

Integrasi FMEA, RCA+, dan TRIZ untuk Menurunkan Tingkat Cacat pada Produksi Tempe UMKM

Hanifah Nur Fadhillah¹⁾, Faishal Arham Pratikno²⁾, Amanda Dwi Wantira³⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang, Kota Balikpapan, 76127, Indonesia¹⁾

Program Studi Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang, Kota Balikpapan, 76127, Indonesia^{2), 3)}

*E-Mail : faishal.arham@lecturer.itk.ac.id²⁾**

ABSTRAK

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) produsen tempe, menghadapi masalah produksi yaitu tingkat cacat produk hingga 50% dari produksi harian. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi cacat kritis, menganalisis penyebab utama, dan merancang solusi inovatif untuk menurunkan tingkat kecacatan. Metode yang digunakan meliputi integrasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Root Conflict Analysis* (RCA+), dan *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach* (TRIZ). FMEA menunjukkan bahwa bau tidak sedap merupakan cacat utama dengan nilai RPN tertinggi (75). RCA+ mengidentifikasi beberapa akar masalah seperti kemasan tanpa ventilasi, takaran ragi yang tidak konsisten, pencucian kedelai yang tidak optimal, dan perendaman yang terlalu lama. Berdasarkan hasil tersebut, TRIZ digunakan untuk menghasilkan solusi teknis seperti ventilasi kemasan, penggunaan ragi sekali pakai, pencucian bersuhu stabil, dan sistem perendaman otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ketiga metode ini efektif dalam memberikan rekomendasi pengurangan angka cacat dan dapat diterapkan untuk meningkatkan mutu di industri pangan.

Kata kunci: Produksi Tempe, Cacat, FMEA, RCA+, TRIZ.

ABSTRACT

Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) producing tempeh face production problems, with product defect rates reaching up to 50% of daily production. This study aims to identify critical defects, analyze root causes, and design innovative solutions to reduce defect rates. The methods used include the integration of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Root Conflict Analysis (RCA+), and TRIZ. FMEA indicates that unpleasant odor is the main defect with the highest RPN value (75). RCA+ identifies several root causes, including unventilated packaging, inconsistent yeast dosage, suboptimal soybean washing, and prolonged soaking. Based on these results, TRIZ is used to generate technical solutions, such as packaging ventilation, the use of disposable yeast, stable-temperature washing, and an automatic soaking system. The results show that the synergy of these three methods provides an effective framework for recommending defect reduction and offers a scalable approach to improving quality in food production sectors.

Keywords: Tempeh Production, Defect, FMEA, RCA+, TRIZ.

1. Pendahuluan

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) memiliki kontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia, terutama di

sektor pangan. Salah satu produk unggulan adalah tempe, yang tidak hanya menjadi bagian dari ketahanan pangan nasional tetapi

**Corresponding author*

juga sumber penghidupan bagi puluhan ribu pelaku usaha (Limanseto, 2023; Ferry, 2024). Namun, proses produksi tempe yang masih bersifat tradisional seringkali menghadapi tantangan dalam menjaga mutu. Di Sentra Industri Kecil Sumber (SIKS), misalnya, tingkat cacat produk mencapai 34,3% dari total produksi harian, mencakup masalah seperti tempe berwarna kehitaman, tekstur tidak padat, dan bau tidak sedap. Tabel 1 menunjukkan persyaratan tempe kedelai dianggap bermutu.

Tabel 1. Syarat Mutu Tempe Kedelai

No	Kriteria Uji	Persyaratan
1	Tekstur	Kompak, jika diiris tetap utuh (tidak mudah rontok)
2	Warna	Putih merata pada seluruh permukaan
3	Bau	Bau khas tempe tanpa adanya bau amoniak

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengendalian kualitas di industri pangan skala kecil masih kurang optimal. Rebecca & Damayanti (2019) menekankan efektivitas metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan potensi kegagalan produk. Di sisi lain, Vaneker & Laoh (2021) merekomendasikan penggunaan *Root Conflict Analysis* (RCA+) dan TRIZ untuk menggali akar penyebab masalah dan merumuskan solusi teknis inovatif yang dapat diterapkan secara praktis di lapangan.

