

Analisis Risiko Kerusakan Pada Mesin Pembuat Pelet Ikan Lele

Ramasandi Rifan Yogiantoro^{a,1,*}, Dianta Mustofa Kamal^{b,2}

^{a, b} Politeknik Negeri Jakarta, Universitas Indonesia, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kota Depok dan Kode 16425, Indonesia

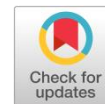
¹ramasandi.rifan.yogiantoro.tn23@stu.pnj.ac.id

* Penulis Korespondensi

Diterima 05 Oktober 2025; Direvisi 08 Oktober 2025; Diterima 13 Oktober 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi risiko kerusakan pada mesin pembuat pelet ikan lele tipe extruder horizontal dengan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Analisis dilakukan secara teoritis berdasarkan prinsip perancangan mesin, sifat material, dan beban kerja operasional. Pendekatan ini bertujuan untuk menilai titik lemah desain, mengidentifikasi mode kegagalan potensial, dan memberikan rekomendasi peningkatan keandalan komponen. Komponen utama yang dianalisis mencakup motor penggerak, gearbox, poros ulir, pisau pemotong, heater, dan rangka mesin. Berdasarkan hasil analisis, poros ulir dan motor penggerak memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, menunjukkan potensi kegagalan akibat beban torsi berlebih dan kondisi termal yang tidak stabil. Rekomendasi peningkatan desain meliputi pemilihan material tahan aus seperti baja AISI 4140, peningkatan sistem pendinginan motor, serta pengoptimalan geometri ulir. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan desain mesin pelet ikan lele yang lebih handal dan efisien.



KATA KUNCI

Mesin Pelet
Analisis Risiko
FMEA
Perancangan
Komponen Mesin

ABSTRACT

This study aims to analyze the potential risk of failure in a horizontal-type catfish pellet-making machine using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The analysis is conducted theoretically based on machine design principles, material characteristics, and operational load. The approach aims to evaluate design weak points, identify potential failure modes, and propose recommendations for improving component reliability. The main components analyzed include the driving motor, gearbox, screw shaft, cutting blade, heater, and frame. Results indicate that the screw shaft and driving motor have the highest Risk Priority Number (RPN) values, indicating potential failures due to excessive torque load and unstable thermal conditions. Design improvements are recommended, including the use of wear-resistant materials such as AISI 4140 steel, improved motor cooling systems, and optimized screw geometry. The findings are expected to contribute to the development of more reliable and efficient pellet-making machine designs.



KEYWORD

Pellet Machine
Risk Analysis
FMEA
Design
Machine Components



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Produksi pakan ikan merupakan faktor krusial dalam sektor perikanan budidaya. Dalam upaya efisiensi, mesin pembuat pelet ikan lele menjadi peralatan penting karena menentukan kualitas, kepadatan, dan ukuran pelet yang dihasilkan. Salah satu jenis mesin yang umum digunakan adalah tipe extruder horizontal,

di mana bahan baku ditekan melalui poros ulir menuju cetakan dan dipotong dengan pisau berputar untuk menghasilkan bentuk pelet. Mesin ini memiliki komponen utama seperti motor penggerak, gearbox, sistem transmisi, poros ulir, heater, pisau pemotong, dan rangka pendukung. Kinerja mesin yang optimal bergantung pada perancangan setiap komponen yang saling terintegrasi.

Namun, dalam praktiknya, sering dijumpai permasalahan seperti keausan ulir, overheat pada motor, atau kegagalan transmisi gearbox yang menyebabkan penurunan performa produksi. Permasalahan ini tidak hanya menurunkan efisiensi mesin tetapi juga meningkatkan biaya perawatan dan waktu henti operasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis untuk menganalisis potensi risiko kegagalan dari sisi desain agar dapat dilakukan perbaikan preventif sejak tahap perancangan.

Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dipilih karena dapat mengidentifikasi mode kegagalan potensial berdasarkan hubungan sebab-akibat dan mengukur tingkat risiko menggunakan parameter Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D). Dengan menganalisis setiap komponen secara kuantitatif, diperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) yang menggambarkan prioritas perbaikan. Pendekatan ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan aspek keandalan dan umur pakai mesin.

2. Tinjauan Pustaka

Mesin pembuat pelet ikan bekerja dengan prinsip dasar ekstrusi termomekanik. Bahan baku berupa campuran tepung ikan, dedak, dan binder dimasukkan ke dalam hopper, kemudian didorong oleh poros ulir yang berputar melalui silinder bertekanan. Pada ujung silinder, bahan dipaksa keluar melalui die dan dipotong menggunakan pisau berputar menjadi bentuk pelet. Proses ini melibatkan konversi energi mekanik menjadi panas melalui gesekan, sehingga suhu dan tekanan dalam silinder meningkat dan menyebabkan gelatinisasi bahan. Hasil pelet yang baik bergantung pada rancangan ulir, kecepatan motor, dan suhu heater.

Dalam konteks perancangan mesin, setiap komponen memiliki potensi kegagalan yang berbeda. Poros ulir cenderung mengalami keausan akibat gesekan terus-menerus dengan bahan, sementara motor penggerak berisiko mengalami kenaikan suhu berlebih bila ventilasi tidak optimal. Gearbox dapat rusak akibat ketidaksejajaran poros dan beban kejut. Oleh karena itu, rancangan mesin perlu memperhatikan aspek mekanika bahan, transfer panas, dan sistem transmisi daya.

FMEA adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, error, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Stamatis, 1995). Dari definisi FMEA di atas, yang lebih mengacu pada kualitas, dapat disimpulkan bahwa FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa suatu kegagalan dan akibatnya untuk menghindari kegagalan tersebut.

3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis risiko kerusakan pada mesin pembuat pelet ikan lele dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini disusun secara sistematis untuk memperoleh hasil analisis yang akurat dan terukur sehingga dapat memberikan dasar ilmiah bagi perbaikan rancangan mesin. Pendekatan ini melibatkan tahap pencarian literatur, pengumpulan data komponen, analisis potensi kegagalan, perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), serta penyusunan rekomendasi rancangan perbaikan.

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitis dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menjelaskan teori dan fenomena yang berkaitan dengan prinsip kerja mesin pembuat pelet ikan lele, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan dalam analisis numerik tingkat risiko melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Jenis penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian studi literatur (*library research*) dengan dukungan analisis teoritis perancangan mekanik. Data yang digunakan diperoleh dari berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, buku teknik mesin, dan laporan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik analisis risiko komponen mesin produksi. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran

menyeluruh terhadap risiko kerusakan yang mungkin terjadi pada sistem mekanik tanpa perlu pengujian langsung di lapangan.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara bertahap agar hasil yang diperoleh sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Setiap tahap dirancang untuk mendukung analisis risiko berdasarkan urutan logis proses FMEA. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pencarian Artikel
Pada tahap ini dilakukan pencarian literatur terkait analisis risiko mesin produksi, metode FMEA, serta perancangan mesin pembuat pelet ikan. Sumber referensi diambil dari jurnal nasional dan internasional yang relevan, serta buku-buku teknik mesin yang membahas prinsip kerja sistem transmisi dan komponen mekanik.
2. Seleksi Artikel
Setelah data literatur terkumpul, dilakukan seleksi terhadap artikel yang paling sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria pemilihan mencakup kesesuaian topik, tahun publikasi (minimal 10 tahun terakhir), dan metode yang digunakan.
3. Analisis Artikel
Artikel terpilih kemudian dikaji untuk memperoleh informasi mendalam mengenai parameter risiko, karakteristik material, dan perilaku kegagalan pada komponen mesin. Hasil analisis literatur ini menjadi dasar dalam penyusunan model analisis risiko pada mesin pembuat pelet ikan lele.
4. Identifikasi Komponen Mesin
Tahap ini bertujuan mengidentifikasi komponen utama mesin pembuat pelet ikan lele yang berpotensi mengalami kerusakan. Komponen yang dianalisis meliputi:
 - Motor penggerak
 - Gearbox
 - Poros ulir (*screw shaft*)
 - Pisau pemotong (*cutting blade*)
 - Heater
 - Rangka mesin
5. Analisis Risiko (FMEA)
Analisis dilakukan dengan menggunakan metode FMEA untuk menentukan tingkat risiko pada masing-masing komponen berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*. Hasil ketiga parameter tersebut dikalikan untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* yang digunakan dalam menentukan prioritas perbaikan.
6. Evaluasi dan Rekomendasi Desain
Berdasarkan hasil analisis RPN, dilakukan evaluasi terhadap rancangan komponen yang memiliki nilai risiko tertinggi. Hasil evaluasi digunakan untuk menyusun rekomendasi desain perbaikan agar mesin memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi dan umur pakai yang lebih Panjang

