

PENERAPAN LOGIKA *FUZZY* PADA PENGENDALIAN MUTU MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL DI PKS PTPN II PAGAR MERBAU

Dhea Auliya Ramadhani Jahri¹, Riri Syafitri Lubis², Rina Widyasari³

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2,3}

Email: dheaaulyar@gmail.com¹, riri_syafitri@uinsu.ac.id², rina.widyasari@gmail.com³

Corresponding Author: Dhea Auliya Ramadhani Jahri email : dheaaulyar@gmail.com

Abstrak. Pengendalian mutu *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan faktor krusial untuk menjaga standar kualitas dan daya saing PKS PTPN II Pagar Merbau. Metode konvensional seperti *Statistical Quality Control* (SQC) umum digunakan untuk memantau stabilitas proses produksi melalui peta kendali. Namun, SQC memiliki keterbatasan dalam menangani data yang bersifat ambigu atau samar (ketidakpastian) karena pendekatannya yang *crisp* (tegas), yang hanya mengklasifikasikan status proses sebagai "terkendali" atau "di luar kendali". Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengendalian mutu CPO dengan mengintegrasikan metode SQC dan Logika Fuzzy. Penelitian ini menggunakan data parameter mutu utama CPO, seperti Asam Lemak Bebas (ALB), Kadar Air, dan Kadar Kotoran yang dianalisis terlebih dahulu menggunakan peta kendali SQC untuk menentukan batas-batas kontrol statistik. Selanjutnya, data tersebut dijadikan variabel *input* untuk Sistem Inferensi Fuzzy (FIS). Logika *Fuzzy* digunakan untuk memetakan data *input* yang ambigu ke dalam himpunan fuzzy (misalnya: Rendah, Normal, Tinggi) dan memprosesnya melalui basis aturan (IF-THEN) untuk menghasilkan *output* kualitatif berupa status mutu CPO (misalnya: Sangat Baik, Baik, Cukup, Buruk). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Logika *Fuzzy* mampu memberikan penilaian status mutu yang lebih fleksibel, adaptif, dan informatif dibandingkan metode SQC murni. Sistem ini dapat memberikan peringatan dini yang lebih sensitif terhadap pergeseran kecil dalam proses, sehingga membantu manajemen PKS PTPN II Pagar Merbau dalam mengambil keputusan korektif yang lebih cepat dan tepat untuk menjaga konsistensi mutu CPO.

Kata Kunci : Mutu Minyak Kelapa Sawit, Logika Fuzzy, *Statistical Quality Control* (SQC).

Abstract. Quality control of Crude Palm Oil (CPO) is a crucial factor in maintaining the quality standards and competitiveness of PTPN II Pagar Merbau's palm oil mills. Conventional methods such as Statistical Quality Control (SQC) are commonly used to monitor the stability of the production process through control charts. However, SQC has limitations in handling data that is ambiguous or uncertain due to its crisp approach, which only classifies the process status as "under control" or "out of control." This study aims to design and implement a CPO quality control system by integrating SQC and Fuzzy Logic methods. The study uses primary CPO quality parameter data, such as Free Fatty Acid (FFA), Moisture Content, and Impurity Level, which are first analyzed using SQC control charts to determine statistical control limits. Next, the data is used as input variables for the Fuzzy Inference System (FIS). Fuzzy Logic is used to map ambiguous input data into fuzzy sets (for example: Low, Normal, High) and process them through a rule base (IF-THEN) to produce qualitative output in the form of CPO quality status (for example: Very Good, Good, Fair, Poor). The study results indicate that the application of Fuzzy Logic can provide a more flexible, adaptive, and informative assessment of quality status compared to pure SQC methods. This system can provide early warnings that are more sensitive to small shifts in the process, thereby assisting the management of PTPN II Pagar Merbau Palm Oil Mill in making faster and more accurate corrective decisions to maintain CPO quality consistency.

Keywords: Palm Oil Quality, Fuzzy Logic, Statistical Quality Control.



