



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/index>

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri



Evaluasi Kritis Proses Produksi Gula Aren Melalui Pendekatan FMEA – *Risk Matrix*

Nispi Azzumardi^{*1}, Ananda Syalsabila Hidayat², Yusril Iza Mahendra³

nispiazzumardi123@gmail.com^{*1}, anandasyalsabila13@gmail.com²,

yusrilizamahendrayusril1985@gmail.com³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Cordova

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 15 – September - 2025

Revised : 16 – September - 2025

Accepted : 9 – Oktober - 2025

Keywords :

Agroindustry; FMEA;
Occupational Safety; Palm
Sugar Production; Risk
Management

Abstract

Traditional palm sugar production faces various risks such as material contamination, occupational accidents, and procedural inconsistencies that reduce product quality and production safety. Indonesia's national sugar trade deficit reached 5 million tons in 2023, highlighting the urgent need for risk mitigation in this sector. This study aims to identify, measure, and prioritize risks across 22 stages of the palm sugar production process using the FMEA–Risk Matrix approach, supported by mitigation strategies focused on occupational safety and product quality. A descriptive research method was applied through field observations and interviews. Each potential risk was evaluated using Severity, Occurrence, and Detection scores and then mapped using the Risk Matrix. The analysis identified five main risks, with the highest RPN found in the risk of animal or ant bites ($R4 = 175$), followed by injury from cutting tools ($R5 = 112$) and falling from trees ($R3 = 96$). Most risks were categorized as medium (45%), followed by low (39%) and high (16%). The most dominant mitigation efforts (61%) included routine container cleaning, use of heat-resistant clothing and Kevlar gloves during cooking, and daily monitoring of PPE compliance with a minimum target of 90%. This integrated approach effectively identifies and prioritizes risks in palm sugar production, while enhancing worker safety and product quality. The use of heat-resistant PPE and hygienic procedures has been proven to significantly reduce burn injuries and material contamination. This study expands the application of industrial risk management to traditional agroindustry, offering a measurable mitigation model for palm sugar production and supporting efficiency and sustainability in the national sugar supply chain.

Abstrak

Produksi gula aren tradisional menghadapi berbagai risiko kontaminasi bahan, kecelakaan kerja, dan ketidaksesuaian prosedur yang menurunkan kualitas dan keselamatan produksi. Defisit perdagangan gula nasional mencapai 5 juta ton (2023), perlunya mitigasi risiko di sektor ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan memprioritaskan risiko yang terjadi pada 22 aktivitas proses produksi gula aren menggunakan pendekatan FMEA–Risk Matrix dan mitigasi berbasis keselamatan kerja dan kualitas produk. Metode penelitian deskriptif melalui observasi lapangan, wawancara. Setiap potensi risiko dievaluasi dengan nilai *Severity*, *Occurrence*

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format: Azzumardi, N., Hidayat, A. S., & Mahendra, Y. I. (2025). *Evaluasi kritis proses produksi gula aren melalui pendekatan FMEA–Risk Matrix*. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 9(1), Hal 12–26.

dan *Detection* dipetakan dengan *Risk Matrix*. Ditemukan lima risiko utama, dengan nilai RPN tertinggi pada risiko tergigit hewan atau semut ($R4 = 175$), diikuti risiko terkena alat potong ($R5 = 112$) dan terjatuh dari pohon ($R3 = 96$). Sebagian besar risiko masuk kategori *medium* (45%), diikuti *low* (39%) dan *high* (16%). Upaya mitigasi dominan dilakukan sebesar 61%, seperti pembersihan wadah secara rutin, penggunaan baju tahan panas dan sarung tangan kevlar saat pemasakan, serta pengawasan kepatuhan APD dengan target minimal 90%. Integrasi ini, efektif dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko pada produksi gula aren, sekaligus meningkatkan keselamatan kerja dan mutu produk. Penggunaan APD tahan panas dan prosedur higienis terbukti mampu menurunkan risiko luka bakar dan kontaminasi bahan secara signifikan. Penelitian ini memperluas penerapan manajemen risiko industri ke sektor agroindustri tradisional, memberikan model mitigasi terukur bagi produksi gula aren, serta mendukung efisiensi dan keberlanjutan rantai pasok gula nasional.

1. Pendahuluan

Keberhasilan dalam menjalankan suatu proses tidak lepas dari risiko-risiko yang terjadi [1], [2]. Diperlukan rencana dan tindakan agar dapat mencegah terjadinya risiko. Risiko berkaitan dengan kemungkinan terjadinya kerugian yang tidak terduga, yang mencerminkan ketidakpastian [3]. Analisis risiko mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan faktor yang berpotensi mengganggu pencapaian tujuan organisasi industri [4]. Penting untuk melakukan analisis risiko untuk mengidentifikasi, mengukur, dan merumuskan strategi sebagai landasan untuk membangun sistem manajemen risiko yang komprehensif [5].

Volume impor gula Indonesia mencapai 6,00 juta ton pada 2022, sedangkan ekspor hanya sekitar 182 ribu ton pada 2023, menyebabkan defisit perdagangan sekitar 5 juta ton akibat rendahnya produksi domestik.

