

Available online at: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/JOTI>

Jurnal Optimasi Teknik Industri

|ISSN (Print) 2656-3789 |ISSN (Online) 2657-0181|



Prioritas Penyelesaian Akar Masalah Kualitas *Palm Kernel Oil* Dengan Memperhatikan *Uncertain Information*

Muqimuddin^{1*}, Aulia Agung Darmawan², Bayu Nur Abdallah³

¹Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Kampus ITK Km. 15 Karang Joang, Balikpapan 76127

²Program Studi Manajemen Rekayasa, Institut Teknologi Batam, The Vitka City Complex, Jln. Gajah Mada, Tiban Ayu, Tiban - Sekupang, Batam

³Program Studi Bisnis Digital, Institut Teknologi Kalimantan, Kampus ITK Km. 15 Karang Joang, Balikpapan 76127

*Corresponding author: Muqimuddin@lecturer.itk.ac.id

ARTICLE INFORMATION

Received: 05 July 2022

Revised: 04 August 2022

Accepted: 11 August 2022

Available online: 25 September 2022

KEYWORDS

Palm Kernel Oil
Rough Set Theory
Uncertain Information

ABSTRACT

Mempertahankan mutu produk menjadi tantangan bagi perusahaan dalam menghadapi persaingan global. Begitupula bagi produsen Palm Kernel Oil (PKO) yang mana pengendalian kualitas perlu dilakukan agar mutu dari minyak yang diproduksi sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Kualitas PKO yang dihasilkan akan bervariasi tergantung pada banyak faktor seperti kualitas kernel yang diolah sebagai bahan dasar. Selain itu, juga dapat disebabkan oleh metode dan peralatan, pengolahan yang kurang baik sehingga menyebabkan karakteristik kualitas PKO tidak memenuhi standar. Dalam hal ini perlu upaya menyelesaikan akar masalah agar kualitas PKO memenuhi standar kualitas PKO. Jumlah akar masalah yang banyak tentu menyulitkan bagi produsen untuk melakukan tindakan perbaikan kepada seluruh akar masalah yang disebabkan oleh keterbatasan yang dimiliki. Dengan ini, penelitian ini bermaksud menerapkan metodologi keputusan penentuan prioritas penyelesaian akar masalah. Adapun penelitian ini menggunakan metodologi Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) sebagai metode penyelesaian. Selain itu, Rough set theory juga digunakan sebagai metode untuk mengagregasi pendapat para ahli, yang mana dapat mengakomodasi *uncertain information* dari semua responden. berdasarkan hasil penilaian 16 akar masalah, 3 prioritas pertama berturut-turut yaitu kernal mentah (F13), kernel basah (F14), dan Kernel berjamur (F14). Urutan prioritas berbeda apabila penentuan prioritas menggunakan FMEA tradisional yang mana prioritas ketiga yaitu Kernel busuk (F16). Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil prioritas apabila rough theory diterapkan yang mana perbedaan ini disebabkan oleh variasi hasil penilaian

I. INTRODUCTION

Pengendalian kualitas merupakan salah satu strategi perusahaan untuk mempertahankan mutu produk dalam menghadapi persaingan global. Dalam hal produksi PKO (Palm Kernel Oil) pengendalian kualitas perlu dilakukan agar mutu dari minyak yang diproduksi sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Kualitas PKO yang dihasilkan berbeda beda berdasarkan kualitas kernel yang diolah sebagai

bahan dasar. Selain itu, juga dapat disebabkan oleh metode pengolahan yang kurang baik sehingga menyebabkan karakteristik kualitas PKO tidak memenuhi standar.

Berdasarkan data perusahaan menunjukkan bahwa karakteristik kualitas berbeda-beda setiap bulannya. Perusahaan dituntut dapat mempertahankan kualitas PKO berada tidak melebihi standar yang ditetapkan. Apabila melebihi standar, maka PKO tidak dapat

dijual atau tidak diterima oleh pasar. Artinya minyak yang diproses harus di reject oleh perusahaan. Jumlah reject akibat kualitas PKO melebihi standar yang ditetapkan cukup banyak. Sekitar 89% reject di akibatkan oleh kadar moisture yang tinggi pada PKO. Selanjutnya, 77% di sebabkan oleh kadar dirt, dan 18% disebabkan oleh kadar FFA yang tinggi. Oleh karena itu, dalam upaya mengurangi jumlah *reject* perlu adanya pencegahan dengan menyelesaikan akar permasalahan.

