

Analisis Error Pada Proses Pengemasan Bag Semen Ukuran 40 Kg Menggunakan Metode Diagram *Fishbone* Dan *Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis*

Putera Bimantara Rahardjo¹, Deny Andesta²

^{1,2)} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101, Randuagung, Kec. Gresik, Gresik Jawa Timur 61121
Email: bimajo14@gmail.com, deny_andesta@umg.ac.id

ABSTRAK

Persaingan industri yang semakin ketat menuntut perusahaan untuk terus meningkatkan kualitas produk. PT. XYZ masih menghadapi permasalahan kecacatan pada proses pengemasan *bag* semen ukuran 40 kg. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kecacatan, menetapkan urutan prioritas risiko kegagalan, serta merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kualitas proses menggunakan metode Diagram *Fishbone*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (*Fuzzy FMEA*). Hasil penelitian menunjukkan total kecacatan selama Juni–Juli 2025 mencapai 2.367 bag. Berdasarkan FMEA, Faktor penyebab kegagalan dengan tingkat prioritas risiko tertinggi berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). adalah setting takaran pengisian yang belum stabil (168), sistem kerja yang berorientasi pada target (100), dan cacat bawaan dari pemasok (60). Sementara itu, hasil *Fuzzy FMEA* menunjukkan nilai FRPN tertinggi pada *setting* takaran pengisian yang belum stabil (612), sistem kerja yang berorientasi pada target (500), dan kurangnya ketelitian operator (458). Usulan perbaikan yang diberikan meliputi pemasangan sensor tekanan dan alarm otomatis pada mesin packing, penyelarasan KPI antara target produksi dan kualitas, serta pelatihan operator secara berkala. Penerapan usulan tersebut diharapkan dapat menurunkan tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas proses pengemasan semen.

Kata kunci: Kualitas Produk, *Bag* Semen, Diagram *Fishbone*, FMEA, *Fuzzy FMEA*, FRPN.

ABSTRACT

Increasingly tight industrial competition demands companies to continuously improve product quality. PT. XYZ still faces defects in the 40 kg cement bag packaging process. This study aims to identify the causes of defects, determine the priority of failure risks, and provide improvement suggestions using the Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), and Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) methods. The results of the study show that the total number of defects during June–July 2025 reached 2,367 bags. Based on FMEA, the causes of failure with the highest RPN values were unstable filling dose settings (168), target-oriented work systems (100), and defect from the supplier (60). Meanwhile, the results of Fuzzy FMEA show the highest FRPN values in unstable filling dose settings (612), target-oriented work systems (500), and lack of operator accuracy (458). The improvement suggestions provided include the installation of pressure sensors and automatic alarms on the packing machine, KPI alignment between production and quality targets, and regular operator training. The implementation of this proposal is expected to reduce the level of defects and improve the quality of the cement packaging process.

Keywords: Product Quality, Cement Bag, Fishbone Diagram, FMEA, Fuzzy FMEA, FRPN.

Pendahuluan

Persaingan pada sektor industri mendorong perusahaan untuk secara konsisten menghasilkan produk yang sesuai dengan standar mutu guna menjaga kepuasan pelanggan sekaligus meningkatkan daya saing perusahaan [1], [2]. Namun demikian, proses produksi di industri manufaktur masih menghadapi permasalahan berupa munculnya produk cacat [3]. Jika kualitas produk mengalami penurunan, maka konsumen cenderung beralih ke produk sejenis lainnya yang menawarkan mutu lebih baik. Produk dengan kualitas tinggi dan memiliki daya saing yang kuat akan lebih mudah menarik minat konsumen. Untuk itu, hasil produksi harus mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. Kondisi tersebut membuat perusahaan perlu memastikan seluruh Proses

produksi dapat berlangsung secara efektif dan efisien sehingga menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas serta memiliki daya saing yang tinggi di pasar. [4].

Penyebab munculnya produk cacat dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu faktor alami yang terjadi selama proses produksi dan faktor yang timbul akibat kesalahan. Faktor alami merupakan bentuk kecacatan yang muncul sebagai konsekuensi dari proses produksi sehingga relatif sulit untuk dihilangkan sepenuhnya. Sebaliknya, faktor kesalahan disebabkan oleh ketidaksesuaian dalam pelaksanaan proses produksi, seperti lemahnya perencanaan, pengawasan, dan pengendalian, serta adanya kesalahan yang berasal dari operator (*human error*) maupun mesin (*machine error*). [5].

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang beroperasi di wilayah Jawa Timur dan bergerak dalam kegiatan produksi berupa semen dengan berbagai jenis. Perusahaan ini masih menghadapi *defect* pada proses *packing* selama periode Juni – Juli 2025, kondisi ini masih perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan lebih lanjut. Pendekatan FMEA Digunakan untuk memperbaiki proses dan meningkatkan kualitas produk melalui penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), yang kemudian menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) [6]. Sementara itu, Apabila diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang identik, penentuan prioritas risiko dilanjutkan menggunakan metode *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (Fuzzy FMEA). Pendekatan ini dipilih karena memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan metode FMEA konvensional khususnya dalam membedakan tingkat risiko sehingga dapat mengatasi permasalahan kesamaan nilai RPN [7].