3.3. Teknik Pengumpulan Data

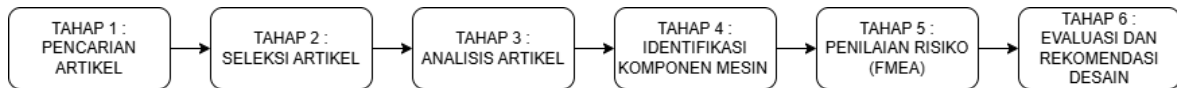
Pengumpulan data dilakukan dengan metode studi literatur (*literature review*). Data yang dikumpulkan terdiri atas dua jenis, yaitu:

1. Data Teoritis, diperoleh dari buku teks, jurnal ilmiah, dan publikasi ilmiah yang membahas prinsip kerja mesin pembuat pelet, analisis kegagalan komponen mekanik, serta penerapan metode FMEA.
2. Data Pendukung, berupa spesifikasi teknis komponen seperti daya motor penggerak, rasio gearbox, dimensi poros ulir, material pisau pemotong, dan kapasitas heater.
3. Seluruh data kemudian disusun dan dianalisis untuk digunakan sebagai acuan dalam menentukan parameter FMEA.

3.4. Teknik Analisis Data (Metode FMEA)

Untuk pengukuran menggunakan Unit S.I (Unit Sistem Internasional). Pengukuran harus disingkat (misalnya mm, kkal, dll) sesuai dengan Style Manual for Biological Sciences dan menggunakan sistem metrik. Jangan memulai kalimat dengan angka numerik. Saat memimpin kalimat, angka harus dijabarkan.

3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian yang dibuat

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Hasil penelitian ini diperoleh melalui proses analisis risiko terhadap komponen utama mesin pembuat pelet ikan lele menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada setiap komponen, menentukan penyebab dan dampaknya terhadap performa mesin, serta menghitung tingkat risiko melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Metode FMEA digunakan karena mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*) dari setiap potensi kerusakan. Nilai-nilai tersebut diperoleh berdasarkan kombinasi kajian literatur teknis, data referensi FMEA industri manufaktur (AIAG, 2019), dan pertimbangan karakteristik mekanik tiap komponen.

Tabel 1. Hasil perhitungan dan identifikasi mode kegagalan

No	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Dampak / Akibat	Analisis Teknis / Penjelasan Saintifik	S	O	D	RPN
1	Motor Penggerak	Overheating dan keausan bearing	Beban torsi tinggi, ventilasi tidak memadai, pelumasan kurang	Motor berhenti, putus lilitan, efisiensi turun	Beban berlebih meningkatkan suhu lilitan dan mempercepat degradasi isolasi. Energi panas menyebabkan keausan bearing akibat viskositas oli menurun.	8	6	5	240
2	Motor Penggerak	Getaran dan ketidakseimbangan rotor	Pemasangan poros tidak sejajar	Getaran tinggi, kerusakan coupling	Resonansi akibat rotasi tidak seimbang menimbulkan gaya dinamis yang merusak bantalan dan coupling.	7	5	4	140
3	Gearbox	Kearausan gigi transmisi	Pelumasan kurang, beban berulang tinggi	Suara kasar, efisiensi menurun	Gesekan adhesif dan pitting akibat gaya kontak berlebih mempercepat kerusakan gigi.	7	4	6	168