Namun demikian, penerapan metode-metode tersebut secara terpisah seringkali meninggalkan celah antara identifikasi risiko dan eksekusi teknis yang aplikatif di lapangan. Selain itu, terdapat keterbatasan literatur yang mengeksplorasi integrasi ketiga metode ini dalam konteks industri pangan skala kecil yang menghadapi tantangan variabilitas proses produksi tempe. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis cacat produk tempe yang paling dominan di SIKS, mengidentifikasi akar penyebabnya secara sistematis, serta mengembangkan solusi perbaikan melalui

integrasi metode FMEA, RCA+, dan TRIZ.

Artikel ini memberikan kontribusi praktis bagi pelaku industri kecil dalam meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan. Selain itu, pendekatan terintegrasi yang digunakan juga memberikan landasan metodologis yang dapat direplikasi pada sektor pangan serupa yang menghadapi tantangan mutu dan efisiensi proses produksi. Fokus utama diarahkan pada upaya pengurangan cacat dengan pendekatan yang tidak hanya preventif tetapi juga inovatif.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Sentra Industri Kecil Sumber (SIKS) melalui observasi langsung terhadap proses produksi tempe serta wawancara dengan pelaku usaha. Data primer diperoleh dari hasil observasi, kuesioner, dan wawancara mengenai jenis dan jumlah cacat produk, tahapan proses produksi, serta frekuensi dan dampak kecacatan. Penelitian difokuskan pada tiga jenis cacat utama, yaitu tempe berwarna kehitaman, tekstur tidak padat, dan bau tidak sedap, yang tidak memenuhi standar mutu tempe menurut SNI 3144:2015.

Peneliti menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan cacat prioritas berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang dihitung dari skor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Setelah diperoleh cacat dengan nilai RPN tertinggi, akar penyebabnya dianalisis menggunakan *Root Conflict Analysis* (RCA+), yang sekaligus mengidentifikasi kontradiksi teknis dalam proses produksi. Tahap akhir dilakukan dengan menerapkan prinsip-prinsip inovasi TRIZ guna merumuskan solusi yang tepat dan aplikatif untuk menyelesaikan permasalahan utama tersebut.

Variabel utama yang diamati meliputi jenis cacat produk, tingkat keparahan, frekuensi kejadian, kemampuan deteksi, serta nilai RPN. Variabel tambahan meliputi akar penyebab cacat, jenis kontradiksi teknis, prinsip TRIZ yang digunakan, dan solusi inovatif yang dihasilkan. Hasil pengolahan

data disusun dalam bentuk deskriptif dan kuantitatif untuk mendukung analisis serta penyusunan rekomendasi perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Sentra Industri Kecil Sumber (SIKS) yang berlokasi di Muara Rapak, Balikpapan Utara, merupakan kawasan terpadu produksi tempe dan tahu yang difasilitasi oleh pemerintah daerah untuk memusatkan pelaku industri kecil di wilayah tersebut. Meskipun berfungsi sebagai pusat industri, mayoritas operasional di kawasan ini masih didominasi oleh metode tradisional yang mengandalkan alat sederhana seperti drum, kayu bakar, dan alat saring manual. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada salah satu unit rumah produksi tempe di lingkungan SIKS yang memiliki kapasitas operasional mencapai 100 hingga 200 unit produk per hari. Skala produksi ini dikelola sepenuhnya oleh tenaga kerja lokal dari warga sekitar, dengan karakteristik kerja yang masih sangat bergantung pada kebiasaan individu dan pengalaman praktis, mengingat belum adanya Standar Operasional Prosedur (SOP) yang baku di tingkat rumah produksi tersebut.

Alur produksi pada unit usaha ini terdiri dari rangkaian tahapan yang meliputi perendaman, penggilingan, pencucian, perebusan, pendinginan, penambahan ragi, pengemasan, hingga fermentasi. Dalam implementasinya, modernisasi alat hanya terlihat pada proses penggilingan yang telah menggunakan mesin giling, sementara tahapan lainnya tetap dikerjakan secara manual. Kondisi ini menciptakan batasan operasional berupa keterbatasan kapasitas, minimnya standardisasi, serta kontrol proses yang masih bersifat intuitif, sehingga menyebabkan fluktuasi kualitas yang signifikan.

