



Analisis dan Penyelesaian Kontradiksi Teknis untuk Mengurangi Cacat Gosong pada Produksi Batu Bata Menggunakan FMECA, RCA+, dan TRIZ

Faishal Arham Pratikno^{1*}, Nurhaliza Dinda Pratiwi², dan Dea Dita Krisnasari³

¹Program Studi Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, 76127, Indonesia

^{2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, 76127, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
120 - 130

Tanggal penyerahan:
21 Juli 2026

Tanggal diterima:
9 September 2026

Tanggal terbit:
30 September 2026

EMAIL

¹faishal.arham@lecturer.itk.ac.id

²12221063@student.itk.ac.id

³dea.krisnasari@lecturer.itk.ac.id

*) Corresponding Author

ABSTRACT

Brick production at Sepinggan Brick Manufacturers still relies on semi-manual processes, causing recurring defects and unstable product quality. This study aims to identify the most critical brick defect, trace its root causes and technical contradictions, and formulate improvement proposals without changing the functional needs of the firing process. The methods used are Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA), Root Conflict Analysis (RCA+), and Teoriya Resheniya Izobreatateiskikh Zadatch (TRIZ). FMECA results show that burnt defects are the highest-priority failure mode with an RPN of 268.52 and a critical category. RCA+ identifies three contradictions: long firing duration, excessive fuel addition, and overly dense brick stacking. TRIZ recommends heat-protective kiln layers, controlled fuel planning, and rearranged stacking gaps to improve heat circulation and reduce burnt defects.

Keywords: brick, contradiction, FMECA, quality control, RCA+, TRIZ.

ABSTRAK

Produksi batu bata pada Produsen Batu Bata Sepinggan masih dilakukan secara semi-manual sehingga berpotensi menimbulkan kecacatan berulang dan ketidakstabilan mutu produk. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis cacat paling kritis, menelusuri akar penyebab serta kontradiksi teknisnya, dan merumuskan usulan perbaikan tanpa menghilangkan fungsi utama proses pembakaran. Metode yang digunakan adalah Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA), Root Conflict Analysis (RCA+), dan Teoriya Resheniya Izobreatateiskikh Zadatch (TRIZ). Hasil FMECA menunjukkan bahwa cacat gosong menjadi prioritas utama dengan nilai RPN 268,52 dan kategori critical. RCA+ mengidentifikasi tiga kontradiksi, yaitu durasi pembakaran yang lama, penambahan bahan bakar berlebih, dan penyusunan batu bata terlalu rapat. TRIZ menghasilkan usulan berupa lapisan pelindung panas pada tungku, pengendalian penggunaan bahan bakar, serta pengaturan ulang jarak susunan batu bata untuk mengoptimalkan sirkulasi panas dan menurunkan risiko cacat gosong.

Kata kunci: batu bata, FMECA, kontradiksi, pengendalian kualitas, RCA+, TRIZ.

PENDAHULUAN

Dalam menghadapi dinamika pasar yang semakin kompetitif, pelaku usaha dituntut untuk memberikan kualitas yang baik terhadap produk yang dihasilkan [1]. Kualitas produk yang baik khususnya dalam sektor manufaktur dapat menjadi nilai tambah dalam pertumbuhan ekonomi di Indonesia [2]. Seiring meningkatnya kebutuhan infrastruktur di berbagai wilayah, tuntutan terhadap hasil konstruksi yang berkualitas juga semakin tinggi, dalam konteks ini pemilihan bahan konstruksi yang sesuai menjadi faktor penting yang menentukan ketahanan, keberlanjutan, dan keamanan infrastruktur yang dibangun [3].

Batu bata merupakan salah satu material utama yang banyak dimanfaatkan dalam industri konstruksi, khususnya untuk struktur pondasi dan dinding bangunan tempat tinggal [4]. Batu bata adalah material bangunan yang banyak digunakan di Indonesia, umumnya sebagai elemen non-struktural pada dinding bangunan bertingkat namun, di beberapa daerah batu bata juga digunakan sebagai bagian struktur rumah sederhana untuk menopang beban di atasnya [5]. Tingginya permintaan batu bata, menuntut produsen untuk mampu menghasilkan produk dengan mutu yang berkualitas [6]. Namun, pada kenyataannya proses produksi batu bata di Indonesia masih dilakukan secara semi-manual atau konvensional sehingga, menyebabkan ketidakkonsistenan pada produk yang dihasilkan [7].

Permasalahan yang sama juga dihadapi oleh Produsen Batu Bata Sepinggian. Industri ini dikelola dengan memanfaatkan sumber daya lokal, seperti tanah liat sebagai bahan baku utama, lahan terbuka sebagai area pengeringan, serta tenaga kerja yang beraal dari lingkungan sekitar. Dalam penelitian ini, terdapat tiga produsen batu bata yang dijadikan sebagai objek penelitian. Proses produksi batu bata yang dilakukan masih bersifat semi-manual, yaitu menggabungkan tenaga manusia pada proses penggalian bahan baku, pencampuran bahan baku, penjemuran, penyusunan bata kering dan pembakaran, serta menggunakan peralatan atau mesin sederhana pada proses pencetakan.