Upaya pencegahan sudah dicoba dilakukan oleh perusahaan dengan menentukan tindakan preventif terhadap akar permasalahan yang dianggap perlu diatasi. Namun, keputusan belum dilakukan dengan melihat prioritas akar permasalahan. Prioritas tentu penting dilakukan agar keputusan yang dilakukan lebih efektif dan efisien. Efektif maksudnya dapat mengenai akar permasalahan yang benar-benar kritis, sedangkan efisien maksudnya yaitu keputusan yang dihasilkan mempertimbangkan waktu dan biaya. Tentunya biaya dan waktu adalah batasan yang tidak dapat dipungkiri lagi oleh setiap perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan evaluasi dan menentukan prioritas yang tepat dari beberapa akar permasalahan untuk meningkatkan kualitas PKO.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode yang sering digunakan oleh banyak peneliti terutama dalam penentuan prioritas. Namun, beberapa peneliti mengkritisi metode ini karena dalam menghitung nilai RPN, bobot tingkat kepentingan seluruh elemen RPN dianggap sama. Namun dalam penerapannya, setiap pembuat keputusan memiliki pendapat yang berbeda mengenai elemen RPN yang terpenting dipertimbangkan. Perbedaan pendapat ini terjadi karena tiap pembuat keputusan memiliki pandangan dan tujuan berbeda mengenai faktor yang penting ditangani agar dapat menyelesaikan akar permasalahan. Dengan ini penentuan prioritas dengan metode FMEA perlu mempertimbangkan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN.[1][2]

Dalam menghitung RPN dengan mengalikan tiap elemen RPN dianggap belum tangguh dalam menentukan prioritas [3]. Hal ini dikarenakan sangat mungkin menghasilkan nilai RPN yang sama. Sebagai contoh apabila nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* secara berturut-turut 2, 4 dan 5, maka nilai RPN yang dihasilkan yaitu 40. Sedangkan alternatif lainnya juga mungkin akan menghasilkan nilai RPN yang sama, walaupun 2 alternatif tersebut memiliki

nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang berbeda-beda. Dengan demikian, akan sulit menentukan prioritas utama apabila terdapat beberapa nilai RPN yang sama pada prioritas teratas.

Ketepatan dalam penentuan prioritas sangat penting, karena apabila terdapat kesalahan dalam penentuan prioritas, tentu akan menimbulkan konsekuensi bagi perusahaan. Konsekuensi yang ditimbulkan dapat berupa meningkatnya konsekuensi akar permasalahan yang akan terjadi terhadap kualitas PKO. Dalam proses pengambilan keputusan, tim FMEA sulit mengungkapkan penilaian mereka dalam nilai numerik, sehingga penilaian sering dinyatakan dalam skala *linguistic* [3]. Walaupun demikian, pembuat keputusan juga akan sulit mengungkapkan penilaian terhadap akar masalah secara tepat. Dengan kata lain, akan muncul keraguan untuk memilih antara 2 atau lebih skala linguistik sebagai nilai sebuah akar masalah. Hal ini dikarenakan kurangnya pemahaman pembuat keputusan mengenai *failure mode* yang dinilai atau *failure mode* memiliki ketidakpastian nilai terhadap elemen RPN. Apabila seluruh penilaian tiap pembuat keputusan telah dikumpulkan, maka akan menyebabkan hasil penilaian akan berbeda-beda. Dengan demikian, hasil penilaian ini dikatakan sebagai *uncertain information* yang mana tidak ada penilaian yang dapat diyakini sebagai nilai yang tepat [4]. Adapun seluruh penilaian perlu dipertimbangkan dengan baik dalam penentuan prioritas. Oleh karena itu, dalam penentuan prioritas menggunakan FMEA perlu mempertimbangkan *uncertain information* dari seluruh pendapat pembuat keputusan. Dengan demikian, perlu adanya model keputusan agar menghasilkan prioritas yang lebih baik untuk menyelesaikan akar masalah yaitu mempertimbangkan tingkat *uncertain information* dari pendapat pembuat keputusan.

1. *Palm Kernel Oil*

Palm Kernel Oil merupakan minyak yang dihasilkan dari produksi inti sawit (kernel). Adapun kernel merupakan produk sampingan dari proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Kedua minyak hasil buah kelapa sawit ini memiliki karakteristik kualitas yang sama yaitu kadar Asam Lemak Bebas, Kadar Moisture, dan Kadar Dirt. Namun, kadar yang dihasilkan dari masing-masing proses pengolahan berbeda-beda. Karakteristik kualitas pada luaran PKO memiliki kadar asam lemak bebas yang lebih

rendah disbanding CPO [5]. Adapun standar kualitas luaran PKO berdasarkan ketentuan perusahaan X yaitu kadar asam lemak bebas < 0,3%, Kadar Moisture <0,20%, dan kadar Dirt < 0,02%.

2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah masalah produk dan proses sebelum terjadi. FMEA berfokus pada pencegahan cacat, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Relatif risiko dari kegagalan dan dampaknya ditentukan oleh tiga faktor yaitu *severity*, *occurance* dan *detection* [6]. *Severity* (S) merupakan tingkat konsekuensi yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan. *Occurance* (O) merupakan tingkat kemungkinan frekuensi terjadinya kegagalan. Selanjutnya *Detection* (D) merupakan tingkat kemungkinan kegagalan dapat dideteksi sebelum menghasilkan dampak kegagalan. Sedangkan dalam menentukan prioritas kegagalan (*Risk Priority Number*) yang biasa disingkat RPN pada FMEA yaitu sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \tag{1}$$

Dimana:

S = severity yaitu nilai preferensi tingkat keparahan

O = occurance yaitu nilai preferensi tingkat kemungkinan kejadian

D = detection yaitu nilai preferensi tingkat kemampuan dideteksi

3. Rough set theory

Teori ini diusulkan oleh Profesor Pawlak pada tahun 1982, teori *rough set* adalah metode matematika yang dapat untuk menangani *imprecise*, *incosistent*, dan *incomplete information* atau pengetahuan [7]. Metode *rough set* efektif mengekstraksi pendapat nyata para ahli dan menghilangkan subjektivitas para ahli yang bersifat *non-deterministic* untuk meningkatkan objektivitas dalam pengambilan keputusan [4]. Metode ini dapat mengatasi hasil penilaian responden yang sangat menyimpang dan tidak dapat diakomodir dengan himpunan *fuzzy*. Adapun kelebihan dan kekurangan metode ini adalah sebagai berikut:

a. Kelebihan teori ini adalah andal dalam mengakomodasi data yang memiliki ketidakpastian tinggi.

b. Adapun kelemahan teori ini adalah membutuhkan usaha yang besar dalam pengaplikasiannya.

4. Penelitian Terdahulu

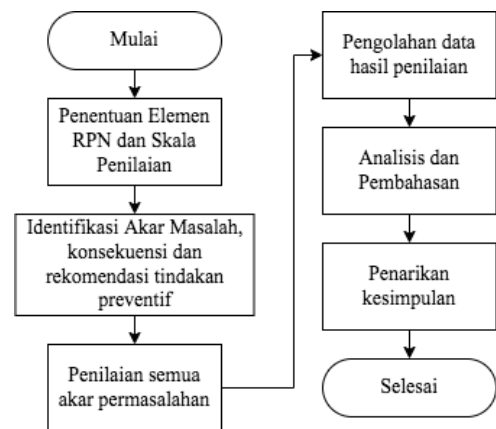
Beberapa penelitian telah melakukan pengembangan terhadap FMEA dengan berbagai metode dan sektor. Dari tabel 1. dapat dilihat bagaimana penelitian ini akan dilakukan. Semua penelitian terdahulu menggunakan FMEA sebagai metode analisis serta peningkatan kualitas produk. Penggunaan metode FMEA dapat menjadi rujukan pula untuk membuat keputusan penyelesaian akar masalah pada kualitas PKO. agar menghasilkan keputusan yang lebih akurat yang mana mengakomodasi ketidakpastian informasi dari responden, maka ditambahkan pendekatan lainnya yaitu *rough set theory* yang mana belum dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Metode	Objek
1	[8]	FMEA	Kualitas Minuman
2	[9]	FMEA, FTA	Kualitas Crude Palm Oil
3	[10]	FMEA	Kualitas Produk Sandal
4	[11]	FMEA	Crude Palm Oil
5	[12]	FMEA, FTA, New Seven tools	Kualitas Produk Stand
6	[13]	FMEA	Kegagalan mesin pada pabrik Kelapa Sawit
7	Penelitian ini	FMEA, Rough Set	Palm Kernel Oil

II. METHOD

Penelitian ini bersifat kualitatif dengan teknik pengumpulan data menggunakan kuisioner kepada 3 responden yang ahli di proses produksi meliputi dua orang asisten produksi dan satu orang. Alur penelitian dari awal hingga akhir dapat dilihat pada gambar 1. Sedangkan dalam penilaian prioritas akar masalah dan pengolahan data hasil penilaian menggunakan *rough theory* sebagai berikut [14]:



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Penilaian Akar Masalah.

Tahapan ini bertujuan untuk menilai tingkat *severity*, *occurrence* dan *detection* setiap akar masalah. Penilaian dilakukan oleh responden yang memiliki pengalaman dalam proses produksi maupun pengendalian kualitas PKO. Adapun hasil penilaian dimasukan ke dalam matriks berikut:

$$a = \begin{bmatrix} a_{111}, \dots, a_{11t}, & a_{121}, \dots, a_{12t}, & \dots & a_{1m1}, \dots, a_{1mt}, \\ a_{211}, \dots, a_{21t}, & a_{221}, \dots, a_{22t}, & \dots & a_{2m1}, \dots, a_{2mt}, \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{n11}, \dots, a_{n1t}, & a_{n1t}, \dots, a_{n2t}, & \dots & a_{nm1}, \dots, a_{nmt}, \end{bmatrix} \quad (2)$$

yang mana a_{ijk} yaitu hasil penilaian akar masalah i terhadap elemen RPN j oleh responden k , $i = 1,2,\dots,n$; $j = 1,2,\dots,m$; $k = 1,2,\dots,t$.

2. Penentuan Nilai *Rough Number*

Setelah hasil penilaian akar masalah dilakukan, selanjutnya menghitung nilai *rough number* yang dimulai dengan menentukan nilai *lower Approximation* (LA) dan *upper approximation* (UA) menggunakan persamaan berikut:

$$LA : \underline{apr}(e_v) = \cup \{a \in U/R(a) \leq e_v\} \quad (3)$$

$$UA : \overline{apr}(e_v) = \cup \{a \in U/R(a) \geq e_v\} \quad (4)$$

Dimana $\underline{apr}(e_v)$ adalah Nilai *approximation* batas bawah kelas v , $\overline{apr}(e_v)$ adalah Nilai *approximation* batas atas kelas v , U adalah universal set yang berisi semua objek, R adalah representasikan seperangkat t kelas (e_1, e_2, \dots, e_t) yang meliputi semua objek U , sehingga R adalah e_1, e_2, \dots, e_t . Dan a merupakan objek arbitrary dari U yang mana $\forall a \in U, e_v \in R$ dan $1 \leq r \leq t$.