3.1. Pengumpulan Data

Melalui pengamatan langsung serta komunikasi dengan pelaku produksi, data diperoleh secara objektif dan sesuai dengan waktu kejadian. Data yang dibutuhkan untuk

mendukung penyusunan penelitian ini meliputi tanggal produksi tempe untuk setiap batch yang diamati, jumlah total tempe yang diproduksi (pcs) per hari sebagai acuan pembandingan, serta jumlah produk cacat berdasarkan jenis cacat tempe sesuai dengan syarat mutu tempe kedelai pada kriteria uji keadaan SNI 3144-3:2015. Meskipun periode observasi dilakukan dalam rentang waktu tertentu, pemilihan durasi tersebut telah disesuaikan dengan siklus produksi rutin untuk memastikan bahwa data yang diambil mampu merepresentasikan kondisi operasional harian serta pola cacat yang umum terjadi.

Tabel 2 menunjukkan jenis cacat tempe di Sentra Industri Kecil Sumber (SIKS) selama periode observasi tanggal 17 hingga 21 April 2025. Dari total 720 unit tempe yang diproduksi dalam lima hari, sebanyak 360 unit atau 50% di antaranya mengalami cacat. Cacat yang paling sering ditemukan adalah tempe dengan bau tidak sedap sebanyak 214 unit, diikuti oleh tempe berwarna kehitaman sebanyak 113 unit, dan tempe bertekstur tidak padat sebanyak 33 unit. Meskipun tidak setiap jenis cacat muncul setiap hari, data menunjukkan bahwa keberadaan cacat cukup signifikan dan menandakan adanya kelemahan dalam pengendalian proses produksi. Temuan ini menjadi pijakan penting untuk analisis lanjutan dalam menentukan cacat yang paling kritis, menggali akar penyebabnya, serta menyusun solusi perbaikan melalui pendekatan integratif dengan metode FMEA, RCA+, dan TRIZ.

3.2. FMEA

Langkah awal dalam pengolahan data dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai jenis cacat tempe yang ditemukan selama kegiatan survei. Tujuan identifikasi ini adalah untuk mengetahui cacat mana yang paling sering terjadi dan memiliki dampak paling signifikan terhadap mutu produk, sehingga dapat dijadikan fokus utama dalam analisis lanjutan. Untuk menentukan prioritas permasalahan, digunakan metode *FMEA* yang

Tabel 2. Jenis Cacat Tempe di SIKS

Tanggal	Jenis Cacat			Jumlah Produksi (pcs)
	Tempe berwarna kehitaman (pcs)	Tekstur tempe tidak padat (pcs)	Tempe mengeluarkan bau tidak sedap (pcs)	
17 April 2025	-	10	10	180
18 April 2025	93	-	87	180
19 April 2025	-	-	79	120
20 April 2025	-	23	23	120
21 April 2025	20	-	15	120
Total (pcs)	113	33	214	720
Total Akhir		360 (50%)		

mengacu pada tiga indikator utama: tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan tingkat kemudahan pendeteksian (*detection*).

Ketiga parameter tersebut menjadi acuan dalam penyusunan kuesioner FMEA yang diberikan kepada pihak terkait di lingkungan produksi SIKS. Pengisian kuesioner FMEA dilakukan dengan oleh seorang pemilik (*owner*) rumah produksi tempe, yang sekaligus juga berperan langsung sebagai pekerja dalam proses pembuatan tempe, karena di rumah produksi ini pihak yang paling memahami mulai dari tahap awal persiapan bahan baku hingga pengemasan produk akhir.

Tabel 3. Hasil Kuesioner FMEA

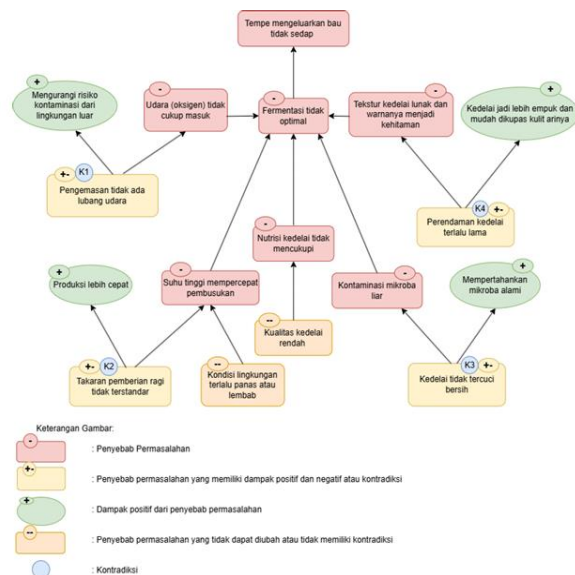
Jenis Cacat	S	O	D	RPN
Tempe berwarna kehitaman	3	4	4	48
Tekstur tempe tidak padat	4	2	2	16
Tempe mengeluarkan bau tidak sedap	5	5	3	75