Tabel 1. Data jenis cacat batu bata periode tahun 2025

Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persentase Kecacatan
<i>Patah</i>	482	26,91%
<i>Retak</i>	218	12,17%
<i>Gosong</i>	883	49,30%
<i>Kurang Matang</i>	121	6,76%
<i>Cuil</i>	87	4,86%
<i>Total</i>	1791	100%

Berdasarkan data pada Tabel 1 diatas beberapa jenis cacat yang ditemukan dalam proses produksi batu bata adalah patah, retak, gosong, kurang matang dan cuil. Jenis cacat gosong merupakan jenis cacat dengan jumlah terbesar dengan persentase sebesar 49,30%. Sementara itu, jenis cacat lainnya memiliki persentase yang lebih rendah namun, tetap konsisten muncul pada setiap periode produksi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan kualitas pada produsen batu bata belum ditangani secara sistematis. Secara keseluruhan, tingginya tingkat kecacatan produk berdampak pada meningkatnya jumlah produk yang tidak layak digunakan, menurunnya efisiensi proses produksi, serta bertambahnya biaya operasional akibat proses pengerjaan ulang dan produk gagal.

Kenyataan di lapangan juga menunjukkan bahwa sebagian besar produsen batu bata di Indonesia masih menjalankan proses produksi tanpa sistem pengendalian kualitas yang terstruktur. Pengawasan mutu biasanya dilakukan secara visual oleh pekerja atau pemilik usaha, tanpa adanya pengukuran statistik yang memadai [8]. Akibatnya, banyak cacat produk tidak terdeteksi sejak dini dan baru diketahui setelah proses produksi selesai. Kondisi ini sejalan dengan temuan yang mengemukakan bahwa pengawasan pada proses produksi di setiap perusahaan sangat penting untuk dilakukan, guna menjamin kelancaran proses produksi serta meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan [9].

Metode *Failure Mode Effect Criticality Analysis* (FMECA) digunakan dalam mengidentifikasi pokok permasalahan dan menentukan tingkat kritikalitas kegagalan pada mesin *filter press*, hasil penelitian menunjukkan bahwa tiap komponen memiliki sifat *criticality* yang *high* sehingga setiap komponen akan menjadi fokus pada penelitian [10]. Metode FMECA dipilih karena tidak hanya mengidentifikasi kegagalan, tetapi juga menilai tingkat kekritisannya. Sedangkan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) mengandalkan penilaian RPN yang subjektif

dan tidak mempertimbangkan tingkat *criticality* sehingga pemeringkatan risiko berpotensi kurang akurat [11].

Setelah diketahui pokok permasalahan yang memiliki tingkat kritikalitas tertinggi, maka yang selanjutnya dilakukan adalah mencari akar penyebab masalah dari masalah tersebut. Selain dari akar penyebab masalah yang perlu diketahui objek seperti produksi batu bata merah kerap kali terkendala adanya kontradiksi dalam proses produksinya [12]. Metode pencarian akar penyebab masalah sekaligus mengidentifikasi adanya kontradiksi dapat dilakukan dengan metode *Root Conflict Analysis* (RCA+) [13]. Metode ini akan memberikan keterangan untuk setiap akar penyebab masalah apakah akar penyebab ini merupakan situasi yang kontradiksi atau situasi yang tidak dapat diubah [14].

Penyelesaian penelitian ini adalah mencari solusi inovatif berdasarkan kontradiksi yang telah teridentifikasi. Metode *Teoriya Resheniya Izobreatetelskikh Zadactch* (TRIZ) untuk merumuskan solusi yang siteatis dan inovatif berdasarkan kontradiksi permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penerapan TRIZ dilakukan dengan mengacu pada 39 parameter teknis yang sesuai dengan kontradiksi yang telah diidentifikasi melalui RCA+. Untuk menentukan alternatif solusi, penelitian memanfaatkan matriks kontradiksi TRIZ, yang menghubungkan parameter yang bertentangan dengan 40 prinsip solusi TRIZ. Dengan cara ini, solusi yang dihasilkan tidak hanya mengatasi kontradiksi, tetapi juga meminimalkan risiko munculnya masalah baru dalam proses produksi, sehingga perbaikan menjadi lebih efektif dan terstruktur [15].

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada penyelesaian masalah terhadap banyaknya produk cacat yang dihasilkan oleh produsen batu bata Sepinggan, seperti patah, retak, gosong, kurang matang, dan cuil. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan keunggulan dari masing-masing metode yang terpilih untuk diintegrasikan. FMECA digunakan untuk mencari jenis kecacatan apa yang paling kritis lalu RCA+ akan mencari akar penyebab sekaligus kontradiksi yang menjadi penyebab jenis kecacatan tersebut, dan di akhir TRIZ akan memunculkan solusi yang inovatif guna memberikan penyelesaian terhadap jenis kecacatan tersebut.