A. Pendahuluan

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor agribisnis strategis yang menopang perekonomian Indonesia. Sebagai produsen minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil* - CPO) terbesar di dunia, Indonesia dihadapkan pada tuntutan pasar global yang semakin ketat, di mana kualitas atau mutu produk menjadi faktor penentu daya saing dan nilai jual. Konsistensi mutu CPO yang dihasilkan oleh Pabrik Kelapa Sawit (PKS) harus senantiasa terjaga sesuai standar yang ditetapkan, baik standar nasional (SNI) maupun internasional. (Diniaty, 2019).

PKS PTPN II Pagar Merbau, sebagai salah satu unit pengolahan, memiliki tanggung jawab besar untuk memastikan CPO yang diproduksi memenuhi parameter mutu yang telah ditentukan. Parameter kritis seperti kadar Asam Lemak Bebas (ALB), kadar air (*Moisture*), dan kadar kotoran (*Dirt*) harus dipantau secara ketat, karena deviasi pada parameter tersebut dapat menurunkan kualitas dan harga CPO secara signifikan.

Dalam praktik industri, metode yang paling umum digunakan untuk memantau stabilitas proses dan pengendalian mutu adalah *Statistical Quality Control* (SQC). *Statistical Quality Control* (SQC) terutama melalui Peta Kendali (seperti Peta Kendali X-bar dan R), merupakan alat yang teruji untuk mendeteksi adanya variasi khusus (*special cause variation*) dalam proses produksi. Peta kendali bekerja dengan menetapkan Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) secara statistik. Selama data parameter mutu berada di dalam batas-batas tersebut, proses dianggap "terkendali" (*in-control*) (Meldayanoor, 2018).

Meskipun sangat berguna, metode *Statistical Quality Control* (SQC) memiliki keterbatasan fundamental dalam interpretasi data. *Statistical Quality Control* (SQC) bekerja berdasarkan logika *crisp* (tegas atau biner), yang mengklasifikasikan status proses hanya dalam dua kondisi: "terkendali" atau "di luar kendali". Logika *crisp* ini gagal menangani area ambiguitas atau "wilayah abu-abu" yang sering terjadi dalam produksi nyata. Sebagai contoh, data ALB mungkin masih berada "di dalam kendali" menurut *Statistical Quality Control* (SQC), namun nilainya sudah menunjukkan tren kenaikan yang konsisten dan sangat mendekati batas kendaa. Bagi seorang operator atau manajer, kondisi ini seharusnya sudah dianggap "waspada" atau "agak tinggi", namun *Statistical Quality Control* (SQC) baru akan memberikan sinyal alarm ketika data tersebut benar-benar melewati batas.

Keterbatasan *Statistical Quality Control* (SQC) dalam menangani ketidakpastian (*uncertainty*) dan kesamaran (*vagueness*) data inilah yang memotivasi perlunya pendekatan yang lebih fleksibel. Logika *Fuzzy* (*Fuzzy Logic*), yang diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh, dirancang untuk memodelkan penalaran manusia yang mampu mengolah informasi yang tidak presisi atau ambigu. Logika Fuzzy menggunakan himpunan linguistik (misalnya: "Rendah", "Normal", "Tinggi") dan derajat keanggotaan, memungkinkan suatu nilai (misalnya ALB 0,45%) memiliki keanggotaan parsial di beberapa kategori (misalnya: 70% "Normal" dan 30% "Agak Tinggi") (Dandi, 2020).

Penelitian ini tidak bertujuan untuk menggantikan *Statistical Quality Control* (SQC), melainkan mengintegrasikan kekuatan kedua metode tersebut. Penelitian ini mengusulkan penerapan Logika Fuzzy sebagai alat bantu interpretasi data hasil pemantauan *Statistical Quality Control* (SQC) di PKS PTPN II Pagar Merbau. Metode *Statistical Quality Control* (SQC) akan digunakan untuk menetapkan batas-batas kendali statistik yang objektif. Batas-batas inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk membangun fungsi keanggotaan (*membership functions*) dalam Sistem Inferensi Fuzzy (FIS).

