

Reserach Journal

Pengendalian Kualitas pada Proses Pengolahan Teh Hijau Menggunakan Metode *Lean Six Sigma*

Quality Control in Green Tea Processing Using The Lean Six Sigma Method

Putri Wilujeng Lestari¹, Selly Harnesa Putri^{1*}, M Iqbal Prawira-Atmaja² and Totok Pujiyanto¹

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, FTIP, Universitas Padjadjaran; humas.ftip@unpad.ac.id

² Pusat Penelitian Teh dan Kina; secretariat@iritc.org

* Correspondence: selly.h.putri@unpad.ac.id

Received: 3 Januari 2023

Accepted: 25 Mei 2023

Published: 6 Juli 2023

Jurnal Sains Teh dan Kina
Pusat Penelitian Teh dan Kina
Desa Mekarsari, Kec. Pasirjambu,
Kab. Bandung, Jawa Barat 40972
redaksijptk@gmail.com
+62 22 5928186

Abstract: Green tea is produced by deactivating polyphenol oxidase enzymes in tea leaves at temperatures ranging from 90 to 110 °C. The quality of green tea is influenced by the quality of the shoots used during tea processing. The study conducted an analysis of the raw material quality for harvested tea shoots using the PMS method, while the resulting product quality was assessed based on grading and organoleptic properties. This research employed the lean six sigma method to examine the quality parameters of the products and identify waste in the green tea processing at the PPTK Gambung Green Tea Factory. The study also proposed quality control enhancements for green tea. By utilizing the DMAI stages of the lean six sigma method, the study identified problems and their causes in the green tea processing. The parameters of the study focused on the processing techniques and the resulting products. The findings revealed a higher proportion of second-grade (Jikeng) tea compared to other grades. It was determined that high-quality green tea should possess a greater composition of pekoe grade. The green tea product met the requirements specified by the green tea SNI (Indonesian National Standard) in terms of water content, appearance of dry green tea, liquor water, and infused leaves. Non-conformities in the stalk grade indicated issues related to raw materials, machinery, labor, and the environment. Waste in the form of defects and waiting time resulted from factors such as raw materials, machinery, methods, and labor. Improvements in quality control are necessary to enhance the quality of green tea products and minimize waste during the green tea processing.

Keywords: Green tea; lean six sigma; quality control; waste

Abstrak: Teh hijau diproduksi dengan cara inaktivasi enzim polifenol oksidase pada daun teh pada suhu 90-110°C. Kualitas teh hijau dipengaruhi oleh kualitas pucuk yang digunakan untuk pengolahan teh. Kualitas bahan baku pucuk teh yang dipetik dianalisis PMS (pucuk memenuhi syarat), sebaliknya, mutu produk teh yang dihasilkan dianalisis berdasarkan persentase grade dan organoleptik. Penelitian ini menggunakan metode lean six sigma yang bertujuan untuk menganalisis parameter kualitas produk yang dihasilkan dan mengidentifikasi pemborosan yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau di pabrik teh hijau PPTK, serta mengusulkan perbaikan dalam pengendalian kualitas teh hijau. Metode lean six sigma dengan tahapan DMAI untuk mengidentifikasi permasalahan dan penyebabnya dalam proses pengolahan teh hijau. Parameter penelitian ini yaitu proses pengolahan teh hijau dan produk yang dihasilkannya. Teh hijau kualitas terbaik mengandung komposisi grade peko yang lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan persentase jikeng lebih banyak dibanding grade lain. Kualitas produk teh hijau telah memenuhi persyaratan SNI teh hijau berdasarkan parameter kadar air, ketampakan teh hijau kering, air seduhan, dan ampas seduhan. Grade batang menunjukkan ketidaksesuaian pada produk teh hijau yang disebabkan oleh faktor bahan baku pucuk teh, mesin, tenaga kerja dan lingkungan. Pemborosan yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau adalah defect dan waiting yang disebabkan oleh faktor bahan baku, mesin, metode, dan tenaga kerja. Pengendalian kualitas perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kualitas produk teh hijau dan meminimalisasi terjadinya pemborosan dalam proses pengolahan teh hijau.

Kata Kunci: lean six sigma; pemborosan; pengendalian kualitas; teh hijau

1. Pendahuluan

Teh hijau diproduksi dengan cara menginaktivasi enzim polifenol oksidase yang ada pada daun teh dengan suhu 90-110°C (Anggraini, 2017; Prawira-Atmaja *et al.*, 2019). Persyaratan kualitas teh hijau di Indonesia mengacu pada SNI 3945:2016 (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Pengendalian kualitas dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produk sesuai dengan standar yang ditetapkan (Utomo *et al.*, 2020; Asih *et al.*, 2021). Pada umumnya, pengendalian kualitas mutu pengolahan teh hijau dilakukan pada tahap awal penerimaan daun teh segar melalui analisis pucuk memenuhi syarat (PMS), pada saat pengolahan teh hijau (parameter operasional pengolahan), dan pada tahap akhir pada produk teh hijau melalui analisis persentase *grade* teh hijau (peko, jikeng, bubuk dan tulang/batang), serta evaluasi organoleptik teh hijau. Pengendalian mutu pada setiap tahapan proses pengolahan akan berdampak signifikan pada mutu produk yang dihasilkan. Indikator peningkatan kualitas teh hijau dapat diamati melalui persen kadar air teh hijau (Waluyo *et al.*, 2018) serta warna air seduhan yang mana *grade* peko memiliki warna kuning kehijauan dan lebih cerah dibandingkan dengan warna air seduhan pada *grade* jikeng, bubuk, atau batang (Prawira-Atmaja *et al.*, 2019).