Selanjutnya nilai *rough number* dapat dihasilkan dengan menghitung nilai limit batas bawah kelas v ($\underline{lim}(e_v)$) dan nilai *limit* batas atas kelas v ($\overline{lim}(e_v)$) dengan persamaan berikut:

$$\underline{lim}(e_v) = \frac{\sum_{i=1}^{N_L} a_t}{N_L} \quad (5)$$

$$\overline{lim}(e_v) = \frac{\sum_{i=1}^{N_U} b_t}{N_U} \quad (6)$$

Dimana N merupakan total jumlah komponen a dan b pada masing-masing e_v .

Apabila terdapat lebih dari satu nilai *rough number*, maka dapat dihitung dengan mengagregasi nilai limit dengan persamaan berikut:

$$\underline{G}_{ij} = \frac{\underline{G}_{ij}^1 + \underline{G}_{ij}^2 + \dots + \underline{G}_{ij}^S}{S} \quad (7)$$

$$\overline{G}_{ij} = \frac{\overline{G}_{ij}^1 + \overline{G}_{ij}^2 + \dots + \overline{G}_{ij}^T}{T} \quad (8)$$

Hasil agregasi kemudian dimuat dalam matriks X seperti berikut:

$$X = \begin{bmatrix} \tilde{G}_{11} & \tilde{G}_{12} & \dots & \tilde{G}_{1n} \\ \tilde{G}_{21} & \tilde{G}_{22} & \dots & \tilde{G}_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_{m1} & \tilde{G}_{m1} & \dots & \tilde{G}_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Adapun \tilde{G}_{IJ} terdiri dari nilai *rough number* \underline{G}_{ij}^e dan \overline{G}_{ij}^e .

3. Normalisasi matriks X

Agar menghasilkan nilai antar 0-1 maka diperlukan normalisasi matriks X menjadi matriks X' dengan persamaan berikut:

$$\tilde{G}_{ij}^* = \left[\frac{\underline{G}_{ij}}{G_j^{max}}, \frac{\overline{G}_{ij}}{G_j^{max}} \right], \text{ dimana } G_j^{max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{ \overline{G}_{ij} \} \quad (9)$$

Hasil normalisasi kemudian dimasukan kedalam matriks X' sebagai berikut:

$$X' = \begin{bmatrix} \tilde{G}_{11}^* & \tilde{G}_{12}^* & \dots & \tilde{G}_{1n}^* \\ \tilde{G}_{21}^* & \tilde{G}_{22}^* & \dots & \tilde{G}_{2n}^* \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_{m1}^* & \tilde{G}_{m2}^* & \dots & \tilde{G}_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (11)$$

4. Mempertimbangkan bobot tiap RPN.

Bobot kepentingan elemen RPN dapat dipertimbangkan dengan mengalikannya ke matriks X' dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tilde{O}_{ij} = \left[\begin{matrix} [\min(\underline{G}_{ij} \times \underline{w}_j), (\underline{G}_{ij} \times \overline{w}_j), (\overline{G}_{ij} \times \overline{w}_j), (\overline{G}_{ij} \times \underline{w}_j)] \\ [\max(\underline{G}_{ij} \times \underline{w}_j), (\underline{G}_{ij} \times \overline{w}_j), (\overline{G}_{ij} \times \overline{w}_j), (\overline{G}_{ij} \times \underline{w}_j)] \end{matrix} \right] \quad (12)$$

Dengan demikian dapat diperoleh matriks selanjutnya yaitu matriks X'' sebagai berikut:

$$X'' = \begin{bmatrix} \tilde{O}_{11} & \tilde{O}_{12} & \dots & \tilde{O}_{1n} \\ \tilde{O}_{21} & \tilde{O}_{22} & \dots & \tilde{O}_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{O}_{m1} & \tilde{O}_{m2} & \dots & \tilde{O}_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Dimana \tilde{O}_{ij} adalah nilai akar masalah i pada RPN j hasil kali matriks X'' terhadap bobot RPN (\tilde{w}_j).

5. Penentuan Prioritas Akar Masalah

Untuk menentukan prioritas akar masalah, tahapan akhir yaitu terlebih dahulu menentukan nilai *Positive Ideal Solution* (PIS) dan *Negative Ideal Solution* (NIS) dengan persamaan berikut:

$$PIS = (s_1^*, s_2^*, \dots, s_m^*); \text{ dimana } r_j^* = \max_i \{ \tilde{O}_{ij} \} \quad (14)$$

$$NIS = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-); \text{ dimana } r_j^- = \min_i \{ \tilde{O}_{ij} \} \quad (15)$$