Dengan mengkombinasikan kedua metode ini, Logika Fuzzy akan mengolah data parameter mutu (ALB, M&I, *Dirt*) yang masih berada *di dalam* rentang kendali statistik SQC, dan menerjemahkannya menjadi *output* kualitatif yang lebih informatif (misalnya: Status Mutu "Sangat Baik", "Baik", "Waspada", "Buruk"). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model pengendalian mutu hibrida (SQC-Fuzzy) yang lebih sensitif, adaptif,

dan mampu memberikan peringatan dini (*early warning*) yang lebih baik, sehingga mendukung manajemen PKS PTPN II Pagar Merbau dalam mengambil tindakan korektif secara lebih cepat dan tepat.

B. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang berdasarkan pengalaman empiris dengan mengumpulkan data berbentuk angka yang bisa dihitung dan berbentuk numerik. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer meliputi pengujian langsung terhadap nilai kadar air, kadar kotoran dan kadar asam lemak bebas diperoleh dari PKS PTPN II Pagar Merbau yang beralamat di Jl. Raya Lubuk Pakam-Galang, Desa Pagar Merbau III, Kec. Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Jangka waktu penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari – bulan Mei 2023.

Adapun langkah – langkah prosedur dalam penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Mengumpulkan data minyak kelapa sawit seperti kadar air , kadar kotoran, dan kadar asam lemak bebas.
3. Melakukan pengolahan data sebagai berikut:
 - a. Menghitung batas-batas peta kendali
 - b. Membuat peta kontrol $\bar{X}$ dan R
 - c. Membuat peta revisi jika ada data di luar batas kendali
 - d. Menghitung batas kendali logika *fuzzy*
 - e. Membuat *fuzzy number*
 - f. Menghitung batas kendali *fuzzy midrange transformation*.
4. Kesimpulan dan Saran
5. Selesai

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penerapan logika fuzzy pada pengendalian mutu *Crude Palm Oil* (CPO) dengan metode *Statistical Quality Control* (SQC) menunjukkan bahwa kombinasi kedua pendekatan ini dapat meningkatkan efektivitas pengendalian kualitas. Metode SQC memberikan kerangka kerja statistik untuk memantau proses, sementara logika fuzzy mengelola ketidakpastian dan data ambigu dalam parameter kualitas CPO. (Pranata,2023)

Dari hasil uji pengamatan yang dilakukan pada salah satu pabrik produksi CPO pada bulan januari-mei 2023 diperoleh data kadar asam lemak bebas, kadar air dan kadar kotoran. Data kadar asam lemak bebas , kadar air, dan kadar kotoran dapat dilihat pada Tabel 1,2, dan 3.

Tabel 1. Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air Kelapa Sawit

No	Kadar ALB					Kadar Air				R
	X ₁	X ₂	X ₃	X _{bar}	R	X ₁	X ₂	X ₃	X _{bar}	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	3,45	3,45	-	3,43	-	0,193	0,193	-	0,194
3	-	-	3,50	3,54	3,31	-	-	0,193	0,194	0,192
4	3,50	-	-	3,35	3,33	0,193	-	-	0,193	0,193
5	-	-	-	-	3,32	-	-	-	-	0,193



6	3,51	3,45	3,45	3,43	3,37	0,193	0,193	0,193	0,192	0,195
7	-	-	3,46	-	3,34	-	-	0,193	-	0,194
8	-	-	-	3,47	3,35	-	-	-	-	-
9	3,35	3,47	3,45	-	3,32	-	-	-	0,193	0,195
10	-	3,43	3,45	3,51	3,36	0,193	0,193	0,193	-	0,195
11	-	-	-	-	3,33	-	0,193	0,193	0,193	0,193
12	3,36	-	-	3,50	3,35	-	-	-	-	0,196
13	3,37	3,47	3,50	-	3,33	0,193	-	-	0,193	0,195
14	-	-	3,49	3,44	3,34	0,193	0,193	0,193	-	0,192
15	-	-	-	-	3,35	-	-	0,193	0,193	0,192
16	3,34	3,48	3,49	-	3,35	-	-	-	-	0,193
17	-	3,49	3,50	3,43	3,37	0,193	0,193	0,193	-	0,195
18	-	-	-	3,46	3,35	-	0,193	0,193	0,193	0,194
19	3,33	-	-	3,43	3,32	-	-	-	0,194	0,195
20	3,34	3,50	3,49	3,45	3,30	0,193	-	-	0,193	0,193
21	-	-	3,49	-	-	0,193	0,193	0,193	0,193	0,194
22	-	3,50	-	-	3,34	-	-	0,193	-	-
23	-	-	3,50	-	3,37	-	0,193	-	-	0,194
24	3,32	3,45	3,51	-	3,36	-	-	0,193	-	0,194
25	3,33	-	-	-	3,32	0,193	0,193	0,193	-	0,194
26	-	-	-	3,42	3,31	0,193	-	-	-	0,194
27	3,31	3,51	3,51	3,41	3,36	-	-	-	0,193	0,194
28	-	3,52	3,50	3,43	3,52	0,193	0,193	0,193	0,193	0,197
29	-	-	-	3,42	3,53	-	0,193	0,193	0,195	0,198
30	3,40	-	3,50	3,41	3,51	-	-	-	0,195	0,198
31	3,40	-	3,50	-	3,51	0,193	-	0,193	0,193	0,198
						0,193		0,193	-	0,198

