



## ANALISIS KANDUNGAN KOLIFORM DAN IDENTIFIKASI FAKTOR PENYEBAB KONTAMINASI PADA PROSES PENGOLAHAN PRODUK GROUND MEAT TUNA

### ANALYSIS OF COLIFORM LEVEL AND IDENTIFICATION OF CONTRIBUTING FACTORS ON THE PROCESSING OF GROUND MEAT TUNA PRODUCTS

Aina Asyifa Ummi<sup>1\*</sup> Resmi Rumenta Siregar<sup>1\*</sup> Wini Trilaksani<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jalan AUP Barat, Pasar Minggu, Jakarta, Indonesia, 12520

<sup>2</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Jalan Raya Dramaga Kampus, Bogor, Indonesia, 16680

\*Korespondensi: ainaasyifa.aup@gmail.com (AA Ummi)

Diterima 15 November 2025 – Disetujui 30 April 2026

**ABSTRAK.** Kontaminasi koliform pada produk perikanan dapat menjadi indikator rendahnya penerapan higiene dan sanitasi selama proses produksi sehingga berpotensi menurunkan mutu dan keamanan pangan produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan koliform, mengidentifikasi faktor penyebab kontaminasi, serta mengevaluasi tingkat pengaruh masing-masing faktor menggunakan skala Likert pada produk ground meat tuna selama proses pengolahan di PT Samudra Ulam Nusantara. Pengujian koliform dilakukan pada beberapa tahapan proses produksi, yaitu *receiving*, *retouching*, dan *grinding* menggunakan metode AOAC 991.14. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan *Statistical Process Control* (SPC) dan analisis kapabilitas proses untuk menilai kestabilan serta kemampuan proses dalam memenuhi batas spesifikasi  $\leq 100$  CFU/g. Selain itu, dilakukan analisis faktor penyebab menggunakan pendekatan *fishbone* (5M) serta evaluasi persepsi melalui kuesioner skala Likert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan koliform meningkat secara signifikan pada tahapan proses, terutama pada *retouching* dan *grinding*, yang mengindikasikan terjadinya kontaminasi selama proses produksi. Analisis SPC menunjukkan proses belum terkendali secara statistik, dengan nilai *Capability Process* (Cp) sebesar 0,12 dan *Capability Process Index* (Cpk) sebesar -0,29 yang menandakan proses tidak *capable* dalam memenuhi standar mutu. Berdasarkan analisis skala likert, faktor method menjadi faktor paling dominan yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi koliform dengan nilai indeks sebesar 96%, diikuti faktor man sebesar 92% dan environment sebesar 86%, sedangkan faktor machine sebesar 76% dan material sebesar 54%. Berdasarkan hasil tersebut maka peningkatan koliform pada produk ground meat tuna dipengaruhi oleh metode kerja, higiene pekerja, dan kondisi lingkungan produksi, sehingga diperlukan perbaikan penerapan SOP, higiene pekerja, pengendalian suhu, dan sanitasi produksi untuk meningkatkan mutu serta keamanan produk.

**Kata Kunci:** Koliform, *ground meat* tuna, *statistical process control* (SPC), kapabilitas proses, *fishbone*.

**ABSTRACT.** Coliform contamination in fishery products may indicate inadequate hygiene and sanitation practices during the production process, which can potentially reduce product quality and food safety. This study aimed to analyze coliform contamination, identify the factors causing contamination, and evaluate the influence level of each factor using a Likert scale on ground meat tuna products during the processing stages at PT Samudra Ulam Nusantara. Coliform testing was conducted at several production stages, namely *receiving*, *retouching*, and *grinding* using the AOAC 991.14 method. The test results were analyzed using *Statistical Process Control* (SPC) and process capability analysis to evaluate process stability and the ability of the process to meet the specification limit of  $\leq 100$  CFU/g. In addition, causative factor analysis was carried out using the *fishbone* (5M) approach, and perception evaluation was conducted through a Likert scale questionnaire. The results showed that coliform contamination increased significantly throughout the production stages, particularly during the *retouching* and *grinding* processes, indicating the occurrence of contamination during production activities. SPC analysis revealed that the process was statistically out of control, with a *Process Capability* (Cp) value of 0.12 and a *Process Capability Index* (Cpk) value of -0.29, indicating that the process was not capable of consistently meeting the established quality standards. Based on the Likert scale analysis, the method factor was identified as the most dominant factor influencing coliform contamination with an index value of 96%, followed by the man factor at 92% and the environment factor at 86%, while the machine and material factors contributed 76% and 54%, respectively. Based on these results, the increase in coliform contamination in ground meat tuna products was influenced by

work methods, worker hygiene, and production environmental conditions. Therefore, improvements in SOP implementation, worker hygiene, temperature control, and production sanitation are necessary to improve product quality and safety.

**Keywords:** Coliform, ground meat tuna, statistical process control (SPC), process capability, fishbone diagram.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil tuna terbesar di dunia, dengan kontribusi signifikan terhadap pasar tuna global. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2024, nilai ekspor komoditas tuna-cakalang Indonesia mencapai sekitar USD 1,03 miliar atau sebesar 17,4% dari total ekspor perikanan Indonesia, dengan tren peningkatan sebesar 11,6% dibandingkan tahun sebelumnya. Salah satu produk unggulan dalam ekspor ini adalah *ground meat* tuna, yang banyak digunakan sebagai bahan baku makanan olahan di pasar internasional. Potensi besar ini memberikan peluang ekonomi yang signifikan, namun kualitas dan keamanan produk tetap menjadi perhatian utama dalam memenuhi standar internasional.

Produk *ground meat tuna* merupakan produk olahan perikanan bernilai ekonomi tinggi yang memerlukan pengendalian mutu dan keamanan pangan secara ketat selama proses produksi. Mutu produk tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas bahan baku, tetapi juga oleh hygiene pekerja, sanitasi peralatan, kondisi lingkungan, serta kestabilan proses produksi. Salah satu indikator keamanan pangan yang umum digunakan pada produk perikanan adalah bakteri koliform karena keberadaannya dapat menunjukkan rendahnya penerapan hygiene dan sanitasi selama proses pengolahan (Sika et al., 2023).

Koliform adalah indikator penting dalam menilai tingkat sanitasi dan kualitas mikrobiologis suatu produk pangan, termasuk *ground meat* tuna. Bakteri kelompok koliform, seperti *Escherichia coli*, dapat mencemari produk melalui air, peralatan, atau praktik hygiene yang buruk selama proses produksi (Kumah et al., 2024). Keberadaan koliform dalam produk tuna dapat menurunkan kualitas, membahayakan kesehatan konsumen, dan menghambat akses pasar ekspor (Rahim et al., 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kontaminasi *Escherichia coli* dan koliform masih ditemukan pada produk perikanan segar dan beku akibat sanitasi serta hygiene proses yang belum optimal selama penanganan dan pengolahan produk perikanan (Wijasari et al., 2025). Selain itu, penggunaan *Statistical Process Control* (SPC) telah digunakan untuk mengevaluasi kestabilan proses produksi pangan dan mengidentifikasi variasi proses yang memengaruhi mutu produk (Fitriana et al., 2020). Namun, penelitian mengenai pengendalian koliform pada produk *ground meat tuna* yang mengintegrasikan analisis SPC, kapabilitas proses, *fishbone*, dan skala *Likert* untuk menentukan faktor dominan penyebab kontaminasi masih terbatas.

