Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI] 2026
Lhokseumawe-Aceh, 20-21 Oktober 2026
ISSN 2338-7122

Analisis Kestabilan Durasi Perebusan Tandan Buah Segar (TBS) Pada Mesin *Sterilizer* Menggunakan Metode *Statistical Process Control* (SPC) Di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi

Akmal Putra Facharezy Marpaung[1], Diana Khairani Sofyan [2*]

[1]*Program Studi Teknik Industri, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia*
[*]*Email Penulis Korespondensi*: *dianakhairani@unimal.ac.id*

Abstrak

Pengendalian durasi perebusan Tandan Buah Segar (TBS) pada stasiun *sterilizer* merupakan parameter kritis untuk menjaga kualitas *Crude Palm Oil* (CPO) serta menekan tingkat *oil losses* dan kenaikan kadar Asam Lemak Bebas (FFA). Penelitian di PMKS PT Karya Serasi Jaya Abadi ini bertujuan menganalisis kestabilan durasi perebusan pada mesin *sterilizer* 1 dan 2 menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) melalui alat bantu *check sheet*, histogram, diagram Pareto, peta kendali ($\bar{X}$ dan R), kapabilitas proses (Cp), dan diagram *fishbone*. Hasil analisis menunjukkan bahwa *Sterilizer* 1 berada dalam kondisi terkendali secara statistik dengan garis pusat (CL $\bar{X}$) sebesar 1,27 jam (UCL = 1,75 jam; LCL = 1,16 jam), namun nilai indeks kapabilitas prosesnya tergolong rendah (Cp = 0,666). Sementara itu, *Sterilizer* 2 sempat mengalami kondisi *out of control* pada hari ke-11 dan ke-12, sehingga setelah revisi diperoleh CL $\bar{X}$ sebesar 1,21 jam (UCL = 1,39 jam; LCL = 1,00 jam) dengan nilai Cp = 0,723 yang juga masih di bawah standar optimal. Berdasarkan analisis diagram *fishbone*, ketidakstabilan durasi perebusan tersebut disebabkan oleh empat faktor utama, yaitu manusia (kurangnya ketelitian operator), mesin (kebocoran *valve* uap dan karet pintu), material (variasi ukuran dan kematangan TBS), serta lingkungan (fluktuasi suplai *steam* dari *boiler*). Oleh karena itu, perusahaan disarankan untuk melakukan perawatan rutin pada sistem aliran *steam* dan memperketat pengawasan operasional.

Kata kunci: *Sterilizer*, Tandan Buah Segar, *Statistical Process Control*, Peta Kendali, Kapabilitas Proses, Diagram *Fishbone*.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan produsen *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 46,5 juta ton pada tahun 2023. Tingginya produksi tersebut didukung oleh lebih dari 1.000 *Palm Oil Mill* (POM) yang tersebar di berbagai wilayah, khususnya Sumatera dan Kalimantan, dalam mengolah tandan buah segar (TBS) yang berasal dari sekitar 16,8 juta hektar perkebunan kelapa sawit milik perusahaan swasta, BUMN, maupun petani rakyat. Besarnya kapasitas produksi tersebut menuntut setiap tahapan proses pengolahan berjalan secara efektif dan terkendali agar mutu CPO yang dihasilkan tetap memenuhi standar kualitas yang ditetapkan [1].

Salah satu tahapan yang berperan penting dalam pengolahan kelapa sawit adalah proses perebusan (*sterilization*) pada stasiun *sterilizer*. Proses ini bertujuan menghentikan aktivitas enzim, melunakkan daging buah, serta mempermudah pelepasan brondolan pada tahap berikutnya. Durasi perebusan menjadi parameter kritis karena berpengaruh langsung terhadap kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Durasi perebusan yang lebih singkat dari standar berpotensi menyebabkan buah tidak matang secara optimal, sedangkan durasi yang melebihi batas yang ditetapkan dapat meningkatkan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) sehingga menurunkan mutu CPO dan mengakibatkan kerugian operasional bagi perusahaan. Variasi durasi perebusan umumnya dipengaruhi oleh fluktuasi tekanan uap (*steam*), performa operator, maupun kapasitas muatan sterilizer [2].

PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi merupakan salah satu pabrik kelapa sawit yang menerapkan standar durasi perebusan selama 60 menit (1,00 jam) dengan batas toleransi maksimum 90 menit (1,50 jam). Namun, hasil observasi awal menunjukkan bahwa durasi

ISSN 2338-7122

perebusan pada mesin *sterilizer* masih mengalami variasi dan pada beberapa kondisi melampaui batas toleransi yang telah ditetapkan perusahaan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses perebusan belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik sehingga berpotensi menurunkan kualitas CPO akibat meningkatnya kadar FFA serta mengurangi efisiensi proses produksi [3].

Berdasarkan data historis proses perebusan selama Januari 2026, penyimpangan durasi yang paling signifikan terjadi pada pengamatan hari ke-11 dan hari ke-12, Berdasarkan data historis proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS) selama Januari 2026, ditemukan adanya variasi durasi perebusan pada mesin Sterilizer 1 dan Sterilizer 2 di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi. Pada Sterilizer 2, pengamatan hari ke-11 dan ke-12 masing-masing menunjukkan durasi perebusan sebesar 1,49 jam dan 1,46 jam. Meskipun kedua durasi tersebut masih berada di bawah batas maksimum perusahaan sebesar 1,50 jam, hasil analisis peta kendali menunjukkan bahwa kedua pengamatan tersebut berada di luar batas kendali statistik. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses perebusan masih mengalami variasi yang perlu dievaluasi. Oleh karena itu, diperlukan analisis menggunakan metode Statistical Process Control (SPC) untuk mengevaluasi kestabilan durasi perebusan pada kedua mesin sterilizer serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan variasi proses sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kestabilan durasi perebusan tandan buah segar (TBS) pada mesin *sterilizer* menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC), serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan variasi durasi perebusan sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan guna meningkatkan kestabilan proses di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi.

2. Landasan Teori

2.1 Proses Sterilisasi Tandan Buah Segar (TBS)

Proses sterilisasi merupakan tahapan awal dalam pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit yang dilakukan menggunakan bejana bertekanan (*sterilizer*) dengan memanfaatkan uap jenuh (*saturated steam*). Penggunaan uap jenuh bertujuan untuk menghentikan aktivitas enzim, mengurangi kadar air dalam buah, serta melunakkan daging buah sehingga proses pelepasan brondolan dan ekstraksi minyak pada tahap berikutnya dapat berlangsung secara optimal. Penggunaan uap kering tidak dianjurkan karena dapat menyebabkan kulit buah menjadi hangus sehingga menghambat proses penguapan air dan menurunkan efektivitas pengempaan minyak. Oleh karena itu, proses sterilisasi menjadi salah satu tahapan yang menentukan keberhasilan pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) [4].

Keberhasilan proses sterilisasi dipengaruhi oleh beberapa parameter operasi, seperti suhu, tekanan uap, waktu perebusan, serta kondisi kematangan TBS. Selama proses berlangsung, TBS umumnya dipanaskan menggunakan uap pada suhu sekitar 135°C dengan tekanan 2,5–3,0 kg/cm² selama 80–90 menit agar kehilangan minyak (*oil losses*) dapat diminimalkan dan kualitas CPO tetap terjaga. Apabila parameter proses tidak dikendalikan secara optimal, kehilangan minyak akan meningkat sehingga berdampak pada penurunan rendemen serta efisiensi produksi [5]. Selain itu, tingginya *oil losses* menunjukkan bahwa proses pengolahan belum berjalan secara optimal karena minyak masih terbawa pada limbah padat maupun limbah cair. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh tekanan uap, lama perebusan, kondisi peralatan, serta sistem pengendalian proses yang diterapkan sehingga diperlukan pengendalian proses yang baik untuk meminimalkan kehilangan minyak selama pengolahan [6].

2.2 Faktor-Faktor Variasi Durasi Perebusan

Variasi durasi perebusan TBS dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi selama proses produksi. Faktor-faktor tersebut meliputi tingkat kematangan TBS, kestabilan tekanan dan suhu uap, kapasitas serta distribusi muatan dalam *sterilizer*, kondisi mesin, sistem operasional dan keterampilan operator, ketersediaan uap (*steam*) dari *boiler*, serta penerapan siklus perebusan (*sterilization cycle*). Ketidaksesuaian salah satu faktor tersebut dapat

ISSN 2338-7122

menyebabkan proses pemanasan berlangsung tidak optimal sehingga durasi perebusan menjadi tidak konsisten. Dengan demikian, variasi durasi perebusan merupakan hasil interaksi berbagai komponen dalam sistem produksi yang perlu dikendalikan secara menyeluruh untuk menjaga kestabilan proses [7].