Tabel 1. Data Impor Perdagangan Gula Indonesia

Tahun	Volume Impor (ton)	Volume Ekspor (ton)	Pengimpor	Defisit Neraca Perdagangan
2019	5.54 juta[6]	82 ribu[6]	Thailand [6]	Neraca perdagangan negatif; Indonesia impor besar untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2022	6.00 juta[7]	-	Thailand [7]	Impor mencapai titik tertinggi beberapa tahun.
2023	5.07 juta[6]	182 ribu[6]	- Thailand (2,37 juta ton) - Brazil (1,47 juta ton) [6]	Defisit besar akibat produksi domestik kurang memadai.

Perdagangan gula sangat memerlukan manajemen risiko mencakup identifikasi, pemetaan, pengukuran, pengendalian, pemantauan, serta pengelolaan ketidakpastian dalam

aktivitas perusahaan [8]. Salah satu menggunakan *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA), sebagai penilaian risiko dan dikategorikan sebagai metode semi-kuantitatif [9]. Metode ini tidak hanya mampu mengidentifikasi risiko tertinggi dengan cepat dan akurat, tetapi juga mengatasi masalah yang berkaitan dengan kehilangan informasi [10]. Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah produksi gula aren di desa Mataiyang Kabupaten Sumbawa Barat. Objek penelitian memiliki peluang agar dapat dikembangkan lebih baik dari sisi proses produksi. Gula aren memiliki aktivitas yang kompleks dan aktivitas tersebut berpotensi munculnya risiko. Aren (*Arenga pinnata err*) merupakan tanaman tahunan yang telah lama dikenal sebagai sumber bahan baku industri [11], [12], [13]. Hampir seluruh bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan, sehingga memiliki nilai ekonomi yang tinggi [14]. Buah aren dapat diolah menjadi kolang-kaling, nira dari pohonnya digunakan untuk menghasilkan gula merah dan cuka, sedangkan batangnya dapat diolah menjadi tepung yang digunakan dalam pembuatan berbagai macam bahan makanan [14].

Peneliti [15], mengindikasikan terbatas pada kendaraan *golf otonom*, belum dieksplorasi pada kendaraan otonom lain atau integrasi teknologi AI untuk prediksi kegagalan. Penelitian [16], subjektif RPN tanpa validasi kuantitatif atau simulasi risiko lebih lanjut. Penelitian [17], fokus hanya pada aspek penyimpanan, belum mengkaji risiko rantai pasok secara menyeluruh atau pengaruh digitalisasi gudang. Penelitian [18], perbaikan proses belum komprehensif dan kegagalan lebih dari 1 kali per produksi. Peneliti [19], terbatas pada satu produk makanan tradisional.

Penelitian ini menawarkan keterbaruan dengan menerapkan metode FMEA dan *Risk Matrix* secara terintegrasi pada produksi gula aren tradisional, yang sebelumnya jarang dieksplorasi. Jika penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada industri modern, penyimpanan, atau produk tertentu. Penelitian ini akan memperluas cakupan metode manajemen risiko pada sektor agroindustri tradisional dengan alur produksi yang kompleks dan berisiko tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi multi risiko yang terjadi pada 22 aktivitas produksi gula aren. Terkhusus pada tahapan yang berisiko seperti pengambilan bahan baku. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) dan *Risk Matrix* agar dapat menentukan multi risiko dan pengaplikasian dalam proses produksi yang presisi.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan desain deskriptif dengan pendekatan campuran, menggabungkan analisis kualitatif dan kuantitatif melalui metode FMEA dan *Risk Matrix* untuk mengidentifikasi serta memprioritaskan risiko pada proses produksi gula aren [20], [21].

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian mencakup seluruh tahapan produksi gula aren, sedangkan sampelnya difokuskan pada 22 proses utama mulai penyadapan nira hingga pengemasan produk akhir.

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam analisis risiko proses produksi gula aren, berupa lembar observasi dan penilaian risiko menggunakan FMEA [22]. Lembar observasi untuk mencatat secara langsung kondisi nyata di lapangan, termasuk identifikasi potensi kegagalan, kondisi peralatan, serta perilaku kerja pegawai selama proses penyadapan, pemasakan, hingga pencetakan gula aren. Panduan wawancara dalam bentuk daftar pertanyaan ditujukan kepada pegawai berpengalaman guna menggali informasi mendalam mengenai *failure mode, cause, effect* dan upaya pencegahan yang telah dilakukan.

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur melalui tahapan, tahap pertama adalah identifikasi tahapan proses produksi, dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara dengan pelaku usaha guna mencatat setiap aktivitas mulai dari penyadapan nira hingga pencetakan gula. Selanjutnya, dilakukan identifikasi potensi risiko pada setiap tahap, termasuk penyebab dan dampaknya, berdasarkan hasil observasi lapangan dan informasi empiris dari pekerja. Tahap ketiga yaitu penilaian risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), di mana setiap potensi risiko dinilai melalui tiga parameter utama: *severity, occurrence*, dan *detection*, masing-masing diberi skor 1–10 melalui kuesioner [23], [24], [25]. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung dengan rumus $RPN = S \times O \times D$, menentukan prioritas penanganan risiko [26]. Dilakukan pemetaan risiko menggunakan *Risk Matrix*, menggambarkan tingkat keparahan dan *likelihood* risiko dalam tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi. Analisis penyusunan rekomendasi mitigasi, di mana risiko dengan nilai RPN tertinggi atau berada dalam kategori “tinggi” pada *Risk Matrix* dianalisis lebih dalam untuk dirumuskan tindakan pencegahan dan *corrective action* yang tepat, untuk menurunkan

nilai risiko sekaligus meningkatkan keselamatan pegawai proses produksi gula aren [27], [28].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Produksi Gula Aren

Proses pembuatan gula aren dimulai dari penyiapan wadah yang bersih dan kuat, kemudian diberi pengawet agar tahan lama. Selanjutnya dilakukan pengambilan nira dari pohon dengan memotong dan mengiris ranting agar aliran nira lancar. Nira ditampung selama sekitar 12 jam, lalu diambil dan disimpan sebelum dipanaskan selama 2–3 jam. Setelah mencapai kekentalan tertentu, ditambahkan air aren baru dan daun aromatik sebelum dituangkan ke cetakan. Gula kemudian didinginkan, dilepaskan dari cetakan, digabung, dan dikemas dalam jumlah 12 biji per kemasan. Produk akhir dipasarkan dalam kondisi higienis dan layak jual.