Tabel 2. Kadar Kotoran Mutu Minyak Kelapa Sawit

No	Kadar Kotoran					R
	X ₁	X ₂	X ₃	Xbar		
1	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
2	0,000	0,018	0,018	0,000		0,018
3	0,000	0,000	0,018	0,018		0,019
4	0,018	0,000	0,000	0,017		0,018
5	0,000	0,000	0,000	0,000		0,018
6	0,018	0,018	0,018	0,018		0,019
7	0,000	0,000	0,018	0,000		0,019
8	0,000	0,000	0,000	0,018		0,019
9	0,018	0,018	0,018	0,000		0,019
10	0,000	0,018	0,018	0,018		0,020
11	0,000	0,000	0,000	0,000		0,019
12	0,018	0,000	0,000	0,017		0,020
13	0,018	0,018	0,018	0,000		0,018
14	0,000	0,000	0,018	0,017		0,018
15	0,000	0,000	0,000	0,000		0,019
16	0,018	0,018	0,018	0,000		0,018



17	0,000	0,018	0,018	0,017	0,018
18	0,000	0,000	0,000	0,018	0,018
19	0,018	0,000	0,000	0,018	0,019
20	0,018	0,018	0,018	0,018	0,021
21	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000
22	0,000	0,018	0,000	0,000	0,021
23	0,000	0,000	0,018	0,000	0,022
24	0,018	0,018	0,018	0,000	0,022
25	0,018	0,000	0,000	0,000	0,019
26	0,000	0,000	0,000	0,018	0,020
27	0,018	0,018	0,018	0,018	0,022
28	0,000	0,018	0,018	0,019	0,024
29	0,000		0,000	0,019	0,024
30	0,018		0,018	0,019	0,021
31	0,018		0,018	0,000	0,021

Untuk menentukan Central Limit (CL) batas atas (UCL) dan batas bawah (LCL) dari peta kendali $\bar{X}$, digunakan perhitungan sebagai berikut :
Central Limit :

$$\begin{aligned} CL &= \frac{\sum \bar{X}}{N} \\ &= \frac{60,21}{31} \\ &= 1,94 \end{aligned}$$

Kendali Batas Atas :

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 R$$

Dimana berdasarkan tabel kendali, A_2 pada data dengan 5 grup adalah 0,577, dan

$$\begin{aligned} R &= \frac{\text{Total } R}{31} \\ &= \frac{90,73}{31} \\ &= 2,93 \end{aligned}$$

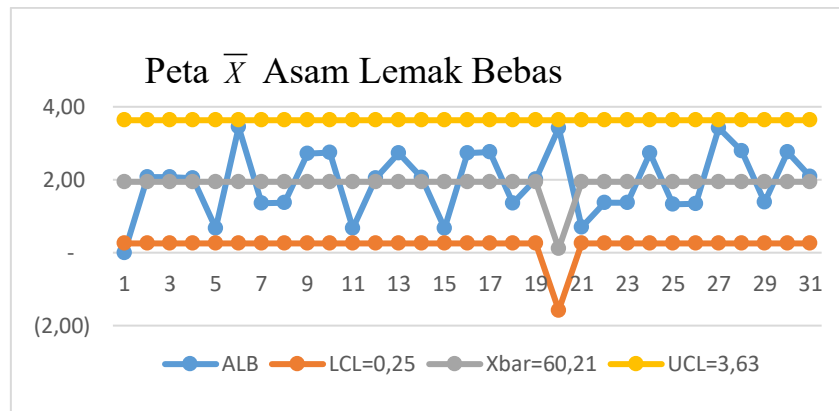
Sehingga :