Lean six sigma merupakan metode yang dapat digunakan dalam pengendalian kualitas pada berbagai sektor industri khususnya di industri pengolahan teh (Asih *et al.*, 2021), selain siklus PDCA, GMP dan SSOP, FSMS, SQC, dan SPC. Hingga saat ini, masih sedikit penelitian yang melaporkan pemanfaatan *lean six sigma* untuk meningkatkan kualitas produk teh hijau. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa *lean six sigma* mengurangi pemborosan yang terdapat dalam proses pengolahan dan ketidaksesuaian produk atau produk cacat, dengan rata-rata cacat 3,4 cacat per satu juta kesempatan atau *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) (Fitriani dan Yudhistira, 2020). Pemborosan merupakan setiap aktivitas yang menyerap sumber daya seperti pengeluaran biaya dan waktu tambahan di dalam proses yang tidak diperlukan dengan tujuh jenis pemborosan yang diidentifikasi yaitu persediaan, transportasi, waktu menunggu, produksi berlebih, proses, produk cacat, dan gerakan yang tidak perlu (Ristyowati *et al.*, 2017).

Menurut Kolawole *et al.* (2021), *lean six sigma* digunakan untuk mendekripsi akar penyebab pemborosan, mengusulkan perbaikan yang dapat digunakan untuk mengurangi pemborosan dan mengurangi jumlah produk cacat, sehingga dapat meningkatkan kepuasan konsumen. *Lean six sigma* menggunakan pendekatan eliminasi *seven waste* yang dikombinasikan dengan konsep DMAIC memiliki tujuan agar perusahaan dapat meningkatkan kinerjanya dengan profitabilitas yang semakin meningkat, serta dapat mempertahankan posisinya, sehingga dapat memenuhi keinginan konsumen (Fitriani dan Yudhistira, 2020). Penelitian ini menggunakan metode *lean six sigma* yang bertujuan untuk menganalisis parameter kualitas produk teh hijau yang dihasilkan, mengidentifikasi pemborosan dan menyusun usulan perbaikan dalam upaya pengendalian kualitas produk teh hijau.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pabrik Teh Hijau di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK), Gambung, Jawa Barat. Penelitian ini menggunakan data produksi teh hijau bulan Juli 2021-Juni 2022 yang meliputi hasil analisis pucuk teh, persentase *grade*, dan hasil uji organoleptik. Selain itu, wawancara dan kuesioner kepada mandor pabrik dan pengolahan juga dilakukan untuk mengetahui pemborosan yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau. Metode *lean six sigma* dengan tahapan DMAI (*Define, Measure, Analyze* dan *Improve*) untuk mengidentifikasi permasalahan dan penyebabnya kemudian diambil tindakan perbaikan dalam pengendalian kualitas teh hijau (Rahmatillah *et al.*, 2019).

2.2. Define

Tahap ini mengidentifikasi ketidaksesuaian produk teh hijau dan pemborosan dalam proses pengolahan teh hijau.

- Penentuan *Critical To Quality* (CTQ)

CTQ adalah karakteristik dan standar kualitas yang harus dijaga dalam sebuah produk (Irsan dan Yulius, 2019), dilihat dari bentuk, ukuran dan warna air seduhan teh hijau yang mengacu pada SNI 3945:2016 tentang teh hijau.

- *Waste Relationship Matrix (WRM)*

WRM merupakan matriks yang digunakan dalam menganalisis kriteria pemborosan dengan cara membagikan kuesioner *Seven Waste Relationship (SWR)* kepada responden (Rawabdeh, 2005). Responden kuesioner yaitu 1 mandor pabrik dan 2 mandor pengolahan karena para mandor mengetahui keseluruhan proses pengolahan teh hijau dari awal hingga akhir (Asih et al., 2021). Daftar pertanyaan kuesioner SWR berjumlah 31 pertanyaan yang didasarkan pada masing-masing kriteria skor SWR yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Skor *Seven Waste Relationship (SWR)*

| No | Pertanyaan | Pilihan Jawaban | Skor |
|----|--|--|----------------------------|
| 1 | Apakah i menghasilkan j | a. Selalu b. Kadang c. jarang | 4 2 0 |
| 2 | Bagaimana jenis hubungan antara i dan j | a. Jika i naik maka j naik b. Jika i naik maka j tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan | 2 1 0 |
| 3 | Dampak terhadap j karena i | a. Tampak secara langsung dan jelas b. Butuh waktu untuk muncul c. Tidak sering muncul | 4 2 0 |
| 4 | Menghilangkan dampak i terhadap j dapat dicapai dengan cara... | a. Metode <i>engineering</i> b. Sederhana dan langsung c. Solusi untuk instruksional | 2 1 0 |
| 5 | Dampak i terhadap j terutama mempengaruhi... | a. Kualitas produk b. Produktivitas sumber daya c. <i>Lead time</i> d. Kualitas dan produktivitas e. Kualitas dan <i>lead time</i> f. Produktivitas dan <i>lead time</i> g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i> | 1 1 2 2 2 4 |
| 6 | Sebesar apa dampak i terhadap j akan meningkatkan <i>lead time</i> | a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah | 4 2 0 |

Sumber: (Rawabdeh, 2005)

Kuesioner dibuat untuk menemukan jenis hubungan masing-masing pemborosan dalam proses pengolahan teh hijau. Semua jawaban kuesioner SWR kemudian dijumlahkan untuk masing-masing responden dan ditentukan jenis hubungan setiap pemborosan berdasarkan rentang skor SWR seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konversi rentang skor hubungan antar pemborosan (SWR)

| Range | Jenis Hubungan | Simbol |
|-------|--|--------|
| 17-20 | <i>Absolutely Necessary</i> (Mutlak) | A |
| 13-16 | <i>Especially Important</i> (Sangat penting) | E |
| 9-12 | <i>Important</i> (Penting) | I |
| 5-8 | <i>Ordinary Closeness</i> (Kedekatan biasa) | O |
| 1-4 | <i>Unimportant</i> (Tidak penting) | U |

Sumber: (Rawabdeh, 2005)

Simbol tersebut menunjukkan tingkat pengaruh hubungan setiap pemborosan dengan tingkat tertinggi yang saling mempengaruhi adalah A dan terendah adalah U (Rawabdeh, 2005). Hasil jenis hubungan antar pemborosan selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel WRM untuk masing-masing responden. Selanjutnya setiap simbol huruf tersebut dikonversikan ke dalam angka dengan ketentuan A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2, X = 0 (Rawabdeh, 2005),

kemudian dihitung total dari setiap baris dan kolom untuk mendapatkan skor yang menggambarkan pengaruh setiap jenis pemborosan yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau (Trisnanda, 2018). Pemborosan tertinggi yang didapatkan dari WRM disampaikan kepada mandor pabrik teh hijau untuk selanjutnya dilakukan analisis penyebab pemborosan.