Kemudian menghitung jarak nilai akar masalah terhadap PIS (d_i^*) dan NIS (d_i^-) dengan persamaan berikut:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^m \sqrt{\frac{((r_j^* - \tilde{O}_{ij})^2 + (r_j^- - \tilde{O}_{ij})^2)}{2}} \quad (16)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^m \sqrt{\frac{(\underline{O}_{ij}-r_j^-)^2 + (\bar{O}_{ij}-r_j^-)^2}{2}} \quad (17)$$

Terakhir dalam menentukan peringkat dengan menghitung nilai closeness coefficient (CCi) sebagai berikut:

$$CC_i = w^+ (d_i^- / \sum_{i=1}^n d_i^-) - w^- (d_i^+ / \sum_{i=1}^n d_i^+) \quad (18)$$

Dimana w^+ adalah bobot yang diberikan untuk solusi ideal positif. Sedangkan w^- adalah bobot yang diberikan untuk solusi ideal negative.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Tahapan awal untuk menentukan prioritas penyelesaian masalah agar hasil prioritas lebih akurat yaitu menentukan akar masalah yang terjadi pada proses pengolahan kernel menjadi PKO. 16 akar masalah akar teridentifikasi dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya tingkat *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* 16 akar masalah dinilai oleh responden menggunakan skala penilaian yang mana hasil penilaian disusun berdasarkan matriks a (persamaan 2). Namun dalam memudahkan visualisasi, hasil penilaian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti (lihat gambar 2).

Berdasarkan gambar 2, dapat dilihat bahwa penilaian ketiga responden tampak dinilai tidak sama untuk suatu akar masalah. Bahkan terdapat beberapa penilaian yang memiliki perbedaan yang sangat berbeda seperti penilaian F5 pada tingkat severity, F4, F9 dan F15 pada tingkat *occurrence*. Penilaian lainnya juga demikian namun tidak memiliki perbedaan yang jauh. Perbedaan penilaian disebabkan oleh beberapa hal seperti kurangnya pengetahuan responden mengenai akar masalah yang dinilai. Alasan lainnya yaitu mungkin masing-masing responden yang meyakini nilai sudah sesuai dengan keadaan yang ada atau dengan kata lain, responden sudah memahami, namun memiliki pandangan yang berbeda. Dengan adanya perbedaan hasil penilaian ini, apabila RPN dihitung dengan mengalikan nilai tiap elemen RPN akan sensitif bagi penilaian yang memiliki variasi yang sangat berbeda [15]. Sensitif bermakna akan menghasilkan bias terhadap hasil keputusan akhir dalam penentuan prioritas penyelesaian masalah.

Tabel 2. Akar Masalah Penurunan Kualitas PKO [14]

No	Kode	Akar Masalah
1	F1	Filter robek
2	F2	Saringan robek
3	F3	Pengiriman kernel berlebihan
4	F4	Kapasitas penyimpanan penuh
5	F5	Kernel terlalu lama dalam tangki timbun

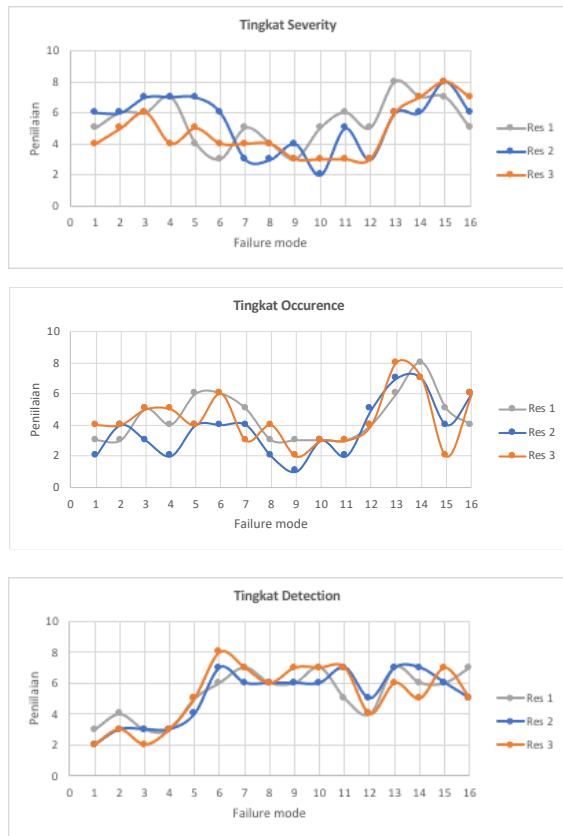
6	F6	Pengeringan yang tidak maksimal
7	F7	Waktu pemanasan kurang sesuai
8	F8	Pemasakan kurang maksimal
9	F9	Suhu kurang sesuai
10	F10	Operator kurang pengetahuan
11	F11	Operator tidak teliti dalam bekerja
12	F12	Operator mengalami kelelahan
13	F13	Kernel mentah
14	F14	Kernel basah
15	F15	Kernel berjamur
16	F16	Kernel busuk

Pencegahan adanya bias dalam menghasilkan keputusan maka agregasi hasil penilaian responden dilakukan dengan menggunakan *rough theory*.