Berdasarkan data internal bagian *Quality Control* Perusahaan, dari total 19 pengujian sampel koliform pada produk *ground meat* tuna selama bulan Maret hingga Mei 2025, sebanyak 17 sampel di antaranya melebihi ambang batas yang ditetapkan, dengan kadar tertinggi mencapai 1200 cfu/g pada tanggal 20 Maret 2025. Pengujian sampel-sampel ini jauh melampaui batas yang diperbolehkan, sehingga menandakan adanya permasalahan pada proses produksi yang dapat disebabkan oleh sanitasi peralatan yang kurang optimal, pengendalian suhu ruangan yang tidak konsisten, serta praktik hygiene pekerja. Masalah ini mendorong perlunya evaluasi menyeluruh terhadap proses produksi, identifikasi titik kritis kontaminasi, dan penerapan strategi pengendalian untuk mempertahankan mutu dan keamanan produk agar memenuhi standar internasional.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat kontaminasi koliform, kemampuan proses produksi, serta faktor-faktor penyebab terjadinya kontaminasi pada produk *ground meat tuna* di PT Samudra Ulam Nusantara. Analisis dilakukan menggunakan *Statistical Process Control* (SPC), analisis kapabilitas proses, dan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi mutu produk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi dan

rekomendasi perbaikan dalam meningkatkan efektivitas pengendalian mutu, penerapan higiene sanitasi, serta menjaga keamanan produk selama proses produksi berlangsung.

## 2. Metode

### 2.1 Pengujian Kandungan Koliform

Kegiatan ini dilaksanakan di Perusahaan Pengolahan Tuna mulai dari Bulan Oktober sampai Desember 2025. Ikan tuna (*Thunnus*) yang menjadi sampel dalam penelitian ini diperoleh dari salah satu Industri Pengolahan Tuna di Kota Bitung, Sulawesi Utara. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga tahapan yaitu receiving, retouching, dan grinding. Sampel ground meat tuna diambil dalam kondisi segar dan dikemas menggunakan plastik PE tertutup. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam cool box bersuhu rendah serta ice gel untuk segera dibawa ke laboratorium dilakukan pengujian mikrobiologi. Sampel diambil dari tiga pemasok utama yang menyuplai bahan baku terbanyak ke unit pengolahan. Pengambilan sampel dilakukan setiap bulan (satu kali pengamatan, empat kali pengulangan) dari setiap pemasok tersebut. Pengujian koliform dilakukan di laboratorium internal perusahaan menggunakan metode Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 991.14 untuk pengujian koliform dan *Escherichia coli* (AOAC, 2019). Selain itu, dilakukan juga pengujian kandungan koliform secara eksternal menggunakan metode pengujian yang sama di Bali Seafood Laboratory.

Sebanyak 12 sampel ground meat tuna diambil pada tahapan receiving, retouching, dan grinding selama periode Oktober–Desember 2025. Pengambilan sampel dilakukan secara berkala untuk menggambarkan kondisi aktual kandungan koliform selama proses produksi berlangsung. Pemilihan tahapan proses tersebut didasarkan pada potensi terjadinya kontaminasi silang akibat kontak langsung antara bahan baku, pekerja, peralatan, dan lingkungan produksi selama proses pengolahan (Codex, 2023). Sampel ditimbang sebanyak 25 gram secara aseptik, kemudian sampel dimasukkan ke dalam 225 ml Aquades untuk dilakukan pengenceran dan homogenisasi. Setelah homogen, diambil 1 ml sampel menggunakan pipet dan diinokulasikan ke media Petrifilm, lalu diratakan agar sampel tersebar merata pada permukaan media. Selanjutnya, petrifilm diinkubasi dalam inkubator pada suhu  $\pm 35^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam untuk pertumbuhan bakteri. Selanjutnya, dilakukan penghitungan koloni berwarna merah disertai dengan gas sebagai indikator keberadaan bakteri koliform dalam sampel.

### 2.2 Analisis Faktor Penyebab Kontaminasi Koliform dengan Fishbone

Analisis faktor penyebab kontaminasi koliform pada produk ground meat tuna dilakukan melalui pendekatan pengujian mikrobiologi, observasi proses, dan analisis sistematis terhadap sumber kontaminasi (FDA, 2023). Pengujian mikrobiologi difokuskan pada beberapa titik kritis yang berpotensi menjadi sumber kontaminasi, yaitu air proses, permukaan peralatan dan higiene pekerja. Pengujian kualitas air dilakukan pada air yang digunakan dalam proses produksi, khususnya air pencucian bahan baku dan air yang kontak langsung dengan produk (Gaare *et al.*, 2021).

Sampel air diambil secara aseptik sebanyak 100 mL menggunakan botol steril, kemudian diuji kandungan koliformnya menggunakan metode AOAC 991.14. Hasil pengujian dinyatakan dalam satuan CFU/mL (AOAC, 2019). Pengujian swab dilakukan pada permukaan peralatan produksi yang sering kontak langsung dengan bahan, seperti meja kerja, pisau, dan mesin penggiling. Swab juga dilakukan pada tangan dan sarung tangan pekerja. Prosedur swab dilakukan menggunakan kapas steril yang telah dibasahi dengan larutan buffer, kemudian digosokkan pada permukaan dengan luas tertentu (misalnya 25 cm<sup>2</sup>). Sampel swab selanjutnya diinokulasikan ke media uji koliform (seperti Petrifilm atau media selektif lainnya) dan diinkubasi sesuai standar metode yang digunakan. Hasil dinyatakan dalam CFU/cm<sup>2</sup> atau CFU/swab area (AOAC, 2019).

Selain pengujian mikrobiologi, dilakukan observasi langsung terhadap tahapan proses produksi yang meliputi receiving, retouching dan grinding. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap setiap faktor penyebab berdasarkan pendekatan 5M (Mota *et al.*, 2021) yaitu man, machine, material, method dan

environment. Data hasil pengujian mikrobiologi dan observasi kemudian dianalisis menggunakan diagram fishbone (Ishikawa) untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dan menentukan akar penyebab utama kontaminasi koliform (Mota et al., 2021).

### 2.3 Pengukuran Persepsi menggunakan Skala Likert

Pengukuran persepsi terhadap faktor-faktor penyebab kontaminasi koliform dilakukan dengan metode wawancara menggunakan kuesioner skala Likert. Skala Likert digunakan untuk mengetahui tingkat kepentingan dan tingkat pengaruh dari masing-masing faktor yang telah diidentifikasi melalui analisis fishbone, sehingga dapat ditentukan prioritas perbaikan secara lebih objektif (Likert, 1932). Kuesioner yang disusun berdasarkan lima kategori faktor penyebab, yaitu man (manusia), *machine* (mesin), material (bahan), *method* (metode), dan *environment* (lingkungan).

Setiap kategori dijabarkan ke dalam beberapa indikator, seperti higiene pekerja, kebersihan peralatan, penerapan SOP, serta kondisi lingkungan produksi. Responden dalam penelitian ini adalah pihak yang terlibat langsung dalam proses produksi, seperti quality assurance, quality control, operator receiving, operator retouching dan operator grinding. Setiap pernyataan dalam kuesioner diukur dengan lima tingkat penilaian (Septiana et al., 2025) yaitu Sangat Tidak Setuju (STS) = 1, Tidak Setuju (TS) = 2, Kurang Setuju (KS) = 3, Setuju (S) = 4 dan Sangat Setuju (SS) = 5.