2.3. Measure

Tahap ini melakukan pengukuran berupa analisis *p-chart*, perhitungan DPMO dan perhitungan nilai *sigma*.

- Analisis *P-chart*

P-chart adalah peta kendali yang digunakan untuk mengukur proporsi ketidaksesuaian produk masih berada di dalam batas yang disyaratkan atau tidak (Handayani *et al.*, 2017; Irsan dan Yulius, 2019). *P-chart* dengan ukuran sampel rata-rata (\bar{n}) dianggap konstan karena ukuran sampel berikutnya tidak akan berbeda jauh dari sebelumnya, maka batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) berupa garis lurus/konstan (Montgomery, 2013). Langkah-langkah untuk membuat *p-chart* dengan 1 *sigma*, 2 *sigma* dan 3 *sigma* (Montgomery, 2013; Sunar, 2012) sebagai berikut:

$$\text{Proporsi ketidaksesuaian produk (p)} = \frac{np}{n} \quad (1)$$

$$\text{Center Line (CL)} = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2)$$

$$\text{Control Limit (UCL)} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (3)$$

$$\text{Lower Control Limit (LCL)} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (4)$$

Keterangan: p = proporsi ketidaksesuaian produk (*grade* batang); np = jumlah ketidaksesuaian produk (minggu ke-); n = jumlah produksi minggu ke-; $\sum np$ = jumlah total ketidaksesuaian produk; $\sum n$ = jumlah total produksi; \bar{n} = ukuran sampel rata-rata (rata-rata produksi); CL = Garis Tengah; UCL = Batas Kendali Atas; LCL = Batas Kendali Bawah. Perhitungan batas kendali untuk 2 *sigma* dan 1 *sigma*, angka 3 diubah menjadi angka 2 dan 1.

- Perhitungan DPMO

Defect Per Million Opportunities (DPMO) adalah ukuran kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu juta kesempatan (Siwi dan Susatyo, 2016). DPMO dihitung dengan rumus:

$$\text{DPMO} = \left(\frac{\text{Jumlah Kerusakan}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{CTQ}} \right) \times 1.000.000 \quad (5)$$

- Perhitungan Nilai *Sigma*

Perhitungan ini dilakukan agar dapat diketahui kinerja perusahaan dalam tingkat *sigma* (Nurprihatin *et al.*, 2017). Nilai *sigma* dihitung dengan rumus:

$$\text{Nilai } \sigma = \text{normsinv} \left(1 - \left(\frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \right) \right) + 1,5 \quad (6)$$

Normsinv merupakan rumus dalam *microsoft excel* yang digunakan untuk menghitung nilai *sigma* yang berfungsi mengembalikan inversi dari distribusi kumulatif normal standar yang kemudian ditambah 1,5 (Tyasti dan Hayati, 2022). Misalkan k adalah level *sigma* dengan DPMO sebesar $\alpha \times 1.000.000$, maka besarnya nilai α dijabarkan sebagai normal standar ($1 - \Phi(k - 1,5)$), sehingga untuk mencari tingkat *sigma* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \alpha \times 1.000.000 \\ \text{DPMO} &= (1 - \Phi(k - 1,5)) \times 1.000.000 \\ 1 - \Phi(k - 1,5) &= \frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \\ \Phi(k - 1,5) &= 1 - \left(\frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Untuk mencari nilai k, maka ruas kanan diubah menjadi normal standar yang diinverskan yaitu:

$$\begin{aligned} k - 1,5 &= \text{normsinv} \left(1 - \left(\frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \right) \right) \\ k &= \text{normsinv} \left(1 - \left(\frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \right) \right) + 1,5 \end{aligned} \quad (8)$$

Penambahan nilai 1,5 merupakan nilai pergeseran variansi yang nantinya akan mempengaruhi nilai *sigma* (Syukron dan Kholil, 2012). Nilai pergeseran 1,5 *sigma* ini menunjukkan bahwa sebagus-bagusnya suatu proses industri tidak akan 100% berada pada satu titik nilai target, akan tetapi ada toleransi penyimpangan atau pergeseran sebesar rata-rata 1,5 *sigma* dari nilai tersebut (Mastur dan Aji, 2016).

2.4. Analyze

Tahap ini melakukan analisis faktor penyebab ketidaksesuaian produk dan pemborosan yang sering terjadi dalam proses pengolahan teh hijau menggunakan diagram sebab akibat (*fishbone diagram*) (Nurprihatin *et al.*, 2017).

2.5. Improve

Tahap ini menyusun usulan perbaikan dalam upaya peningkatan kualitas produk teh hijau dan pengurangan pemborosan dalam proses pengolahan teh hijau (Utami *et al.*, 2015; Putri *et al.*, 2021).