Tabel 3. Hasil Agregasi Penilaian Responden Dengan *Rough Theory* (X)

Kode	S		O		D	
	Low	Up	Low	Up	Low	Up
F1	4,50	5,50	2,50	3,50	2,17	2,67
F2	5,33	5,83	3,33	3,83	3,17	3,67
F3	6,17	6,67	3,67	4,67	2,33	2,83
F4	5,00	6,50	2,89	4,39	3,00	3,00
F5	4,61	6,11	4,33	5,33	4,33	4,83
F6	3,61	5,11	4,67	5,67	6,50	7,50
F7	3,50	4,50	3,50	4,50	6,33	6,83
F8	3,33	3,83	2,50	3,50	6,00	6,00
F9	3,17	3,67	1,50	2,50	6,17	6,67
F10	2,61	4,11	3,00	3,00	6,33	6,83
F11	3,89	5,39	2,33	2,83	5,67	6,67
F12	3,33	4,33	4,17	4,67	4,17	4,67
F13	6,33	7,33	6,50	7,50	6,33	6,83
F14	6,33	6,83	7,17	7,67	5,50	6,50
F15	7,33	7,83	2,89	4,39	6,17	6,67
F16	5,50	6,50	4,67	5,67	5,33	6,33

Nilai *rough number low* dan *up* ($RN(\tilde{G}_{ij})$) dapat diambil contoh perhitungan $RN(\tilde{G}_{52})$ RPN *Occurrence* F5 dimana $U = \{6,4,4\}$ dan $R(Y) = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$ maka diperoleh nilai *rough number* ($RN(\tilde{G}_{52})$) adalah (4,33 , 5,33) (Tabel 3). Nilai ini mengindikasikan bahwa hasil penilaian 3 responden pada tingkat *occurrence* sebenarnya berapa pada interval 4,33 sampai dengan 5,33. Padahal jika hasil penilaian ketiga responden digregasi dengan nilai rata-rata maka diperoleh nilai 4,67. Nilai tersebut tidak berada pada rentang nilai 4,33 – 5,33 bahkan belum dapat diyakini sebagai nilai sebenarnya untuk akar masalah kernel terlalu lama ditimbun (F5). Dengan menggunakan nilai rentang 4,33 – 5,33, memiliki peluang lebih tinggi bahwa nilai sebenarnya tingkat *occurrence* pada akar masalah F5 berada pada rentang nilai tersebut.



Gambar 2. Grafik hasil Penilaian Responden

Tabel 4. Hasil Normalisasi Nilai *Rough Number* (X^*)

Kode	L		O		D	
	Low	Up	Low	Up	Low	Up
F1	0,57	0,70	0,33	0,46	0,29	0,36
F2	0,68	0,74	0,43	0,50	0,42	0,49
F3	0,79	0,85	0,48	0,61	0,31	0,38
F4	0,64	0,83	0,38	0,57	0,40	0,40
F5	0,59	0,78	0,57	0,70	0,58	0,64
F6	0,46	0,65	0,61	0,74	0,87	1,00
F7	0,45	0,57	0,46	0,59	0,84	0,91
F8	0,43	0,49	0,33	0,46	0,80	0,80
F9	0,40	0,47	0,20	0,33	0,82	0,89
F10	0,33	0,52	0,39	0,39	0,84	0,91
F11	0,50	0,69	0,30	0,37	0,76	0,89
F12	0,43	0,55	0,54	0,61	0,56	0,62
F13	0,81	0,94	0,85	0,98	0,84	0,91
F14	0,81	0,87	0,93	1,00	0,73	0,87
F15	0,94	1,00	0,38	0,57	0,82	0,89
F16	0,70	0,83	0,61	0,74	0,71	0,84

Matriks X^* pada tabel 4 adalah hasil normalisasi *rough number* agar memiliki nilai dengan rentang 0-1. Nilai maksimum batas atas tiap RPN nilai *rough number* (G_j^{max}) yaitu [7,833, 7,667, 7,500] dan dihasilkan nilai normalisasi untuk F5 (\tilde{G}_{52}^*) yaitu [0,57, 0,70]. Nilai normalisasi ini selanjutnya menjadi pengali apabila mempertimbangkan bobot tiap RPN. Namun, dalam penelitian ini, bobot antar elemen RPN diasumsikan sama yaitu 1, maka hasil hasil normalisasi secara langsung digunakan dalam penentuan peringkat akar masalah.

Tabel 5. Jarak Geometri

Kode	d_i^*	d_i^-
F1	1,658	0,565
F2	1,368	0,824
F3	1,301	0,906
F4	1,417	0,819
F5	1,095	1,127
F6	0,880	1,374
F7	1,103	1,111
F8	1,356	0,845
F9	1,455	0,768
F10	1,314	0,921
F11	1,273	0,959
F12	1,352	0,852
F13	0,378	1,853
F14	0,420	1,796
F15	0,728	1,499
F16	0,807	1,413

Jarak geometri dihasilkan dengan acuan nilai PIS dan NIS. Nilai NIS dari matriks normalisasi X^* yaitu [(1,00),(1,00),(1,00)] sedangkan nilai NIS yaitu [(0,33),(0,195),(0,289)]. Hasil perhitungan jarak geometri akar masalah F5 dihasilkan jarak 1,095 terhadap solusi ideal positif dan memiliki jarak 1,127 dari solusi ideal negatif.