Berbagai penelitian mengenai pengendalian kualitas telah memanfaatkan Diagram Fishbone, (FMEA), maupun (Fuzzy FMEA) pada beragam industri manufaktur. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih menggunakan metode-metode tersebut secara terpisah, sehingga proses identifikasi akar penyebab dan penetapan prioritas risiko belum terintegrasi dalam satu pendekatan analisis. Di sisi lain, kajian yang mengombinasikan ketiga metode tersebut pada proses pengemasan bag semen berukuran 40 kg masih relatif terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menerapkan integrasi Diagram Fishbone untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan, kemudian memanfaatkan FMEA dan Fuzzy FMEA untuk mengevaluasi serta menentukan prioritas risiko. Pendekatan terintegrasi ini diharapkan mampu menghasilkan analisis yang lebih menyeluruh, objektif, dan akurat dalam mendukung pengambilan keputusan terkait upaya pengendalian kualitas.

Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada penentuan prioritas risiko kegagalan tanpa mengintegrasikan proses identifikasi akar penyebab dengan penentuan prioritas risiko pada proses pengemasan semen. Integrasi ketiga metode tersebut menghasilkan penentuan prioritas risiko yang lebih objektif dibandingkan apabila hanya menggunakan metode FMEA konvensional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi PT. XYZ dalam menentukan prioritas tindakan perbaikan pada proses pengemasan bag semen. Penerapan rekomendasi yang diusulkan diharapkan mampu menekan jumlah produk cacat yang selama periode Juni–Juli 2025 tercatat sebanyak 2.367 bag, meningkatkan konsistensi proses pengemasan, menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik, serta mendukung pencapaian standar mutu perusahaan secara berkelanjutan.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di PT. XYZ yang beroperasi di Kabupaten Gresik. Proses pengumpulan data dilaksanakan pada rentang waktu Juni–Juli 2025 dengan memanfaatkan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan pihak *packing* yang berjumlah 3 orang. 1 orang dengan jabatan *supervisor* dan 2 orang sebagai operator *packing*. Seluruh responden dalam penelitian ini merupakan personel yang terlibat secara langsung pada proses pengemasan. Pemilihan responden dilakukan secara *purposive* dengan mempertimbangkan pengalaman, tanggung jawab, serta tingkat pemahaman terhadap proses produksi, sehingga diharapkan mampu memberikan penilaian yang akurat terhadap parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Adapun data sekunder bersumber dari dokumen internal perusahaan, termasuk laporan hasil produksi serta dokumen pendukung lainnya. Adapun periode pengamatan ditetapkan pada Juni–Juli 2025 karena selama rentang waktu tersebut tersedia data produksi dan data kecacatan yang lengkap, sehingga dapat mencerminkan kondisi nyata proses pengemasan di PT. XYZ.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan menganalisis kemungkinan munculnya permasalahan, kesalahan, serta kegagalan pada sistem, rancangan, proses, maupun jasa. [8]. FMEA memberikan Penilaian tingkat risiko kegagalan dilakukan dengan menggunakan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) [9]. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) diperoleh dari hasil perkalian ketiga parameter tersebut sebagai dasar dalam menentukan prioritas risiko. Identifikasi dilakukan dengan penentuan urutan perbaikan dengan mengacu pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Semakin besar nilai RPN yang dihasilkan, semakin tinggi pula tingkat risiko kegagalan yang harus menjadi fokus penanganan. [10]. Untuk meningkatkan keakuratan dan objektivitas dalam proses penilaian risiko, penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis* (Fuzzy FMEA) yang dikembangkan dari metode

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) konvensional. Pendekatan *fuzzy* diterapkan untuk mengurangi ketidakpastian kesamaan nilai RPN dan subjektivitas dalam proses penilaian risiko [11].

Teori Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan hubungan antara ruang input dan ruang output secara tepat. Setelah diperoleh nilai efek kegagalan (*severity*), peluang terjadinya kegagalan (*occurrence*), dan deteksi kegagalan (*detection*) dari tahap FMEA [12]. Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Zadeh sebagai pendekatan untuk merepresentasikan ketidakpastian melalui konsep derajat keanggotaan (*membership degree*), sehingga mampu memodelkan kondisi yang tidak dapat dijelaskan secara tegas dengan logika biner. Pengembangan selanjutnya dilakukan oleh Mamdani dan Assilian melalui penerapan sistem inferensi fuzzy berbasis aturan (*rule-based fuzzy inference system*), yang saat ini banyak digunakan sebagai metode pendukung pengambilan keputusan, termasuk dalam analisis risiko dilakukan dengan menerapkan metode *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (Fuzzy FMEA).