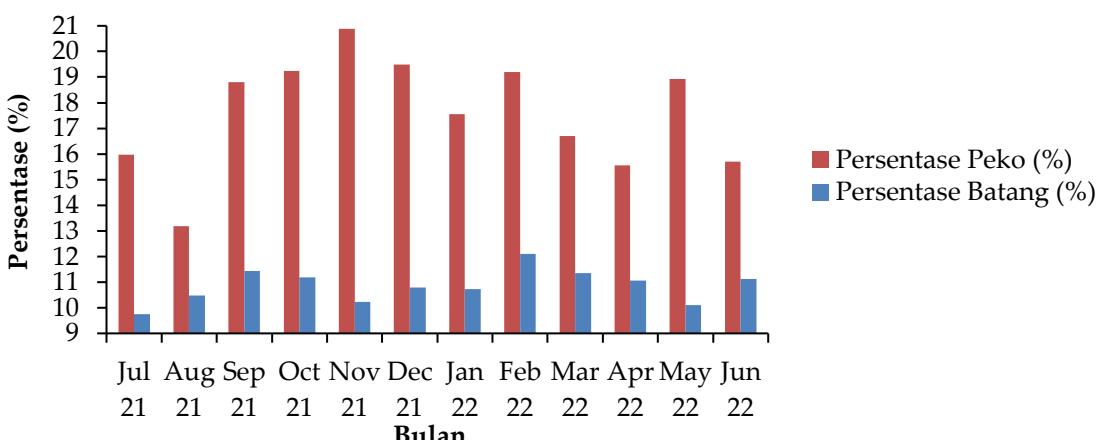
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kualitas Produk Teh Hijau

Berdasarkan hasil wawancara dan data penilaian uji organoleptik teh hijau, didapatkan kadar air teh hijau kering sebesar 4-5%, ketampakan teh hijau kering berwarna hijau kekuningan dan bentuk terkulung, air seduhan berwarna kuning kemerahan, serta ampas seduhan berwarna hijau agak cerah. Persyaratan SNI 3945:2016 tentang teh hijau yaitu kadar air teh hijau kering maksimal 8%, ketampakan teh hijau kering berwarna hijau kehitaman sampai kuning kecokelatan, bentuk terkulung/terpilin sempurna sampai bubuk, batang, dan serat, air seduhan berwarna hijau kekuningan sangat cerah sampai merah kekuningan, dan ampas seduhan berwarna hijau kekuningan sangat cerah sampai kusam (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Kualitas produk teh hijau tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 3945:2016 tentang teh hijau. Selanjutnya, hasil *grade* mutu teh menunjukkan sebagian besar produk teh hijau memiliki persentase jikeng lebih banyak dibandingkan *grade* peko, bubuk atau batang. Industri teh hijau yang baik menghasilkan jumlah *grade* peko yang lebih banyak dibanding *grade* jikeng, bubuk dan batang (Ardiyanti dan Sita, 2022).

Persentase *grade* jikeng yang lebih besar menunjukkan bahwa pucuk teh yang diproses memiliki persentase p+3 dan b+2 yang lebih banyak. *Grade* batang menunjukkan ketidaksesuaian produk dengan karakteristik kualitas (CTQ) yaitu berbentuk batang/serat, ukuran batang kurang seragam dan warna air seduhan merah (Prawira-Atmaja *et al.*, 2019). Menurut Ebenezer *et al.*, (2013), ketampakan teh dapat dinilai dari warna, bentuk gulungan, adanya tangkai dan serat yang berlebihan, serta ukuran partikel tidak seragam yang disebabkan karena pemotongan kasar.

Setiap cacat atau ketidaksesuaian produk dalam suatu proses tidak hanya mengurangi kualitas produk yang dihasilkan tetapi juga dapat menciptakan waktu tunggu untuk proses tertentu yang termasuk dalam kategori pemborosan (George, 2002; Asih *et al.*, 2021). Hasil analisis mutu produk menentukan persentase masing-masing *grade* teh hijau dari 1 ton produk teh hijau yang dihasilkan. Kenaikan dan penurunan persentase produksi teh hijau *grade* peko dan batang selama 12 bulan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Produksi Teh Hijau *Grade* Peko dan Batang pada Rentang Produksi Juli 2021-Juni 2022

Berdasarkan Gambar 1 di atas, grafik tersebut menunjukkan bahwa *grade* peko yang dihasilkan lebih besar dibanding *grade* batang dan masih bervariasi naik turun. Grafik persentase produksi teh hijau *grade* peko dan batang disajikan untuk mempermudah perusahaan dalam mengontrol produk teh hijau yang dihasilkan setiap bulan apakah melebihi batas toleransi produk teh hijau yang ditetapkan perusahaan (Solihah *et al.*, 2017; Azizah *et al.*, 2019). Produksi *grade* peko tertinggi dihasilkan pada bulan November 2021 (20,89%) dan terendah bulan Agustus 2021 (13,18%), serta rata-rata persentase *grade* peko sebesar 17,60%. Produksi *grade* batang tertinggi dihasilkan pada bulan Februari 2022 (12,11%) dan terendah bulan Juli 2021 (9,75%), serta rata-rata persentase *grade* batang sebesar 10,86%. Penelitian sebelumnya pada teh hitam yang dilakukan oleh Azizah *et al.*, (2019), didapatkan persentase teh hitam *off grade* sebesar 7,8% melebihi standar yang ditetapkan perusahaan yaitu maksimal 5%, yang berarti pelaksanaan pengendalian kualitas yang dilakukan di perusahaan teh hitam tersebut belum terlaksana dengan baik.

3.2. Kualitas Pucuk Teh

Kualitas teh hasil pengolahan ditentukan oleh kualitas bahan baku yang digunakan yaitu pucuk teh. Semakin baik kualitas pucuk teh yang diolah (pucuk halus atau medium) akan menghasilkan teh hijau *grade* I (peko) dengan nilai jual yang tinggi (Tresnatri, 2019). Pucuk teh yang digunakan untuk pengolahan teh hijau telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu minimal 40% pucuk memenuhi syarat (PMS), namun masih banyak dihasilkan pucuk kasar. *Grade* peko akan lebih banyak didapatkan dengan cara memperhatikan pemotongan pucuk teh (Prawira-Atmaja *et al.*, 2019).