METODE

Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)

FMECA merupakan pengembangan dari metode FMEA yang tidak hanya mengidentifikasi kegagalan, tetapi juga menilai tingkat kekritisannya [10]. Dalam penerapannya, FMEA menilai setiap kemungkinan kegagalan melalui tiga parameter utama, yaitu [16]:

1. *Severity* (S): tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan jika kegagalan terjadi.
2. *Occurrence* (O): kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan.
3. *Detection* (D): kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum berdampak.

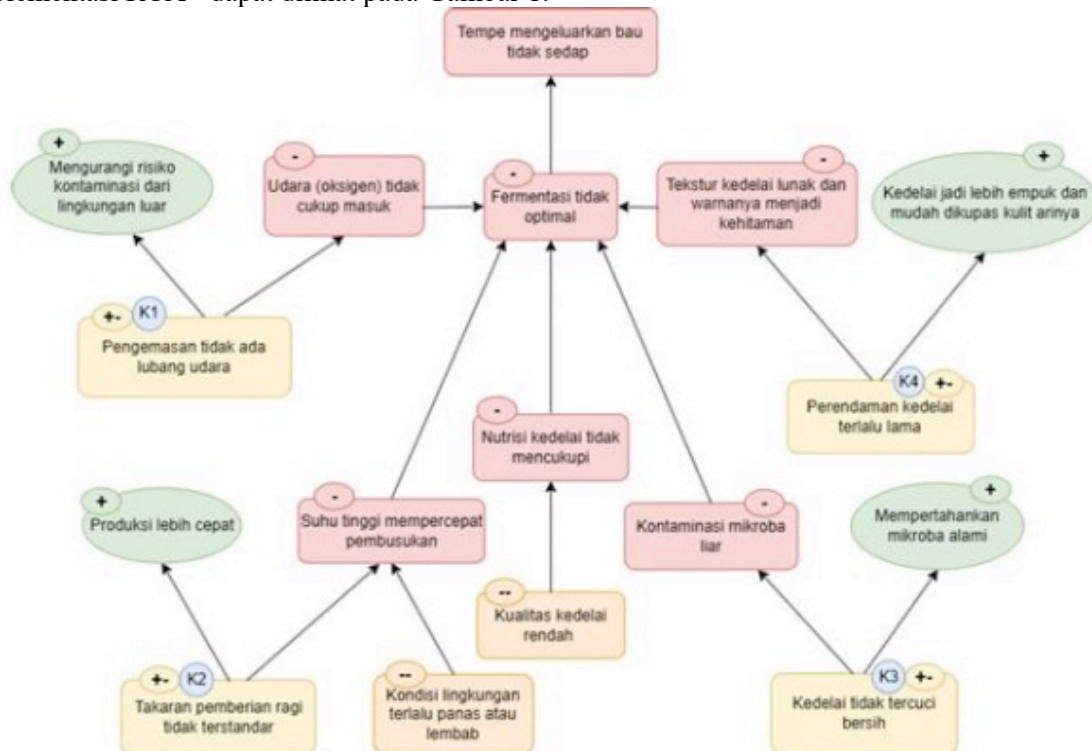
Criticality Analysis (CA) merupakan pendekatan yang berfokus untuk mengidentifikasi semua potensi kegagalan yang mungkin terjadi dalam sistem atau komponen yang sedang dianalisis, serta mengevaluasi sejauh mana kegagalan tersebut dapat mempengaruhi operasi keseluruhan [17]. Penentuan prioritas analisis kritis dapat dilihat pada Tabel 2 [18].

Tabel 2. Prioritas kritis FMECA

No	Derajat Kritis	Nilai	Risiko
1	<i>Minor</i>	0-30	<i>Acceptable</i>
2	<i>Medium</i>	31-100	<i>Tolerable</i>
3	<i>High</i>	101-180	<i>Unacceptable</i>
4	<i>Very High</i>	181-252	<i>Unacceptable</i>
5	<i>Critical</i>	>252	<i>Unacceptable</i>

Root Conflict Analysis (RCA+)

Root Conflict Analysis (RCA+) merupakan salah satu alat dalam TRIZ yang menggunakan pendekatan hubungan sebab-akibat, yang kemudian divisualisasikan untuk mengidentifikasi kontradiksi mendasar yang sulit ditemukan dalam permasalahan [19]. RCA+ bertujuan mengidentifikasi akar masalah secara menyeluruh dan sistematis, sekaligus mengungkap berbagai kontradiksi dalam proses untuk menentukan arah perbaikan yang paling tepat dan efektif. Kontradiksi dalam diagram RCA+ digambarkan sebagai sebab yang menghasilkan akibat negatif (-) dan positif (+). Penentuan akar masalah dengan diagram RCA+ terus dilakukan hingga akar kontradiksi permasalahan yang mencakup efek positif dan negatif (+/-) ditemukan [20]. Contoh implementasi RCA+ dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh RCA+ untuk cacat tempe mengeluarkan bau tidak sedap [13]

Teoriya Resheniya Izobreatetelskikh Zadactch (TRIZ)

TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) merupakan akronim dari bahasa Rusia (*Teoriya Resheniya Izobreatetelskikh Zadactch*), diperkenalkan oleh pakar paten Rusia yaitu Genrich Altshuller pada tahun 1940-an [21]. TRIZ memiliki prinsip bahwa solusi spesifik diturunkan secara tidak langsung dari masalah yang spesifik. Tidak semua solusi spesifik dirancang untuk masalah tertentu saja, melainkan merupakan bagian dari kumpulan solusi yang dapat dianggap sebagai solusi umum [22]. TRIZ merupakan sebuah alat yang dapat digunakan untuk membantu merumuskan solusi ketika suatu gagasan ingin dikembangkan. Genrikh S. Altshuller menawarkan 40 prinsipal solusi untuk mengatasi kontradiksi masalah yang terjadi berdasarkan 39 sistem parameter. Prinsip-prinsip tersebut merupakan hasil dari analisis ratusan ribu dokumen paten sehingga, memunculkan sebuah metode tentang pembangkitan ide inovasi dengan cara yang praktis [22]. Metode TRIZ memanfaatkan kontradiksi dalam matriks sebagai tahap awal analisis untuk menelusuri rekomendasi solusi yang dapat dihasilkan [23] dan seperti contoh yang ada pada Gambar 2.

Tiga tahapan penggunaan metode TRIZ meliputi [24]:

1. Identifikasi Masalah: Menelusuri seluruh faktor potensial yang berisiko menjadi akar penyebab masalah.

2. Klasifikasi Permasalahan: Mengelompokkan elemen pendukung serta penghambat ke dalam 39 parameter TRIZ, lalu memanfaatkan matriks kontradiksi untuk menemukan pola solusi yang relevan.
3. Penentuan Solusi: Merumuskan alternatif penyelesaian atas kontradiksi yang ditemukan berpatokan pada 40 prinsip inventif.

		Worsening Feature Improving Feature				
		Adaptability or versatility Device complexity Difficulty of detecting and measuring Extent of automation Productivity				
		35	36	37	38	39
34	Ease of repair	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptability or versatility	+	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35, 28, 6, 37	
36	Device complexity	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 12, 17, 24, 28	
37	Difficulty of detecting and measuring	1, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21	35, 18
38	Extent of automation	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+

(b)

Gambar 2. Contoh penentuan prinsipal solusi dalam TRIZ [25]

Metodologi

Berikut adalah metodologi alur penelitian ini:

1. Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada pemilik produksi batu bata, yang berkaitan dengan proses produksi serta kecacatan produk batu bata. Cacat yang terjadi pada produk batu bata mengakibatkan produk tersebut tidak memenuhi standar kualitas sehingga tidak layak untuk dipasarkan. Berikut pada Gambar 3 adalah jenis cacat yang terjadi di produsen batu bata ini.



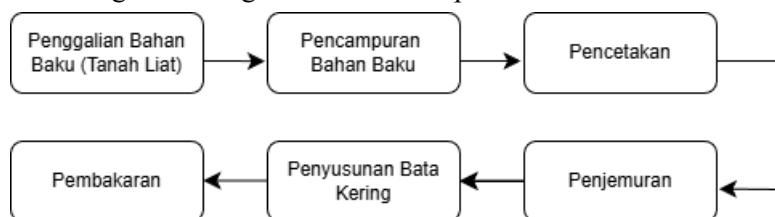
Gambar 3. Jenis cacat pada produsen batu bata sepinggan

2. Penelitian dilakukan pada tiga Produsen Batu Bata Sepinggian yang memiliki alur produksi serupa. Data primer diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan pemilik usaha, dokumentasi kondisi proses produksi, serta kuesioner penilaian FMECA. Data yang digunakan meliputi alur proses produksi, jenis cacat, jumlah produksi, jumlah produk cacat, penyebab kecacatan, dampak kecacatan, dan frekuensi kejadian cacat.
3. Tahap pengolahan data diawali dengan identifikasi mode kegagalan pada setiap jenis cacat. Masing-masing mode kegagalan dinilai menggunakan tiga parameter, yaitu *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN). Hasil RPN kemudian diklasifikasikan ke dalam *criticality matrix* untuk menentukan cacat dengan derajat risiko tertinggi (*Critical*).
4. Cacat prioritas dari FMECA dianalisis lebih lanjut menggunakan RCA+. Pada tahap ini, penyebab masalah dipetakan dalam hubungan sebab-akibat dengan memperhatikan dampak negatif dan dampak positif yang muncul dari faktor penyebab. Faktor yang memberikan dampak positif sekaligus negatif ditetapkan sebagai kontradiksi teknis.
5. Kontradiksi tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam parameter TRIZ sebagai improving parameter dan worsening parameter. Matriks kontradiksi TRIZ digunakan untuk memperoleh prinsip inventif yang relevan sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Jenis Cacat Produk

Proses produksi batu bata pada objek penelitian dimulai dari penggalian tanah liat, pencampuran bahan baku dengan air, pencetakan menggunakan mesin sederhana, penjemuran alami, penyusunan batu bata kering di dalam tungku, pembakaran menggunakan kayu bakar, pendinginan, dan penyortiran (Gambar 4). Berdasarkan observasi, tahap pembakaran merupakan tahap yang paling sensitif karena kestabilan api, jumlah bahan bakar, arah aliran panas, dan jarak penyusunan batu bata sangat memengaruhi hasil akhir produk.