2.3 *Statistical Process Control* (SPC)

Statistical Process Control (SPC) merupakan metode pengendalian kualitas berbasis statistik yang digunakan untuk memantau, mengendalikan, dan meningkatkan kestabilan proses produksi melalui analisis data. SPC mampu membedakan variasi yang berasal dari penyebab umum (*common cause variation*) maupun penyebab khusus (*special cause variation*) sehingga perusahaan dapat menentukan tindakan perbaikan yang tepat dalam menjaga kualitas proses produksi [8].

Penerapan SPC memberikan berbagai manfaat, antara lain meningkatkan kualitas produk, mengurangi tingkat cacat, meningkatkan efisiensi proses, serta mendukung pengambilan keputusan berdasarkan data statistik. Selain itu, SPC membantu perusahaan mengidentifikasi penyebab khusus penyimpangan proses, mempercepat penyelesaian masalah kualitas, mengurangi biaya akibat produk cacat maupun pengerjaan ulang, serta meningkatkan kemampuan proses dalam memenuhi spesifikasi yang ditetapkan [9].

2.4 Alat Pengendalian Kualitas pada *Statistical Process Control* (SPC)

Penelitian ini menggunakan beberapa alat pengendalian kualitas yang terdapat dalam metode SPC, yaitu *check sheet*, histogram, diagram Pareto, peta kendali (*control chart*), dan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*). *Check sheet* digunakan untuk mengumpulkan dan menyusun data secara sistematis sehingga memudahkan proses analisis [10]. Histogram digunakan untuk menggambarkan distribusi atau penyebaran data proses sehingga variasi yang terjadi dapat diamati dengan lebih mudah [11]. Diagram Pareto berfungsi mengidentifikasi permasalahan yang paling dominan sehingga dapat ditentukan prioritas perbaikan berdasarkan frekuensi kejadian [12].

Peta kendali (*control chart*), khususnya peta kendali $\bar{X}$ dan R, digunakan untuk memantau kestabilan rata-rata proses serta variasi proses dari waktu ke waktu melalui batas kendali atas (*Upper Control Limit/UCL*) dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit/LCL*). Melalui peta kendali tersebut dapat diketahui apakah proses masih berada dalam kondisi terkendali secara statistik atau telah mengalami penyimpangan yang memerlukan tindakan korektif [13]. Selanjutnya, diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan sehingga dapat dirumuskan usulan perbaikan yang sesuai [14].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus yang bertujuan untuk menganalisis kestabilan durasi perebusan tandan buah segar (TBS) pada mesin *sterilizer* menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC). Penelitian dilaksanakan di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi yang berlokasi di Desa Binjai, Kecamatan Tebing Syahbandar, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara, selama periode 12 Januari–12 Februari 2026. Objek penelitian adalah proses perebusan TBS pada mesin *Sterilizer* 1 dan *Sterilizer* 2.

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses perebusan, wawancara dengan Asisten Proses, mandor, dan operator *sterilizer*, serta pencatatan menggunakan *check sheet* untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidakstabilan durasi perebusan. Data sekunder diperoleh dari logbook harian perusahaan, data operasional mesin *Sterilizer* 1 dan *Sterilizer* 2, serta berbagai dokumen pendukung perusahaan dan literatur ilmiah yang relevan.

ISSN 2338-7122

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual proses perebusan dan faktor-faktor yang memengaruhi variasi durasi operasi. Wawancara dilakukan kepada pihak yang terlibat dalam proses produksi guna memperoleh informasi mengenai mekanisme kerja mesin dan penyebab terjadinya variasi proses. Dokumentasi digunakan untuk memperoleh data historis durasi perebusan sebagai dasar analisis statistik.