3.3. Waste Relationship Matrix (WRM)

Semua jenis pemborosan saling bergantung dan masing-masing jenis pemborosan memiliki pengaruh satu sama lain terhadap pemborosan yang lain. Pemborosan tertinggi yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau yang didapatkan menggunakan WRM dari hasil kuesioner SWR disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat diketahui bahwa *O_I* menunjukkan pengaruh *over production* terhadap *inventory* yaitu menyebabkan adanya persediaan yang dapat menghabiskan ruang penyimpanan dan mempertimbangkan kondisi sementara ketika tidak ada pelanggan. Pengaruh *over production* terhadap *defect* (*O_D*) yaitu produksi berlebih dapat berpengaruh pada terjadinya ketidaksesuaian produk (Rawabdeh, 2005). Persentase pemborosan yang mempengaruhi pemborosan lain menurut responden 1 adalah *from defect* (18,52%), responden 2 adalah *from process* (17,27%), dan responden 3 adalah *from defect* (20,11%). *Defect* berupa adanya produk cacat seperti teh berbau asap (*smoky*), gosong, warna air seduhan merah dan produk samping yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea, sehingga berpengaruh pada kualitas produk teh yang dihasilkan kurang sempurna dan harga jualnya rendah (Trisnanda, 2018). Pemborosan yang dipengaruhi oleh pemborosan lain menurut ketiga responden adalah *waiting* dengan persentase pemborosan menurut responden 1 (20,37%), responden 2 (20,00%), dan responden 3 (21,16%). *Defect* dapat mempengaruhi waktu tunggu karena produk cacat seperti teh gosong dan berbau asap harus dipisahkan saat proses pengolahan berlangsung, sehingga menghambat kelancaran proses produksi. Analisis penyebab pemborosan dalam penelitian ini hanya membatasi pada dua pemborosan yang tertinggi yaitu pemborosan *defect* (20,11%) dan *waiting* (21,16%).

Tabel 3. Skor Waste Relationship Matrix (WRM) Ketiga Responden

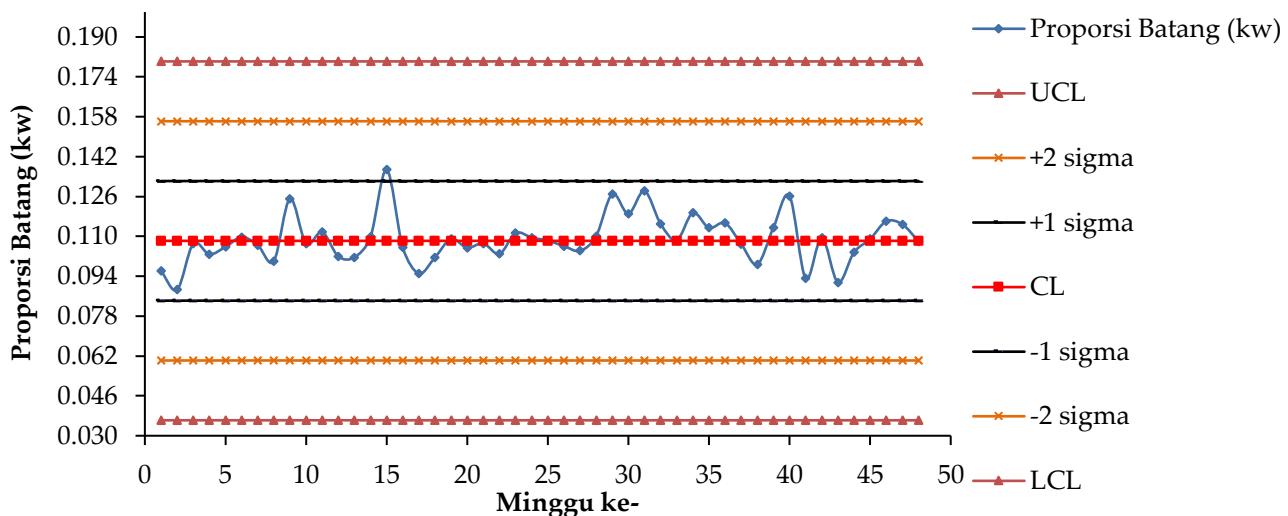
| F/T | O | I | D | M | T | P | W | Skor | % |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| O | 1 A=10 | O=4 | I=6 | I=6 | O=4 | X=0 | I=6 | 36 | 16,67 |
| | 2 A=10 | E=8 | I=6 | U=2 | U=2 | X=0 | E=8 | 36 | 16,36 |
| | 3 A=10 | U=2 | I=6 | U=2 | U=2 | X=0 | E=8 | 30 | 15,87 |
| I | 1 E=8 | A=10 | I=6 | O=4 | O=4 | X=0 | X=0 | 32 | 14,81 |
| | 2 I=6 | A=10 | O=4 | U=2 | O=4 | X=0 | X=0 | 26 | 11,82 |
| | 3 U=2 | A=10 | O=4 | U=2 | U=2 | X=0 | X=0 | 20 | 10,58 |
| D | 1 O=4 | I=6 | A=10 | I=6 | I=6 | X=0 | E=8 | 40 | 18,52 |
| | 2 U=2 | I=6 | A=10 | U=2 | I=6 | X=0 | I=6 | 32 | 14,55 |
| | 3 E=8 | O=4 | A=10 | O=4 | I=6 | X=0 | I=6 | 38 | 20,11 |
| M | 1 X=0 | U=2 | U=2 | A=10 | X=0 | I=6 | O=4 | 24 | 11,11 |
| | 2 X=0 | I=6 | I=6 | A=10 | X=0 | O=4 | O=4 | 30 | 13,64 |
| | 3 X=0 | U=2 | U=2 | A=10 | X=0 | O=4 | U=2 | 20 | 10,58 |
| T | 1 U=2 | O=4 | U=2 | O=4 | A=10 | X=0 | E=8 | 30 | 13,89 |
| | 2 O=4 | U=2 | U=2 | O=4 | A=10 | X=0 | E=8 | 30 | 13,64 |
| | 3 O=4 | U=2 | U=2 | U=2 | A=10 | X=0 | I=6 | 26 | 13,76 |
| P | 1 U=2 | O=4 | I=6 | O=4 | X=0 | A=10 | E=8 | 34 | 15,74 |
| | 2 I=6 | O=4 | I=6 | O=4 | X=0 | A=10 | E=8 | 38 | 17,27 |
| | 3 I=6 | U=2 | I=6 | U=2 | X=0 | A=10 | E=8 | 34 | 17,99 |
| W | 1 U=2 | O=4 | O=4 | X=0 | X=0 | X=0 | A=10 | 20 | 9,26 |
| | 2 I=6 | I=6 | I=6 | X=0 | X=0 | X=0 | A=10 | 28 | 12,73 |
| | 3 O=4 | U=1 | I=6 | X=0 | X=0 | X=0 | A=10 | 21 | 11,11 |
| Skor | 1 28 | 34 | 36 | 34 | 24 | 16 | 44 | 216 | |
| | 2 34 | 42 | 40 | 24 | 22 | 14 | 44 | 220 | |
| | 3 34 | 23 | 36 | 22 | 20 | 14 | 40 | 189 | |
| % | 1 12,96 | 15,74 | 16,67 | 15,74 | 11,11 | 7,41 | 20,37 | | |
| | 2 15,45 | 19,09 | 18,18 | 10,91 | 10,00 | 6,36 | 20,00 | | |
| | 3 17,99 | 12,17 | 19,05 | 11,64 | 10,58 | 7,41 | 21,16 | | |