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan RPN terhadap ketiga jenis cacat, tempe yang mengeluarkan bau tidak sedap memperoleh skor tertinggi, yaitu 75. Nilai ini menunjukkan bahwa jenis cacat tersebut merupakan yang paling kritis dan membawa dampak paling besar terhadap kualitas produk. Oleh karena itu, masalah ini menjadi prioritas utama untuk dianalisis lebih mendalam menggunakan metode RCA+ dan TRIZ. Dengan menjadikan nilai RPN sebagai dasar pengambilan keputusan, upaya perbaikan dapat diarahkan

secara tepat guna menekan risiko yang paling merugikan baik bagi produsen maupun konsumen.

3.3. RCA+

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan secara menyeluruh dan sistematis, serta mengungkap kontradiksi-kontradiksi yang terjadi dalam proses, sehingga dapat ditemukan arah perbaikan yang tepat dan efektif.



Gambar 1. Analisis Akar Konflik (RCA+) untuk Cacat Tempe Mengeluarkan Bau Tidak Sedap

Gambar 1 menunjukkan analisis akar konflik (RCA+) untuk cacat tempe yang mengeluarkan bau tidak sedap. Analisis kontradiksi pada diagram RCA+ dilakukan melalui proses penalaran sistematis yang

Tabel 4. Kondisi Perbaikan (Dampak Positif dan Negatif)

No	Kontradiksi	Dampak Positif	Dampak Negatif
1	Pengemasan tidak ada lubang udara	Mengurangi risiko kontaminasi dari lingkungan luar	Udara (oksigen) tidak cukup masuk
2	Takaran pemberian ragi tidak terstandar	Produksi lebih cepat	Suhu tinggi mempercepat pembusukan
3	Kedelai tidak tercuci bersih	Mempertahankan mikroba alami	Kontaminasi mikroba liar
4	Perendaman kedelai terlalu lama	Kedelai jadi lebih empuk dan mudah dikupas kulit arinya	Tekstur kedelai lunak dan warnanya menjadi kehitaman

menghubungkan temuan empiris di lapangan dengan justifikasi teknis dari para praktisi produksi. Kontradiksi pertama (K1) pada tahap pengemasan muncul dari observasi terhadap produk yang mengeluarkan aroma masam; masukan dari praktisi menunjukkan bahwa pengemasan rapat dilakukan untuk menjamin sterilitas dari debu dan lalat, namun secara teknis hal ini justru menghambat pasokan oksigen yang krusial bagi respirasi kapang. Selanjutnya, pada tahap peragian (K2), ditemukan ketidaksertaan waktu panen akibat penggunaan dosis ragi yang bersifat intuitif. Praktisi cenderung meningkatkan takaran ragi untuk mengejar efisiensi waktu distribusi, yang secara sistematis memicu risiko pembusukan dini akibat aktivitas fermentasi yang berlebihan.

Analisis juga terlihat pada proses pencucian (K3), di mana pengamatan menunjukkan adanya sisa kulit ari yang sengaja dibiarkan. Berdasarkan masukan praktisi, pencucian yang tidak terlalu ekstrem bertujuan untuk mempertahankan mikroflora alami yang mendukung cita rasa, meskipun secara bersamaan meningkatkan risiko kontaminasi mikroba liar. Terakhir, kontradiksi pada proses perendaman (K4) dirumuskan berdasarkan pengamatan terhadap kedelai yang berwarna kusam akibat durasi perendaman yang terlalu panjang. Praktisi memberikan justifikasi bahwa durasi tersebut diperlukan untuk memberikan keuntungan mekanis berupa kemudahan pengupasan kulit, walaupun secara kualitas sensoris hal ini menurunkan standar mutu tekstur dan warna kedelai.