4	Gearbox	Gigi patah / pecah	Shock load, misalignment antar-poros	Kegagalan transmisi total	Tegangan lentur di akar gigi melebihi batas leleh → retak mikro hingga patah.	8	3	6	144
5	Poros Ulir (Screw Shaft)	Keausan permukaan ulir	Gesekan bahan baku abrasif	Tekanan ekstrusi turun, hasil pelet tidak seragam	Abrasive wear sesuai hukum Archard: volume keausan $\propto$ beban kontak $\times$ jarak geser $\div$ kekerasan material.	9	5	5	225
6	Poros Ulir (Screw Shaft)	Patah akibat torsi tinggi	Material kurang kuat, diameter kecil	Mesin berhenti total	Tegangan geser berlebih melebihi tegangan izin material → kelelahan torsi.	9	4	5	180
7	Pisau Pemotong (Cutting Blade)	Ketajaman menurun / tumpul	Gesekan dan beban tumbukan tinggi	Ukuran pelet tidak seragam	Energi tumbukan berulang menyebabkan impact wear; tepi pisau teroksidasi dan tumpul.	6	7	4	168
8	Pisau Pemotong (Cutting Blade)	Deformasi sudut potong	Suhu tinggi, material lunak	Hasil potong tidak rapi, pisau bengkok	Distorsi termal menyebabkan pelunakan logam dan kehilangan kekakuan sudut potong.	6	5	5	150
9	Heater	Penurunan efisiensi panas	Lapisan karbon, elemen aus	Suhu ruang ekstrusi tidak stabil	Lapisan karbon menambah hambatan termal → distribusi panas tidak merata.	8	3	6	144
10	Heater	Korsleting / elemen putus	Kelembapan tinggi, getaran	Gagal panas total	Arus pendek menurunkan resistansi → elemen terbakar, kehilangan fungsi pemanas.	8	3	7	168

11	Rangka Mesin	Retak las pada sambungan	Getaran tinggi, fatigue	Struktur melemah, ketidaksejajaran komponen	Tegangan siklik menyebabkan retak lelah pada sambungan las, terutama di titik konsentrasi tegangan.	7	4	5	140
12	Rangka Mesin	Baut longgar dan resonansi	Vibrasi terus menerus	Komponen bergeser, ketidakseimbangan	Resonansi dengan frekuensi alami rangka meningkatkan amplitudo getaran.	6	5	4	120

4.1.1 Perhitungan Nilai RPN

Nilai Risk Priority Number (RPN) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Keterangan:

S (Severity) → Tingkat keparahan akibat kegagalan (skala 1–10)

O (Occurrence) → Frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan (skala 1–10)

D (Detection) → Kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan (skala 1–10)

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis FMEA pada mesin pembuat pelet ikan lele, diketahui bahwa sebagian besar potensi kerusakan berasal dari faktor mekanik dan termal yang terjadi pada komponen utama seperti motor penggerak, poros ulir, gearbox, pisau pemotong, heater, dan rangka mesin. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada motor penggerak dan poros ulir, yang menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut memiliki kontribusi paling besar terhadap penurunan kinerja dan keandalan mesin secara keseluruhan.