Keterangan: 1, 2, 3 = Responden 1, 2 dan 3; X = Tidak termasuk dalam kriteria kuesioner SWR; O: Over production; I: Inventory; D: Defect; M: Motion; T: Transportation; P: Process; W: Waiting; Skor: jumlah setiap baris dan kolom masing-masing responden.

- : Pemborosan tertinggi menurut responden 1
- : Pemborosan tertinggi menurut responden 2
- : Pemborosan tertinggi menurut responden 3

3.4. P-Chart

Hasil perhitungan nilai p, CL, UCL dan LCL untuk 1 *sigma*, 2 *sigma*, dan 3 *sigma* produk teh hijau *grade batang* bulan Juli 2021-Juni 2022 kemudian dibuat grafik *p-chart* yang disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, grafik menunjukkan tidak ada data *grade batang* yang melewati batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL), maka proporsi teh hijau *grade batang* yang diperoleh masih berada dalam batas kendali dan proses terkendali. Grafik menunjukkan tidak ada titik yang berada di luar kendali dari 2 *sigma* dan 1 titik yang berada di luar batas kendali 1 *sigma*, namun masih memenuhi peraturan keputusan proses menurut Montgomery (2013). Suatu proses dikatakan tidak terkendali jika satu atau lebih titik di luar batas kendali 3 *sigma*, dua dari tiga titik berurutan berada di luar batas peringatan 2 *sigma* tetapi masih berada di dalam batas kendali, empat dari lima titik berurutan berada di luar batas 1 *sigma*, dan delapan titik berurutan berada di satu sisi garis tengah (Montgomery, 2013).



Gambar 2. *P-Chart* Teh Hijau Grade Batang pada Rentang Produksi Bulan Juli 2021-Juni 2022

3.5. Nilai DPMO dan Nilai Sigma

Perhitungan rata-rata DPMO dan nilai *sigma* dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas produk teh hijau *grade* batang yang dihasilkan di pabrik teh hijau disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Nilai DPMO dan Nilai *Sigma* pada Rentang Produksi Bulan Juli 2021-Juni 2022

| Bulan | Jumlah | | CTQ | DPMO | Nilai <i>Sigma</i> |
|---------------------|---------------|-------------------|-----|----------|-----------------------|
| | Produksi (kw) | Grade Batang (kw) | | | |
| Juli 2021-Juni 2022 | 8041,70 | 870,07 | 3 | | |
| Rata-Rata | 167,54 | 18,13 | | 36275,58 | 3,30 |

Berdasarkan Tabel 4 di atas, dapat diketahui rata-rata nilai DPMO untuk teh hijau *grade* batang dari bulan Juli 2021-Juni 2022 adalah 36275,58 yang berarti dalam 1 juta kesempatan produk teh hijau yang dihasilkan akan terdapat 36275,58 ketidaksesuaian produk teh hijau *grade* batang. Rata-rata nilai *sigma* teh hijau *grade* batang yaitu 3,30 yang berarti proses pengolahan teh hijau di pabrik teh hijau masih berada pada tingkat rata-rata industri di Indonesia, sehingga masih baik dibanding dengan 1 *sigma* yang berarti industri tersebut tidak kompetitif (Gaspersz, 2002). Nilai DPMO dan nilai *sigma* menunjukkan ketidaksesuaian produk teh hijau *grade* batang yang belum konsisten karena masih bervariasi naik turun setiap minggunya. Pengendalian kualitas perlu ditingkatkan sebagai tindakan perbaikan untuk mengurangi jumlah ketidaksesuaian produk teh hijau *grade* batang, sehingga menunjukkan nilai DPMO yang menurun dan nilai *sigma* yang semakin meningkat mencapai enam *sigma* serta produk bebas kecacatan (nol kecacatan) (Anjayani, 2011; Syukron dan Kholid, 2012).