Gambar 4. Alur proses produksi produsen batu bata Sepinggian

Hasil rekapitulasi data menunjukkan bahwa setiap produsen memiliki kapasitas produksi dan jumlah cacat yang berbeda, tetapi pola kecacatannya relatif sama. Cacat gosong selalu menjadi jenis cacat dengan proporsi terbesar, yaitu 45,28% pada Produsen 1, 43,60% pada Produsen 2, dan 45,21% pada Produsen 3. Rekapitulasi data produksi dan kecacatan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Proporsi cacat pada setiap produsen batu bata

Produsen	Total produksi (pcs)	Total cacat (pcs)	Persentase cacat	Cacat gosong (pcs)	Proporsi cacat gosong
Produsen 1	32.000	2.566	8,02%	1.162	45,28%
Produsen 2	28.000	1.922	6,86%	838	43,60%
Produsen 3	30.000	2.327	7,76%	1.052	45,21%

Penentuan Cacat Prioritas dengan FMECA

Penilaian FMECA dilakukan berdasarkan rata-rata hasil kuesioner dari tiga produsen. Nilai *severity* menggambarkan tingkat keparahan dampak cacat terhadap kualitas dan nilai jual produk, *occurrence* menggambarkan frekuensi kejadian cacat, sedangkan *detection* menggambarkan kemampuan proses dalam mendeteksi cacat sebelum produk selesai diproduksi. Hasil perhitungan RPN disajikan pada Tabel 4.

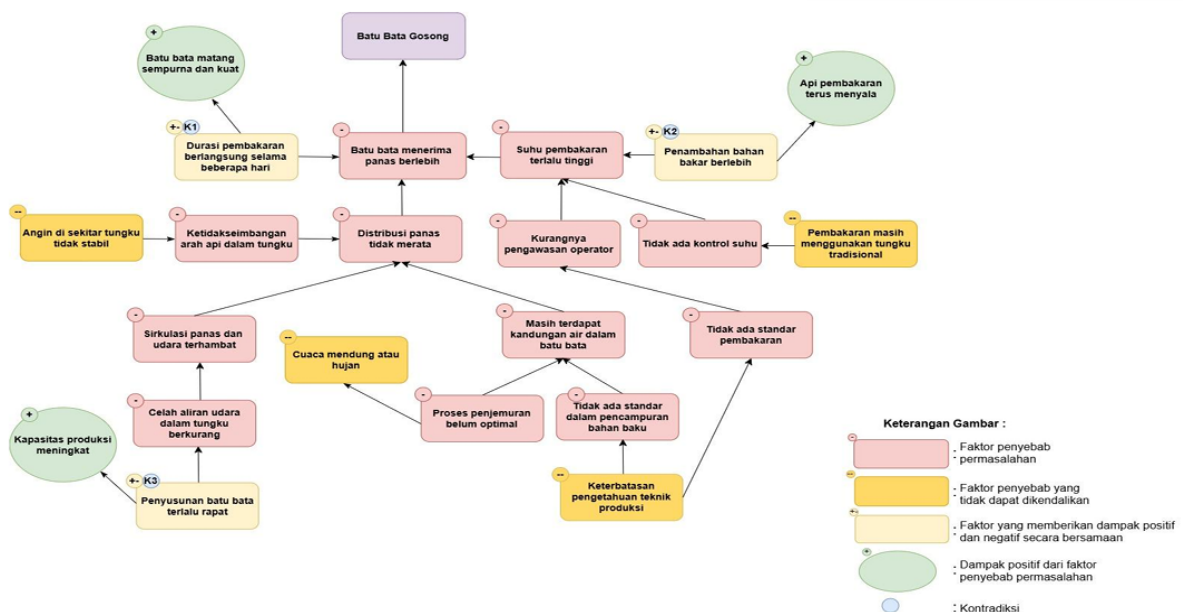
Tabel 4. Nilai RPN dan penentuan tingkat kritis jenis cacat

<i>Failure mode</i>	S	O	D	RPN	<i>Criticality matrix</i>
Patah	7,33	6,00	4,00	176,00	<i>High</i>
Retak	5,67	2,67	4,67	70,52	<i>Medium</i>
Gosong	8,33	9,67	3,33	268,52	<i>Critical</i>
Kurang matang	5,00	4,33	6,33	137,22	<i>High</i>
Cuil	3,67	1,67	5,00	30,56	<i>Medium</i>

Tabel 4 menunjukkan bahwa cacat gosong memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 268,52 dan termasuk kategori *critical*, sehingga ditetapkan sebagai prioritas dalam analisis lanjutan.