## 2.4 Analisa Data

### 2.4.1 Analisis Pengendalian Mutu Menggunakan SPC

Hasil pengujian koliform dianalisis menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) untuk mengevaluasi kestabilan dan kapabilitas proses produksi, serta dibandingkan dengan batas spesifikasi yang ditetapkan. Pengukuran kapabilitas proses dilakukan untuk mengetahui kemampuan proses produksi dalam memenuhi batas spesifikasi kandungan koliform yang telah ditetapkan, yaitu  $\leq 100$  CFU/g. Data yang digunakan merupakan hasil pengujian kandungan koliform pada produk ground meat tuna selama periode pengamatan. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *Statistical Process Control* (SPC) dengan menghitung parameter statistik berupa nilai rata-rata dan standar deviasi (Rasib et al., 2023).

Selanjutnya, kapabilitas proses dihitung menggunakan indeks Cp dan Cpk, di mana Cp menunjukkan potensi kemampuan proses terhadap batas spesifikasi, sedangkan Cpk menunjukkan kemampuan aktual proses dengan mempertimbangkan posisi rata-rata terhadap batas spesifikasi. Pengambilan keputusan berdasarkan nilai Cp dan Cpk dilakukan dengan membandingkan nilai indeks kapabilitas proses terhadap standar nilai kapabilitas proses. Proses produksi dinyatakan baik dan mampu memenuhi spesifikasi apabila nilai Cp dan Cpk  $\geq 1,00$ , sedangkan nilai Cp dan Cpk  $< 1,00$  menunjukkan bahwa proses belum mampu menghasilkan produk secara konsisten sesuai batas spesifikasi yang ditetapkan (Rasib et al., 2023).

### 2.4.2 Analisis Faktor Penyebab menggunakan Diagram Fishbone

Analisis dilakukan berdasarkan pendekatan 5M, yaitu man, machine, material, method, dan environment. Pendekatan 5M digunakan untuk mengelompokkan sumber penyebab masalah mutu berdasarkan faktor manusia, mesin, bahan, metode, dan lingkungan proses sehingga hubungan antar penyebab dapat dianalisis secara lebih sistematis (Tagaram et al., 2024). Diagram fishbone digunakan untuk membantu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dari berbagai faktor yang memengaruhi peningkatan kandungan koliform sehingga dapat diketahui akar masalah yang paling dominan dalam proses produksi. Menurut Kumah et al., (2024), diagram fishbone merupakan alat yang digunakan untuk mengorganisasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab suatu permasalahan mutu secara sistematis sehingga mempermudah proses evaluasi dan penyusunan tindakan perbaikan. Hasil analisis selanjutnya

digunakan sebagai dasar dalam menentukan faktor dominan penyebab kontaminasi koliform pada tahapan receiving, retouching, dan grinding selama proses produksi berlangsung.

2.4.3 Analisa Faktor Penyebab menggunakan Skala Likert

Data yang diperoleh dari kuesioner dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan metode perhitungan skala Likert (Septiana et al., 2025).

**Tabel 1. Kategori Analisis Data.**

Pilihan kategori	Skor
Sangat Setuju (SS)	5
Setuju (S)	4
Kurang Setuju (KS)	3
Tidak Setuju (TS)	2
Sangat Tidak Setuju (STS)	1

(Sumber: Yani et al., 2024)

Setelah hasil kuesioner atau angket selesai dilaksanakan, tahap selanjutnya dalam pengambilan data dengan skala Likert (Septiana et al., 2025) adalah melakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rumus Skala Likert} = T \times P_n \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- T : Jumlah responden yang memberikan jawaban tertentu
- P<sub>n</sub> : Bobot atau nilai skala dari jawaban responden

Untuk mendapatkan hasil interpretasi, langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah menentukan skor tertinggi dan terendah (Septiana et.al., 2025). Hal ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Skor Tertinggi} = \text{Skor tertinggi} \times \text{Jumlah responden} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Skor Terendah} = \text{Skor terendah} \times \text{Jumlah responden} \dots\dots\dots (3)$$

Penilaian interpretasi responden dalam penelitian ini diperoleh dengan menghitung kembali hasil nilai yang didapat menggunakan rumus Index% (Septiana et.al., 2025), sebagaimana ditunjukkan dalam rumus berikut:

$$\text{Rumus index\%} = \text{Total skor} / X \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- Total skor : Hasil dari seluruh poin pada pernyataan yang dijumlahkan
- X : Hasil dari skor tertinggi x jumlah responden

Pada tahap selanjutnya yaitu tahap penyelesaian dimana sebelum menyelesaikan Index% perlu mengetahui interval atau rentang serta interpretasi persentase yang diperoleh untuk menilai hasil menggunakan metode perhitungan interval (I) skor persen. Dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Rumus interval} = \text{Nilai tertinggi} - \text{nilai terendah} / \text{Jumlah kategori (Likert)} \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya, nilai rata-rata yang diperoleh diinterpretasikan untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing faktor penyebab. Hasil pengolahan data skala Likert ini digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang paling dominan dalam menyebabkan kontaminasi koliform pada produk ground meat tuna. Faktor dengan nilai rata-rata tertinggi akan menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi pengendalian, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan keamanan produk secara efektif. Kriteria interpretasi skor skala Likert berdasarkan nilai interval dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Nilai Interval.**

Interval	Kriteria
0% - 19,99%	Sangat tidak berpengaruh
20% - 39,99%	Kurang berpengaruh
40% - 59,99%	Cukup berpengaruh
60% - 79,99%	Berpengaruh
80% - 100%	Sangat berpengaruh

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian Kandungan Koliform

Pengujian kandungan koliform pada produk *ground meat tuna* dilakukan untuk mengevaluasi tingkat cemaran mikrobiologis pada setiap tahapan proses produksi (Sika *et al.*, 2023). Parameter koliform digunakan sebagai indikator sanitasi dan higiene dalam proses pengolahan pangan, karena keberadaannya mencerminkan potensi kontaminasi dari lingkungan, air, peralatan, maupun pekerja (Rahmawati *et al.*, 2018). Menurut Sika *et al.*, (2023), koliform merupakan mikroorganisme indikator yang umum digunakan untuk menilai kualitas mikrobiologi produk pangan dan efektivitas penerapan sanitasi selama proses produksi. Pengujian dilakukan pada beberapa tahapan utama, yaitu *receiving*, *retouching*, dan *grinding* dengan mengacu pada batas spesifikasi perusahaan sebesar 100 CFU/g. Data hasil pengujian kemudian direkapitulasi untuk melihat kecenderungan nilai koliform pada setiap tahapan proses (Agustin *et al.*, 2023). Rekapitulasi hasil pengujian kandungan koliform berdasarkan tahapan proses dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3 Hasil Pengujian Koliform Berdasarkan Tahapan Proses.**

No	Supplier	Proses	Rata-rata (CFU/g)	Standar perusahaan
1	MDC 151 Stevi	Receiving	62,8	100 CFU/g
		Retouching	295,3	
		Grinding	407,3	
2	MDC 153 Zarna	Receiving	38,17	
		Retouching	231,58	
		Grinding	332	
3	MDC 152 Culven	Receiving	47,75	
		Retouching	254,92	
		Grinding	356	