Logika *fuzzy* mengubah skala penilaian 10 poin yang digunakan dalam FMEA dikonversi menjadi variabel linguistik. Selain itu, aturan *if-then* diterapkan untuk memperoleh nilai FRPN sebagai hasil akhir dari proses analisis. [13]. Kelebihan logika *fuzzy* yaitu [14]:

1. Konsep dasar yang digunakan dalam penalaran *fuzzy* berasal dari teori himpunan yang matematis sehingga lebih mudah untuk dipahami.
2. Logika *fuzzy* memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dalam penerapannya.
3. Logika *fuzzy* mampu mentoleransi data yang kurang tepat atau tidak pasti.
4. Logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks.

Hasil Dan Pembahasan

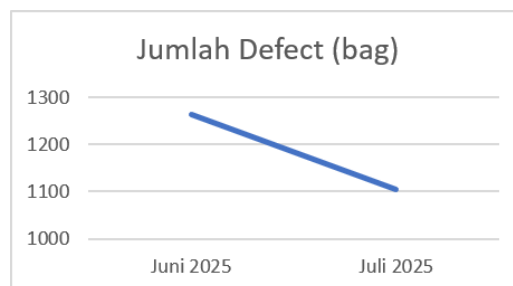
Pengumpulan Data

Berikut disajikan data mengenai jumlah produk cacat pada proses produksi semen ukuran 40 kg di PT. XYZ bulan Juni 2025 – Juli 2025:

Tabel 1. Data Hasil Produksi dan Cacat PT. XYZ Bulan Juni - Juli 2025

No	Periode	Produk	Produksi	Defect
1	Juni 2025	40 Watershield	8.050	221
		40 Woven	865.775	1.042
2	Juli 2025	40 Watershield	12.975	145
		40 Woven	883.825	959
Total			1.770.625	2.367

Berdasarkan data produksi diatas, menunjukkan bahwa kecacatan tertinggi terjadi pada bulan Juni 2025 jika ditotal sebanyak 1.263 *defect*. Tahap berikutnya analisis dilakukan dengan menggunakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi akar penyebab permasalahan (*root cause analysis*) dari suatu kegagalan atau kecacatan produk pendekatan *Fuzzy FMEA* digunakan sebagai dasar dalam menghitung nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) yang lebih akurat, objektif, dan mampu menentukan prioritas risiko dengan lebih baik.

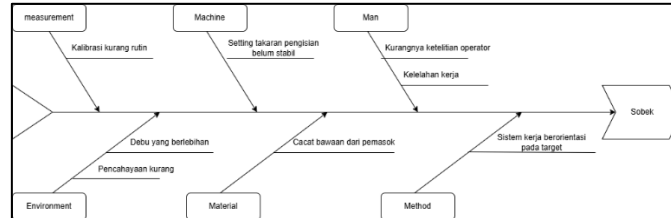


Gambar 1. Grafik tren cacat

Berdasarkan grafik tren, jumlah produk cacat mengalami penurunan dari 1.263 bag pada Juni menjadi 1.104 bag pada Juli 2025. Walaupun terjadi perbaikan, tingkat kecacatan yang masih cukup tinggi mengindikasikan perlunya implementasi rekomendasi perbaikan agar penurunan jumlah *defect* dapat berlangsung secara lebih signifikan pada periode berikutnya.

Diagram Fishbone

Pemanfaatan diagram *fishbone* bertujuan untuk menelusuri dan mengidentifikasi penyebab utama yang memicu kerusakan maupun kecacatan produk serta berbagai penyimpangan yang berada di luar kendali selama proses produksi berlangsung [15]. Identifikasi akar penyebab dilakukan melalui pengelompokan faktor-faktor yang memengaruhi permasalahan berdasarkan aspek *man, machine, method, material, dan environment*. Pendekatan ini memungkinkan proses analisis dilakukan secara lebih terstruktur dan menyeluruh. [16].



Gambar 2 Diagram Fishbone Cacat Sobek

1. Man: Pemasangan *bag* tidak tepat menyebabkan kantong menerima beban secara tiba-tiba saat aliran semen mulai masuk, serta kelelahan kerja yang menurunkan fokus.
2. Machine: Tekanan yang belum stabil menyebabkan aliran semen masuk ke dalam *bag* dengan kecepatan dan volume yang tidak terkontrol mengakibatkan *bag* menjadi sobek.
3. Method: Sistem kerja yang berorientasi pada pencapaian target menyebabkan aspek pengendalian kualitas cenderung terabaikan
4. Materials: Cacat bawaan dari pemasok seperti adanya pori terbuka menyebabkan semen keluar perlahan saat pengisian.
5. Measurement: Kalibrasi timbangan yang tidak dilakukan secara berkala dapat menyebabkan ketidaktepatan pengukuran berat semen dalam setiap *bag*, yang berpotensi membuat berat semen melebihi kapasitas maksimum *bag*.
6. Environment: Debu yang berlebihan menyebabkan turunnya visibilitas dan pencahayaan yang kurang menyebabkan operator melihat pori yang terbuka.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Penerapan metode FMEA bertujuan untuk mengenali setiap potensi mode kegagalan beserta konsekuensi yang ditimbulkannya. Penetapan nilai (RPN) kemudian dilakukan berdasarkan evaluasi terhadap tiga parameter utama berikut.:

1. Severity (S)

Adalah parameter yang menunjukkan tingkat konsekuensi paling berat dari suatu bentuk kegagalan dan digunakan sebagai dasar untuk mengukur besarnya dampak dengan skala relatif antara 1 hingga 10 [17].

