidak semua penyebab dapat diuji melalui metode Taguchi. Faktor seperti keterampilan operator dan SOP lebih tepat ditangani melalui perbaikan manajerial. Oleh karena itu, eksperimen Taguchi dalam penelitian ini difokuskan pada faktor-faktor teknis yang dapat dikendalikan secara langsung, yaitu (1) tekanan *roller*, (2) Suhu pengeringan (*Dryer*), (3) Jenis material. Ketiga variabel tersebut diambil dari kategori Mesin dan Material karena dinilai paling berpengaruh dan memungkinkan untuk diuji melalui desain eksperimen. Berdasarkan diagram *fishbone* dan *brainstorming* cacat tidak ter-*coating*, maka eksperimen Taguchi adalah (1) tekanan semprot *coating*, (2) kecepatan mesin saat proses *coating*, (3) viskositas *coating*. Ketiga

variabel tersebut berasal dari kategori Mesin dan Material. Berdasarkan analisis diagram *fishbone* dan *brainstorming* cacat tidak terpotong dengan sempurna dipengaruhi oleh empat kategori utama, yaitu manusia, mesin, metode, dan material. Eksperimen Taguchinya yaitu: (1) Kecepatan mesin potong, (2) Suhu pengeringan (*dryer*), (3) Jenis material. Ketiga variabel tersebut diambil dari kategori Mesin dan Material

Berdasarkan diagram *fishbone* dan *brainstorming* cacat gramatur tinggi disebabkan oleh kombinasi dari empat kategori utama: manusia, mesin, metode, dan material. Eksperimen Taguchinya adalah (1) tekanan *roller*, (2) suhu pengeringan (*dryer*), (3) jenis material. Ketiga variabel tersebut berasal dari faktor mesin dan material.

Berdasarkan hasil identifikasi penyebab utama melalui diagram Pareto dan *Fishbone*, langkah berikutnya adalah menyusun eksperimen untuk

menentukan pengaturan proses yang optimal. Untuk mendapatkan parameter yang standar dan optimal dalam upaya menurunkan jumlah cacat kertas di Perusahaan Daur Ulang Kerta maka digunakan desain eksperimen Taguchi.

Eksperimen Taguchi Untuk Cacat Kertas Robek

Variabel tak bebas (respon) = jumlah kertas robek. Faktor kontrol = Tekanan *Roller* (kN/m), Suhu Pengeringan (°C), Jenis Material. Jumlah leve, faktor level, dan derajat kebebasan terdapat di tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Level, Level Faktor, Derajat Kebebasan Cacat Kertas Robek

Kode	Faktor kontrol	Level 1	Level 2	Level 3	Derajat kebebasan (
A	Tekanan <i>Roller</i> (kN/m)	90	120	150	(3-1) = 2
B	Suhu Pengeringan (°C)	120	125	130	(3-1) = 2
C	Jenis Material	<i>Box</i>	<i>Core</i>	Campuran	(3-1) = 2

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Matriks Ortogonal L9 (3^3) yang diperoleh dari Minitab 19 adalah pada tabel 2.

Tabel 2. Susunan Matriks Ortogonal untuk Cacat Kertas Robek

Percobaan ke	Faktor		
	Tekanan <i>Roller</i> (kN/m)	Suhu Pengeringan (°C)	Jenis Material
1	90	120	<i>Box</i>
2	90	125	<i>Core</i>
3	90	130	Campuran
4	120	120	Campuran
5	120	125	<i>Box</i>
6	120	130	<i>Core</i>
7	150	120	<i>Core</i>
8	150	125	Campuran
9	150	130	<i>Box</i>

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Eksperimen dilakukan berdasarkan urutan perlakuan yang sudah ditentukan dalam tabel matriks Ortogonal L9. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebanyak 9 kombinasi perlakuan dengan 2 replikasi, maka dilakukan perhitungan *nilai Signal-to-Noise Ratio* (S/N) untuk masing-masing kombinasi.