3.1 Teknik Analisis Data

Uraikan tahapan analisis data, mulai dari pengujian instrumen (uji validitas dan reliabilitas) hingga rumus statistika yang digunakan untuk menguji hipotesis. Jika terdapat rumus atau persamaan matematika, wajib ditulis menggunakan menu *Equation*, posisinya diletakkan di Tengah (Center), dan diberi nomor urut persamaan di ujung kanan baris dalam tanda kurung.

Analisis data dilakukan menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) untuk mengevaluasi kestabilan durasi perebusan TBS pada mesin *sterilizer*. Tahapan analisis dimulai dengan penyusunan *check sheet* berdasarkan data historis durasi perebusan, kemudian dilakukan pengelompokan data ke dalam subgrup dan perhitungan nilai rata-rata ($\bar{X}$) serta rentang (R). Selanjutnya disusun peta kendali $\bar{X}$ dan R untuk mengidentifikasi kondisi proses, dilanjutkan dengan analisis histogram dan diagram Pareto untuk melihat distribusi data serta menentukan penyimpangan yang paling dominan. Faktor-faktor penyebab penyimpangan kemudian dianalisis menggunakan *fishbone diagram*. Setelah data yang berada di luar batas kendali dievaluasi, dilakukan revisi peta kendali dan perhitungan indeks kapabilitas proses (*Process Capability Index/Cp*) untuk mengetahui kemampuan proses dalam memenuhi spesifikasi yang ditetapkan perusahaan.

Nilai rata-rata subgrup dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i-1}^{n} Xi}{n} \tag{1}$$

Garis kendali ditentukan menggunakan Persamaan (2)–(4).

$$\text{CL} = \overline{\overline{X}} \tag{2}$$

$$\text{UCL} = \overline{\overline{X}} + \text{A}_{2\overline{R}} \tag{3}$$

$$\text{LCL} = \overline{\overline{X}} - \text{A}_{2\overline{R}} \tag{4}$$

Kemampuan proses dianalisis menggunakan indeks kapabilitas proses (*Cp*) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (5).

$$\text{Cp} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \tag{5}$$

dengan Xi merupakan data durasi perebusan sampel ke-i, $\overline{R}$ adalah rata-rata rentang, A_2 merupakan konstanta peta kendali berdasarkan ukuran subgrup, USL adalah *Upper Specification Limit*, LSL adalah *Lower Specification Limit*, dan σ adalah standar deviasi proses.

Tahapan analisis penelitian secara sistematis meliputi pengumpulan data durasi perebusan, penyusunan *check sheet*, perhitungan nilai rata-rata dan rentang, penyusunan peta kendali $\bar{X}$ dan R, identifikasi data yang berada di luar batas kendali, analisis akar penyebab menggunakan *fishbone diagram*, revisi peta kendali, serta perhitungan indeks kapabilitas proses (*Cp*) sebagai dasar evaluasi kinerja proses.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan durasi perebusan Tandan Buah Segar (TBS) pada mesin Sterilizer 1 dan Sterilizer 2 di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC). Analisis dilakukan terhadap data durasi perebusan selama 27 hari pengamatan dengan tiga kali pengamatan setiap hari. Tahapan analisis meliputi penyusunan *check sheet*, histogram, peta kendali $\bar{X}$-R, analisis kapabilitas proses, serta identifikasi penyebab variasi menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone*).

ISSN 2338-7122

Berdasarkan hasil rekapitulasi data menggunakan *check sheet*, diperoleh total durasi perebusan pada Sterilizer 1 sebesar 34,30 jam, sedangkan Sterilizer 2 sebesar 33,32 jam. Rekapitulasi hasil pengamatan disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Rekapitulasi Durasi Perebusan Mesin Sterilizer

Hari	*Sterilizer* 1 (Jam)	*Sterilizer* 2 (Jam)
1	1,33	1,30
2	1,21	1,09
3	1,16	1,16
4	1,11	1,13
5	1,29	1,25

Tabel 1. Rekapitulasi Durasi Perebusan Mesin Sterilizer (Lanjutan)