Tabel 2. Skala Severity

Nilai	Kriteria Dampak
1	<i>Negligible severity</i> (dampak sangat ringan), dampak yang ditimbulkan tidak memberikan pengaruh yang berarti.
2–3	<i>Mild Severity</i> (dampak ringan), tidak menyebabkan penurunan kualitas produk
4–6	<i>Moderate severity</i> (dampak sedang), terjadi penurunan kualitas produk, tetapi masih memenuhi batas toleransi yang ditetapkan.
7–8	<i>High Severity</i> (dampak tinggi), terjadi penurunan mutu produk secara signifikan
9–10	<i>Potential Severity</i> (dampak sangat kritis), menimbulkan konsekuensi yang sangat besar terhadap kualitas produk secara keseluruhan

Berdasarkan tabel penilaian *severity* dengan rentang nilai 1 sampai 10, nilai yang lebih kecil menunjukkan dampak kegagalan yang relatif ringan, sedangkan nilai yang lebih besar menggambarkan dampak yang berat hingga bersifat kritis [18].

2. Occurrence (O)

Adalah parameter yang menunjukkan tingkat kemungkinan terjadinya suatu kegagalan dalam kondisi operasional normal dengan skala penilaian menggunakan rentang nilai 1 sampai 10, dengan nilai 10 menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan yang paling besar [19].

Tabel 3. Skala Occurrence

Peringkat	Jenis	Kriteria
1	Kecil kemungkinan	Kemungkinan munculnya faktor risiko sangat kecil atau hampir tidak pernah terjadi

2	Sangat rendah	Faktor risiko memiliki probabilitas yang sangat rendah sehingga kejadiannya sangat jarang ditemukan.
3	Rendah	Kemungkinan terjadinya faktor risiko relatif rendah dan hanya terjadi pada kondisi tertentu
4-6	Sedang	Faktor risiko memiliki tingkat kemungkinan sedang dengan frekuensi kejadian yang bersifat sesekali.
7-9	Tinggi	Faktor risiko berpotensi terjadi dengan frekuensi yang tinggi dan cenderung berulang.
10	Sangat tinggi	Faktor risiko memiliki probabilitas yang sangat besar serta sulit untuk dicegah atau dihindari.

Berdasarkan penilaian *occurrence* dengan skala nilai 1 sampai 10, nilai yang lebih kecil menunjukkan bahwa kegagalan terjadi sangat jarang, sedangkan nilai yang lebih besar mengindikasikan bahwa kegagalan sering terjadi atau memiliki kemungkinan tinggi untuk muncul.

3. Detection (D)

Adalah parameter yang menunjukkan tingkat kemampuan sistem pengendalian dalam mendeteksi terjadinya kegagalan dengan skala yang digunakan berkisar antara 1 sampai 10, di mana nilai 10 mengindikasikan bahwa kegagalan sangat sulit dideteksi oleh sistem atau tidak mampu mendeteksi kegagalan yang terjadi [20].

Tabel 4. Skala Detection

Rating	Kategori	Keterangan
10	Nyaris tidak mungkin terjadi.	Belum tersedia mekanisme pengendalian
9	Hampir tidak ada	Desain kontrol tidak terbukti (coba-coba), tidak dapat diandalkan
8	Sangat rendah	Desain kontrol memiliki kemampuan buruk dalam mendeteksi
7	Relatif rendah	Mekanisme pengendalian memiliki peluang besar tidak mampu mendeteksi permasalahan.
6	Rendah	Sistem pengendalian masih berpotensi gagal dalam mengidentifikasi permasalahan
5	Sedang	Efektivitas mekanisme pengendalian belum optimal sehingga fungsi deteksinya dapat berkurang.
4	Relatif besar	Sistem pengendalian memiliki tingkat efektivitas yang rendah dalam mendeteksi permasalahan
3	Besar	Mekanisme pengendalian memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi potensi permasalahan
2	Sangat besar	Sistem pengendalian memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengidentifikasi potensi permasalahan
1	Hampir pasti terdeteksi	Tersedia mekanisme pengendalian yang efektif sehingga potensi permasalahan dapat dideteksi secara pasti.

Berdasarkan tabel penilaian *detection*, nilai yang rendah menunjukkan bahwa potensi kegagalan dapat dengan mudah dikenali sebelum terjadi, sedangkan nilai yang tinggi mengindikasikan bahwa kegagalan sulit, bahkan tidak memungkinkan, untuk dideteksi lebih awal.