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter proses yang paling tahan terhadap gangguan atau variasi dengan menggunakan kriteria *smaller is better*. Nilai-nilai S/N yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 3.

↓	C1	C2	C3-T	C4	C5	C6	C7
	Tekanan Roller	Suhu Pengeringan	Jenis Material	Replikasi 1	Replikasi 2	SNRA1	MEAN1
1	90	120	Box	25	27	-28,3059	26,0
2	90	125	Core	22	23	-27,0458	22,5
3	90	130	Campuran	18	20	-25,5871	19,0
4	120	120	Core	30	29	-29,3977	29,5
5	120	125	Campuran	27	28	-28,7881	27,5
6	120	130	Box	32	33	-30,2387	32,5
7	150	120	Campuran	36	35	-31,0054	35,5
8	150	125	Box	39	37	-31,5987	38,0
9	150	130	Core	31	32	-29,9673	31,5

T

Gambar 3. Hasil Eksperimen Untuk Cacat Kertas Robek**Sumber :** Pengolahan Data, 2026

Setelah diperoleh nilai S/N ratio untuk setiap kombinasi perlakuan, langkah selanjutnya adalah menganalisis pengaruh masing-masing faktor terhadap nilai S/N. Analisis ini dilakukan dengan

menghitung nilai rata-rata S/N untuk setiap level dari masing-masing faktor yang memberikan performa terbaik dan paling tahan terhadap gangguan atau variasi.

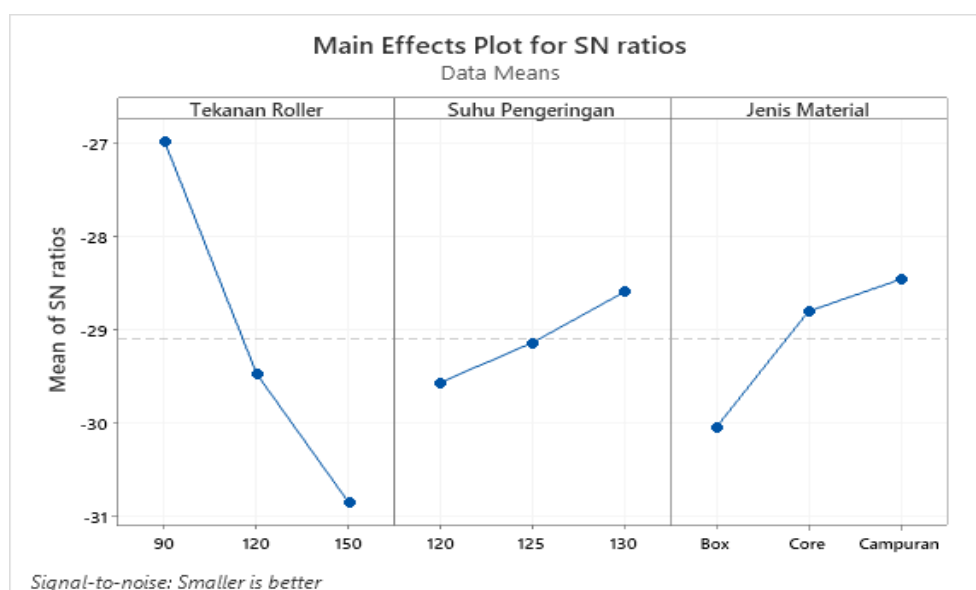
Tabel 3. Nilai Rata-rata S/N Ratio Untuk Cacat Kertas Robek

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Tekanan Roller (kN/m)	-26,98	-29,47	-30,86
Suhu Pengeringan (°C)	-29,57	-29,14	-28,6
Jenis Material	-30,05	-28,8	-28,46

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Untuk melihat pengaruh visual dari setiap level faktor terhadap nilai S/N, dibuat grafik *Main Effect Plot* seperti terlihat pada gambar 4. Grafik