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 3**, nilai rata-rata koliform pada tahap receiving seluruh supplier masih berada di bawah batas spesifikasi perusahaan yaitu  $\leq 100$  CFU/g. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bahan baku yang diterima masih memiliki kualitas mikrobiologi yang cukup baik dan proses penanganan awal bahan baku masih mampu menjaga mutu produk sebelum memasuki tahap pengolahan lebih lanjut (Yasin *et al.*, 2025). Peningkatan jumlah koliform mulai terlihat pada tahap

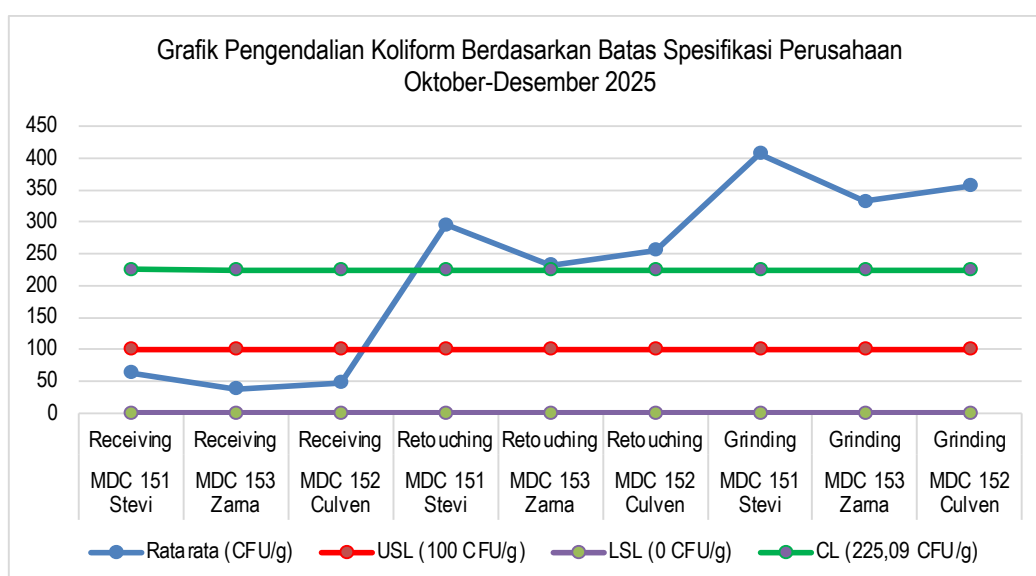
retouching, terutama pada supplier MDC 151 Stevi dengan nilai rata-rata sebesar 295,3 CFU/g. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi kontaminasi silang selama proses penanganan, yang dapat dipengaruhi oleh kontak langsung antara pekerja, peralatan, dan produk selama proses produksi berlangsung (Prinata *et al.*, 2024).

Proses grinding berpotensi meningkatkan jumlah mikroorganisme karena produk mengalami perubahan bentuk menjadi lebih halus sehingga luas permukaan meningkat dan lebih mudah terkontaminasi dari lingkungan maupun peralatan proses (Kurniati *et al.*, 2025). Selain itu, peningkatan suhu proses pada area retouching dan grinding juga diduga menjadi faktor yang mendukung pertumbuhan koliform selama proses produksi berlangsung. Proses pengolahan tuna yang tidak dilakukan secara cepat, cermat, saniter, dan dengan pengendalian suhu yang baik dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme serta menurunkan mutu produk akhir (Palyama *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan koliform lebih banyak terjadi selama proses produksi dibandingkan berasal dari bahan baku awal. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa faktor higiene pekerja, pengendalian suhu, dan penerapan prosedur kerja menjadi faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan jumlah koliform pada produk ground meat tuna (Siahaan *et al.*, 2022).

### 3.2 Analisis Pengendalian Proses Menggunakan Statistical Process Control

Pendekatan mutu menggunakan Statistical Process Control (SPC) dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan proses produksi berdasarkan hasil pengujian koliform pada produk ground meat tuna (Montgomery, 2020). Data yang dianalisis meliputi tahapan proses produksi yang berpotensi memengaruhi kualitas mikrobiologi produk, yaitu receiving, retouching, dan grinding selama periode Oktober hingga Desember 2025. Setiap tahapan proses memiliki tingkat risiko kontaminasi yang berbeda tergantung pada kondisi sanitasi, pengendalian suhu, kebersihan peralatan, serta praktik penanganan produk oleh operator selama proses berlangsung (Siregar *et al.*, 2021).

Grafik pengendalian disusun menggunakan parameter batas spesifikasi perusahaan berupa Upper Specification Limit (USL) sebesar 100 CFU/g, Lower Specification Limit (LSL) sebesar 0 CFU/g, dan Center Line (CL) sebesar 225 CFU/g sebagai representasi rata-rata proses. Grafik pengendalian digunakan untuk memantau kestabilan proses dan mengidentifikasi adanya variasi proses yang berada di luar batas pengendalian sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan tindakan perbaikan mutu proses produksi (Chen *et al.*, 2023). Adapun gambar grafik pengendalian koliform dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Grafik Pengendalian Koliform.**

Berdasarkan grafik pengendalian koliform, diketahui bahwa proses produksi ground meat tuna belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan oleh adanya beberapa titik pengamatan yang berada di atas batas spesifikasi perusahaan, sehingga mengindikasikan adanya variasi proses yang dipengaruhi oleh faktor tertentu di luar kondisi normal proses (*assignable cause variation*). Menurut Chen *et al.* (2023), menyatakan bahwa titik pengamatan yang berada di luar batas pengendalian menunjukkan adanya ketidaksesuaian proses yang perlu dievaluasi untuk menjaga kestabilan mutu produk.

Pada tahap *receiving*, nilai koliform seluruh supplier masih berada di bawah batas spesifikasi perusahaan yaitu 100 CFU/g. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mutu mikrobiologi bahan baku yang diterima masih relatif baik dan proses penanganan awal bahan baku masih berjalan cukup terkendali. Menurut Rohsarifuddin *et al.*, (2025), kualitas mikrobiologi produk perikanan sangat dipengaruhi oleh penanganan bahan baku, penerapan cold chain, serta kondisi sanitasi selama proses penerimaan bahan baku.

Peningkatan jumlah koliform mulai terlihat pada tahap *retouching*, terutama pada supplier MDC 151 Stevi yang menunjukkan nilai cukup tinggi dibandingkan supplier lainnya. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya potensi kontaminasi silang selama proses penanganan produk, yang dapat dipengaruhi oleh kontak langsung antara pekerja, peralatan, dan lingkungan proses produksi. Menurut Domili (2017), menyatakan bahwa sanitasi dan higiene dalam proses pengolahan ikan menjadi faktor utama dalam mencegah kontaminasi mikrobiologis pada produk hasil perikanan.

Proses penggilingan menyebabkan produk mengalami perubahan bentuk menjadi lebih halus sehingga luas permukaan meningkat dan produk menjadi lebih mudah terpapar kontaminasi dari lingkungan maupun peralatan proses. Selain itu, kondisi sanitasi peralatan dan suhu proses yang kurang terkendali juga dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme selama proses produksi berlangsung (Rahim *et al.*, 2023).