Tabel 5. Perhitungan RPN

Defect	Penyebab	S	O	D	RPN
Sobek	Kurangnya ketelitian operator	6	3	3	54
	Kelelahan kerja	2	2	3	12
	Setting takaran pengisian belum stabil	7	6	4	168
	Sistem kerja berorientasi pada target	5	5	4	100
	Cacat bawaan dari pemasok	5	3	4	60
	Kalibrasi kurang rutin	3	3	4	36
	Debu yang berlebihan	3	1	6	18
	Pencahayaan kurang	3	1	4	12

Fuzzy FMEA

Fuzzy FMEA merupakan pengembangan dari metode FMEA yang mengintegrasikan pendekatan logika fuzzy dengan penilaian ahli dalam mengevaluasi tingkat risiko. Penilaian tersebut dilakukan terhadap tiga parameter utama, yaitu *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*, sebagai dasar penentuan prioritas risiko.[21]. Metode ini dikembangkan untuk mengatasi berbagai keterbatasan pada FMEA konvensional dengan

menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) atau *Fuzzy Risk Priority Number* (F-RPN) berdasarkan nilai S, O, dan D yang telah dikonversi ke dalam bentuk variabel linguistik, sehingga penentuan prioritas risiko menjadi lebih akurat dan objektif [22]. *Fuzzy FMEA* mengatasi permasalahan tersebut dengan menerapkan fungsi keanggotaan yang bersifat kontinu, sehingga mampu menghasilkan nilai defuzzifikasi yang lebih akurat serta memberikan perbedaan yang lebih jelas terhadap tingkat prioritas atau urgensi dari masing-masing skenario [23].

Dengan mengukur dan menilai dampak dari setiap mode kegagalan, analisis ini membantu dalam menetapkan prioritas tindakan perbaikan untuk mengurangi risiko serta meningkatkan keandalan [24]. Perhitungan Fuzzy FMEA dilakukan menggunakan *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox* dengan tipe Mamdani, yang terdiri dari 3 parameter input, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, serta satu parameter output berupa (FRPN). Setiap variabel input direpresentasikan menggunakan lima kategori linguistik yang terdiri atas *Very Low* (VL), *Low* (L), *Medium* (M), *High* (H), dan *Very High* (VH). Berdasarkan pembagian tersebut, terbentuk sebanyak 125 kombinasi aturan (*rule*) yang diperoleh dari hasil perkalian $5 \times 5 \times 5$. Penyusunan aturan dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa tingkat risiko akan semakin tinggi etika tingkat keparahan dampak, kemungkinan terjadinya kegagalan, dan tingkat kesulitan dalam mendeteksi kegagalan menunjukkan kecenderungan meningkat [25].

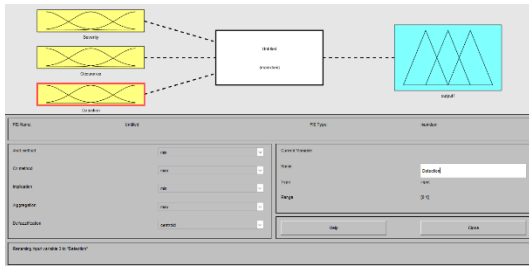
Kategori Nilai Fuzzy Risk Priority Number (FRPN)

Tabel 6. Klasifikasi FRPN

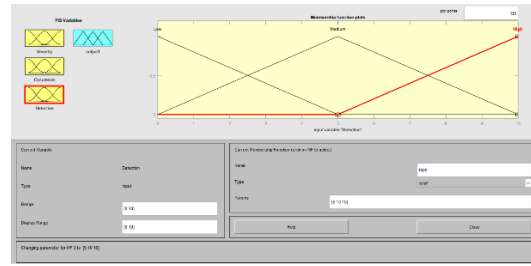
Kisaran FRPN	Tingkat Risiko
0 – 200	Very Low (VL)
201 – 400	Low (L)
401 – 600	Medium (M)
601 – 800	High (H)
801 – 1000	Very High (VH)

Pengelompokan tingkat risiko dimanfaatkan sebagai acuan dalam menentukan urutan pelaksanaan tindakan perbaikan, dengan kategori *Medium–High* menjadi fokus utama dalam implementasi rekomendasi teknis. Hasil evaluasi yang diperoleh melalui pendekatan logika fuzzy selanjutnya dikonversi ke dalam nilai kuantitatif yang dikenal sebagai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) untuk menunjukkan tingkat prioritas risiko. Prosedur pengolahan data menggunakan metode *Fuzzy FMEA* dilakukan melalui tahapan berikut.:

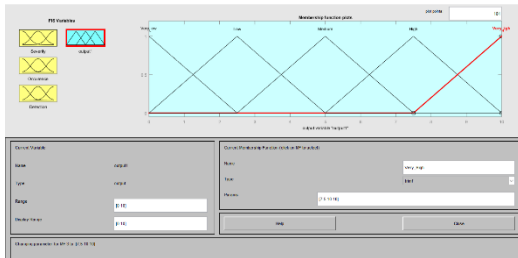
1. Penyusunan himpunan Fuzzy untuk variabel masukan
Pada tahap ini, ketiga parameter dimasukkan sebagai variabel input fuzzy ke dalam perangkat lunak guna mendukung proses pengolahan dan analisis data..
2. Input angka S, O, dan D
Ketiga parameter berfungsi sebagai variabel input yang diproses melalui fungsi keanggotaan (*membership function*) dan aturan fuzzy (*fuzzy rules*). Hasil dari proses tersebut berupa nilai FRPN yang digunakan untuk menentukan tingkat prioritas risiko kegagalan.
3. *Input* angka *output Fuzzy RPN*
Tahap selanjutnya setelah penentuan variabel input adalah pembentukan variabel output yang direpresentasikan oleh (FRPN). Variabel output ini berada pada kisaran 0–10 yang digunakan untuk menggambarkan tingkat risiko, dengan nilai FRPN yang lebih tinggi menunjukkan tingkat risiko yang semakin besar.
4. *Input rule base Fuzzy*
menghubungkan 3 parameter input S, O, dan D dengan variabel output *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN). Kombinasi aturan yang terbentuk digunakan sebagai dasar proses inferensi *fuzzy* untuk menentukan tingkat risiko dan prioritas perbaikan dari setiap potensi kegagalan.
5. Defuzzifikasi
Pada penerapan logika fuzzy berbasis Mamdani, tahap defuzzifikasi dilakukan dengan memanfaatkan metode *Center of Gravity (Centroid)*. Kombinasi parameter S, O, dan D yang telah melalui proses inferensi *fuzzy* menghasilkan nilai FRPN dalam bentuk numerik. Nilai tersebut selanjutnya dijadikan acuan dalam menetapkan prioritas risiko berdasarkan tingkat kepentingan penanganannya.



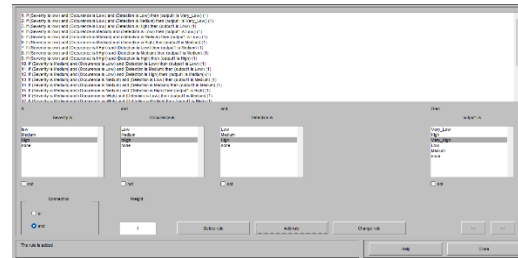
Gambar 3. pembentukan Himpunan Input Fuzzy



Gambar 4. Input Parameter SOD



Gambar 5. Memasukkan Nilai Keluaran FRPN



Gambar 6. Memasukkan Aturan Dasar Fuzzy



Gambar 7. Defuzzifikasi

Tabel 7. Hasil Perhitungan Fuzzy FMEA

Defect	Penyebab	S	O	D	FRPN	Kategori
Sobek	Kurangnya ketelitian operator	6	3	3	458	M
	Kelelahan kerja	2	2	3	324	L
	Setting takaran pengisian belum stabil	7	6	4	612	H
	Sistem kerja berorientasi pada target	5	5	4	500	M
	Cacat bawaan dari pemasok	5	3	4	395	L
	Kalibrasi kurang rutin	3	3	4	371	L
	Debu yang berlebihan	3	1	6	378	L
	Pencahayaan kurang	3	1	4	295	L

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Fuzzy* FMEA, diperoleh urutan prioritas risiko yang berbeda dari hasil analisis FMEA konvensional. Mode kegagalan yang menempati prioritas pertama adalah Setting pengisian yang belum stabil dengan FRPN sebanyak 612. Peringkat 2 ditempati oleh sistem kerja yang berorientasi pada target dengan FRPN sebanyak 500. Dan peringkat ke 3 ditempati oleh kurangnya ketelitian operator dengan FRPN sebanyak 458.

Usulan Perbaikan

Tabel 8. Usulan Perbaikan

Peringkat	Penyebab Potensial	Usulan Perbaikan
1	Setting takaran pengisian belum stabil	Menambahkan sensor tekanan dan sistem alarm otomatis pada mesin <i>packing</i> untuk mendeteksi kondisi tekanan yang melampaui batas toleransi
2	Sistem kerja berorientasi pada target	Menyelaraskan KPI antara target produksi dan standar kualitas agar aspek mutu tidak terabaikan

3	Kurangnya ketelitian Operator	Melakukan pelatihan dan pembinaan secara berkala
---	-------------------------------	--

Keberhasilan penerapan usulan perbaikan dapat diukur melalui beberapa indikator, antara lain berkurangnya jumlah *defect* setiap bulan, menurunnya persentase produk cacat terhadap total produksi, berkurangnya kejadian bag sobek yang disebabkan oleh ketidakstabilan tekanan pengisian, meningkatnya kepatuhan operator dalam menjalankan prosedur kerja, serta tercapainya kesesuaian antara target produksi dan standar mutu yang telah ditetapkan perusahaan.

Keterbatasan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya berasal dari riwayat produksi selama Mei–Juni 2025. Keterbatasan tersebut menyebabkan variasi tingkat kecacatan dalam periode yang lebih panjang belum dapat dianalisis secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian berikutnya diharapkan dapat memperpanjang rentang pengamatan dan meningkatkan jumlah responden untuk memperoleh hasil analisis risiko yang lebih mendalam.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh total kecacatan (*defect*) sebanyak 2.367 bag pada produk semen ukuran 40 kg. Jumlah kecacatan tertinggi terjadi pada bulan Juni 2025 dengan total 1.263 defect. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode FMEA, diketahui bahwa mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah adalah setting takaran pengisian yang belum stabil dengan nilai RPN sebesar 168, diikuti oleh sistem kerja yang berorientasi pada target dengan nilai RPN sebesar 100, serta cacat bawaan dari pemasok dengan nilai RPN sebesar 60.