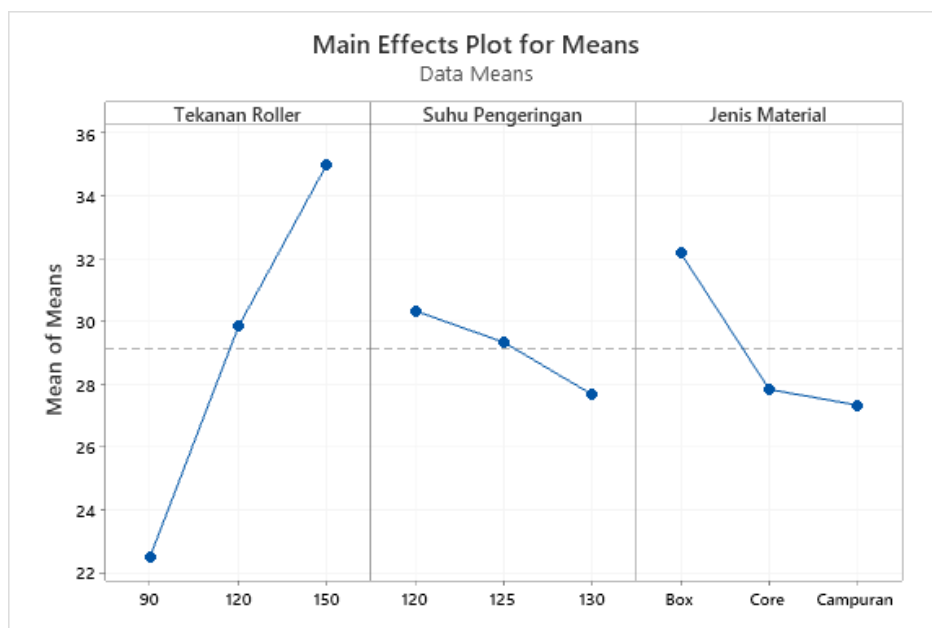
ini menunjukkan pola hubungan antara perubahan level faktor dengan performa kualitas (S/N Ratio).

**Gambar 4.** Grafik Main Effects S/N Ratio Cacat Kertas Robek**Sumber :** Pengolahan Data, 2026

Terlihat bahwa tekanan *roller* memiliki pengaruh paling signifikan, dengan penurunan nilai S/N yang tajam dari level 1 (90 kN/m) ke level 3 (150 kN/m), menandakan semakin tinggi tekanan, maka semakin buruk performa kualitas. Sedangkan suhu pengeringan menunjukkan pola kenaikan nilai S/N dari level 1 ke level 3, mengindikasikan bahwa suhu 130°C memberikan performa terbaik. Sedangkan untuk faktor jenis material, meskipun perubahan antar level tidak terlalu mencolok, jenis material campuran menunjukkan nilai S/N tertinggi di antara ketiganya. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan hasil yaitu bahwa tekanan *roller* adalah faktor yang paling dominan dalam memengaruhi kualitas produk, disusul oleh suhu pengeringan dan jenis material yang digunakan. *Response signal-to-noise ratio* digunakan untuk mengukur tingkat pengaruh setiap faktor terhadap performa proses dengan melihat nilai delta, yaitu selisih antara level tertinggi dan terendah dari nilai

S/N. faktor tekanan *roller* memiliki nilai delta terbesar, yaitu 3,88, sehingga merupakan faktor paling berpengaruh terhadap variasi nilai S/N. Faktor berikutnya yang memberikan pengaruh besar secara berturut-turut adalah jenis material yang digunakan (1,59) dan suhu pengeringan (0,97). Hal ini menunjukkan bahwa dalam upaya menghasilkan kualitas yang tahan terhadap gangguan, perhatian utama perlu difokuskan pada pengaturan tekanan *roller*. Nilai delta tertinggi pada tekanan *roller* (3,88) menunjukkan bahwa faktor ini paling memengaruhi kualitas produk.