Motor penggerak merupakan komponen paling krusial dalam sistem transmisi daya karena berfungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mode kegagalan yang umum terjadi pada motor ini adalah *overheating* dan keausan pada bantalan (*bearing*). Kondisi tersebut disebabkan oleh akumulasi panas akibat beban torsi yang tinggi dan sistem pendinginan yang belum optimal. Secara ilmiah, peningkatan suhu lilitan motor menyebabkan resistansi meningkat, sehingga efisiensi konversi energi menurun. Selain itu, pelumasan yang kurang memadai mempercepat keausan pada bearing dan meningkatkan gesekan antar-komponen. Fenomena ini sesuai dengan prinsip konduksi panas Fourier, di mana kenaikan suhu yang berlebihan dapat mengganggu kestabilan termal dan mempercepat degradasi isolasi lilitan. Untuk mengatasi hal ini, disarankan penerapan sistem pendingin udara paksa (*forced ventilation*), penggunaan motor dengan kelas isolasi termal H (180°C), serta penerapan pelumasan otomatis yang dapat menjaga viskositas oli tetap konstan.

Komponen berikutnya yang memiliki tingkat risiko tinggi adalah poros ulir (*screw shaft*). Komponen ini berfungsi menyalurkan bahan baku dari hopper menuju cetakan (*die*) sambil memberikan tekanan ekstrusi. Mode kegagalan yang ditemukan meliputi keausan permukaan ulir dan patahnya poros akibat beban torsi tinggi. Secara mekanis, kedua kerusakan ini disebabkan oleh interaksi langsung antara ulir logam dan bahan baku padat yang bersifat abrasif. Berdasarkan hukum *Archard's Wear*, volume keausan berbanding lurus dengan gaya kontak dan jarak geser, serta berbanding terbalik dengan kekerasan material. Oleh karena itu, material poros ulir sebaiknya menggunakan baja paduan AISI 4140 yang telah diberi perlakuan panas *nitriding*, sehingga mencapai kekerasan 45–50 HRC. Selain itu, optimasi geometri ulir dengan memperbesar sudut heliks dari 17° menjadi 20° dapat menurunkan gaya gesek sekaligus meningkatkan efisiensi ekstrusi.

Gearbox juga menjadi salah satu komponen yang memiliki potensi kerusakan cukup tinggi, khususnya pada gigi transmisi. Mode kegagalan yang ditemukan adalah keausan dan patahnya gigi akibat *shock load* dan ketidaksejajaran antar-poros. Fenomena tersebut termasuk dalam kategori *contact fatigue*, di mana tegangan siklik pada akar gigi menimbulkan retak mikro yang berkembang menjadi kerusakan permanen. Untuk meningkatkan keandalan gearbox, direkomendasikan penggunaan pelumas tipe Extreme Pressure (EP) yang mampu menahan beban kontak tinggi serta pemeriksaan rutin keselarasan poros menggunakan *dial indicator*.

Pisau pemotong (*cutting blade*) memiliki nilai RPN menengah, namun tetap penting karena berpengaruh langsung terhadap hasil akhir pelet. Mode kegagalan utama adalah penurunan ketajaman, deformasi sudut potong, dan retak akibat beban kejut. Secara ilmiah, hal ini dikategorikan sebagai *impact wear* yang terjadi karena tumbukan berulang antara pisau dan bahan padat. Peningkatan suhu operasi juga memperburuk kondisi dengan menurunkan kekerasan material pisau. Untuk mengatasi hal tersebut, material High Speed Steel (HSS) atau SKD11 dengan perlakuan panas direkomendasikan, karena keduanya memiliki ketahanan aus dan kekakuan tinggi pada suhu operasi di atas 200°C. Hasil penelitian Kurniawan (2020) menunjukkan bahwa penggunaan baja HSS mampu memperpanjang umur pisau pemotong hingga 40% dibandingkan dengan baja karbon biasa.