Analisis akar penyebab dan kontradiksi teknis dengan RCA+

Analisis RCA+ dilakukan terhadap jenis cacat gosong karena memiliki derajat kritis tertinggi. Hasil pemetaan sebab-akibat menunjukkan bahwa cacat gosong tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh rangkaian faktor yang saling berkaitan. Terdapat 3 kontradiksi yang teridentifikasi, yaitu durasi pembakaran yang berlangsung selama beberapa hari, penambahan bahan bakar berlebih dan penyusunan batu bata terlalu rapat. Hasil analisis dengan RCA+ dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. RCA+ untuk cacat batu bata gosong

Keunggulan RCA+ dalam penelitian ini terletak pada kemampuannya dalam menganalisis faktor penyebab masalah utama, dengan memerhatikan efek positif dan negatif (kontradiksi). Pada proses pembakaran, beberapa tindakan yang memicu cacat gosong tetap dipertahankan oleh produsen karena memberikan efek positif terhadap kematangan produk, kestabilan api, atau kapasitas produksi. Faktor semacam ini membentuk kontradiksi teknis yang tidak dapat diselesaikan hanya dengan menghilangkan penyebabnya secara langsung. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RCA+ diidentifikasi bahwa terdapat 3 kontradiksi yang menjadi akar penyebab masalah cacat gosong. Hasil kontradiksi teknis disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kontradiksi teknis penyebab cacat gosong berdasarkan RCA+

Kode	Kontradiksi teknis	Dampak positif	Dampak negatif
K1	Durasi pembakaran berlangsung selama beberapa hari	Batu bata matang sempurna dan kuat	Batu bata menerima panas berlebih

Kode	Kontradiksi teknis	Dampak positif	Dampak negatif
K2	Penambahan bahan bakar berlebih	Api pembakaran terus menyala	Suhu pembakaran terlalu tinggi
K3	Penyusunan batu bata terlalu rapat	Kapasitas produksi meningkat	Sirkulasi panas dan udara terhambat

Kontradiksi (K1) menunjukkan bahwa produsen membutuhkan durasi pembakaran yang cukup lama untuk memastikan batu bata matang dan kuat, tetapi durasi yang terlalu panjang dapat menyebabkan akumulasi panas. Kontradiksi 2 (K2) menunjukkan konflik antara kebutuhan menjaga api tetap menyala dan risiko suhu terlalu tinggi akibat penambahan bahan bakar yang tidak terstandar. Kontradiksi 3 (K3) menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas pembakaran melalui susunan yang rapat justru menurunkan kualitas sirkulasi panas dan udara di dalam tungku. Ketiga kontradiksi tersebut menjadi masukan utama bagi analisis TRIZ.

Usulan Perbaikan Berbasis TRIZ

Kontradiksi RCA+ diterjemahkan ke dalam parameter TRIZ. Berdasarkan hasil RCA+ sebelumnya, berhasil diketahui parameter positif dan negative dari setiap akar penyebab masalah. Parameter ini yang menjadi masukan ke dalam matriks kontradiksi TRIZ yang disajikan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Matriks kontradiksi TRIZ cacat gosong

Kontradiksi	<i>Improving parameter</i>	<i>Worsening parameter</i>	
		<i>Temperature (17)</i>	<i>Object Affected Harmful Factors (30)</i> <i>Loss of Energy (22)</i>
K1	<i>Strength (14)</i>	30,10,40	
K2	<i>Use of Energy by Stationary Object (20)</i>		10, 2, 22, 37
K3	<i>Productivity (39)</i>		28, 10, 29, 35

Pada K1, parameter yang ingin ditingkatkan (*improving parameter*) adalah *strength* (14) dan parameter yang memburuk (*worsening parameter*) adalah *temperature* (17); pada K2 adalah *use of energy by stationary object* (20) dan *object affected harmful factors* (30), sedangkan pada K3 adalah *productivity* (39) dan *loss of energy* (22). Pemetaan hasil matriks kontradiksi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pemetaan kontradiksi TRIZ dan prinsip solusi utama

Kode	<i>Improving parameter</i>	<i>Worsening parameter</i>	Prinsip inventif utama
K1	<i>Strength (14)</i>	<i>Temperature (17)</i>	30 - <i>Flexible Shells and Thin Films</i> ; 40 - <i>Composite Materials</i>
K2	<i>Use of Energy by Stationary Object (20)</i>	<i>Object Affected Harmful Factors (30)</i>	10 - <i>Prior Action</i>
K3	<i>Productivity (39)</i>	<i>Loss of Energy (22)</i>	10 - <i>Prior Action</i> , 29 - <i>Pneumatics and Hydraulics</i> , 35 - <i>Parameter Changes</i>

Usulan yang diberikan dalam mengatasi Kontradiksi 1 (K1) adalah dengan memberikan lapisan pelindung panas pada bagian luar tungku, yang dapat membantu menahan dan mengarahkan panas agar tidak terkonsentrasi secara berlebihan pada titik tertentu. Penggunaan material berbasis abu sekam padi dan tanah liat, diusulkan sebagai material yang dapat digunakan dalam membuat lapisan pelindung panas pada dinding tungku pembakaran. Material yang

digunakan ini akan membantu mengurangi panas yang akan terpapar oleh batu bata pada saat proses pembakaran [26].