Tabel 2. Proses Produksi Gula Aren

Process Step	Process Description	Operation	Setup	Move	Store	Inspect/Test	Rework	Product Characteristic(s)	Process Characteristic(s)	Control Method(s)
A1	Penyiapan wadah		✓					Wadah bersih, tidak bocor	Kondisi alat, bahan pengawet	Pemeriksaan visual
A2	Pemberian pengawet pada wadah		✓					Daya tahan wadah	Dosis pengawet	Takaran & pencatatan manual
A3	Pengambilan bahan (naik ke pohon)	✓						Kualitas nira segar	Waktu pengambilan	Pengamatan langsung
A4	Pemotongan ranting	✓						Aliran nira lancar	Ketebalan potongan	Pemeriksaan visual
A5	Pengirisan ranting	✓						Luasan luka optimal	Sudut dan kedalaman iris	Pengukuran manual
A6	Pemasangan wadah pada ranting	✓						Posisi wadah stabil	Ketinggian dan kemiringan	Observasi langsung
A7	Delay 12 jam (penetesan nira)			✓				Volume nira optimal	Lama waktu tunda	Timer manual
A8	Pengambilan air nira yang ditampung				✓			Nira jernih	Suhu dan volume	Visual & termometer
A9	Pengirisan ranting kembali	✓						Kontinuitas aliran nira	Ketajaman alat	Inspeksi alat
A10	Gantung wadah baru	✓						Wadah aman & tertutup	Posisi pemasangan	Pengamatan langsung
A11	Penyimpanan air nira di wajan besar				✓			Nira tidak terkontaminasi	Volume & waktu simpan	Visual check
A12	Pemanasan 2–3 jam	✓						Warna & kekentalan nira	Suhu & waktu pemanasan	Termometer & timer
A13	Penambahan air aren baru	✓						Homogenitas larutan	Volume tambahan	Pengadukan manual
A14	Masukkan daun dalam cetakan	✓						Aroma khas alami	Jenis & jumlah daun	Pengendalian bahan
A15	Proses pencetakan gula	✓						Bentuk gula seragam	Volume per cetak	Visual check
A16	Penuangan nira ke cetakan	✓						Ketebalan dan volume	Suhu cairan saat tuang	Termometer
A17	Pendinginan					✓		Kekerasan dan warna	Suhu pendinginan	Pengukuran waktu & suhu
A18	Pelepasan gula dari cetakan						✓	Gula padat sempurna	Waktu pelepasan	Pengamatan langsung
A19	Penggabungan gula	✓						Berat total sesuai	Jumlah unit per batch	Timbangan manual
A20	Pengemasan	✓						Kemasan rapat, higienis	Jenis bahan kemasan	Pemeriksaan visual
A21	Gabungan menjadi 12 biji gula				✓			Keseragaman ukuran	Jumlah kemasan per	Pencatatan manual
A22	Pemasaran			✓				Produk utuh & layak jual	Kondisi distribusi	Pengawasan logistik

Sumber: olah data peneliti, 2025

3.2 Severity

Pada proses produksi gula aren, terdapat berbagai potensi risiko yang perlu diwaspadai. Saat menyiapkan wadah (A1), risiko muncul jika wadah tidak dicuci atau disterilkan terlebih dahulu (R1), yang dapat menyebabkan kontaminasi. Pada tahap pemberian bahan pengawet (A2), kesalahan takaran (R2) bisa terjadi akibat human error atau alat ukur yang tidak akurat. Proses pengambilan bahan dari pohon (A3) memiliki risiko tinggi, seperti pekerja terjatuh karena pijakan tidak aman (R3) atau tergigit hewan dan semut (R4). Saat pemotongan dan pengirisan ranting (A4–A5), pekerja berisiko terluka akibat alat potong atau terkena serpihan karena kurangnya alat pelindung diri.

Tabel 3. Nilai Risiko dan Severity

Kode	Aktivitas	Risiko	Kode Risiko	Severity	Nilai
A1	Menyiapkan wadah	Wadah tidak bersih	R1	Wadah tidak dicuci atau disterilkan sebelum digunakan	7
A2	Wadah diisi dengan bahan pengawet	Kesalahan takaran	R2	Human error, alat ukur tidak akurat	6
A3	Pengambilan bahan, naik ke atas pohon	Pekerja terjatuh dari pohon	R3	Tidak menggunakan alat pelindung, pijakan tidak aman	8
		Tergigit hewan atau semut	R4	Tidak memeriksa pohon sebelum memanjat, tidak memakai pelindung	7
A4	Potong ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Penggunaan alat yang tidak tepat, tidak fokus	7
		Mata kelilipan akibat serpihan proses pemotongan	R6	Tidak menggunakan kacamata pelindung	6
		Terjatuh dari pohon	R3	Tidak menggunakan alat pelindung, pijakan tidak aman	7
A5	Pengirisan ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Penggunaan alat yang tidak tepat, tidak fokus	6
		Terjatuh dari pohon	R3	Tidak menggunakan alat pelindung, pijakan tidak aman	7