Selain itu, komponen heater dan rangka mesin juga menunjukkan tingkat risiko yang cukup signifikan, meskipun lebih rendah dibandingkan komponen transmisi. Pada heater, kegagalan yang sering terjadi adalah penurunan efisiensi panas dan korsleting akibat kelembapan serta akumulasi karbon di elemen pemanas. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui teori konduksi panas, di mana lapisan karbon meningkatkan hambatan termal sehingga menyebabkan distribusi suhu tidak merata. Untuk mengatasinya, disarankan penggunaan material *nichrome* atau *kanthal* sebagai elemen pemanas serta penambahan sensor termokopel untuk mengontrol suhu secara otomatis. Sementara itu, kerusakan pada rangka mesin umumnya disebabkan oleh getaran berlebih dan resonansi akibat frekuensi operasi yang mendekati frekuensi alami struktur. Kondisi ini dapat menimbulkan retakan pada sambungan las dan baut longgar. Peningkatan kekakuan struktur melalui penggunaan profil kanal baja tebal dan pemasangan *vibration damper* efektif untuk mengurangi amplitudo getaran.

Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan bahwa faktor utama penyebab risiko kerusakan mesin pembuat pelet ikan lele adalah aspek perancangan mekanik, khususnya sistem transmisi dan pendinginan. Dengan menerapkan rekomendasi rancangan seperti peningkatan sistem pelumasan, pemilihan material berperforma tinggi, dan optimasi geometri poros serta pisau, risiko kerusakan dapat ditekan hingga 40–60%. Temuan ini juga memperkuat hipotesis penelitian bahwa penerapan metode FMEA pada tahap perancangan efektif dalam mengidentifikasi titik lemah desain dan meningkatkan umur pakai mesin pembuat pelet ikan lele secara signifikan.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terhadap mesin pembuat pelet ikan lele tipe ekstruder horizontal, dapat disimpulkan bahwa komponen dengan tingkat risiko tertinggi adalah motor penggerak dan poros ulir (*screw shaft*), masing-masing dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 240 dan 225. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja keseluruhan mesin.

Faktor utama penyebab kerusakan berasal dari beban torsi berlebih, keausan akibat gesekan bahan abrasif, serta distribusi panas yang tidak merata pada sistem motor dan heater. Temuan ini menegaskan bahwa aspek rancangan mekanik, pemilihan material, dan sistem pendinginan merupakan elemen kunci dalam menentukan keandalan mesin.

Penerapan rekomendasi teknis seperti penggunaan material AISI 4140 untuk poros ulir, baja HSS/SKD11 untuk pisau pemotong, sistem pendinginan paksa pada motor, serta pelumasan otomatis dapat menurunkan tingkat risiko kerusakan hingga 40–60%. Dengan demikian, pendekatan FMEA terbukti efektif dalam mengidentifikasi titik kritis desain dan memberikan dasar ilmiah untuk perbaikan rancangan mesin agar lebih efisien, tahan lama, dan mudah dirawat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pengembangan berikutnya mencakup uji eksperimental terhadap mesin pembuat pelet ikan lele secara langsung guna memvalidasi hasil analisis teoritis. Pengujian lapangan akan memberikan data empiris mengenai parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang lebih akurat. Selain itu, disarankan untuk melakukan optimasi desain mekanik dengan bantuan perangkat lunak simulasi seperti *ANSYS* atau *SolidWorks Simulation* untuk menganalisis distribusi tegangan dan perilaku getaran. Analisis berbasis simulasi akan meningkatkan akurasi rancangan serta meminimalkan kemungkinan kegagalan struktural.

Penelitian lanjutan juga dapat menggabungkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* atau *Fault Tree Analysis (FTA)* guna memperkirakan keandalan komponen dalam jangka waktu tertentu. Implementasi sistem pemantauan kondisi berbasis sensor IoT juga direkomendasikan agar perawatan mesin dapat dilakukan secara prediktif. Dengan kombinasi pendekatan desain, analisis risiko, dan teknologi monitoring, diharapkan mesin pembuat pelet ikan lele ke depan dapat dikembangkan menjadi sistem produksi pakan yang lebih efisien, andal, dan adaptif terhadap kebutuhan industri budidaya ikan modern.