Hasil analisis menggunakan Diagram *Fishbone* menunjukkan bahwa kecacatan pada bag semen dipengaruhi oleh enam faktor utama. Faktor *man* mencakup kurangnya ketelitian operator dalam bekerja serta kondisi kelelahan. Faktor *machine* disebabkan oleh ketidakstabilan setting takaran pengisian selama proses packing. Faktor *methods* berkaitan dengan sistem kerja yang lebih berfokus pada pencapaian target produksi. Faktor *materials* berasal dari adanya cacat pada bag yang diterima dari pemasok. Faktor *measurement* disebabkan oleh kegiatan kalibrasi timbangan yang belum dilakukan secara rutin, sedangkan faktor *environment* meliputi kondisi debu yang berlebihan dan pencahayaan yang kurang memadai di area kerja.

Selanjutnya, hasil pengolahan data menggunakan metode Fuzzy FMEA, diketahui bahwa penyebab kegagalan yang memperoleh nilai FRPN paling tinggi adalah setting takaran pengisian yang belum stabil dengan nilai FRPN sebesar 612 (kategori *High*), kemudian sistem kerja yang berorientasi pada target dengan nilai FRPN sebesar 500 (kategori *Medium*), dan kurangnya ketelitian operator dengan nilai FRPN sebesar 458 (kategori *Medium*).

Berdasarkan hasil tersebut, usulan perbaikan yang direkomendasikan meliputi pemasangan sensor tekanan dan sistem alarm otomatis pada mesin packing untuk menjaga kestabilan proses pengisian, penyesuaian *Key Performance Indicator* (KPI) antara target produksi dan kualitas produk, serta pelaksanaan pelatihan dan pembinaan operator secara berkala guna meningkatkan ketelitian dalam pemasangan bag. Penerapan usulan perbaikan tersebut diharapkan mampu menurunkan jumlah kecacatan produk serta meningkatkan kualitas proses pengemasan semen secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Kartika and N. A. Hidayah, "Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pada Proses Produksi Cetak Blok Kalender (Studi Kasus : PT . XYZ)," *J. Multidisiplin ilmu*, vol. 1, no. 6, pp. 1311–1321, 2022.
- [2] N. D. Purnomo *et al.*, "Analisis Kualitas Produksi Flends Menggunakan Metode Six Sigma Dan FMEA," *J. Rekayasa Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 99–107, 2023, doi: <https://doi.org/10.37631/jri.v5i2.1178>.
- [3] C. S. Pamungkas *et al.*, "Penerapan Failure Mode And Effects Analysis (Fmea) Dan Criticality Analysis Untuk Meningkatkan Pengendalian Kualitas Produk Olahan Besi Application Of Failure Mode And Effects Analysis (Fmea) And Criticality Analysis To Improve Quality Control Of Proc," *J. Rekayasa Sist. dan Manaj.*, vol. 02, no. 02, pp. 162–170, 2025.
- [4] M. Tanto, Angga Prasetyo, Andesta, Deny, Jufriyanto, "Analisis Kecacatan Produk dengan Metode FMEA dan FTA pada Produk Meja OKT 501 di PT . Kurnia Persada Mitra Mandiri," *J. Serambi Eng.*, vol. VIII, no. 2, pp. 5206–5216, 2023.
- [5] N. N. Hidayati and A. E. Nurhidayat, "Analisis Penyebab Kecacatan Produksi Permen Yupi Dengan FTA , Fuzzy-FMEA dan WAM," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 03, no. 02, pp. 70–75, 2021.