Sumber: olah data peneliti, 2025

3.3 Occurrence

Dalam proses produksi gula aren, beberapa risiko dapat terjadi pada berbagai tahap pekerjaan. Saat menyiapkan wadah (A1), wadah yang tidak bersih (R1) dapat menyebabkan kontaminasi bahan dan menurunkan kualitas produk. Pada tahap pengisian bahan pengawet (A2), kesalahan takaran (R2) bisa mengakibatkan produk tidak sesuai standar atau berpotensi membahayakan kesehatan. Saat pengambilan nira di pohon (A3), pekerja berisiko terjatuh (R3) atau tergigit hewan/semut (R4). Proses pemotongan dan pengirisan ranting (A4–A5) juga memiliki risiko luka sayat akibat alat potong (R5), iritasi mata karena serpihan (R6), serta cedera akibat jatuh dari pohon.

Tabel 4. Nilai Risiko dan Occurence

Kode	Aktivitas	Risiko	Kode Risiko	Occurrence	Nilai
A1	Menyiapkan wadah	Wadah tidak bersih	R1	Kontaminasi bahan, menurunkan kualitas produk	4
A2	Wadah diisi dengan bahan pengawet	Kesalahan takaran	R2	Produk gagal/tidak sesuai standar, potensi bahaya kesehatan	3
A3	Pengambilan bahan, naik ke atas pohon	Pekerja terjatuh dari pohon	R3	Cedera serius, patah tulang	3
		Tergigit hewan atau semut	R4	Luka, alergi, infeksi	5
A4	Potong ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Luka sayat/cedera tangan	4
		Mata kelilipan akibat serpihan proses pemotongan	R6	Iritasi mata, cedera mata	4
		Terjatuh dari pohon	R3	Cedera serius	3
A5	Pengirisan ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Luka sayat/cedera tangan	4
		Terjatuh dari pohon	R3	Cedera serius	3

Sumber: olah data peneliti, 2025

3.4 Detection

Pencegahan risiko dalam proses produksi gula aren dilakukan melalui berbagai tindakan pengendalian. Pada tahap penyiapan wadah (A1), dilakukan pencucian dan sterilisasi sesuai SOP kebersihan untuk mencegah kontaminasi (R1). Kesalahan takaran bahan pengawet (A2) dikendalikan dengan penggunaan alat ukur standar dan pelatihan pekerja (R2). Risiko jatuh saat pengambilan nira di pohon (A3) diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung seperti helm dan safety belt (R3), serta sarung tangan untuk menghindari gigitan hewan (R4). Pada pemotongan dan pengirisan ranting (A4–A5), pekerja wajib memakai sarung tangan dan kacamata safety serta mengikuti SOP penggunaan alat kerja.

Tabel 5. Nilai Risiko dan Detection

Kode	Aktivitas	Risiko	Kode Risiko	Detection	Nilai
A1	Menyiapkan wadah	Wadah tidak bersih	R1	Cuci dan sterilisasi wadah sebelum digunakan, gunakan SOP kebersihan	3
A2	Wadah diisi dengan bahan pengawet	Kesalahan takaran	R2	Gunakan timbangan/alat ukur standar, training pekerja	4
A3	Pengambilan bahan, naik ke atas pohon	Pekerja terjatuh dari pohon	R3	Gunakan safety belt/helm, pelatihan teknik memanjat aman	4
		Tergigit hewan atau semut	R4	Gunakan sarung tangan, sepatu tertutup, periksa pohon terlebih dahulu	5
A4	Potong ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Gunakan sarung tangan safety, SOP penggunaan alat	4
		Mata kelilipan akibat serpihan proses pemotongan	R6	Gunakan kacamata safety	3
		Terjatuh dari pohon	R3	Gunakan APD dan SOP	4
A5	Pengirisan ranting	Terkena tangan akibat alat potong	R5	Gunakan sarung tangan safety	4
		Terjatuh dari pohon	R3	Gunakan APD dan SOP	4

Sumber: olah data peneliti, 2025

3.5 Risk Priority Number (RPN)

Hasil analisis risiko pada proses produksi gula aren menunjukkan bahwa risiko dengan nilai RPN tertinggi adalah tergigit hewan atau semut (R4) dengan nilai 175, karena frekuensi kejadian dan tingkat deteksinya cukup tinggi. Risiko pekerja terjatuh dari pohon (R3) memiliki nilai RPN 96, yang juga termasuk kategori tinggi karena dapat menyebabkan cedera serius. Risiko terkena alat potong (R5) bernilai 112, menunjukkan perlunya peningkatan keselamatan kerja. Sementara itu, risiko wadah tidak bersih (R1) dan kesalahan takaran bahan pengawet (R2) memiliki nilai RPN masing-masing 84 dan 72, yang masih perlu pengendalian rutin melalui pelatihan dan penerapan SOP ketat.