3.6. Diagram Sebab Akibat Ketidaksesuaian Produk Teh Hijau

Penyebab utama adanya ketidaksesuaian produk teh hijau *grade* tulupa bentuk batang/serat, ukuran batang kurang seragam dan warna air seduhan merah adalah faktor bahan baku, mesin, tenaga kerja, dan lingkungan yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Sebab Akibat Ketidaksesuaian Produk Teh Hijau *Grade* Batang

- Bahan Baku

Ketidaksesuaian produk teh hijau *grade* batang terjadi karena jenis petikan yang tidak sesuai persyaratan. Petikan halus memberikan produksi rendah dengan mutu pucuk tinggi, sedangkan petikan kasar memberikan produksi tinggi dengan mutu pucuk rendah (Thanoza *et al.*, 2016). Jenis petikan yang dianjurkan di pabrik teh hijau PPTK adalah petikan medium (Haq dan Karyudi, 2013). Menurut Prawira-Atmaja *et al.*, (2019), pemetikan kasar dengan daun tua lebih banyak akan menghasilkan teh hijau berupa bubuk dan batang yang lebih banyak.

Proses pergiliran petik yang panjang terjadi karena adanya pucuk yang belum terpetik pada pemetikan sebelumnya yang tidak dapat diselesaikan, maka pucuk tersebut tertunda pemetikannya dan bertambah tua, sehingga mengakibatkan mundurnya proses pergiliran petik bagi blok kebun lain yang telah dijadwalkan dan berpengaruh terhadap kualitas pucuk teh (Wahyudin dan Ma'ruf, 2004).

- Mesin

Pemetikan pucuk teh dilaksanakan dengan cara pemetikan manual untuk produksi teh putih, sedangkan pemetikan menggunakan gunting petik dan mesin petik untuk produksi teh hijau dan teh hitam. Penggunaan alat petik dapat meningkatkan produksi pucuk dibandingkan pemetikan manual menggunakan tangan, namun dapat mempengaruhi kualitas pucuk yang dihasilkan (Haq dan Karyudi, 2013; Kusumawati dan Triaji, 2017). Pemetikan menggunakan alat petik dilakukan karena kurangnya tenaga pemotik di kebun, namun dapat menyebabkan pucuk teh tidak dapat tersortir, sehingga tangkai daun ikut terambil (Azizah *et al.*, 2019).

- Tenaga Kerja

Tenaga pemotik yang kurang memperhatikan pemotongan yang sesuai dapat menghasilkan pucuk dari petikan kasar dengan banyak tangkai daun (Azizah *et al.*, 2019). Hal tersebut disebabkan karena kurangnya pengawasan dan pendampingan dalam proses pemotikan pucuk teh (Herawati dan Nurawan, 2009). Tenaga pemotik juga masih mengejar target kuantitas per kilogram pucuk yang diperoleh untuk mendapatkan upah yang besar dalam satu hari kerja dan belum memperhatikan kualitas pucuknya (Setyamidjaja, 2000; Kusumawati dan Triaji, 2017).

- Lingkungan

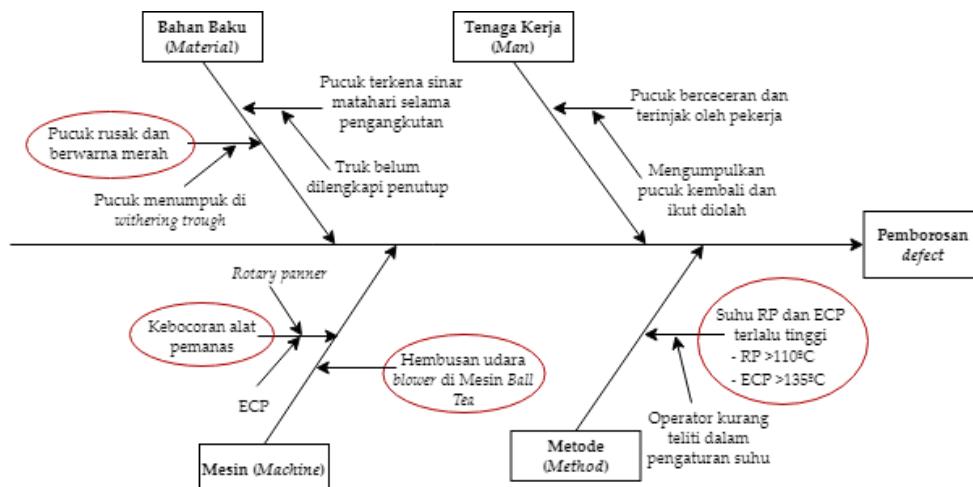
Kecepatan pertumbuhan pucuk teh dipengaruhi oleh iklim (Santoso, 2006). Pertumbuhan pucuk teh pada musim kemarau yang semakin lambat, maka proses pergiliran petik akan lebih panjang dan produksi pucuk teh dapat menurun karena tanaman semakin kering (Setyamidjaja, 2000; Sari *et al.*, 2016).

3.7. Diagram Sebab Akibat Pemborosan Defect

Defect (produk cacat) merupakan pemborosan yang terjadi dalam proses pengolahan teh hijau di pabrik teh hijau PPTK yaitu teh berbau asap (*smoky*), gosong, warna air seduhan merah dan produk samping yang dihasilkan dari Mesin *Ball Tea*. Berdasarkan hasil wawancara, produk dikatakan *smoky* setelah dilakukan uji organoleptik teh hijau, sedangkan produk gosong dapat dilihat dari ketampakan teh hijau kering. Warna air seduhan merah

disebabkan karena pucuk yang rusak, sehingga menyebabkan pucuk berubah warna menjadi merah sebelum atau selama proses pengolahan teh hijau.

Adanya produk samping dari Mesin *Ball Tea* dapat mengurangi produk teh hijau yang dihasilkan dan akhirnya diproses kembali untuk dijadikan sebagai teh hijau bubuk hasil produk samping. Penyebab utama terjadinya pemborosan *defect* adalah faktor bahan baku, mesin, metode, dan tenaga kerja yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Pemborosan *Defect* pada Pengolahan Teh Hijau

- Bahan Baku

Pucuk yang menumpuk di *withering trough* (tempat pelayuan sementara) dan di lantai dapat menyebabkan pucuk menjadi rusak dan berwarna merah, sehingga warna air seduhan teh hijau yang dihasilkan juga menjadi merah. Hal ini sesuai dengan penelitian Handayani (2009) yang menyatakan bahwa hamparan pucuk yang terlalu banyak dapat menyebabkan pucuk teh tertumpuk dan menjadi rusak. Pengangkutan pucuk dari kebun ke pabrik menggunakan truk yang belum dilengkapi penutup juga dapat menyebabkan pucuk terkena sinar matahari dalam waktu yang lama, sehingga warna pucuk berubah menjadi merah (Azizah *et al.*, 2019).