Secara keseluruhan, hasil analisis SPC menunjukkan bahwa proses produksi ground meat tuna masih mengalami variasi proses yang cukup tinggi dan belum sepenuhnya stabil secara statistik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa faktor higiene pekerja, sanitasi peralatan, pengendalian suhu, dan penerapan prosedur kerja masih perlu ditingkatkan untuk mengurangi variasi proses dan menekan potensi kontaminasi koliform. Monitoring lingkungan proses dan penerapan sanitasi yang konsisten diketahui menjadi langkah penting dalam mengendalikan risiko kontaminasi mikrobiologi pada industri pangan (FSANZ, 2022).

### 3.3 Analisis Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses dilakukan untuk mengetahui kemampuan proses dalam menghasilkan produk dengan jumlah koliform (CFU/g) yang sesuai dengan batas spesifikasi perusahaan. Analisis kapabilitas proses merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu proses dalam memenuhi batas spesifikasi mutu yang telah ditetapkan secara konsisten (Benková *et al.*, 2024). Kapabilitas proses dinyatakan dalam indeks Cp dan Cpk. Indeks Cp menunjukkan potensi kemampuan proses berdasarkan variasi data terhadap batas spesifikasi, sedangkan Cpk menggambarkan kemampuan aktual proses dengan mempertimbangkan posisi rata-rata proses terhadap batas spesifikasi yang ditetapkan (Chen *et al.*, 2025).

Dalam penelitian ini digunakan batas spesifikasi atas (*Upper Specification Limit /USL*) sebesar 100 CFU/g dan batas spesifikasi bawah (*Lower Specification Limit/LSL*) sebesar 0 CFU/g. Penentuan batas spesifikasi digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi apakah variasi proses produksi masih berada dalam rentang mutu yang dapat diterima (Markulik *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil perhitungan indeks kapabilitas proses, diperoleh nilai Cp sebesar 0,12 dan Cpk sebesar -0,29. Nilai Cp yang berada di bawah 1,00 menunjukkan bahwa variasi proses masih lebih besar dibandingkan rentang spesifikasi yang ditetapkan sehingga proses belum mampu menghasilkan produk secara konsisten sesuai standar mutu

perusahaan. Menurut Lin *et al.*, (2025), indeks kapabilitas proses digunakan untuk mengevaluasi kemampuan proses dalam memenuhi spesifikasi mutu berdasarkan variasi dan posisi rata-rata proses terhadap batas spesifikasi.

Sementara itu, nilai Cpk yang bernilai negatif dan cukup besar secara absolut menunjukkan bahwa rata-rata proses berada jauh di atas batas spesifikasi atas (USL). Kondisi ini mengindikasikan bahwa distribusi data secara dominan berada di luar batas spesifikasi, sehingga sebagian besar produk tidak memenuhi kriteria mutu yang telah ditetapkan (Xie *et al.*, 2023). Hasil analisis ini menunjukkan bahwa permasalahan proses produksi ground meat tuna tidak hanya disebabkan oleh tingginya variasi proses, tetapi juga oleh posisi rata-rata proses yang berada jauh di atas batas spesifikasi perusahaan.

### 3.4 Analisis Faktor Penyebab Kontaminasi dengan Pendekatan Fishbone

Analisis faktor penyebab kontaminasi koliform dilakukan untuk mengidentifikasi sumber-sumber yang berpotensi memengaruhi peningkatan jumlah koliform selama proses produksi ground meat tuna. Pendekatan fishbone diagram digunakan untuk mengelompokkan faktor-faktor penyebab berdasarkan aspek manusia, metode, material, mesin, dan lingkungan proses produksi (Kusuma *et al.*, 2024). Identifikasi faktor penyebab dilakukan melalui pengujian kualitas air, pengujian kebersihan permukaan peralatan, pengujian higiene pekerja, serta monitoring suhu proses pada tahapan receiving, retouching, dan grinding. Faktor-faktor tersebut diketahui berpengaruh terhadap keamanan mikrobiologi dan potensi kontaminasi selama proses pengolahan produk perikanan (Triyastuti, 2022).

#### 1) Method

Pada faktor method, pengendalian suhu dan waktu proses diketahui belum berjalan secara optimal, terutama pada tahapan retouching dan grinding. Hasil monitoring menunjukkan bahwa suhu ikan mengalami peningkatan pada setiap tahapan proses, dengan suhu tertinggi mencapai 15,47°C pada area grinding supplier MDC 151 Stevi. Kondisi ini menunjukkan bahwa lamanya waktu penanganan, kontak produk dengan lingkungan produksi, serta aktivitas proses yang berlangsung secara kontinu dapat meningkatkan suhu produk selama pengolahan berlangsung. Peningkatan suhu pada produk perikanan berpengaruh terhadap percepatan pertumbuhan mikroorganisme dan penurunan mutu mikrobiologis produk karena suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan aktivitas bakteri selama proses penanganan dan penyimpanan (Hasna *et al.*, 2025).

Area grinding menjadi tahapan dengan risiko kontaminasi lebih tinggi karena produk mengalami kontak langsung dengan mesin, lingkungan proses, dan paparan suhu ruang dalam waktu yang lebih lama dibandingkan tahapan lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Palyama *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa pengendalian suhu rendah selama proses penanganan dan pengolahan ikan sangat penting untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan menjaga mutu produk perikanan. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan suhu yang lebih ketat, pengurangan waktu paparan produk pada suhu ruang, serta penerapan cold chain secara konsisten untuk menjaga mutu dan keamanan produk ground meat tuna.

#### 2) Man

Pada faktor man, tenaga kerja diketahui belum sepenuhnya menerapkan prosedur sanitasi dan cold chain secara konsisten selama proses produksi berlangsung. Hasil pengujian higiene pekerja menunjukkan masih adanya cemaran koliform pada sarung tangan, apron, dan boots pekerja, terutama pada area retouching dan grinding. Nilai koliform tertinggi ditemukan pada sarung tangan pekerja di area grinding sebesar 142,36 CFU/100 cm<sup>2</sup>, diikuti boots pekerja sebesar 135,27 CFU/100 cm<sup>2</sup> dan sarung tangan pekerja pada area retouching sebesar 128,52 CFU/100 cm<sup>2</sup>. Tingginya cemaran koliform pada atribut pekerja menunjukkan bahwa pekerja masih berpotensi menjadi sumber kontaminasi silang selama proses pengolahan berlangsung akibat tingginya intensitas kontak dengan produk, peralatan, lantai produksi, dan lingkungan kerja.

Higiene personal pekerja merupakan faktor penting dalam keamanan pangan karena tangan, pakaian kerja, dan alat pelindung diri dapat menjadi media perpindahan mikroorganisme ke produk apabila kebersihan dan sanitasi tidak diterapkan secara konsisten (Kusumaningtiar, 2019). Hal ini sejalan dengan penelitian Pakdel *et al.* (2023) dan Purnawita *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa pekerja, peralatan, dan lingkungan produksi merupakan sumber utama kontaminasi mikrobiologis pada pangan apabila higiene sanitasi tidak dijaga dengan baik selama proses pengolahan. Selain itu, area grinding menunjukkan tingkat kontaminasi lebih tinggi dibandingkan area lainnya karena tingginya aktivitas pekerja dan frekuensi kontak langsung selama proses produksi berlangsung. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan penerapan higiene personal, pengawasan penggunaan alat pelindung diri, serta pelatihan sanitasi pekerja secara berkala untuk menekan risiko kontaminasi koliform pada produk ground meat tuna.