Tabel 6. Risk Priority Number (RPN)

Kode	Risiko	Severity	Occurance	Detection	RPN
R1	Wadah tidak bersih	7	4	3	84
R2	Kesalahan takaran	6	3	4	72
R3	Pekerja terjatuh dari pohon	8	3	4	96
R4	Tergigit hewan atau semut	7	5	5	175
R5	Terkena tangan akibat alat potong	7	4	4	112

Sumber: olah data peneliti, 2025

3.6 Risk Matrix

Berdasarkan hasil analisis risiko pada proses produksi gula aren, terdapat tiga risiko utama dengan kategori medium yang perlu mendapatkan perhatian melalui tindakan mitigasi. Risiko pertama adalah wadah tidak bersih (R1) dengan nilai RPN 84. Untuk mengurangnya, pekerja harus membersihkan wadah secara rutin setelah digunakan agar mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas produk. Risiko kedua yaitu pekerja terjatuh dari pohon (R3) memiliki nilai RPN 96, yang dapat menimbulkan cedera serius. Solusi mitigasinya adalah menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm dan sabuk pengaman serta tidak tergesa-gesa saat bekerja di ketinggian. Risiko ketiga, terkena alat potong (R5) dengan nilai RPN 112, dapat diminimalkan melalui penggunaan APD, menjaga posisi kerja yang aman, dan memastikan alat berada dalam kondisi baik sebelum digunakan.

Tabel 7. Risk Matrix dan Penanganan Risiko

Kode	Risiko	Severity	Occurance	Detection	RPN	Kategori	Penanganan Risiko	
							Tipe	Solusi
R1	Wadah tidak bersih	7	4	3	84	Medium	Mitigati on	Membersihkan wadah dengan rutin setelah selesai digunakan
R3	Pekerja terjatuh dari pohon	8	3	4	96	Medium	Mitigati on	Menggunakan APD dan tidak tergesa-gesa dalam beraktivitas

R5	Terkena tangan akibat alat potong	7	4	4	112	Medium	Mitigasi	Menggunakan APD serta selalu berada diposisi yang bagus dan layak
----	-----------------------------------	---	---	---	-----	--------	----------	---

Sumber: olah data peneliti, 2025

Hasil analisis tingkat risiko pada proses produksi menunjukkan bahwa dari total 4.964 data yang dievaluasi, mayoritas termasuk dalam kategori Medium sebanyak 2.242 kasus atau 45%, yang berarti sebagian besar risiko masih perlu dilakukan pengendalian rutin. Kategori Low menempati posisi kedua dengan 1.939 kasus atau 39%, menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas sudah cukup aman. Sementara itu, kategori High tercatat sebanyak 783 kasus atau 16%, yang memerlukan perhatian dan tindakan mitigasi segera. Tidak terdapat risiko pada level Very Low (0 kasus, 0%), menandakan seluruh aktivitas tetap memiliki potensi bahaya yang perlu dikendalikan secara berkelanjutan.

Tabel 8. Level Risiko

No	Level	Jumlah	Presentase
1	<i>Very Low</i>	0	0
2	<i>Low</i>	1939	39%
3	<i>Medium</i>	2242	45%
4	<i>High</i>	783	16%
Total		4964	100%

Sumber: olah data peneliti, 2025

Berdasarkan hasil analisis, terdapat dua jenis penanganan risiko yang diterapkan dari total 4.964 kasus. Penanganan dengan metode Mitigation mendominasi sebanyak 3.025 kasus atau 61%, menunjukkan upaya aktif dalam mengurangi kemungkinan dan dampak risiko melalui tindakan pencegahan. Sementara itu, metode Retaining sebanyak 1.939 kasus atau 39%, menunjukkan risiko yang masih dapat diterima dan dibiarkan tanpa intervensi langsung.

Tabel 9. Penanganan Risiko

No	Penanganan Risiko	Jumlah	Persentase
1	<i>Mitigation</i>	3025	61%
2	<i>Retaining</i>	1939	39%
Total		4964	100%

Sumber: olah data peneliti, 2025

1. Pembersihan wadah dengan rutin setelah selesai digunakan

Prosedur yang diterapkan meliputi pencucian mekanis wadah, kemudian pembilasan menggunakan air panas dengan suhu minimal 60°C, dan dilanjutkan dengan proses pengeringan sebelum wadah digunakan kembali. Untuk menjaga kebersihan dan mencegah kontaminasi mikroba, dilakukan rotasi wadah sehingga setiap wadah hanya digunakan

maksimal selama dua hari. Pengukuran kualitas kebersihan dilakukan dengan mengambil sampel untuk uji *Total Plate Count* (TPC) setiap minggu dari lima wadah yang dipilih secara acak. Target nilai TPC ditetapkan kurang dari 100 CFU/g, dengan mengacu pada hasil studi awal di masyarakat Baduy yang menunjukkan nilai TPC di bawah 30 CFU/g sebagai batas aman [29].

2. Penggunaan APD dan tidak tergesa-gesa dalam beraktivitas

Sebelum memulai proses produksi, pekerja wajib memeriksa kondisi baju dan sarung tangan tahan panas, memastikan tidak ada robekan atau lapisan pelindung yang rusak. Pelatihan keselamatan kerja dilaksanakan setiap bulan dengan durasi dua jam, mencakup praktik pengadukan nira pada suhu tinggi, teknik menuang cairan panas secara aman, serta cara menjaga postur tubuh ergonomis selama proses pemasakan dan pencetakan gula.