3.4. TRIZ

Setelah melakukan analisis akar konflik menggunakan metode RCA+ dan ditemukan empat titik kontradiksi, tahap selanjutnya adalah penerapan metode TRIZ untuk merumuskan solusi inovatif. Metode TRIZ digunakan untuk mengatasi kontradiksi teknis yang muncul dari akar penyebab permasalahan, khususnya pada cacat tempe yang mengeluarkan bau tidak sedap. Pendekatan ini bertujuan menghasilkan solusi yang tidak hanya menyelesaikan masalah, tetapi juga meminimalkan dampak negatif serta meningkatkan kualitas produk secara menyeluruh.

3.4.1. Kondisi yang Perlu Ditingkatkan

Kontradiksi teknis muncul ketika suatu tindakan menghasilkan manfaat positif namun sekaligus menimbulkan dampak negatif. Memahami kondisi ini merupakan langkah awal penting dalam penerapan metode TRIZ untuk merancang solusi inovatif.

Tabel 4 menunjukkan kondisi perbaikan pada dampak positif dan negatif. Dari Tabel 4, kemasan tanpa lubang memang efektif mencegah kontaminasi dari luar, tetapi sekaligus menghambat suplai oksigen yang dibutuhkan dalam fermentasi (Jaelani et al., 2025). Penggunaan takaran ragi yang tidak terstandarisasi menjadi faktor tambahan penyebab fermentasi kurang optimal. Meskipun penambahan dosis ragi dapat mengakselerasi proses produksi, inkonsistensi ini berisiko memicu reaksi suhu fermentasi yang tidak terkendali hingga menyebabkan pembusukan (Wahyuningsih et al., 2023).

Tabel 5. Kondisi Perbaikan (*Improve dan Worsening Feature*)

No	Kontradiksi	<i>Improve Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
1	Pengemasan tidak ada lubang udara	<i>External harm affects the object (30)</i> Perlindungan tempe dari kontaminasi mikroorganisme atau zat asing yang bisa merusak proses fermentasi atau kualitas produk	<i>Quantity of substance/the matter (26)</i> Kurangnya jumlah oksigen yang tersedia untuk proses fermentasi yang optimal dalam kemasan tempe
2	Takaran pemberian ragi tidak terstandar	<i>Ease of operation (33)</i> Kemudahan bagi pekerja dalam mengatur atau mengelola proses produksi sehingga produksi lebih cepat	<i>Temperature (17)</i> Kenaikan suhu bisa mempercepat proses fermentasi berlebihan hingga ke arah pembusukan.
3	Kedelai tidak tercuci bersih	<i>Use of energy by moving object (19)</i> Mikroba merupakan objek hidup mikroskopis yang bergerak menggunakan energi untuk berfermentasi	<i>External harm affects the object (30)</i> Mikroorganisme liar adalah faktor eksternal yang masuk dan mengganggu proses fermentasi alami
4	Perendaman kedelai terlalu lama	<i>Ease of operation (33)</i> Memberikan kemudahan dalam proses kerja atau operasional terutama secara manual	<i>Shape (12)</i> Kerusakan bentuk fisik (tekstur dan warna) yang menjadi dampak utama perendaman kedelai lama

Fenomena inilah yang melandasi munculnya kontradiksi kedua. Hal serupa terjadi pada kondisi kedelai yang tidak tercuci bersih, di mana terciptanya kontaminasi mikroba liar menurunkan kualitas fermentasi. Namun, proses pencucian yang tidak menyeluruh juga memiliki efek positif, yaitu mempertahankan mikroba alami (pengasaman) yang penting dalam fermentasi (Barus et al., 2021). Meskipun durasi perendaman yang lama mempermudah pengelupasan kulit karena tekstur kedelai menjadi lebih empuk, hal ini berisiko menurunkan kualitas bahan. Kondisi kedelai yang terlalu lunak dan mengalami perubahan warna menjadi kehitaman dapat

menghambat efektivitas proses fermentasi (Hasibuan et al., 2024). Dengan mengenali kontradiksi seperti ini, solusi dapat dirancang untuk menghilangkan sisi negatif tanpa menghilangkan manfaat positif, sejalan dengan prinsip dasar TRIZ.