### 3) *Environment*

Pada faktor *environment*, suhu ruang pada area retouching dan grinding diketahui belum terkontrol dengan baik sehingga berpotensi mendukung pertumbuhan bakteri koliform selama proses produksi berlangsung. Lingkungan produksi dengan suhu tinggi dan sanitasi yang kurang optimal dapat meningkatkan risiko kontaminasi mikroorganisme pada area pengolahan pangan (Priyadarshini *et al.*, 2025). Selain kondisi lingkungan, hasil pengujian permukaan peralatan juga menunjukkan masih adanya cemaran koliform pada beberapa peralatan yang kontak langsung dengan produk selama proses produksi berlangsung.

Nilai koliform tertinggi ditemukan pada alat checker di area receiving sebesar 80,25 CFU/100 cm<sup>2</sup>, talenan meja 2 pada area retouching sebesar 52,13 CFU/100 cm<sup>2</sup>, dan sekop pada area grinding sebesar 50,88 CFU/100 cm<sup>2</sup>. Tingginya cemaran pada permukaan peralatan menunjukkan bahwa proses pembersihan dan sanitasi peralatan belum berjalan optimal sehingga berpotensi menyebabkan kontaminasi silang pada produk ground meat tuna. Peralatan dengan intensitas kontak tinggi terhadap bahan baku maupun produk memiliki risiko menjadi tempat akumulasi mikroorganisme apabila prosedur sanitasi tidak dilakukan secara konsisten selama proses pengolahan pangan (Ospina *et al.*, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian suhu ruang, efektivitas sanitasi peralatan, dan kebersihan lingkungan produksi masih perlu ditingkatkan untuk menekan risiko kontaminasi koliform selama proses produksi berlangsung.

### 4) *Machine*

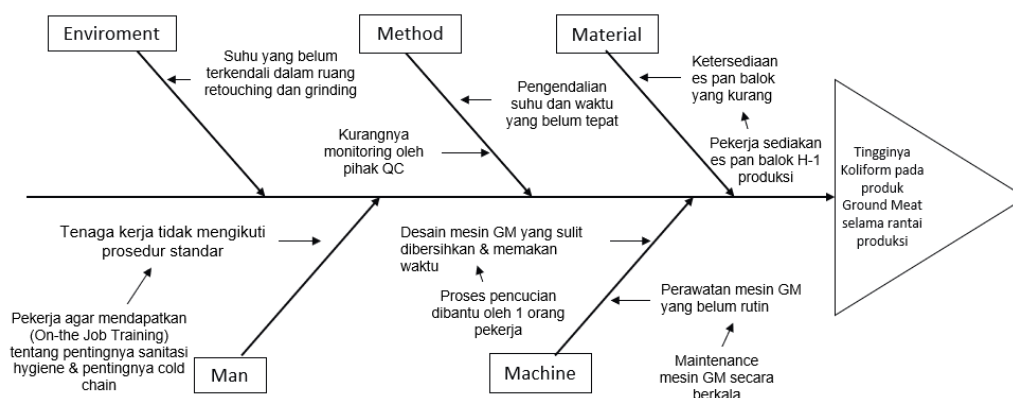
Pada faktor *machine*, desain mesin ground meat yang sulit dibersihkan dan proses pencucian yang masih dilakukan secara manual diduga menyebabkan sanitasi mesin belum optimal. Hasil pengujian permukaan peralatan menunjukkan masih adanya cemaran koliform pada beberapa peralatan produksi seperti alat checker, talenan, dan sekop. Permukaan peralatan yang tidak dibersihkan secara efektif dapat menjadi tempat akumulasi mikroorganisme dan sumber kontaminasi selama proses pengolahan pangan berlangsung (Schlegelová *et al.*, 2020).

### 5) *Material*

Pada faktor *material*, ketersediaan es pan balok yang terbatas menyebabkan pekerja harus menyiapkan es satu hari sebelum proses produksi berlangsung, sehingga efektivitas penerapan *cold chain* diduga menjadi kurang optimal. Kondisi tersebut dapat menyebabkan suhu produk lebih mudah meningkat selama proses penanganan dan pengolahan berlangsung. Suhu bahan baku yang tidak terjaga dengan baik dapat mempercepat aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme pada produk perikanan selama proses produksi (Munir *et al.*, 2020). Selain itu, hasil pengujian kualitas air menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air proses, seperti general water dan air *reverse osmosis* (R.O), memiliki nilai 0 CFU/100 mL sehingga masih memenuhi persyaratan sanitasi untuk proses pengolahan pangan. Namun, pada sampel *ice* PEB masih ditemukan cemaran koliform dengan rata-rata sebesar 80,33±1,53 CFU/100 mL.

Keberadaan koliform pada es menunjukkan adanya potensi kontaminasi mikrobiologis yang dapat berasal dari sumber air, proses distribusi, maupun sanitasi selama penyimpanan dan penggunaan es di area produksi. Air dan es yang digunakan dalam penanganan produk perikanan harus memenuhi standar air minum dan bebas dari cemaran koliform karena kontak langsung dengan produk dapat menjadi sumber kontaminasi mikrobiologi selama proses pengolahan berlangsung (FAO, 2021). Oleh karena itu, keberadaan koliform pada ice PEB menunjukkan bahwa bahan pendukung proses produksi masih berpotensi menjadi sumber kontaminasi sehingga pengawasan kualitas air dan sanitasi penyimpanan es perlu ditingkatkan untuk menjaga mutu dan keamanan produk ground meat tuna.

Untuk mengidentifikasi akar penyebab kontaminasi secara lebih sistematis, dilakukan analisis menggunakan diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*). Diagram *fishbone* merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan faktor-faktor penyebab masalah berdasarkan kategori tertentu sehingga mempermudah proses evaluasi dan perbaikan (Syahid *et al.*, 2025). Adapun *fishbone* penyebab kontaminasi koliform dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Fishbone Penyebab Kontaminasi Koliform.**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *fishbone*, peningkatan jumlah koliform pada produk ground meat tuna diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu method, man, environment, machine, dan material. Faktor-faktor tersebut saling berkaitan selama proses produksi berlangsung dan berkontribusi terhadap terjadinya kontaminasi mikrobiologis pada produk. Kontaminasi mikroorganisme pada industri pangan umumnya dapat berasal dari pekerja, peralatan, metode penanganan, bahan baku, serta kondisi lingkungan proses yang tidak terkendali dengan baik (Priyadarshini *et al.*, 2025).

Pada faktor material, ketersediaan es pan balok yang kurang menyebabkan pekerja harus menyiapkan es satu hari sebelum proses produksi. Kondisi tersebut diduga menyebabkan efektivitas penerapan rantai dingin (*cold chain*) menjadi kurang optimal sehingga suhu produk lebih mudah mengalami peningkatan selama proses berlangsung. Suhu bahan baku yang tidak terjaga dengan baik dapat mempercepat aktivitas mikroorganisme pada produk perikanan selama proses pengolahan (Evrendilek, 2023).