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{X}} &= 1,94 + 0,577 \times 2,93 \\ &= 3,63 \end{aligned}$$

Kendali Batas Bawah

$$\begin{aligned} LCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 R \\ &= 1,94 - 0,577 \times 2,93 \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tersebut diinput ke dalam grafik yang menghasilkan peta kendali $\bar{X}$

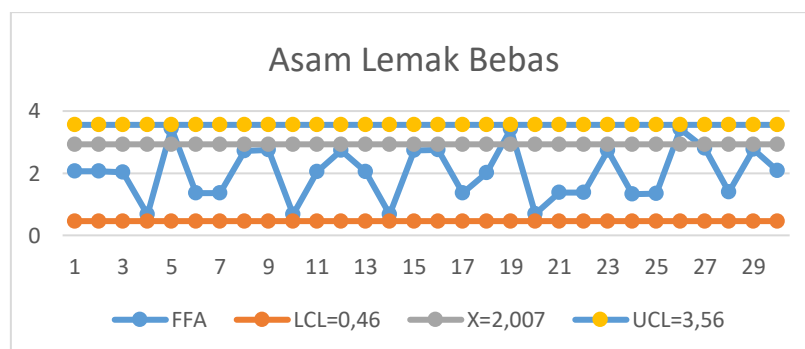


Gambar 1. Peta Kendali $\bar{X}$ Asam Lemak Bebas

Berdasarkan gambar 1. terdapat data yang berada di luar batas kontrol, yaitu pada data ke 1 yang melewati batas kendali, sehingga dapat disimpulkan data pada peta kendali $\bar{X}$ ini data ke-1 harus direvisi.

Adapun perhitungan revisi peta kendali $\bar{X}$ ALB adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}} &= \frac{\bar{X} - \bar{X}_d}{g - gd} \\ &= \frac{60,21 - 0}{31 - 30} \\ &= 2,007 \\ \bar{R}_{new} &= 2,93 \\ \sigma_0 &= \frac{R_0}{d_2} \\ \text{Pada grup 5, } d_2 &= 2,326 \\ \sigma_0 &= \frac{2,93}{2,326} \\ &= 1,26 \\ \text{Maka, } UCL_x &= \bar{\bar{X}} + A \bar{R}_{new} \sigma_0 \\ UCL_x &= 2,007 + 1,23 \times 1,26 \\ &= 3,56 \\ LCL_x &= \bar{\bar{X}} - 1,23 \times 1,26 \\ &= 0,46\end{aligned}$$



Gambar 2. Revisi Peta Kendali $\bar{X}$ Asam Lemak Bebas

Setelah mendapatkan nilai R pada tabel 4.4 Selanjutnya dilakukan perhitungan menentukan CL, UCL dan LCL.

Untuk menentukan Central Limit (CL) batas atas (UCL) dan batas bawah (LCL) dari peta kendali $\bar{X}$, digunakan perhitungan sebagai berikut :

Kendali atas atas :

$$UCL_{\bar{R}} = \bar{\bar{R}} + D_4 R$$

Dimana berdasarkan tabel kendali, D_4 pada data dengan 5 grup adalah 2,114 dan

$$\begin{aligned} R &= \frac{\text{Total } R}{31} \\ &= \frac{90,73}{31} \\ &= 2,93 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{R}} &= 2,93 \times 2,114 \\ &= 6,19 \end{aligned}$$