3.4.2. Klasifikasi Permasalahan ke dalam 39 Parameter TRIZ

Tabel 5 menggambarkan proses klasifikasi kontradiksi teknis yang terjadi dalam proses produksi tempe ke dalam parameter-parameter standar TRIZ sebanyak 39. Tujuan dari klasifikasi ini adalah untuk memetakan fitur yang ingin ditingkatkan

Tabel 6. Matriks Kontradiksi (Prinsip Inovatif)

Kontradiksi	<i>Improve Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>			
		<i>Quantity of substance/ the matter (26)</i>	<i>Temperature (17)</i>	<i>External harm affects the object (30)</i>	<i>Shape (12)</i>
K1	<i>External harm affects the object (30)</i>	29, 31, 33, 35			
K2	<i>Ease of operation (33)</i>		13, 26, 27		
K3	<i>Use of energy by moving object (19)</i>			1, 6, 27, 35	
K4	<i>Ease of operation (33)</i>				15, 28, 29, 34

(*improve feature*) dan fitur yang memburuk (*worsening feature*) akibat peningkatan tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pencarian solusi melalui matriks kontradiksi TRIZ.

3.4.3. Matriks Kontradiksi TRIZ

Tabel 6 menunjukkan matriks kontradiksi antara *improving feature* dan *worsening feature* dari masing-masing kontradiksi yang menghasilkan prinsip inovatif (*inventive principle*), yaitu konsep atau strategi pemecahan masalah yang digunakan dalam metode TRIZ untuk mengatasi kontradiksi teknis dalam suatu sistem atau proses.

3.4.4. Solusi dari Prinsip TRIZ Terpilih

Tabel 7 merupakan matriks kontradiksi yang merangkum solusi atas cacat produk tempe menggunakan pendekatan TRIZ, yang berfokus pada penyelesaian kontradiksi teknis secara sistematis melalui parameter yang bertentangan. Misalnya, masalah pengemasan tanpa ventilasi ditangani dengan prinsip *parameter changes* melalui modifikasi desain

lubang udara. Solusi ini dinilai sangat layak (*feasible*) bagi UMKM karena tidak membutuhkan investasi besar; biaya hanya dialokasikan untuk penambahan alat pembolong manual atau modifikasi plastik kemasan yang ekonomis. Ketidakkonsistenan takaran ragi diselesaikan dengan prinsip *cheap short-living objects* melalui penggunaan sachet ragi dan alat ukur sederhana. Implementasi solusi ini sangat praktis karena tidak memerlukan keahlian teknis tingkat tinggi dari pekerja, sehingga kendala operasional di lapangan dapat diminimalisir.

Untuk pencucian kedelai yang kurang bersih, diterapkan penggunaan air hangat bersuhu stabil guna menjaga mikroba baik tanpa meninggalkan kontaminan (*parameter changes*). Sementara itu, perendaman yang terlalu lama ditangani dengan prinsip *dynamics* melalui penggunaan *timer* otomatis. Meskipun penggunaan sensor atau *timer* memiliki implikasi biaya awal, solusi ini diproyeksikan memberikan keuntungan jangka panjang dalam menekan angka produk gagal yang selama ini membebani biaya

Tabel 7. Matriks Kontradiksi (Solusi)

Penyebab	<i>Inventive Principle</i> Dipilih	Solusi Ideal
Pengemasan tidak ada lubang udara	<i>Parameter changes</i>	Mengubah ukuran dan posisi lubang ventilasi dalam kemasan agar cukup oksigen masuk tapi tidak terlalu banyak, Selain itu, sesuaikan suhu penyimpanan karena oksigen dan pembusukan sangat dipengaruhi oleh suhu dimana jika suhu tinggi bisa meningkatkan kebutuhan oksigen.
Takaran pemberian ragi tidak terstandar	<i>Cheap short-living objects</i>	Menggunakan sachet ragi sekali pakai yang memiliki takaran pasti, dilengkapi alat ukur sederhana seperti sendok dosis khusus, serta penerapan label warna atau barcode sementara untuk membedakan batch berdasarkan takaran dan suhu fermentasi guna memudahkan pelacakan dan evaluasi proses.
Kedelai tidak tercuci bersih	<i>Parameter changes</i>	Menggunakan air pencuci hangat di bawah 40°C dengan waktu pencucian yang telah disesuaikan atau diatur dengan tepat (dikalibrasi) sampai cukup untuk menghilangkan lendir/kotoran tapi tidak mematikan mikroba baik.
Perendaman kedelai terlalu lama	<i>Dynamics</i>	mengatur durasi perendaman secara adaptif berdasarkan suhu air atau kualitas kedelai, dilengkapi sensor suhu atau timer untuk otomatisasi waktu perendaman, serta menerapkan perendaman metode bertahap mulai dari air dingin ke hangat guna mengontrol pelunakan dan mencegah perubahan warna kehitaman.