Adapun dari hasil perhitungan jarak geometri pada Tabel 5, dapat dilihat nilai jarak geometri terendah 1 sampai dengan 5 terhadap PIS berturut-turut yaitu akar masalah Kernel mentah (F13), Kernel basah (F14), Kernel berjamur (F15), Kernel busuk (F16) dan pengeringan yang tidak maksimal (F6). Begitu sebaliknya, jarak geometri tertinggi 1 sampai dengan 5 terhadap NIS. Untuk memudahkan pemerinkatan, dapat dilihat nilai CC_i pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Closeness Coefficient*

Mode	Cci	Ranking
F1	-0,0303	16
F2	-0,0148	13
F3	-0,0107	10
F4	-0,0164	14
F5	0,0014	6
F6	0,0144	5
F7	0,0007	7
F8	-0,0139	12
F9	-0,0189	15
F10	-0,0106	9
F11	-0,0084	8
F12	-0,0136	11
F13	0,0420	1
F14	0,0392	2
F15	0,0222	3
F16	0,0175	4

Berdasarkan hasil penentuan prioritas akar masalah, akar masalah kernel mentah (F13) merupakan prioritas akar masalah pertama yang perlu ditangani. Menurut kepala *quality control*, kernel mentah ini dapat menyebabkan tingkat FFA (asam lemak bebas) pada minyak PKO tinggi.

Adapun tindakan yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini yaitu melakukan penghangatan /pemanasan di bulk silo (tempat penyimpanan sementara) menggunakan uap kering. Begitupula pada prioritas kedua yaitu kernel basah (F14) yang mana memiliki cara penanganan yang sama dengan akar masalah F13.

Prioritas ketiga yaitu permasalahan kernel berjamur (F15). Kernel berjamur diakibatkan oleh kondisi penyimpanan kernel di Gudang bahan baku yang lembab. Akibat kernel lembab menyebabkan kadar FFA pada minyak PKO hasil olahan tinggi. Dalam hal ini, upaya yang dapat dilakukan oleh manajemen untuk menyelesaikan permasalahan yaitu dengan memperhatikan kondisi kelembapan ruangan penyimpanan. Perhatian yang dapat dilakukan seperti memastikan bahwa tempat penyimpan tetap kering. Selain itu dapat memasang saluran pembersihan udara dari dalam keluar ruangan.

Hasil perbandingan penentuan prioritas menggunakan rough theory dan perhitungan RPN secara tradisional pada Tabel 7 menunjukkan ada perbedaan. Perbedaan terletak pada prioritas ketiga, yang mana pada FMEA tradisional prioritas ketiga yaitu permasalahan kernel busuk (F16), namun menggunakan rough theory menjadi prioritas keempat. Akar masalah prioritas keempat yaitu kernel berjamur (F15) menjadi prioritas ketiga setelah rough theory diterapkan dalam agregasi menggunakan rough theory. Hal ini dikarenakan rata-rata pada penilaian ketiga responden pada akar masalah kernel berjamur (F15) sama dengan akar masalah kernel busuk (F16). Namun ketidakpastian penilaian akar masalah kernel berjamur (F15) lebih tinggi dibanding akar masalah kernel busuk (F16) terutama pada penilaian tingkat occurrence. Hal ini yang menyebabkan permasalahan kernel berjamur (F15) lebih diprioritaskan daripada permasalahan kernel busuk (F16).

Tabel 7. Perbandingan Hasil Penentuan Prioritas

Kode	Akar Masalah	CCi	Peringkat	RPN	Peringkat
F1	Filter robek	-0,0303	16	35,0	16
F2	Saringan robek	-0,0148	13	69,3	10
F3	Pengiriman kernel berlebihan	-0,0107	10	73,2	9
F4	Kapasitas penyimpanan penuh	-0,0164	14	66,0	13
F5	Kernel terlalu lama dalam tangki timbun	0,0014	6	116,1	6
F6	Pengeringan yang tidak maksimal	0,0144	5	161,8	5
F7	Waktu pemanasan kurang sesuai	0,0007	7	106,7	7
F8	Pemasakan kurang maksimal	-0,0139	12	66,0	14
F9	Suhu kurang sesuai	-0,0189	15	42,2	15
F10	Operator kurang pengetahuan	-0,0106	9	66,7	12
F11	Operator tidak teliti dalam bekerja	-0,0084	8	78,8	8
F12	Operator mengalami kelelahan	-0,0136	11	68,9	11
F13	Kernel mentah	0,0420	1	311,1	1
F14	Kernel basah	0,0392	2	293,3	2
F15	Kernel berjamur	0,0222	3	178,0	4
F16	Kernel busuk	0,0175	4	181,3	3

V. CONCLUSIONS

Metodologi *FMEA based rough theory* ini dapat digunakan dalam upaya melakukan prioritas penyelesaian akar masalah penurunan kualitas PKO. berdasarkan hasil penilaian 16 akar masalah 3 prioritas pertama berturut-turut yaitu kernel mentah (F13), kernel basah (F14), dan Kernel berjamur (F14). Hasil pemeringkatan ini membuktikan bahwa ada perbedaan apabila penentuan prioritas menggunakan FMEA tradisional dilakukan. Perbedaan ditunjukkan oleh prioritas ketiga yaitu