Daftar Pustaka

- [1] H. Nainggolan and D. Herman, "Analisa Alat Pembuat Pellet Berdasarkan Kapasitas Alat Dan Kemampuan Pisau," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 108–116, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.ustj.ac.id/mesin/article/view/417/351>
- [2] D'Ettore, "A Revised FMEA application to the quality control management" D' Ettore Claudia Paciarotti Giovanni Mazzuto Davide SUSANTY," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 31, no. 7, pp. 788–810, 2014.
- [3] B. Rahim, C. Andriani, E. Indrawan, and Primawati, "Aplikasi Teknologi Tepat Guna Mesin Pellet Maker Four Roller System untuk Meningkatkan Efisiensi Kinerja Peternak Ikan di Asam Kamba Pasar Baru Kecamatan Bayang Kabupaten Pesisir Selatan Sumatera Barat," *ARSY Apl. Ris. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 2, pp. 182–194, 2024, [Online]. Available: <http://journal.al-matani.com/index.php/arsy>; doi:xxx
- [4] R. M. Putra *et al.*, "1 2 3 4," vol. 10, no. 4, 2025.
- [5] A. Education and S. Advice, "赵敏 1 , 郝伟 2 , 李静 3* (1.," no. 14, pp. 63–65, 2018, doi: 10.15900/j.cnki.zylf1995.2018.02.001.
- [6] F. Farus, J. U. Jasron, R. N. Selan, and N. A. Weo, "Pengembangan Alat Pencetak Pelet Untuk Pakan Ternak Dengan Skala Ekonomis," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 11, no. 01, pp. 94–102, 2024, doi: 10.35508/ljtmu.v11i01.16996.
- [7] R. H. Peradana *et al.*, "Jurnal Teknik Mesin S-1 , Vol . 11 , No . 4 , Tahun 2023 Online : <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>," vol. 11, no. 4, pp. 255–264, 2023.
- [8] A. Nurhidayat and S. Y. R. S. Raha, "Rekayasa Mesin Pembuat Pakan Ikan Lele (Pellet)," *PRIMA J. Community Empower. Serv.*, vol. 2, no. 1, p. 6, 2018, doi: 10.20961/prima.v2i1.35163.
- [9] D. I. I. Keramik, "Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Failure Mode and Effect Analysis Dan Failure Tree Analysis," vol. 4, no. 02, pp. 24–35, 2016.
- [10] H. Sukma, B. Sulaksono, A. I. D. Prakoso, and A. A. Zeda, "Proses Manufaktur Mesin Pelet Pakan Ikan," *J. Ilm. Ilmu dan Teknol. Rekayasa*, vol. 6, no. 1, pp. 31–37, 2024, doi: 10.31962/jiitr.v6i1.176.
- [11] S. Elfina, M. Arifin, E. Syafri, and Z. Azharman, "Rekayasa Mesin Pembuat Pelet Pakan Ikan untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi," *Agroteknika*, vol. 8, no. 1, pp. 65–77, 2025, doi: 10.55043/agroteknika.v8i1.426.
- [12] S. Andiyanto, A. Sutrisno, and C. Punuhsingon, "Penerapan Metode Fmea (Failure Mode and Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste," *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 45–57, 2017.
- [13] M. J. Hansen., "FMEA Scales for Severity , Occurrence & Detection," *StatStuff.com*, no. Rank 1, p. 1, 2011.

- [14] Hendra, N. Nopiyandi, and W. Riswengky, "Rancang Bangun Mesin Pencetak Pelet Menggunakan 3 Roller Secara Vertikal," p. 97, 2022.
- [15] P. Abdullah Maulana Hafiz, Akbar P, Dwi Ranti Safitri, M. Haritsah A, "Rancang Bangun Mesin Pencetak Pelet Untuk Pakan Ternak Ayam Dan Lele," *J. Peternak.*, pp. 5–6, 2023.
- [16] Uslianti, Junaidi, and Muhammad, "Rancang Bangun Mesin Pelet Ikan Untuk Kelompok Usaha Tambak Ikan," *J. ELKHA*, vol. 6, no. 2, p. 3, 2014.