produksi. Penting untuk dicatat bahwa solusi-solusi yang diusulkan dalam penelitian ini saat ini berada pada tahap rekomendasi strategis yang telah divalidasi melalui diskusi bersama pemilik industri. Meskipun belum diimplementasikan secara menyeluruh di seluruh lini produksi, simulasi awal pada skala kecil menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menurunkan potensi cacat serta meningkatkan konsistensi mutu produk tempe secara berkelanjutan di lingkungan UMKM.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengintegrasikan metode FMEA, RCA+, dan TRIZ sebagai kerangka kerja sistematis untuk mengatasi degradasi mutu pada industri tempe skala kecil. Temuan utama menunjukkan bahwa cacat "bau tidak sedap" merupakan prioritas kegagalan tertinggi yang berakar pada anomali proses fermentasi. Kontribusi penting dari studi ini terletak pada kemampuannya menyelaraskan identifikasi risiko (FMEA) dengan pemecahan masalah kreatif (TRIZ) yang selama ini jarang diterapkan secara terpadu di sektor UMKM. Melalui pendekatan ini, solusi yang dihasilkan—seperti modifikasi ventilasi kemasan dan sistem perendaman bertahap—tidak hanya bersifat korektif, tetapi juga preventif terhadap munculnya kontradiksi teknis baru.

Meskipun memberikan kerangka perbaikan yang solutif, penelitian ini memiliki keterbatasan metodologis, terutama pada periode observasi yang relatif singkat dan cakupan data yang terbatas pada satu unit rumah produksi di SIKS. Hal ini menyebabkan fluktuasi variabel lingkungan jangka panjang belum sepenuhnya terpetakan. Selain itu, solusi yang diusulkan masih berada pada tahap rekomendasi strategis dan validasi konseptual bersama praktisi.

Sebagai arah penelitian mendatang, diperlukan uji implementasi langsung di lapangan untuk memverifikasi efektivitas solusi TRIZ terhadap volume produksi nyata. Pengembangan sistem monitoring kualitas berbasis digital yang sederhana atau pelatihan berbasis Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mengacu pada SNI 3144-3:2015 juga

menjadi agenda krusial untuk memastikan keberlanjutan mutu produk secara mandiri bagi para pelaku industri kecil.

Daftar Pustaka

- Adzima, F., Asmal, S., & Setiawan, I. (2023). Implementasi metode TRIZ terhadap peningkatan kualitas proses roasting kopi pada UMKM di Makassar. *Jurnal Teknik Industri*, 9(2), 655–662.
- Barus, T., Wicaksono, W. A., & Prasasty, V. D. (2021). Identifikasi Bakteri yang Berperan dalam Pengasaman Kedelai dalam Fermentasi Tempe Berdasarkan Sekuen 16S rDNA. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 6(2), 71–77. <https://doi.org/10.24002/biota.v6i2.4029>
- Dewangga, A., & Suseno, S. (2022). Analisa pengendalian kualitas produksi plywood menggunakan metode Seven Tools, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan TRIZ. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 243–253. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i3i.42>
- Gani, M., Histiari, A. R., Ahistasari, A., & Wariori, R. Y. (2023). Analisis resiko kebakaran di bandara RR menggunakan metode FMEA. *Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 22–33.
- Hanif, R., Rukmi, S. H., & Susanty, S. (2015). Perbaikan kualitas produk Keraton Luxury di PT. X dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3(3), 137–147.
- Hasibuan, S. O., Fitriah, H., Ritongga, J., Simbolon, A., & Daulay, R. A. (2024). Sosialisasi Proses Pembuatan Tahu yang Sehat untuk Masyarakat di Pasar 4 Medan Marelan. *At-Tadris : Journal of Islamic Education*, 3(1), 240–251. <https://doi.org/10.56672/attadris.v3i1.90>
- Jaelani, S. A., Alfintawati, A., Fathi, N., & Hafiyya, I. (2025). Literature Review dari Randomized Controlled Trials (