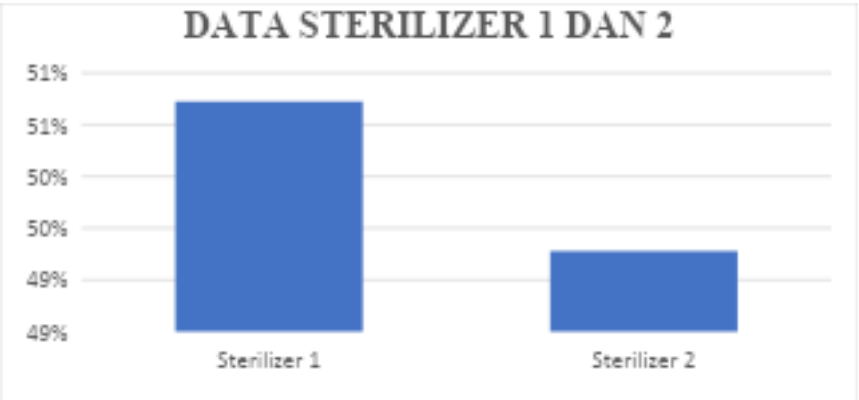
Hari	*Sterilizer* 1 (Jam)	*Sterilizer* 2 (Jam)
6	1,39	1,13
7	1,41	1,19
8	1,20	1,39
9	1,19	1,30
10	1,28	1,20
11	1,30	1,49
12	1,18	1,46
13	1,38	1,31
14	1,35	1,10
15	1,31	1,37
16	1,24	1,27
17	1,26	1,19
18	1,36	1,16
19	1,21	1,20
20	1,25	1,19
21	1,35	1,22
22	1,27	1,28
23	1,28	1,28
24	1,20	1,12
25	1,24	1,24
26	1,22	1,20
27	1,24	1,14
Total	**34,30 Jam**	**33,32 Jam**

Sumber: PT Karya Serasi Jaya Abadi

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa durasi perebusan pada Sterilizer 1 lebih tinggi dibandingkan Sterilizer 2. Persentase durasi perebusan menunjukkan Sterilizer 1 sebesar **51%**, sedangkan Sterilizer 2 sebesar 49%, sehingga Sterilizer 1 menjadi mesin dengan kontribusi durasi perebusan terbesar selama periode penelitian.

Untuk melihat distribusi durasi perebusan pada kedua mesin dilakukan analisis menggunakan histogram sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

ISSN 2338-7122



Gambar 1. Histogram Durasi Perebusan Sterilizer 1 dan Sterilizer 2

Histogram menunjukkan bahwa distribusi durasi perebusan Sterilizer 1 cenderung lebih tinggi dibandingkan Sterilizer 2. Sebagian besar data masih berada di sekitar rata-rata proses, namun terdapat beberapa pengamatan dengan durasi yang lebih lama sehingga menyebabkan meningkatnya rata-rata waktu perebusan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa variasi proses masih terjadi selama kegiatan perebusan berlangsung.

Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan peta kendali $\bar{X}$-R untuk mengetahui kestabilan proses perebusan. Ringkasan hasil analisis SPC pada kedua mesin disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Analisis *Statistical Process Control*

Mesin	CL (Jam)	Nilai Cp	Keterangan
Sterilizer 1	1,27	0,666	Proses terkendali, namun kapabilitas rendah
Sterilizer 2	1,23	-	Ditemukan titik di luar batas kendali
Sterilizer 2 (Revisi)	1,21	0,723	Proses terkendali setelah revisi, namun kapabilitas masih rendah

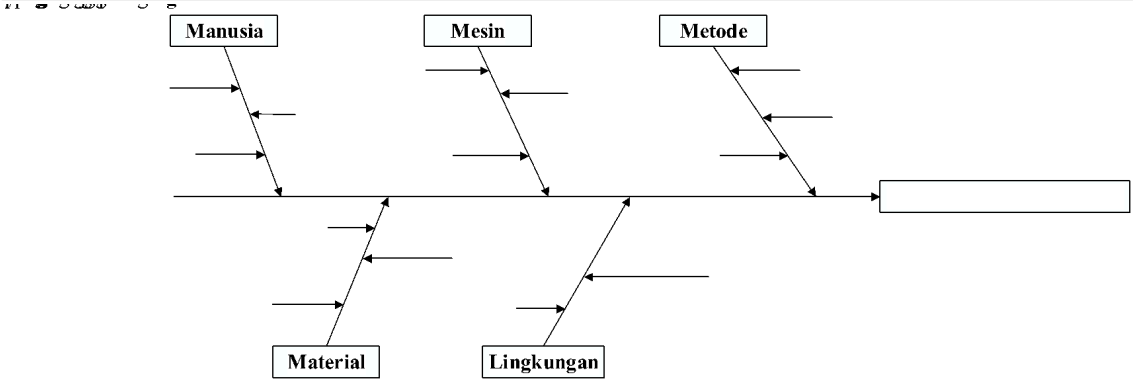
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil peta kendali diketahui bahwa proses perebusan pada Sterilizer 1 berada dalam kondisi terkendali karena seluruh titik pengamatan masih berada di dalam batas kendali statistik. Namun demikian, nilai Cp sebesar 0,666 menunjukkan bahwa kemampuan proses masih rendah sehingga belum mampu memenuhi spesifikasi proses secara konsisten.