Kendali Batas Bawah

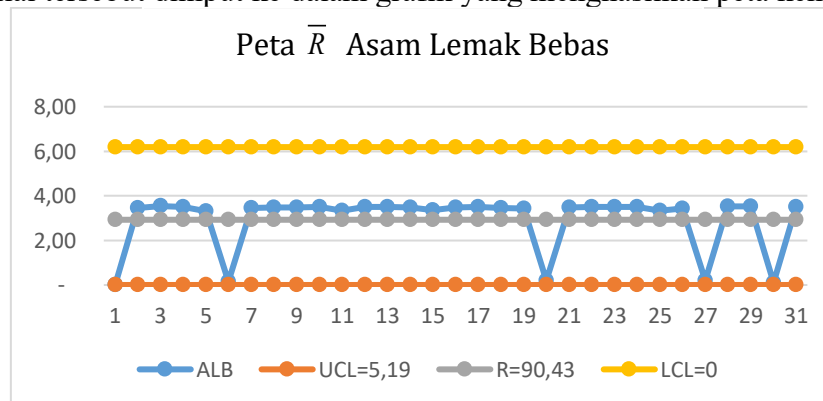
$$LCL_{\bar{R}} = \bar{\bar{R}} \times D_3$$

Dimana berdasarkan tabel kendali, D_3 pada data dengan 5 grup adalah 0.

$$LCL_{\bar{R}} = 2,93 \times 0$$

$$LCL_{\bar{X}} = 0$$

Selanjutnya nilai tersebut diinput ke dalam grafik yang menghasilkan peta kendali



Gambar 3. Peta Kendali $\bar{R}$ Asam Lemak Bebas

Berdasarkan gambar 4.6 data tidak ada yang melewati batas kendali, sehingga dapat disimpulkan data pada peta kendali $\bar{R}$ ini tidak terdapat data yang cacat atau perlu direvisi sehingga dinyatakan semua data terbebas dari cacat.

Sebelum menghitung batas kendali *fuzzy*, maka terlebih dahulu dihitung pembobot masing-masing kelas cacat dengan menggunakan persamaan :

a. Pembobot kelas cacat minor dengan $AQL = 65\%$

$$D_1 = \frac{1}{\frac{6,5\%}{7,565\%}} = 1,18 \text{ maka}$$

$$\text{Pembobot kelas cacat minor } (w_1) = \frac{1,18}{125,04} \times 100\% = 0,94\%$$

b. Pembobot kelas cacat mayor dengan $AQL 1\%$

$$D_2 = \frac{1}{\frac{1\%}{7,565\%}} = 7,58 \text{ maka}$$

$$\text{Pembobot kelas cacat minor } (w_2) = \frac{7,58}{125,04} \times 100\% = 6,07\%$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung fuzzy number pada masing-masing subgrup dengan menggunakan persamaan :

Misal pada subgroup 1 diperoleh fuzzy number : $a = c_1 \times w_1 = 0 \times 0,0094 = 0$, $b = c_2 \times w_2 = 0 \times 0,0607 = 0$, $c = c_3 \times w_3 = 0 \times 0,0607 = 0$, $d = c_4 \times w_4 = 0 \times 0,929 = 0$.

Pada penelitian ini, diperoleh nilai LCL dan UCL sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L\bar{CL} &= (\bar{a} - 3\sqrt{(\bar{d})}, \bar{b} - 3\sqrt{(\bar{c})}, \bar{c} - 3\sqrt{(\bar{b})}, \bar{d} - 3\sqrt{(\bar{a})}) \\ &= (0,03 - 3\sqrt{(0,20)}, 0,07 - 3\sqrt{(0,07)}, 0,07 - 3\sqrt{(0,07)}, 0,20 - 3\sqrt{(0,03)}) \\ &= (-0,41; -0,19; -0,19; 0,03) = (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U\bar{CL} &= (0,03 + 3\sqrt{(0,07)}, 0,07 + 3\sqrt{(0,07)}, 0,07 + 3\sqrt{(0,07)}, \bar{d} + 3\sqrt{(0,07)}) \\ &= (0,47; 0,33; 0,33; 37) = (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4) \end{aligned}$$

Setelah diperoleh batas kendali fuzzy maka langkah berikutnya adalah batas kendali fuzzy pada level α - cut, trapezoidal fuzzy number memiliki keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } c \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Sebelum menghitung batas kendali fuzzy level α - cut maka pada setiap subgroup dihitung nilai a^n dan d^n dengan menggunakan rumus dengan $\alpha = 0,6$