Selain melakukan analisis berdasarkan nilai S/N, dilakukan juga analisis terhadap nilai rata-rata cacat aktual yang dihasilkan oleh setiap level faktor. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh langsung masing-masing faktor terhadap jumlah cacat yang dihasilkan seperti terlihat pada gambar 5;



Gambar 5. Main Effects Plot for Means Cacat Kertas Robek

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Faktor tekanan *roller* menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan, dengan jumlah cacat meningkat tajam dari level 1 (90 kN/m) ke level 3 (150 kN/m); ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan *roller*, maka semakin tinggi jumlah cacat kertas robek yang dihasilkan. Faktor suhu pengeringan memiliki pola menurun dari 120°C ke

130°C, artinya suhu yang lebih tinggi (130°C) menghasilkan lebih sedikit cacat kertas robek. Sedangkan faktor bahan baku memiliki fluktuasi, dengan bahan baku campuran menunjukkan nilai rata-rata cacat terendah. Dengan demikian, kombinasi parameter proses yang optimal berdasarkan hasil analisis S/N dan nilai rata-rata

cacat adalah **tekanan roller** 90 kN/m, **suhu 130°C**, dan **jenis material campuran**. Kombinasi ini direkomendasikan untuk diterapkan dalam proses produksi. Setelah melakukan perhitungan nilai S/N dan analisis grafik pengaruh utama, langkah selanjutnya adalah menguji signifikansi

masing-masing faktor menggunakan metode ANOVA. Uji ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana faktor-faktor tersebut secara statistik memengaruhi kualitas produksi. Selanjutnya menghitung persentase kontribusi (%) dari setiap faktor berdasarkan nilai Adj SS.

Tabel 4. Persentase Kontribusi Cacat Kertas Robek

Sumber	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	% Kontribusi
Tekanan <i>Roller</i>	2	473,444	236,722	131,66	0,000	78,94%
Suhu Pengeringan	2	21,778	10,889	6,06	0,017	3,63%
Jenis Material	2	84,778	42,389	23,58	0,000	14,13%
Error	11	19,778	1,798			3,30%
Total	17	599,778				100%

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Kontribusi dari tekanan *roller* sebesar 78,94%, suhu pengeringan sebesar 3,63%, dan jenis material sebesar 14,13%. Hal ini menunjukkan bahwa parameter yang paling berkontribusi adalah tekanan *roller*. Pada penelitian ini digunakan tingkat signifikansi $P < 0,05$, yang berarti jika nilai P lebih kecil dari 0,05 maka faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Sedangkan nilai $P > 0,05$ maka faktor tersebut tidak berpengaruh secara signifikan. Pada Tabel 4.15 diatas dapat disimpulkan bahwa nilai P dari tekanan *roller* sebesar 0,000, dari jenis material sebesar 0,000, dan dari suhu pengeringan sebesar 0,017, yang artinya ketiga parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap cacat produk.

Analisis dilakukan dengan cara dan tahapan yang sama untuk semua cacat dan mendapatkan hasil.

Ada 3 jenis cacat yang dianalisis dengan eksperimen Taguchi. Mari saya baca tiap bagian secara lengkap. Sudah saya baca ketiga bagian eksperimen Taguchi dalam skripsi ini. Berikut ringkasannya:

Ringkasan Eksperimen Taguchi per Jenis Cacat

1. Cacat Tidak Ter-Coating

Faktor kontrol: Tekanan Semprot (2/3/4 bar), Kecepatan Mesin (300/400/500 m/min), Viskositas *Coating* (150/250/350 cP) — desain L9 (3^3).

Hasil:

- Faktor paling dominan: **Tekanan Semprot** (delta S/N 3,53; delta means 3,667; kontribusi ANOVA **51,49%**, $p=0,001$ — signifikan)
- Kecepatan Mesin: kontribusi 14,81% ($p=0,046$ — signifikan)
- Viskositas *Coating*: kontribusi 13,99% ($p=0,052$ — tidak signifikan)
- Kombinasi optimal:** Tekanan Semprot 2 bar, Kecepatan Mesin 500 m/min, Viskositas *Coating* 350 cP

e.