Usulan pada Kontradiksi 2 (K2) menekankan pengendalian tindakan sebelum proses utama berlangsung. Penentuan kebutuhan bahan bakar berdasarkan jumlah batu bata yang dibakar dapat mengurangi keputusan operator yang hanya berdasarkan perkiraan visual. Pengaturan penambahan bahan bakar secara bertahap juga dapat menjaga api tetap menyala, tanpa menyebabkan kenaikan suhu yang terlalu tajam. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *prior action*, yaitu mencegah masalah sejak awal, dibandingkan memperbaiki dampaknya setelah terjadi.

Usulan pada Kontradiksi 3 K3 diarahkan untuk memperbaiki sistem sirkulasi panas. Produsen tetap dapat menjaga produktivitas, tetapi perlu menetapkan kapasitas maksimum dan pola penyusunan yang memberi ruang aliran udara. Ventilasi atau jalur aliran panas pada tungku akan mengurangi titik panas lokal, sementara perubahan jarak susunan batu bata membantu distribusi suhu menjadi lebih merata [27]. Dengan demikian, integrasi RCA+ dan TRIZ tidak menghilangkan fungsi positif dari proses pembakaran, melainkan menyesuaikan parameter proses agar dampak negatifnya dapat diminimalkan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi FMECA, RCA+, dan TRIZ dapat digunakan secara sistematis untuk pengendalian kualitas produk batu bata pada proses produksi semi-manual. Berdasarkan FMECA, cacat gosong menjadi jenis cacat paling kritis dengan nilai RPN 268,52 dan kategori critical. Analisis RCA+ menemukan tiga kontradiksi teknis utama, yaitu durasi pembakaran yang lama, penambahan bahan bakar berlebih, dan penyusunan batu bata yang terlalu rapat. Ketiga kontradiksi tersebut tidak dapat diselesaikan hanya dengan menghilangkan penyebab, karena masing-masing masih memiliki fungsi positif terhadap kematangan produk, kestabilan api, dan kapasitas produksi. Melalui TRIZ, solusi yang diusulkan meliputi penggunaan lapisan pelindung panas pada tungku, perencanaan dan pengendalian bahan bakar, penetapan kapasitas pembakaran, pembuatan jalur sirkulasi udara, serta pengaturan ulang jarak susunan batu bata. Usulan ini diharapkan dapat menurunkan risiko cacat gosong sekaligus mempertahankan kebutuhan operasional utama pada proses pembakaran batu bata.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena solusi yang diusulkan masih bersifat konseptual dan difokuskan pada cacat gosong, sehingga efektivitas penurunannya secara empiris belum diuji di lapangan. Selain itu, penilaian nilai RPN dalam FMECA masih berpotensi dipengaruhi oleh subjektivitas persepsi pekerja pada proses semi-manual ini. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan usulan solusi TRIZ secara nyata serta melakukan evaluasi ulang terhadap tingkat cacat dan kelayakan dari biayanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Mokodompit, T. M. Tumbel, and J. A. F. Kalangi, "Pengaruh Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Konsumen pada 3 AM Cofee Manado," *Productivity*, vol. 3, no. 6, pp. 520–524, 2022.
- [2] R. A. Norrahman, "Analysis of the Impact of Fiscal Policy on Economic Growth in Indonesia," *J. Sci. Interdiscip.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2024.
- [3] M. A. Khadifi, Nurhakim, and R. N. Hakim, "Karakteristik bahan baku material konstruksi di Kecamatan Tambang Ulang, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan," *J. Himasapta*, vol. 09, no. 03, pp. 179–190, 2024.
- [4] N. Hidayat, N. F. Amalina, Y. Zhafirah, and D. Afuiata, "Pengendalian Kualitas Batu Bata Dengan Metode Seven Tools," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 23, pp. 519–532, 2024.
- [5] H. Prayuda, E. A. Setyawan, and F. Saleh, "Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Merah di Yogyakarta," *J. Ris. Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 94–104, 2018.
- [6] G. Vitri, W. P. Zayu, and M. F. Andrean, "Uji Kualitas Mutu Material Batu Bata Provinsi Jambi," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 01, no. 03, pp. 88–92, 2025.
- [7] Nurdiansyah, W. Febrina, and M. Arif, "Perbaikan Kualitas Produk Batu Bata Dengan