Berbeda dengan Sterilizer 1, pada Sterilizer 2 ditemukan titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, yaitu pada pengamatan hari ke-11 dan ke-12. Oleh karena itu dilakukan revisi dengan menghilangkan data yang berada di luar batas kendali. Setelah revisi dilakukan, seluruh data telah berada dalam batas kendali dengan nilai Cp sebesar 0,723. Meskipun proses menjadi stabil, nilai Cp yang masih lebih kecil dari satu menunjukkan bahwa kapabilitas proses masih belum optimal sehingga diperlukan upaya perbaikan pada sistem perebusan, terutama dalam menjaga kestabilan suplai uap (*steam*) dari boiler.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan variasi durasi perebusan dilakukan analisis menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone*) yang disajikan pada Gambar 2.

ISSN 2338-7122



Gambar 2. Diagram Fishbone Penyebab Variasi Durasi Perebusan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) pada Gambar 2, variasi durasi perebusan Tandan Buah Segar (TBS) pada mesin Sterilizer 1 dan Sterilizer 2 dikelompokkan ke dalam beberapa faktor, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), material, metode (*method*), dan lingkungan (*environment*). Faktor manusia berkaitan dengan kurangnya ketelitian operator dalam mengontrol waktu perebusan, kelelahan fisik, serta ketidakpatuhan terhadap prosedur operasional standar (SOP). Faktor mesin meliputi kemungkinan terjadinya kebocoran pada katup uap (*valve*), permasalahan pada komponen katup, serta kerusakan karet pintu (*packing door*) yang dapat memengaruhi kelancaran proses perebusan. Faktor material berkaitan dengan kondisi TBS yang tidak seragam, seperti perbedaan tingkat kematangan, ukuran buah, tingginya persentase buah mentah, dan keberadaan buah restan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perebusan pada kedua mesin masih memerlukan peningkatan. Meskipun Sterilizer 1 telah berada dalam kondisi terkendali dan Sterilizer 2 menjadi stabil setelah dilakukan revisi, kedua mesin masih memiliki nilai kapabilitas proses di bawah satu ($Cp < 1$). Hal tersebut menunjukkan bahwa proses perebusan belum mampu memenuhi standar perusahaan secara konsisten sehingga diperlukan peningkatan pada sistem distribusi *steam*, pelaksanaan *preventive maintenance*, pengawasan kualitas TBS, serta peningkatan kedisiplinan operator agar proses perebusan menjadi lebih stabil dan efisien.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) pada proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS) di PMKS PT. Karya Serasi Jaya Abadi, diketahui bahwa proses perebusan pada Sterilizer 1 berada dalam kondisi terkendali secara statistik, sedangkan Sterilizer 2 mengalami kondisi *out of control* pada beberapa titik pengamatan sehingga diperlukan revisi peta kendali hingga seluruh data berada dalam batas kendali. Meskipun demikian, hasil analisis kapabilitas proses menunjukkan nilai Cp sebesar 0,666 pada Sterilizer 1 dan 0,723 pada Sterilizer 2, yang mengindikasikan bahwa kapabilitas kedua proses masih tergolong rendah ($Cp < 1$). Hal ini menunjukkan bahwa proses perebusan belum mampu memenuhi standar perusahaan secara konsisten. Berdasarkan analisis *fishbone*, variasi durasi perebusan dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, material, dan lingkungan kerja. Oleh karena itu, perusahaan perlu meningkatkan kestabilan suplai *steam* dari boiler, melaksanakan *preventive maintenance* secara berkala, memperketat pengawasan kualitas TBS, serta meningkatkan kedisiplinan operator agar proses perebusan menjadi lebih stabil dan efisien.