2. Cacat Tidak Terpotong

Faktor kontrol: Kecepatan Mesin Potong (250/300/350 m/min), Suhu Pengeringan (120/125/130°C), Jenis Material (*Box/Core/Campuran*) — desain L9 (3^3).

Hasil:

- Faktor paling dominan: **Kecepatan Mesin Potong** (delta S/N 4,94; delta means 4,500; kontribusi ANOVA **79,46%**, $p=0,000$ — signifikan)
- Suhu Pengeringan: kontribusi 10,65% ($p=0,014$ — signifikan)

- c. Jenis Material: kontribusi hanya 0,82% (p=0,622 — tidak signifikan)
- d. **Kombinasi optimal:** Kecepatan Mesin 250 m/min, Suhu Pengeringan 130°C, Jenis Material Campuran

3. Cacat Gramatur Tinggi

Faktor kontrol: Tekanan *Roller* (90/120/150 kN/m), Suhu Pengeringan (120/125/130°C), Jenis Material (*Box/Core/Campuran*) — desain L9 (3³).

Hasil:

- a. Faktor paling dominan: **Jenis Material** (delta S/N 4,08; delta means 4,500; kontribusi ANOVA **70,82%**, p=0,000 — signifikan)
- b. Tekanan *Roller*: kontribusi 10,41% (p=0,031 — signifikan)
- c. Suhu Pengeringan: kontribusi 6,98% (p=0,077 — tidak signifikan)

- d. **Kombinasi optimal:** Tekanan *Roller* 90 kN/m, Suhu Pengeringan 130°C, Jenis Material Campuran

Pola umum: Setiap eksperimen konsisten menggunakan 3 faktor, 3 level, matriks ortogonal L9, dengan 2 replikasi per percobaan. Pendekatan analisis sama di ketiga kasus: Response Table for S/N Ratio Response Table for Means, Main Effects Plot, ANOVA, dan persentase kontribusi.

Setelah dilakukan analisis kualitas menggunakan metode Taguchi dan diketahui faktor yang paling berpengaruh terhadap cacat produksi, maka dilakukan analisis lanjutan menggunakan pendekatan 5W+1H untuk mengidentifikasi lebih dalam penyebab dan membantu dalam perumusan solusi perbaikan.

Tabel 5. Analisis 5W+1H

Jenis Cacat	Faktor Penyebab Utama	Rekomendasi Perbaikan Kunci
Kertas Robek	Tekanan <i>roller</i> terlalu tinggi, suhu <i>dryer</i> tidak stabil, kekuatan kertas lemah	Turunkan tekanan <i>roller</i> ke 90 kN/m, jaga suhu pengeringan 130°C, gunakan material campuran
Tidak Ter-Coating	Tekanan semprot tidak sesuai, viskositas <i>coating</i> rendah, kecepatan mesin tidak stabil	Tekanan semprot 2 bar, kecepatan mesin 500 m/min, viskositas <i>coating</i> 350 cP
Tidak Terpotong	Kecepatan mesin potong terlalu tinggi, suhu pengeringan rendah, pisau tumpul	Kecepatan potong 250 m/min, suhu pengeringan 130°C, gunakan material campuran
Gramatur Tinggi	Tekanan <i>roller</i> tinggi, suhu terlalu rendah, bahan baku padat/kaya air	Tekanan <i>roller</i> 90 kN/m, suhu pengeringan 130°C, material campuran

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Hasil eksperimen Taguchi menunjukkan bahwa setiap jenis cacat memiliki satu faktor dominan: tekanan *roller* untuk cacat kertas robek (kontribusi 78,94%; p = 0,000), tekanan semprot untuk cacat tidak ter-*coating* (51,49%; p = 0,001), kecepatan mesin potong untuk cacat tidak terpotong (79,46%; p = 0,000), dan jenis material untuk cacat gramatur tinggi (70,82%; p = 0,000). Temuan ini membuktikan hipotesis bahwa terdapat faktor teknis dominan yang dapat dikendalikan untuk menurunkan cacat kertas

board, dan sejalan dengan prinsip desain kokoh (*robust design*) dalam Taguchi (Sun, Younis, Zhang, & Zhou, 2023) serta temuan serupa pada proses pembentukan logam (Liu, Liu, Li, & Liu, 2021) dan pemotongan laser (Yung, Choy, Xiao, & Cai, 2021), yang juga menunjukkan variasi kualitas terkonsentrasi pada satu-dua faktor kunci.