Tabel 4. Nilai a^n dan d^n

Sub grup	a^n	d^n	Sub grup	a^n	d^n	Sub grup	a^n	d^n	Sub grup	a^n	d^n
1	0	0	10	0,282	0	19	0,282	0	28	0,282	0
2	0,82	0	11	0,282	0	20	0,15	0,03	29	0,282	0
3	-0,072	0,12	12	0,282	0	21	0,282	0	30	0,15	0,03
4	0,282	0,012	13	0,15	0,03	22	0,282	0	31	0,282	0
5	0,282	0	14	0,282	0	23	0,282	0	Rata-rata	0,233	0,016
6	-0,072	0,138	15	0,282	0	24	0,15	0,03			
7	0,282	0	16	0,15	0,03	25	0,282	0			
8	0,282	0	17	0,15	0,03	26	0,282	0			
9	0,15	0,03	18	0,282	0	27	0,15	0,03			

Setelah diperoleh nilai a^n dan d^n pada setiap subgroup, maka langkah berikutnya adalah menghitung batas kendali fuzzy pada level α - cut

Untuk grafik fungsi pengendalian CPO setelah didapatkan batas kendali pada level α - cut, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai sampel ($S_{mr,j}^\alpha$) pada setiap subgroup dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini. Langkah berikutnya adalah menghitung batas kendali fuzzy midrange transformation seperti pada persamaan berikut :

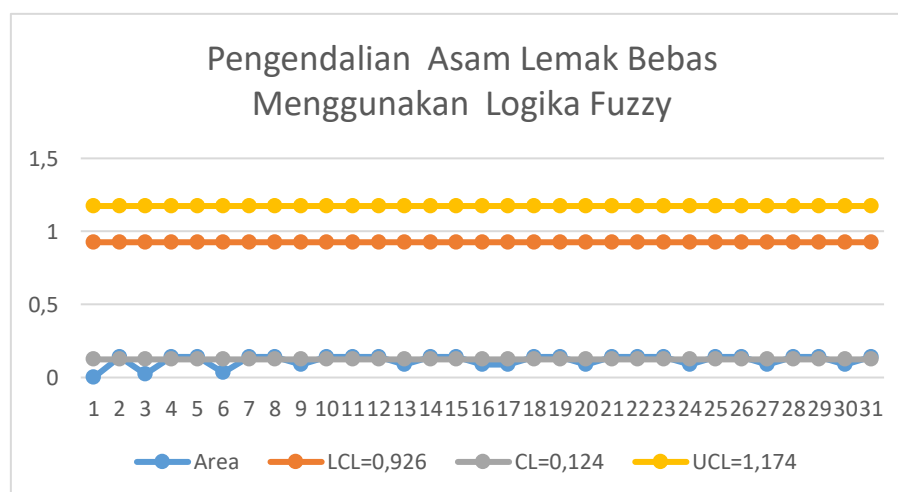
$$CL_{mr}^\alpha = \frac{CL_1^\alpha + CL_4^\alpha}{2} = \frac{0,233 + 0,016}{2} = 0,124$$

Jika sampel berada diantara batas kendali maka proses in-control, namun jika tidak maka proses out of control.

$$S_{mr,j}^\alpha = \frac{1}{2}(a^n + d^n)$$

Tabel 5. Nilai Sampel Area dan Hasil Keputusan Grafik Pengendali Fuzzy

Subgrup	Sampel Fuzzy	Keputusan	Subgrup	Sampel Fuzzy	Keputusan
1	0	Out of Control	17	0,09	Out of Control
2	0,141	In control	18	0,141	In control
3	0,024	Out of Control	19	0,141	In control
4	0,141	In control	20	0,09	Out of Control
5	0,141	In control	21	0,141	In control
6	0,033	Out of Control	22	0,141	In control
7	0,141	In control	23	0,141	In control
8	0,141	In control	24	0,09	Out of Control
9	0,09	Out of Control	25	0,141	In control
10	0,141	In control	26	0,141	In control
11	0,141	In control	27	0,09	Out of Control
12	0,141	Out of Control	28	0,141	In control
13	0,09	In control	29	0,141	In control
14	0,141	In control	30	0,09	Out of Control
15	0,141	In control	31	0,141	In control
16	0,09	Out of Control			



Gambar 7. Pengendalian Kualitas Asam Lemak Bebas Menggunakan Algoritma Fuzzy

Berdasarkan gambar diatas, pengendalian kualitas ALB menggunakan algoritma fuzzy belum terkendali karena terdapat titik yang keluar batas kendali (out of control), yakni pada sampel ke-1,3,6,9,13,16,17,20,24,27 dan 30.