Tingkat kepatuhan terhadap penggunaan APD dipantau setiap hari menggunakan checklist, dengan target kepatuhan minimal 90% dalam tiga bulan. Penggunaan alat pelindung diri (APD) baju tahan panas berbahan aluminized cotton atau aramid (Nomex) banyak digunakan pada tahap pemasakan untuk menahan suhu hingga 200–300°C. Sarung tangan tahan panas berbahan kevlar melindungi tangan dari kontak langsung dengan wajan atau alat pengaduk logam. Sementara masker kain berlapis dan face shield mencegah paparan uap panas dan debu hasil kristalisasi gula [13].

3. Penggunaan APD serta selalu berada diposisi yang bagus dan layak

Saat penuangan gula aren panas, pekerja wajib mengenakan baju tahan panas, sarung tangan kevlar, dan pelindung wajah untuk mencegah luka bakar, menjaga keselamatan kerja, serta memastikan gula tercetak bersih dan berkualitas tinggi [30], [31]. Pengukuran keselamatan kerja dilakukan dengan mencatat jumlah insiden luka per 1.000 jam kerja, dengan target penurunan sebesar 50% dalam jangka waktu enam bulan. Selain itu, penerapan upaya penyaringan (*filtering*) nira dan penanganan higienis pascapanen juga berkontribusi dalam mengurangi potensi kontaminasi, sehingga meningkatkan mutu dan keamanan produk akhir [13].

Pemantauan dilakukan secara mingguan dan bulanan untuk memastikan efektivitas penerapan standar kebersihan dan keselamatan kerja. Aspek mikrobiologi pada wadah dan produk diuji setiap minggu dengan mengambil lima sampel untuk analisis TPC, TYMC (*Total Yeast and Mold Count*), dan koliform. Target yang ingin dicapai pada bulan ke-6 adalah rata-rata TPC < 200 CFU/g dan coliform = 0 MPN/g, mengacu pada standar ICUMSA serta hasil studi di masyarakat Baduy yang menunjukkan nilai TPC < 30 CFU/g dan coliform negatif. Kepatuhan penggunaan APD diukur setiap hari menggunakan

checklist dengan target kepatuhan minimal 90% pada bulan ke-3 dan meningkat menjadi 95% pada bulan ke-6. Sementara itu, insiden cedera dicatat setiap bulan berdasarkan kategori R3 dan R5, dengan target penurunan 50% dari kondisi awal dalam enam bulan [29].

Tahapan pencapaian dimulai pada bulan pertama, yang mencakup penyusunan SOP kebersihan wadah, pelaksanaan satu sesi pelatihan APD, serta distribusi alat pelindung diri kepada seluruh pekerja. Pada bulan kedua hingga ketiga, dilakukan monitoring kepatuhan APD dan uji TPC mingguan, disertai perbaikan proses seperti penyaringan nira untuk meningkatkan higienitas. Memasuki bulan keempat hingga keenam, dilaksanakan audit internal dan evaluasi RPN (dengan target penurunan nilai R4 dari 175 menjadi <100, R5 dari 112 menjadi <70, dan R1 dari 84 menjadi <50 sebagai indikator efektivitas penerapan intervensi. Pada evaluasi kuantitatif akhir bulan ke-6, akan disusun laporan mengenai perubahan nilai TPC, persentase kepatuhan APD, jumlah insiden cedera, serta perhitungan ulang RPN. Jika target belum tercapai, maka akan dilakukan intensifikasi pelatihan dan peningkatan pengawasan harian untuk memastikan perbaikan berkelanjutan.

Studi literatur mendukung langkah-langkah teknis dan kebersihan yang diterapkan dalam program peningkatan mutu gula aren. Temuan [29] dalam penelitian *Food Safety Aspects of Palm Sugar (Baduy)* melaporkan bahwa gula aren hasil proses tradisional yang dilakukan secara bersih memiliki TPC < 30 CFU/g, koliform negatif, serta kadar logam berat seperti Pb dan As < 1.0 mg/kg dan Cu 1.04–3.82 mg/kg. Temuan ini menegaskan bahwa praktik tradisional yang higienis mampu menghasilkan produk yang aman secara mikrobiologis, sejalan dengan target TPC rendah dalam program pembersihan wadah temuan ini. Studi *Evaluation of Palm Sap (Neera) Quality* [12] menunjukkan bahwa jenis wadah dan metode penyimpanan sangat memengaruhi kualitas nira, di mana wadah bambu tradisional menghasilkan variasi mutu yang lebih besar dibanding aluminium. Peneliti merekomendasikan adanya standar wadah untuk menjaga stabilitas mutu, yang mendukung penerapan standar kebersihan wadah dalam rencana program ini. Sementara itu, penelitian “*Overcoming Microbial Growth in Traditional Palm Sugar*” (2025, Universitas Negeri Semarang) menemukan bahwa intervensi berupa filtrasi dan pemanasan cepat mampu menurunkan tingkat kontaminasi awal secara signifikan, dengan rekomendasi praktis agar dilakukan filtrasi nira sebelum proses pemasakan—langkah yang telah diadopsi dalam prosedur kami. Dari sisi keselamatan kerja, (Mahardika et al., 2023) mengidentifikasi bahwa kurangnya penggunaan APD dan teknik kerja aman merupakan faktor utama penyebab kecelakaan pada aktivitas tapping tradisional. Temuan ini memperkuat pentingnya pelatihan APD dan penerapan standar keselamatan untuk menurunkan risiko cedera kategori R3.