Penelitian ini memperluas penerapan Taguchi—yang selama ini banyak dikaji pada manufaktur presisi (Kumar, Verma, & Mondal, 2021; Kesarwani, Verma, & Jayswal, 2023)—ke industri

kertas daur ulang. Berbeda dari penelitian yang mengombinasikan Taguchi dengan Six Sigma (Al-Faritsy & Rachman, 2023) atau *Seven Tools* dan Kaizen (Pratama, Dito, Kurniawan, & Al-Faritsy, 2023), penelitian ini menunjukkan bahwa Taguchi murni—dipadukan Pareto, *Fishbone*, dan 5W+1H—sudah cukup menghasilkan rekomendasi yang aplikatif dan sesuai untuk industri skala menengah dengan sumber daya terbatas.

Kombinasi parameter optimal yang direkomendasikan: tekanan *roller* 90 kN/m dan suhu pengeringan 130°C (kertas robek serta gramatur tinggi), tekanan semprot 2 bar dan kecepatan mesin 500 m/min (tidak ter-*coating*), serta kecepatan potong 250 m/min (tidak terpotong), dengan material campuran konsisten memberikan hasil terbaik di semua kasus. Keterbatasan penelitian ini adalah faktor gangguan (*noise*) seperti suhu dan kelembapan ruang produksi yang belum dikendalikan secara eksperimental, sehingga penelitian lanjutan disarankan mengintegrasikan Taguchi dengan pemantauan berbasis kecerdasan buatan (Bhandari & Park, 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tingkat cacat produksi kertas *board* dipengaruhi oleh faktor teknis yang berbeda untuk setiap jenis cacat: tekanan *roller* dan jenis material paling berpengaruh pada cacat kertas robek dan gramatur tinggi, tekanan semprot pada cacat tidak ter-*coating*, dan kecepatan mesin potong pada cacat tidak terpotong. Temuan ini menjawab pertanyaan penelitian mengenai faktor paling berpengaruh terhadap cacat kertas sekaligus membuktikan hipotesis bahwa faktor teknis dominan dapat diidentifikasi dan dikendalikan melalui pendekatan Taguchi, serta menghasilkan rekomendasi pengaturan proses yang aplikatif dalam bentuk rencana tindakan 5W+1H. Gagasan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengujian implementasi rekomendasi ini secara langsung di lini produksi untuk memverifikasi penurunan cacat secara aktual.

Saran

Bagi manajemen dan operator produksi, disarankan segera menerapkan tekanan *roller* 90

kN/m dan suhu pengeringan 130°C karena paling konsisten menurunkan berbagai jenis cacat sekaligus, disertai pelatihan singkat agar pengaturan dilakukan konsisten pada setiap pergantian *shift*. Bagi bagian pengadaan dan *quality control*, disarankan menjadikan material campuran sebagai standar bahan baku utama serta memantau berkala viskositas *coating* dan ketajaman pisau potong. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan memperluas penelitian dengan mengendalikan faktor gangguan seperti suhu dan kelembapan ruang produksi, serta mempertimbangkan integrasi Taguchi dengan sistem pemantauan berbasis kecerdasan buatan agar pengendalian kualitas lebih adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Faritsy, A. Z., & Rachman, F. A. N. 2023. Usulan Perbaikan Kualitas Produk Kertas Karbon Menggunakan Six Sigma dan Taguchi. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 5(2), 73–78.
- Banihashemi, A., Fallah Nezhad, M. S., & Amiri, A. 2021. A new approach in the economic design of acceptance sampling plans based on process yield index and Taguchi loss function. *Computers & Industrial Engineering*, 159, Article 107155.
- Banoel, N. A., Wijaya, D. K., & Talitha, T. 2021. Metode Taguchi untuk optimasi proses engraving CNC Router G-Weike WK1212 untuk kayu mahoni. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 7(2), 98–103.
- Bhandari, B., & Park, G. 2024. Non-contact surface roughness evaluation of milling surface using CNN-deep learning models. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 37(4), 423–437.
- Chen, D.-C., Zheng, Q.-D., & Chen, C.-H. 2024. Optimization of tensile strength and cost-effectiveness of polyethylene terephthalate glycol in fused deposition modeling using the Taguchi method and analysis of variance. *Polymers*, 16(22), Article 3133.
- Huang, C.-Y., Shen, L.-C., Wu, T.-H., & Greene, C. 2021. Application of multi-quality parameter design in the optimization of underfilling process: A case study of a vehicle electronic module. *Soldering and Surface Mount Technology*, 33(2), 128–138.