### 3.5 Analisis Skala Likert

Penelitian ini melibatkan lima responden yang terdiri atas bagian Quality Control, Quality Assurance (QA), serta operator pada tahapan receiving, retouching, dan grinding yang dipilih secara purposive berdasarkan keterlibatan dan pemahaman terhadap proses produksi ground meat tuna. Penggunaan teknik purposive sampling dilakukan untuk memperoleh informasi yang sesuai dengan tujuan penelitian karena responden dinilai memahami penerapan sanitasi, higiene, dan faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kontaminasi koliform selama proses produksi berlangsung (Hasyim *et al.*, 2016). Data hasil

kuesioner kemudian dianalisis menggunakan skala Likert untuk mengetahui tingkat pengaruh faktor method, man, environment, machine, dan material terhadap peningkatan jumlah koliform. Variasi jawaban responden menunjukkan adanya perbedaan persepsi terhadap tingkat pengaruh masing-masing faktor penyebab kontaminasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor method memperoleh nilai indeks tertinggi sebesar 96% dan termasuk kategori sangat berpengaruh, diikuti faktor man sebesar 92% dan environment sebesar 86%. Sementara itu, faktor machine memperoleh nilai indeks sebesar 72% dan faktor material sebesar 54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode kerja, penerapan SOP, perilaku pekerja, dan kondisi lingkungan produksi menjadi faktor dominan yang memengaruhi peningkatan jumlah koliform selama proses produksi ground meat tuna berlangsung. Skala Likert digunakan untuk menggambarkan tingkat persetujuan responden terhadap suatu faktor secara sistematis dan kuantitatif sehingga dapat diketahui faktor yang paling berpengaruh berdasarkan persepsi responden (Jonald, 2019).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses produksi *ground meat tuna* di PT Samudra Ulam Nusantara masih mengalami peningkatan jumlah koliform terutama pada tahapan *retouching* dan *grinding*, sehingga proses belum mampu memenuhi batas spesifikasi perusahaan secara konsisten. Hasil analisis SPC dan kapabilitas proses menunjukkan bahwa proses produksi belum terkendali secara statistik dengan nilai Cp sebesar 0,12 dan Cpk sebesar -0,29, yang mengindikasikan tingginya variasi proses serta rata-rata proses berada di luar batas spesifikasi. Analisis faktor penyebab menunjukkan bahwa faktor *method* menjadi faktor paling dominan dalam menyebabkan kontaminasi koliform dengan nilai indeks sebesar 96%, diikuti faktor *man* sebesar 92%, *environment* sebesar 86%, *machine* sebesar 72%, dan *material* sebesar 54%. Tingginya nilai pada faktor metode, pekerja, dan lingkungan menunjukkan bahwa pengendalian suhu, penerapan SOP, higiene pekerja, sanitasi peralatan, serta pengawasan proses produksi masih perlu ditingkatkan untuk mengurangi risiko kontaminasi mikrobiologis selama proses produksi *ground meat tuna* berlangsung.

**Daftar Pustaka**

- Agustin, T. I., Laetje, M. I. M., & Sofijanto, M. A. (2023). Analisis Sanitasi Dan Higiene Di Pasar Ikan Di Pelabuhan Perikanan Nusantara Ternate. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 22(1), 60–69. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v22i1.4364>
- Akdemir Evrendilek, G. (2026). The Hygiene Continuum in Seafood Processing: Integrating Design, Sanitation, and Workforce Safety for Sustainable Food Systems. *Hygiene*, 6(1), 1–28. <https://doi.org/10.3390/hygiene6010006>
- Benková, M., Bednárová, D., & Bogdanovská, G. (2024). Process Capability Evaluation Using Capability Indices as a Part of Statistical Process Control. *Mathematics*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/math12111679>
- Chen, K. S., Cheng, C. H., Chang, C. P., Yao, K. C., & Yu, C. M. (2025). A Model for Evaluating and Analyzing Process Capability in Multi-Quality-Characteristic Products. *Mathematics*, 13(21), 1–16. <https://doi.org/10.3390/math13213467>
- Chen, L., & Yang, S. (2023). A new p-control chart with measurement error correction. *Quality and Reliability Engineering International*, 39(1), 81–98.
- Domili, R. S. (2017). Sanitasi dan Higiene pada Proses Pembuatan Rambak Ikan Buntal Pisang (*Tetraodon lunaris*) di UKM Jaya Utama Kecamatan Mayangan Kota Probolinggo Jawa Timur. *Jurnal Aquabis* ISSN, 2301, 5705.
- Film, D. R. (2005). AOAC Official Method 991. Coliform and *Escherichia coli* Counts in Foods See Table 991. 14 for there sults of the interlaboratory study supporting acceptance of the method. 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- b-D-glucuronide, anindicator of. 635 (March 2002).
- Fitriana, R., Kurniawan, W., & Siregar, J. G. (2020). Pengendalian Kualitas Pangan dengan Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP) pada Proses Produksi Dodol Betawi (Studi Kasus UKM MC). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(1).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *Sustainable Food Cold Chains: Opportunities to Reduce Food Loss and Waste*. Food and Agriculture Organization, 112. <https://doi.org/978-92-5-134706-5>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Organization, W. H., & Codex Alimentarius. (2023). *General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969)*.
- Food and Drug Administration (FDA). (2023). *Environmental Sampling*. U.S.
- Food Standars. (2022). *Compendium of Microbiological Criteria for Food, Australia New Zealand (Issue March)*. [www.foodstandards.govt.nz](http://www.foodstandards.govt.nz).
- Gaare, M., & Mishra, S. K. (2021). Microbiological environmental monitoring in food processing. 3(2), 46–52.
- Hasna, H., Panjaitan, P.S., & Napitupulu, R. J. (2025). Implementasi Sistem Rantai Dingin Pengolahan Tuna (*Thunnus albacares*) Saku Beku. 2(2), 306–312. <https://doi.org/10.15578/aj.v7i2.15456>
- Hasyim, H., Widjajanti, H., & Febry, F. (2014). Analysis of Personal Hygiene and Sanitation Facilities in the Implementation of food Stalls Serving on Campus. *International Journal of Health Sciences and Research*, 2(4), 1072–1079.
- Jonald, L.P. (2019). Some Biases in Likert Scaling Usage and its Correction. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 4531, 183–191. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalofBasicAndApplied>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2024). *Ekspor Naik, Surplus Neraca Perdagangan Perikanan 2024 Naik 9,1%*. Jakarta.
- Kumah, A., Nwogu, C. N., Issah, A. R., Obot, E., Kanamitie, D. T., Sifa, J. S., & Aidoo, L. A. (2024). Quality and Safety Learning Corner Cause-and-Effect ( Fishbone ) Diagram : A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas. *Innovations Journals*, 7(2), 1–3. <https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42>.