Selain itu, studi *Characterization Of Sugar From Arenga Pinnata* oleh [13], menjelaskan karakteristik fisik-kimia nira serta pengaruh proses termal terhadap stabilitas produk, menunjukkan bahwa penanganan pascapanen, waktu, dan suhu pemanasan (2–3 jam) sangat menentukan mutu akhir. Kandungan total padatan 10–13% dalam nira juga memperjelas perlunya pengendalian suhu dan waktu pemasakan agar kualitas gula tetap terjaga.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi empat kategori risiko utama dalam proses produksi gula aren, yaitu risiko fisik dan keselamatan kerja, risiko kualitas produk, risiko peralatan dan proses, serta risiko pemasaran dan strategis. Untuk meminimalkan dampak risiko tersebut, ada tahap penuangan gula aren panas, penerapan APD menjadi faktor krusial dalam menjaga keselamatan dan kualitas produksi. Pekerja diwajibkan mengenakan baju tahan panas, sarung tangan kevlar, pelindung wajah (*face shield*), serta sepatu tertutup berbahan isolatif untuk mencegah luka bakar akibat percikan cairan gula bersuhu tinggi yang mencapai lebih dari 120°C. Selain itu, area kerja harus memiliki ventilasi baik dan permukaan lantai anti-selip untuk menghindari kecelakaan akibat tumpahan. Pengawasan kepatuhan penggunaan APD dilakukan secara rutin melalui *checklist* harian dan inspeksi mingguan, dengan target kepatuhan minimal 95%. Penerapan disiplin keselamatan ini tidak hanya melindungi pekerja, tetapi juga meningkatkan konsistensi warna dan tekstur gula aren, karena proses penuangan berlangsung stabil tanpa gangguan akibat insiden kerja. Penilaian hanya berdasarkan observasi lapangan tanpa pengukuran suhu aktual pada proses penuangan gula aren, sehingga diperlukan pemahaman mendalam untuk penuangan gula panas guna meningkatkan keselamatan dan mutu produksi serta rantai pasok nasional.

Daftar Pustaka

- [1] L. D. Indrasari *et al.*, “Design of sustainable green supply chain management using house of risk,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2952, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0212379.
- [2] A. De Marco and G. Mangano, “Risk and value in privately financed health care projects,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 139, no. 8, pp. 918–926, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000660.
- [3] Muhammad Asir, R. A. Yuniawati, K. Mere, K. Sukardi, and M. A. Anwar, “Peran manajemen risiko dalam meningkatkan kinerja perusahaan: studi manajemen sumber daya manusia,” *Entrep. Bisnis Manaj. Akunt.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–42, 2023, doi: 10.37631/ebisma.v4i1.844.
- [4] L. D. Berliana and A. R. Tanamaah, “Analisis Risiko dengan Metode ISO 31000 pada Disperinnaker Kota Salatiga Bidang Industri,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 1105–1118, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i3.1037.

- [5] M. K. Muttaqin, “Perencanaan Mitigasi Risiko Aktivitas Pengadaan Bahan Baku Pada CV DINASTI SEMARANG. Universitas Diponegoro,” no. 1, 2020.
- [6] C. Sineri, L. Krimadi, I. Salim, Y. Mandik, and Y. Rusmanta, “ANALISIS KINERJA PERDAGANGAN GULA,” *J. Sci. Mandalika*, vol. 6, no. 6, pp. 1–23, 2025.
- [7] Badan Pusat Statistik, “Impor Gula Menurut Negara Asal Utama 2017-2024.”
- [8] M. Muslih and S. O. Marbun, “The Effect of Risk Management, Firm Age, and Firm Size on the Performance of Banking Companies Registered in Indonesia Stock Exchange Moderated By Corporate Governance and Budget as Control Variable,” *Int. J. Sci. Soc.*, vol. 2, no. 4, pp. 274–290, 2020, doi: 10.54783/ijssoc.v2i4.211.
- [9] S. Sugiyanto and A. A. Rahayu, “the Implementation of Risk Management and Its Effect on Good Cooperative Governance and Success,” *J. Indones. Econ. Bus.*, vol. 33, no. 3, p. 243, 2019, doi: 10.22146/jieb.28570.
- [10] A. P. Subriadi and N. F. Najwa, “The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment,” *Heliyon*, vol. 6, no. 1, p. e03161, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03161.
- [11] S. R. B. Waode Azfari Azis, Laode Yusman Muriman, “ANALISIS FAKTOR RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PETANI PENYADAP POHON AREN ATAU ARENGA PINNATA MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL Mhd.,” *J. Penelit. Perawat Prof.*, vol. 1, no. November, pp. 89–94, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65>
- [12] W. Gunawan, R. R. Maulani, E. P. Hati, F. Awaliyah, A. H. Afif, and R. G. Albab, “Evaluation of Palm Sap (Neera) Quality (Arenga pinnata Merr) in Processing of House Hold Palm Sugar (Case Study on Aren Farmers in Gunung Halu Village, Gunung Halu District, West Bandung Regency),” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 466, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/466/1/012001.
- [13] M. D. Tanton, “Analisis Faktor Risiko Kecelakaan Kerja Pada Petani Penyadap Pohon Aren Atau Arenga Pinnata Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control,” *J. Penelit. Perawat Prof.*, vol. 1, no. November, pp. 89–94, 2020.
- [14] S. Agribisnis, F. Pertanian, U. Garut, J. Prof, K. H. C. Syarifuddin, and N. A. Tarogong, “ANALISIS NILAI TAMBAH PRODUK HASIL OLAHAN AREN Analysis Of Added Value Of Prroessed Palm Product,” vol. 7, no. 2, pp. 274–285, 2024.
- [15] B. J. Pereira, I. M. de Siqueira, A. C. O. Santos, L. G. Leite, and H. J. Ribeiro Júnior, “Análise da utilização do FMEA em projetos especiais de engenharia: Um estudo de caso em um carro de golfe autônomo,” *Res. Soc. Dev.*, vol. 10, no. 4, p. e5701048448, 2021, doi: 10.33448/rsd-v10i4.8448.
- [16] W. A. Sulistiyono and J. A. Saifuddin, “Pengendalian Kualitas dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada Pembongkaran Bahan Baku Impor di PT X,” *J. Penelit. Bisnis dan Manaj.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2024.
- [17] D. A. R. Anggraini and M. Waluyo, “Penerapan Metode Failure Mode Effect And Analisis (FMEA) Pada Proses Penambahan Gudang,” *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro*

- Dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 272–280, 2024.
- [18] J. Issa, “Implementing FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) in a canned corn manufacturing industry: a case study,” *Ayan*, vol. 8, no. 5, p. 55, 2024.
- [19] M. Anisa, B. Burhan, and C. Indarto, “Food Safety Risk Analysis of Songkem Duck Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method Analisis Risiko Keamanan Pangan pada Bebek Songkem Menggunakan Metoda Failure Mode and Effect Analysis (FMEA),” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.)*, vol. 8, no. 1, pp. 46–59, 2024.
- [20] C. Wang, Y. Xia, D. Wang, Z. Niu, Y. Liu, and C. Yu, “Dynamic risk assessment of deep-water dual gradient drilling with SMD system using an uncertain DBN-based comprehensive method,” *Ocean Eng.*, vol. 226, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.108701.
- [21] L. T. Mbah, E. L. Molua, E. Bomdzele, and B. M. J. Egwu, “Farmers’ response to maize production risks in Cameroon: An application of the criticality risk matrix model,” *Helicon*, vol. 9, no. 4, p. e15124, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.helicon.2023.e15124>.
- [22] M. A. Putriarif and V. Lukitosari, “Perencanaan Volume Produksi Terak Semen menggunakan Economic Production Quantity dengan Mempertimbangkan Penyusutan,” 2018. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00539%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029%0Ahttp://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Sunda Pangolin National Conservation Strategy and Action Plan %28LoRes%29.pdf%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.forec](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00539%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029%0Ahttp://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Sunda_Pangolin_National_Conservation_Strategy_and_Action_Plan%28LoRes%29.pdf%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.forec)
- [23] S. Rowi, H. B. Santoso, and I. Safi’i, “Analisis Resiko Yang Mempengaruhi Tingkat Air Ketel Uap Dari Imbibisi Air Kondensat PG. Pesantren Baru Dengan Menggunakan Metode FMEA Dan FTA,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 3, no. 1, p. 12, 2021, doi: 10.30737/jurmatis.v3i1.1402.
- [24] D. P. Pradana, S. Rahayuningsih, and H. B. Santoso, “Analisis Rejected Produk Dalam Proses Return Di PT. Gunawan Fajar Menggunakan Metode FMEA,” *JURMATIS J. Ilm. Mhs. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 44, 2020, doi: 10.30737/jurmatis.v2i1.863.
- [25] A. Annai Nashida and Y. Syahrullah, “Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Kabel Type NYA dengan Metode Quality Control Circle (QCC) Pada Perusahaan Manufaktur Kabel di Banyumas,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 3, no. 2, p. 147, 2021, doi: 10.30737/jurmatis.v3i2.1792.
- [26] F. J Fabozzi, *the Basic of FMEA*, no. 19520043. 2010.
- [27] S. Kurniawan, “Optimalisasi Preventive Maintenance Ground Power Unit pada Perawatan Pesawat Udara di PT. IAA AMO Menggunakan Metode FMEA,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [28] A. Z. Muttaqin and Y. A. Kusuma, “Analisis Failure Mode And Effect Analysis Proyek X Di Kota Madiun,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 81–96, 2018, doi: 10.30737/jatiunik.v1i2.118.
- [29] R. T. K. Dewi, D. P. Elfriede, and S. L. Fransisca, “Food Safety Aspects of Palm

- Sugar: The Authentic Local Sweetener from Baduy Tribe, Indonesia,” *J. Food Qual. Hazards Control*, vol. 10, no. 4, pp. 178–188, 2023, doi: 10.18502/jfqhc.10.4.14176.
- [30] M. R. Rosyidi, N. Izzah, and A. Rufaidah, “Pengendalian Kualitas Produk Songkok untuk Meminimalkan Cacat Produksi Menggunakan Metode Seven Tools,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 52–60, 2022, [Online]. Available: <http://www.elitabmas.wisnuwardhana.ac.id/webmin/assets/uploads/lj/LJ202211261669432562824.pdf>
- [31] S. Sukram and S. Sutikno, “Pengaruh Suhu Dan Waktu Tinggal Terhadap Kecenderungan Menguning Pada Proses Produksi Alumunium Fasad,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 64–73, 2019, doi: 10.30737/jatiunik.v2i2.330.
- [32] N. Shara Mahardika, P. Nikita Aprilia Aruming Tyas, and H. Adila, “Pengendalian Kualitas Pada Agroindustri Gula Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Di Kabupaten Bondowoso Quality Control in Sugar Agroindustry Using Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Method in Bondowoso Regency,” *J. Penelit. Sains dan Teknol. Indones.*, vol. 2, no. 2, p. 2023, 2023.