- [6] L. Permata, S. Hartanti, J. Mulyono, and V. Mayang, "FMEA dan Fuzzy FMEA dalam Penilaian Risiko Lean Waste di Industri Manufaktur," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 293–304, 2022, doi: <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v11i2.50552>.
- [7] R. Apriliyas and S. Luthfianto, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cushion di PT. X Menggunakan Metode Fuzzy FMEA," *J. Ilm. Tek. Ind. dan Inf.*, vol. 13, no. 2, pp. 122–131, 2025, doi: <https://doi.org/10.31001/tekinfo.v13i2.2420>.
- [8] W. W. Suriyanto; Profita, Anggriani; Endah Saptaningtyas, "Penilaian Risiko Pada PDAM Tirta Kencana dengan Metode Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 6, pp. 238–247, 2022, doi: <https://doi.org/10.31289/jime.v6i2.8311>.
- [9] D. Mahardhika, D. P. Restuputri, and S. K. Dewi, "Analisa Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Fuzzy FMEA Pada Proses Produksi UD Selebriti Gresik," vol. 05, no. 02, pp. 25–37, 2023, doi: <https://doi.org/10.26905/jiv.v5i2.9563>.
- [10] H. Apri Andita, Siska, Rahayu, Sri, Windyatri, "Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA untuk Meningkatkan Kualitas," *J. Kalibr.*, vol. 8, no. 2, pp. 58–69, 2025, doi: <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v8i2.1620>.
- [11] E. Kurnia, Nia; Wulandari, Anting; Indriyanto, Rino; Ainunnisa, Syifa; Ulfah, Maria; Muharni, Yusraini; Febianti, "Analisis Risiko Rantai Pasok Perusahaan Manufaktur Menggunakan Fuzzy-FMEA (Studi kasus di PT. AAA)," *J. Syst. Eng. Manag.*, vol. 04, no. 02, pp. 185–193, 2025, doi: <https://dx.doi.org/10.62870/joseam.v4i2.37200>.
- [12] A. E. Ramadhan, Wahyuridho Dwi; Nurhidayat, "Analisis Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reability Centered Maintenance Dan Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis," *J. Indones. Soc. Teknol.*, vol. 3, no. 8, pp. 867–878, 2022, doi: [10.36418/jist.v3i8.474](https://doi.org/10.36418/jist.v3i8.474).
- [13] I. B. Bachtiar, M. D. Khairansyah, and M. Y. Santoso, "Analisis Risiko Goliath Crane Dengan Menggunakan Metode Fuzzy FMEA di Perusahaan Galangan Kapal," *J. Teknol. Marit.*, vol. 7, no. 1, pp. 36–45, 2024, doi: <https://doi.org/10.35991/jtm.v7i1.9>.
- [14] Y. Novsiano and G. P. Cikarge, "Analisis Proses Preventive Maintenance Pada Pump Tank Farm Milik PT . H Dengan Metode Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) DI PT . M," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2025, doi: [10.35970/accurate.v6i1.2675](https://doi.org/10.35970/accurate.v6i1.2675).
- [15] E. Aristriyana and R. A. Fauzi, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis," *J. Ind. Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2022, doi: <https://doi.org/10.25157/jig.v4i2.3021>.
- [16] H. Hazmi, A. Fauzi, and R. N. Sari, "Aplication of Six Sigma & FMEA Methods to Improve The Quality of Laminated Tube Packaging," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 2, pp. 1038–1043, 2025, doi: <https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i2.804>.
- [17] E. O. Arnanda, Y. P. Negoro, and D. Andesta, "Analisis Kinerja Mesin Departemen Amonia Menggunakan Metode OEE dan Fuzzy FMEA Pada Kegagalan Berdampak Tinggi di Produsen Pupuk," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 238–247, 2026, doi: <https://doi.org/10.55826/jtmit.v5i1.1514>.
- [18] Z. Nursyahbani and T. E. Sari, "Usulan Penurunan Kecacatan Piston Cup Forging Menggunakan Fishbone Diagram , FMEA dan 5W + 1H di Perusahaan Spare-part Kendaraan," *J. Tek. Sist. dan Ind.*, vol. 04, no. 01, pp. 22–32, 2023, doi: <https://doi.org/10.35261/gjtsi.v4i01.8703>.
- [19] L. Eliyah and H. Muyasaro, "Analisis Penyebab Kegagalan Produksi Biskuit Gem Bunga PT . XYZ dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 25, no. 2, pp. 349–362, 2025, doi: <https://doi.org/10.36275/4draz759>.
- [20] R. & N. Dwi Hardianto, "Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode FMEA DAN FTA," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 2, no. 12, pp. 4635–4648, 2023, doi: <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i12.6394>.
- [21] A. B. Rizkyllah and E. Aryanny, "Product Defect Level Analysis Bone Plate with The Six Sigma Method and Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (F-FMEA) : Analisis Tingkat Kecacatan Produk Bone Plate dengan Metode Six Sigma dan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (F-FMEA)," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 26, no. 4, pp. 1–15, 2025, doi: [10.21070/ijins.v26i4.1477](https://doi.org/10.21070/ijins.v26i4.1477).
- [22] N. Febriyana and S. Hartini, "Penerapan Metode Six Sigma Dmaic Dan Fuzzy Fmea Untuk Perbaikan Kualitas Rokok Di PT XYZ (Studi Kasus : SKT PT XYZ)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 12, no. 3, pp. 1–10, 2023, doi: <https://doi.org/10.14710/jati.20.2.155-167>.
- [23] R. Andesta, Denny, & Maulana, "Quality Control Analysis at a Screen Printing Workshop Using the FMEA and Fuzzy FMEA Methods at UD. MKKG Gresik," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 720–730, 2026, doi: <https://doi.org/10.70609/g-tech.v10i2.9399>.
- [24] D. A. Parakoso, "Analisa Risk Priority Number (RPN) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher Menggunakan Metode FMEA di PT Indopalma Agro Persada," *J. Tek. dan Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 141–153, 2025.

- [25] F. Maulana and D. Andesta, “Analisis dan Usulan Perbaikan Defect Produk Ducting Menggunakan Metode Six sigma dan Fuzzy FMEA (Studi Kasus : PT Ravana Jaya),” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 547–558, 2026, doi: <https://doi.org/10.55826/jtmit.v5i1.1679>.