- Metode Failure Mode And Analysis (Studi Kasus : Kelompok Bedeng Batu Karya Jadi),” *J. ARTI Apl. Ranc. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 145–153, 2023.
- [8] W. Selviani and Y. R. Mahariani, “Analisis Kualitas Produksi Batu Bata Dengan Menggunakan Diagram Pareto Dan Fishbone,” *QOMARUNA J. Multidiscip. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–23, 2025.
- [9] M. V. Rajesh and K. Elumalai, “The transformative power of artificial intelligence in pharmaceutical manufacturing : Enhancing efficiency , product quality , and safety,” *J. Holist. Integr. Pharm.*, vol. 6, no. 2, pp. 125–135, 2025, doi: 10.1016/j.jhip.2025.03.007.
- [10] P. Windyarti and K. Rosyidi, “Risk Criticality Analysis pada Produksi Daging Ayam dengan Metode FMECA di RPA Satria Jaya Pasuruan,” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 163–174, 2025.
- [11] L. Sielaff, “Maintenance Strategy Selection Based on FMEA / FMECA Approach Using Time Dependent Failure Probability †,” in *International Electronic Conference on Machines and Applications*, 2022, pp. 1–6.
- [12] M. Messe, Asrial, and R. Edyan, “Kualitas Batu Bata Merah Produksi Desa Oebelo Kabupaten Kupang Ditinjau Dari Proses Pembakaran,” *J. Batakarang*, vol. 2, no. 2, pp. 34–40, 2021.
- [13] H. N. Fadhillah *et al.*, “Integrasi FMEA, RCA+, dan TRIZ untuk Menurunkan Tingkat Cacat pada Produksi Tempe UMKM Integrasi FMEA, RCA+, dan TRIZ untuk Menurunkan Tingkat Cacat pada Produksi Tempe UMKM,” *Teknoin*, vol. 31, no. 1, pp. 15–23, 2026.
- [14] V. Souchkov, “Application of Root Conflict Analysis (RCA +) to formulate inventive problems in the maritime industry,” *Sci. Journals Marit. Univ. Szczecin*, vol. 51, no. 123, pp. 9–17, 2017, doi: 10.17402/225.
- [15] C. Wang, N. Shiue, V. Phan, and D.-Q. Hong, “A TRIZ-Based Experimental Design Approach to Enhance Wave Soldering Efficiency in Electronics Manufacturing,” *Processes*, vol. 13, no. 11, pp. 1–17, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/pr13113733>.
- [16] M. S. Maulidy, A. W. Rizqi, and E. D. Priyana, “Analisis Kegagalan Sistem Ship Unloader 2 Menggunakan Metode FMEA dan FTA,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 3, pp. 1106–1117, 2025.
- [17] F. A. Prayoga and C. Yazirin, “Analisis Penyebab Turunnya Roll Impression Dengan Metode Fmeca Pada Mesin Flexo di PT. X, TBK,” *J. Ind. Eng. Technol. Innov. JIETI*, vol. 02, no. 02, pp. 78–89, 2024.
- [18] S. Ria and E. Yuliawati, “Penentuan Penyebab Cacat Kritis Produk dengan Menggunakan FMECA,” in *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan II (SENASTITAN II)*, Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2022, pp. 26–34.
- [19] A. Hatipoğlu, M. Subran, F. F. Korkmaz, M. O. Kaya, and K. Fidanboyu, “Verification of Patent Solution Proposed for Munition Release Systems Using TRIZ-Based Root Conflict Analysis (RCA+) Approach,” in *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Bursa, 2020. doi: <https://doi.org/10.33793/acperpro.03.01.30>.
- [20] V. Souchkov, “Application of Root Conflict Analysis (RCA plus) to formulate inventive problems in the maritime industry,” *Sci. Journals Marit. Univ. Szczecin-Zeszyty Nauk. Akad. Morskiej W Szczecinie*, vol. 51, no. 123, pp. 9–17, 2017, doi: 10.17402/225.
- [21] V. Sojka and P. Lepšík, “Use of TRIZ , and TRIZ with Other Tools for Process Improvement : A Literature Review,” *Emerg. Sci. J.*, vol. 4, no. 5, pp. 319–335, 2020.
- [22] R. C. Nugraha and K. Haryono, “Metode TRIZ Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Inovasi Pada Bidang Bisnis dan Manajemen Melalui Aplikasi Berbasis Mobile,” *Automata*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [23] M. H. Hakim and M. L. Singgih, “Reduction Defect in Sewing Work Stations by Integrating OTSM-TRIZ and FMEA,” *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 5, pp. 495–501, 2019, doi: 10.12962/j23546026.y2019i5.6411.
- [24] K. C. Yao, K. Y. Li, J. R. Xu, W. S. Ho, and Y. H. Shen, “Application of TRIZ Innovative System Method in Rapid Assembly of Folding Chairs,” *Sustain.*, vol. 14, no. 22, pp. 1–37, 2022, doi: 10.3390/su142215482.
- [25] P. K. Ng, M. D. Prasetyo, K. W. Liew, B. K. Lim, and A. Oktafiani, “A TRIZ-Inspired

- Conceptual Development of a Roof Tile Transportation and Inspection System,” *Buildings*, vol. 12, no. 9, pp. 1–15, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12091456>.
- [26] A. Purwanti, “Pemanfaatan Abu Hasil Gasifikasi Sekam Padi Menjadi Silika Gel,” in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, Yogyakarta, 2024, pp. 307–312.
- [27] A. Gafur, Zulkarnain, Sunarto, and N. Syafika, “Analisis Pengaruh Masukan Udara pada Ruang Bakar Boiler Pipa Api Kapasitas 100 Kg / Jam untuk Meningkatkan Efisiensi Energi,” *J. Mek. Terap.*, vol. 06, no. 03, pp. 164–171, 2025, doi: 10.32722/jmt.v6i3.7986.