- Ikeagwuani, C. C., & Nwonu, D. C. 2022. Application of fuzzy logic and grey based Taguchi approach for additives optimization in expansive soil treatment. *Road Materials and Pavement Design*, 23(4), 849–873.
- Isaic-Maniu, A., Dragan, I.-M., Grigore, A.-M., & Constantin, F. 2023. Taguchi risk and process capability. *Risks*, 11(10), Article 178.
- Kesarwani, S., Verma, R. K., & Jayswal, S. C. 2023. A modified decision-making optimization approach during machining of carbon fabric and reduced graphene oxide reinforced (CF/rGO) polymer nanocomposites. *Journal of Multiscale Modelling*, 14(3), Article 2350005.
- Kumar, J., Verma, R. K., & Mondal, A. K. 2021. Taguchi-Grey Theory Based Harmony Search Algorithm (GR-HSA) for predictive modeling and multi-objective optimization in drilling of polymer composites. *Experimental Techniques*, 45(4), 531–548.
- 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.
- Liu, J., Liu, Y., Li, L., & Liu, J. 2021. Numerical investigation of the effect of material properties on forming metal bellows. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 116(7–8), 2425–2436.
- Octariani, I., Virgantari, F., & Wijayanti, H. 2021. Metode Taguchi dalam analisis pengendalian kualitas produk furniture. *Interval: Jurnal Ilmiah Matematika*, 1(2), 50–61.
- Oji, B. C., & Oke, S. A. 2021. Optimisation of bottling process using “hard” total quality management elements. *The TQM Journal*, 33(2), 473–502.
- Pratama, N. A., Dito, M. Z., Kurniawan, O. O., & Al-Faritsy, A. Z. 2023. Analisis pengendalian kualitas dengan metode Seven Tools dan Kaizen dalam upaya mengurangi tingkat kecacatan produk. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), 53–62.
- Safitri, R., Wolok, E., & Lahay, I. H. 2025. Analisis pengendalian kualitas produk roti menggunakan metode Taguchi pada UMKM Roti Masempo. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1), 1–8.
- Saputra, M. A. 2023. Desain eksperimen dalam pengendalian kualitas produk Wing King Door Eco dengan metode Taguchi pada PT Wadja Karya Dunia. *Industrikrisna*, 12(2), 55–67.
- Sulaiman, S., Alajmi, M. S., Isahak, W. N. W., Yusuf, M., & Sayuti, M. 2022. Dry milling machining: Optimization of cutting parameters affecting surface roughness of Aluminum 6061 using the Taguchi method. *International Journal of Technology*, 13(1), 58–68.
- Sun, Y., Younis, I., Zhang, Y., & Zhou, H. 2023. Optimizing the quality control of multivariate processes under an improved Mahalanobis–Taguchi system. *Quality Engineering*, 35(3), 413–429.
- Yung, K. C., Choy, H. S., Xiao, T., & Cai, Z. 2021. UV laser cutting of beech plywood. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112(3–4), 925–947.