- RCTs): Efektivitas Pengemasan Vakum Plastik terhadap Umur Simpan dan Kualitas Kue Lapis Legit Tradisional. *Karimah Tauhid*, 4(5), 3101–3109.
- Jakti, N. J. K., & Al Faritsy, A. Z. (2024). Analisis pengendalian kualitas produk dengan metode Six Sigma dan TRIZ untuk mengurangi jumlah kecacatan produk di UD Cantenan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi*, 2(2), 26–38.
<https://doi.org/10.59024/jisi.v2i2.642>
- Kristiadi, O. H., & Lunggani, A. T. (2022). Tempe kacang kedelai sebagai pangan fermentasi unggulan khas Indonesia: Literature review. *Jurnal Andaliman – Jurnal Gizi Pangan, Klinik dan Masyarakat*, 2(2), 48–56.
<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jgpkm/article/view/40334/pdf>
- Neyland, J. S. C., Mende, J., & Rembet, M. E. (2022). Aplikasi metode SERVQUAL dan TRIZ untuk peningkatan kualitas layanan di salah satu bengkel otomotif di Kota Manado. *JMBI UNSRAT: Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis dan Universitas Sam Ratulangi*, 9(1), 42–53.
<https://doi.org/10.35794/jmbi.v9i1.36703>
- Nugraha, R. C., & Haryono, K. (2022). Metode TRIZ untuk meningkatkan kreativitas dan inovasi pada bidang bisnis dan manajemen melalui aplikasi berbasis mobile. *Automata*, 3(2).
<https://journal.uui.ac.id/AUTOMATA/article/view/24190>
- Pragita, T. E., Rahayuningsih, M., & Muslich, M. (2018). Evaluasi penyimpangan dan perbaikan mutu tempe sesuai SNI 3144:2015 di UMKM. *Jurnal Standardisasi*, 19(2), 113.
<https://doi.org/10.31153/js.v19i2.502>
- Pratikno, F. A., Zamzani, M. I., & Setiowati, N. O. (2023). Application of Root Conflict Analysis (RCA+) to identify contradiction in manufacturing process. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 722–729.
<https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2448>
- Revita, I., Suharto, A., & Izzudin, A. (2021). Studi empiris pengendalian kualitas produk pada Vieyuri Konveksi. *Bisnis-Net Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 4(2), 39–49.
<https://doi.org/10.46576/bn.v4i2.1695>
- Robecca, J., & Damayanti, M. V. (2019). Metode Failure Mode and Effect Analysis untuk mengurangi cacat produk. *INAQUE: Journal of Industrial & Quality Engineering*, 7(2), 117–125.
<https://doi.org/10.34010/iqe.v7i2.1857>
- Safira, S. D., & Damayanti, R. W. (2022). Analisis defect produk dengan menggunakan metode FMEA dan FTA untuk mengurangi defect produk (Studi Kasus: Garment 2 dan Garment 3 PT Sri Rejeki Isman Tbk). *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2022*, D03.1–D03.10.
- Said, A., Dahniar, T., & Feblidiyanti, N. (2022). Analisis pengendalian kualitas produk untuk meminimasi defect pada produk sabun batang kosmetik menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Root Cause Analysis (RCA) pada PT. Adev Natural Indonesia. *Teknologi*, 5.
- Wahyuningsih, E. A., Irmanda, L., Wisnu, Y., & Aji, K. (2023). Pengaruh lama fermentasi, penambahan ragi dan konsentrasi gula pada tape ketan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta*, 1, 96–101.
- Yulistria, R., Rosento, R., Handayani, E. P., Susilowati, I. H., & Aulia, S. (2023). Pengaruh kualitas produk terhadap kepuasan pelanggan pada PT Mitra Bangun Perwira. *Swabumi*, 11(1), 13–22.
<https://doi.org/10.31294/swabumi.v11i1.13980>