D. Kesimpulan

Penerapan logika Fuzzy sebagai pelengkap metode *Statistical Quality Control* (SQC) dalam pengendalian mutu Crude Palm Oil (CPO) menciptakan sebuah sistem kontrol kualitas yang adaptif, cerdas, dan unggul dibandingkan penggunaan *Statistical Quality Control* (SQC). *Statistical Quality Control* (SQC) hanya mampu menyatakan apakah suatu parameter "lolos" atau "gagal," sementara Logika Fuzzy mampu meniru cara berpikir seorang ahli, yaitu:

Mengintegrasikan Variabel: Logika Fuzzy menggunakan Basis Aturan IF-THEN untuk menilai mutu CPO secara keseluruhan, bukan per bagian.

Mengelola Ambiguitas: Fuzzy Logic mengizinkan adanya kondisi "area abu-abu" (misalnya, mutu "cukup baik" atau ALB "agak tinggi"), memberikan gambaran yang lebih



realistis tentang kondisi CPO di pabrik. Intinya, *Statistical Quality Control* (SQC) memberikan peringatan tentang *apa* yang tidak stabil dalam proses, dan Logika Fuzzy memberikan penilaian *seberapa serius* atau *bagaimana* mutu produk akhir tersebut secara keseluruhan. Ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan terinformasi untuk menjaga kualitas CPO.

DAFTAR PUSTAKA

- Diniaty, Farida Hanum, and Muhammad Ihsan Hamdy. (2019). "Analisis Pengendalian Mutu (Quality Control) CPO (Crude Palm Oil) pada PT. XYZ." *J. Tek. Ind* 5.2 : 92-99.
- Hendrawan, Dandi, Sri Mukti Wirawati. (2020) "Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Boning Sapi Wagyu Menggunakan Statistical Quality Control (Sqc) Di Pt. Santosa Agrindo." *Journal of Industrial Engineering & Management Research* 1.2 : 195-206.
- Meldayanoor, R. Rizki Amalia, dan Muhammad Ramadhani. (2018). "Analisis Statistical Quality Control (SQC) Sebagai Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk Tortilla di UD. Noor Dina Group." *Jurnal Teknologi Agro-Industri* 5.2 : 132-140.
- Naibaho, Frainskoy Rio. (2019). "Fuzzy Logic Metode Tsukamoto Untuk Prediksi Produksi Cpo Dengan Permintaan Bersifat Stokastik Pada PT. Tor Ganda." *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*.
- Pratiwi, Rivi Monica, dan Wibawati Wibawati. (2021). "Fuzzy Univariate Control Chart untuk Monitoring Kualitas Ketebalan Lem Labelstock di PT" XYZ". *Jurnal Sains dan Seni ITS* 9.2 : D130-D137.
- Pranata, Dede Ilham, and Hasanuddin Husin. (2023). "Analisis Mutu Crude Palm Oil (CPO) Dengan Parameter Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) Dan Kadar air Yang Terdapat Pada Daily Tank Di PT. Socfin Indonesia Kebun Seunagan." *Jurnal Pertanian Agros* 25.2 : 1219-1225
- Ratnadi, dan Erlan Suprianto.(2020)."Pengendalian kualitas produksi menggunakan alat bantu statistik (seven tools) dalam upaya menekan tingkat kerusakan produk." *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan* 6.2
- Sitinjak, Riva Suyanto, Marali Banjarnahor, and Yuana Delvika. (2022). "Analisis Pengendalian Mutu Minyak Sawit Dengan Metode SQC Pada PKS PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin & Industri (JITMI)* 1.2: 81-86.
- Setyawan, Muhammad Yusril dan Mefi Frinkazela Nikica.(2020). "Monogrof Anggaran dengan Metode *Fuzzy Logic* Sugeno dan *Fuzzy Logic* Mamdani dan Implementasinya Pada Aplikasi WEB". Bandung: Kreatif Industri Nusantara