Daftar Pustaka

[1] Ath-Thoriq, M. D., Anthara, I. M. A., & Robecca, J. (2025). *Quality Control Analysis Using Statistical Process Control (SPC) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Methods in PPTK Gambung* (pp. 33–44). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-934-6_5

[2] Hassan, N. S. M., Hossain, M. S., Balakrishnan, V., Zuknik, M. H., Mustaner, M., Easa, A. M., Al-Gheethi, A., & Yahaya, A. N. A. (2021). Influence of fresh palm fruit sterilization in the production of carotenoid-rich virgin palm oil. *Foods*, *10*(11). https://doi.org/10.3390/foods10112838

[3] Hermantoro, H., Ruswanto, A., Gunawan, S., & Putra, A. P. (2024). Fresh Fruit Bunch (FFB) Processing Modification to Increase Crude Palm Oil (CPO) Rendement. *Environmental Science*, *1297*. https://doi.org/10.1088/1755

[4] Deokosta, R., Ifdol, M., Mubarik Aziz, H., Wijaya Huwae, I., & Prastyo, Y. (2026). Analysis of Delays in Production and Distribution Projects in Indonesia Using the Fishbone Diagram Method. *Journal of Science, Technology, and Innovation*, *1*.

[5] Michael, J., 1, S., Putri, R. K., & Doğan, O. (2025). *Quality Control Improvement Using Statistical Process Control in Manufacturing Industry*. *3*(1), 10–17. https://doi.org/10.70716/reswara.v3i1.406

[6] Nurlina, N., Fendy Kussuma, M., Anindito, J., & Retno Setiyawati, T. (2023). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)*.

[7] Olatunde Omisola, J., Oluwasegun Shiyanbola, J., & Omotunde Osho, G. (2024). A Predictive Quality Assurance Model Using Lean Six Sigma: Integrating FMEA, SPC, and Root Cause Analysis for Zero-Defect Production Systems. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, *4*(6), 1481–1497. https://doi.org/10.62225/2583049x.2024.4.6.4051

[8] Pakdeechot, S., Hanifarianty, S., & Wae-hayee, M. (2020). The Effects of Sterilization Time of FFB on Fruit-Bunch Separation and Crude Palm Oil Quality Using Direct Steaming. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, *72*(1), 1–9. https://doi.org/10.37934/aram.72.1.19

[9] Pakdeechot, S., Hanifarianty, S., & Wae-hayee, M. (2021). Effects of Sterilization Times of Palm Bunches on Fruit-Bunch Separation, Crude Palm Oil Yield and Quality Using Direct Steaming. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, *82*(2), 39–46. https://doi.org/10.37934/arfmts.82.2.3946

[10] Panjaitan, N., Lubis, J. A., Silitonga, N. K., & Faris, M. Z. (2025). Root Cause Analysis of Oil Losses in Press Machines Using Fault Tree Analysis Method †. *Engineering Proceedings*, *84*(1). https://doi.org/10.3390/engproc2025084096

[11] Rizkiah, N., & Yenni Kurniawati. (2025). An Application X-bar Chart and Statistical Process Control With R Package. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, *3*(2), 197–204. https://doi.org/10.24036/ujsds/vol3-iss2/363

[12] Silaningsih, E., Hawari, I. F., & Kartini, T. (2026). *Analysis and Control of Filling Analysis And Control Of Filling Process Defects Usingseven Quality Control Tools At Pt Abc*. *6*(2), 2864.

[13] Vitho Azeryan, Dwicahyani, A. R., & Dina Maharani. (2026). Integrating Statistical Process Control and Failure Mode and Effects Analysis to Reduce Product Defects in Oil Filter Manufacturing (Case Study: CV XYZ). *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, *8*(1), 21–32. https://doi.org/10.52435/jaiit.v8i1.710

[14] Yuan, C. C., Chung, W. H., Cai, C., & Sung, S. te. (2020). Application of statistical process control on port state control. *Journal of Marine Science and Engineering*, *8*(10), 1–15. https://doi.org/10.3390/jmse8100746