Kernel busuk (F16) yang dihasilkan menjadi prioritas keempat. Apabila dilihat dari nilai rough number kedua akar masalah ini menunjukkan bahwa kernel busuk (F16) memiliki ketidakpastian lebih daripada kernel berjamur (F15) terutama pada tingkat occurrence. Hasil ini membuktikan bahwa ketidakpastian nilai akibat ketidakhahaman responden terhadap akar masalah maupun akibat keyakinan yang berbeda terhadap nilai sebenarnya untuk akar masalah akan menyebabkan perbedaan dalam penentuan prioritas akar masalah. Oleh

karena itu, pembuat keputusan perlu mengakomodir ketidpastian informasi yang diberikan oleh responden agar menghasilkan keputusan yang lebih akurat.

Penelitian ini tentunya memiliki batasan yang dapat dikaji lebih lanjut dalam menyempurnakan penelitian ini. Dengan demikian beberapa hal yang dapat disarankan sebagai tindak lanjut pada penelitian berikutnya meliputi memungkinkan perlu mempertimbangkan bobot kepentingan elemen RPN (S,O dan D) karena pembuat keputusan mungkin memiliki bobot tertentu pada setiap elemen RPN selain itu, perlu kajian lebih lanjut mengenai metode lainnya yang dapat mengakomodir hasil penilaian yang berbeda-beda yang tentunya menghasilkan keputusan lebih akurat.

REFERENCES

- [1] A. C. Kutlu, "Expert Systems with Applications Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP," *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, pp. 61–67, 2012, doi: 10.1016/j.eswa.2011.06.044.
- [2] K. Chang, Y. Chang, and I. Tsai, "Enhancing FMEA assessment by integrating grey relational analysis and the decision making trial and evaluation laboratory approach," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 31, pp. 211–224, 2013, doi: 10.1016/j.engfailanal.2013.02.020.
- [3] H. Lo and J. J. H. Liou, "A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 73, pp. 684–696, 2018, doi: 10.1016/j.asoc.2018.09.020.
- [4] Y. Yang and R. John, "Grey Sets and Greyness," *Inf. Sci.*, vol. 185, pp. 249–264, 2011, doi: 10.1016/j.ins.2011.09.029.
- [5] U. Maria, A. Ruswanto, and Ngatirah, "Characteristics of Oil Blends from Red Palm Oil and Palm Kernel Olein," *Agritech*, vol. 36, no. 2, pp. 145–153, 2016.
- [6] R. E. Mcdormett, R. J. Mikulak, and M. R. Beauregard, *The Basic Of FMEA*, Second. New York: Productivity Press, 2009.
- [7] Q. Zhang, Q. Xie, and G. Wang, "A survey on rough set theory and its applications," *CAAI Trans. Intell. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 323–333, 2016, doi: 10.1016/j.trit.2016.11.001.
- [8] L. N. Huda, "Analisis Kualitas Produk Minuman Guna Meningkatkan Performansi Jumlah Produksi Dengan Metode Fmea (Failure Mode And Effects Analysis)," *Talent. Conf. Ser. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 153–159, 2018, doi: 10.32734/st.v1i2.292.
- [9] D. K. R. Kuncoro, P. A. N. Pratiwi, and Y. Sukmono, "Pengendalian Risiko Proses Produksi Crude Palm Oil Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) dan Fault Tree Analysis (FTA)," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 01–06, 2018, [Online]. Available: <http://ejournals.unmul.ac.id/index.php/TI/article/view/1741>.
- [10] K. R. Darmawan, Y. Orgianus, and A. N. Rukmana, "Peningkatan Kualitas Produk Sandal Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus : Home Industry Bearpath Sandal) Designing Information System for Practicum Assessment in the Laboratory of Information Systems and the D," *Pros. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 359–368, 2019.
- [11] I. Rizkya, K. Syahputri, R. M. Sari, and J. M. Haryono, "FMEA Approach to Analysis Crude Palm Oil Quality Parameters," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 648, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/648/1/012013.
- [12] I. H. Husada, R. Isti, K. Rahmawati, J. Arief, and R. Hakim, "Implementasi Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), dan New Seven Tools sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produksi (Studi Kasus : Departemen Produksi PT . XYZ) Jurusan Teknik Industri , Fakultas Teknologi Industri," *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*, pp. 82–88, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itats.ac.id/senastitan/article/view/1628>.
- [13] I. S. Haq, A. Y. Darma, and R. A. Batubara, "Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 41–47, 2021, doi: 10.36870/jvti.v3i1.209.
- [14] H. Lo and J. J. H. Liou, "A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 183, no. November 2018, pp. 173–183, 2019, doi: 10.1016/j.res.2018.11.018.
- [15] E. Bozdog, U. Asan, A. Soyer, and S. Serdarasan, "Risk prioritization in failure mode and effects analysis using interval type-2 fuzzy sets," *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, no. 8, pp. 4000–4015, 2015, doi: 10.1016/j.eswa.2015.01.015.