- Kurniati, E., Cahyo, F. T. F., & Romadona, F. (2025). Microbiological Quality of Packaged Tea Beverages Using the 3M Petrifilm Rapid E. coli/Coliform Count Plate. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 11(1), 9–15.
- Kusumaningtiar, D.A. (2019). Personal Hygiene Penjamah Makanan pada pedagang kaki lima di lingkungan Universitas Esa Unggul. Pengaruh Pengungkapan Corporate Social Responsibility (CSR) Terhadap *Cost of Capital* (COC) Dengan Kepemilikan Institusional Sebagai, 19, 109–119.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.
- Lin, T. H., Huang, L. C., Chen, Y. Y., Lee, L. C., & Lin, D. Y. M. (2025). Implementing Process Capability Index (Cpk) for Effective Product Quality Stabilization: The Case of a Lock Manufacturing Company. *Sensors and Materials*, 37(3), 1211–1227. <https://doi.org/10.18494/SAM5221>
- Markulik, Š., Petřík, J., Šolc, M., Blaško, P., Palfy, P., & Girmanová, L. (2022). The Relationship between Process Capability and Quality of Measurement System. *Applied Sciences* (Switzerland), 12(12). <https://doi.org/10.3390/app12125825>
- Montgomery, D.C. (2020). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & sons.
- Mota, J. D., & Federighi, M. (2021). Environmental monitoring program to support food microbiological safety and quality in food industries: A scoping review of the research and guidelines. *Food Control*, 130.
- Munir, M. T., Pailhories, H., Eveillard, M., Irle, M., Aviat, F., Dubreil, L., Federighi, M., & Belloncle, C. (2020). Testing the antimicrobial characteristics of wood materials: A review of methods. *Antibiotics*, 9(5), 12–16. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050225>
- Ospina, J. T., Vanegas, M. A. F., Montoya, D. C., Pérez, S. R., & Zuleta, M. M. D. (2024). Food safety: Cleanliness and disinfection of food contact surfaces in gastronomy laboratories at a university in Colombia. *Brazilian Journal of Food Technology*, 27, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12423>
- Pakdel, M., Olsen, A., & Bar, E. M. S. (2023). A Review of Food Contaminants and Their Pathways Within Food Processing Facilities Using Open Food Processing Equipment. *Journal of Food Protection*, 86(12), 100184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100184>
- Palyama, A. F., & Dharmayanti, N. (2021). Identifikasi Produktivitas Pengolahan Tuna Beku Pada PT. Maluku Prima Makmur di Kota Ambon [Identification of Frozen Tuna Processing Productivity at PT. Maluku Prima Makmur in Ambon City]. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 15(1), 1–17.
- Prinata, M. R., Darmadi, N. M., & Kawan, I. M. (2024). The Implementation Of GMP, SSOP, and HACCP in the Processing of Frozen Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) at UD Damena. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 3(7), 2611–2630. <https://doi.org/10.55927/eajmr.v3i7.10246>
- Purnawita, W., Rahayu, W. P., & Nurjanah, S. (2020). Praktik Higiene Sanitasi dalam Pengelolaan Pangan di Sepuluh Industri Jasa Boga di Kota Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 424–431. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.424>
- Rahim, E., & Suleman, R. (2023). Microbiological Quality Test of Food at Market Restaurant in Gorontalo City Market. *Contagion: Scientific Periodical Journal of Public Health and Coastal Health*, 5(4), 1309. <https://doi.org/10.30829/contagion.v5i4.15083>
- Rahmawati, S., Farahdiba, A. U., Alfian, O., & Adhly, R. B. (2018). Identifikasi Total Coliform, E. coli dan Salmonella spp. sebagai indikator sanitasi makanan kantin di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(2), 101–114.
- Rasib, A. H. A., Musazzali, M., Abdullah, R., Boejang, H., Hanizam, H., & Razaai, Z. F. M. (2023). Process Capability Study for Improvement of Product Reliability At Food and Beverage Industry. *Journal of Engineering Science and Technology*, 18(1), 357–375.
- Rohsarifuddin, F. F., Nurhafifah, Y. S., Maharani, P., Hendriyanti, R., Kismiyati, Hendriyanti, R., & Satyantini, W. H. (2025). Microbial Profile Of Frozen Fisheries Products At UPT PMP2KP Surabaya. *Juvenil*, 6(1), 44. <http://doi.org/10.21107/juvenil.v6i1.26337>

- Schlegelová, J., Babák, V., Holasová, M., Konstantinová, L., Necedová, L., Šišák, F., Vlková, H., Roubal, P., & Jaglič, Z. (2010). Microbial contamination after sanitation of food contact surfaces in dairy and meat processing plants. *Czech Journal of Food Sciences*, 28(5), 450–461. <https://doi.org/10.17221/65/2009-cjfs>
- Septiana, K. A., & Firdonsyah, A. (2025). Analisis kelayakan Wi-Fi Coin Cleon di PT Saranalnsan MudaSelaras menggunakan Skala Likert Feasibility Analysis of Wi-Fi Coin Cleon at PT Saranalnsan MudaSelaras Using the Likert Scale. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 3, 932–940. <https://proceeding.unisayogya.ac.id/index.php/prosemnaslppm/article/view/1147>
- Siahaan, I. C. M., Nugraha, B. R., Rajab, R. A., & Rasdam, R. (2022). Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP) dan Sanitation Standard Operating Prosedure (SSOP) pada Proses Pengolahan Tuna Loin (*Thunnus sp*) di Unit Pengolahan Ikan di Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (JVIP)*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.35726/jvip.v3i1.743>
- Sika, E., Akeassi, Y., Anoman, T., & Koffi-Nevry, R. (2023). Evaluation of microbiological quality of tuna loins (*Thunnus Sp.*) produced in Evaluation of Microbiological Quality of Tuna Loins (*Thunnus Sp.*) Produced in Côte D'ivoire. *American Journal of Advanced Scientific Research*, 2(2), 90–103.
- Siregar, W. V., & Amin, M. N. G. (2021). Quality Control of Raw Materials on Red Snapper (*Lutjanus sp.*) Freezing Process in PT. Tridaya Jaya Manunggal Pasuruan East Java. *Journal of Marine and Coastal Science*, 10(2), 85. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v10i2.27660>
- Syahid, F. R., & Jumiono, A. (2025). Evaluasi Penerapan GMP Menggunakan Diagram Fishbone di Industri Mie Instant PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 7(2), 303–311. <https://doi.org/10.30997/jjph.v7i2.19931>
- Tagaram, S. D., & Chen, C. (2024). *Quality tools and techniques (Fishbone diagram, Pareto chart, process map)*. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
- Triyastuti, S. (2022). Sanitasi Dan Higiene Pada Proses Pengolahan Bakso Tuna Di Poklahsar Lamadang Sanitation and Hygiene in the Processing of Tuna Meatballs in Poklahsar Lamadang. *Authentic Research of Global Fisheries Application Journal*) E-ISSN:, 4(April), 79–85.
- Wijasari, N. I. K., Sarjana, P., Studi, P., Sumber, M., Perairan, D., Pertanian, F., Teknologi, D. A. N., & Warmadewa, U. (2025). Kontaminasi Mikroba *Escherichia coli* (*E. coli*) Coliform Pada Produk Beku Dan Segar Hasil Kelautan yang Diproduksi Oleh Unit Pengolahan.
- Xie, S., & Shi, K. (2023). Generalised Additive Modelling of Auto Insurance Data with Territory Design: A Rate Regulation Perspective. *Mathematics*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/math11020334>
- Yasin, I. A., Fujii, I., Uenaka, A., & Tomita, K. (2025). Penerapan Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) dalam Sistem Sanitasi Penanganan Ikan Tuna Segar. *Mohuyula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 1–7.
- Yudha, A.K., Halwa A.K., I Made Aryantha A., & Bagus Herlambang. (2024). Quality control to reduce production defects using control chart, fishbone diagram, and FMEA. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, 11(1), 176–186. <https://doi.org/10.37373/tekno.v11i1.968>