- Mesin

Adanya kebocoran pada bagian alat pemanas (*burner*) Mesin *Rotary Panner* dan Mesin pengeringan I (ECP) menyebabkan asap dapat masuk ke dalam mesin, sehingga teh menjadi *smoky* atau berbau asap (Batubara *et al.*, 2021). Produk samping yang dihasilkan pada awal proses pengeringan di Mesin *Ball Tea* adalah batang, daun teh berukuran besar, dan daun teh tua hasil petikan kasar yang kering terlebih dahulu kemudian menjadi bubuk. Penyebabnya adalah hembusan udara kuat dari *blower* di dalam Mesin *Ball Tea* yang membawa partikel debu dan daun teh berukuran kecil karena kering terlebih dahulu, sehingga keluar dari ruang pengeringan meskipun terdapat saringan di dalam mesin pengeringan (Lestari *et al.*, 2022).

- Metode

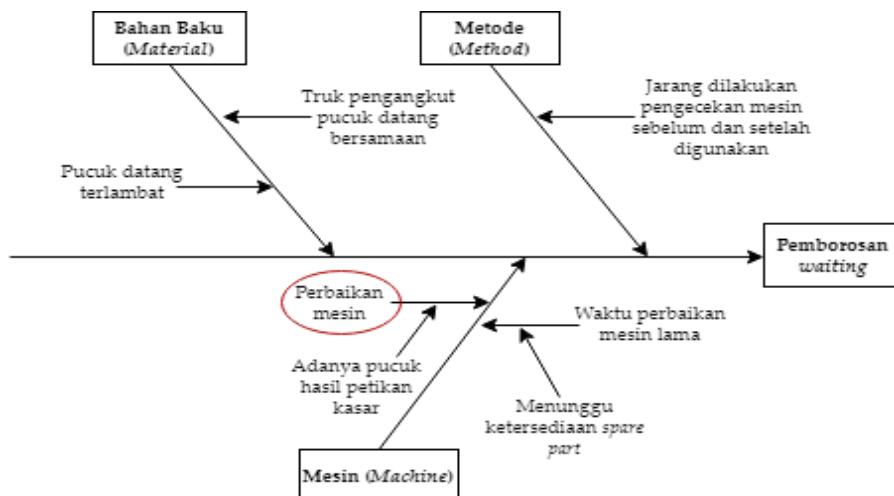
Penyebab teh hijau menjadi gosong adalah suhu pelayuan dan pengeringan yang terlalu tinggi. Berdasarkan hasil wawancara, suhu pelayuan yang baik berkisar 90-110°C selama kurang lebih 5 menit. Suhu pelayuan di atas 110°C dan suhu pengeringan di atas 135°C dapat menyebabkan teh gosong dan *case hardening* atau bagian luar pucuk sudah kering tetapi bagian dalamnya masih basah yang mengakibatkan teh berjamur dan kadar air meningkat (Batubara *et al.*, 2021). Hal tersebut dapat disebabkan oleh operator yang kurang teliti ketika menjalankan mesin karena operator mengalami kelelahan dan kejemuhan pada proses yang dilakukan terus-menerus dan berulang (Susanto *et al.*, 2016).

- Tenaga Kerja

Banyak pucuk yang berceceran dan terinjak oleh pekerja saat pembongkaran pucuk dari truk kemudian dikumpulkan untuk ikut diolah dengan anggapan pucuk yang masih bagus diolah kembali agar tidak terbuang dapat berpengaruh pada produk teh hijau yang dihasilkan (Mutia dan Trimo, 2019).

3.8. Diagram Sebab Akibat Pemborosan Waiting

Pemborosan *waiting* (waktu menunggu) berupa mesin atau bahan baku yang menunggu pada salah satu proses, sehingga dapat mengakibatkan waktu proses produksi berlangsung lebih lama karena mengalami keterlambatan proses. Penyebab utama terjadinya pemborosan *waiting* adalah faktor bahan baku, mesin, dan metode yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Sebab Akibat Pemborosan *Waiting* pada proses pengolahan teh hijau

- **Bahan Baku**

Pucuk yang terlambat datang ke pabrik dan truk yang datang ke pabrik secara bersamaan dapat menyebabkan pembongkaran pucuk semakin lama, waktu produksi semakin panjang dan dapat berdampak pada kualitas teh yang dihasilkan. Kualitas teh yang dihasilkan dipengaruhi oleh penanganan pucuk mulai dari pemetikan, penampungan pucuk dan pengangkutan pucuk sampai ke pabrik (Azizah *et al.*, 2019).

- **Mesin**

Penyebab terjadinya pemborosan waktu menunggu adalah perbaikan mesin yang menyebabkan proses produksi dihentikan sementara menunggu perbaikan selesai, sehingga pucuk di mesin sebelumnya menunggu yang dapat menyebabkan pucuk menjadi rusak dan berdampak pada produk teh hijau yang dihasilkan. Pucuk hasil petikan kasar berupa daun tua bahkan tangkai daun yang ikut diolah pada mesin pengolahan dapat menyebabkan kerusakan pada rantai Mesin ECP. Waktu perbaikan mesin yang lama sekitar 1 jam tergantung ketersediaan *spare part* dapat menyebabkan pucuk harus menunggu untuk masuk ke proses berikutnya.

- **Metode**

Berdasarkan hasil wawancara, mesin jarang dilakukan pengecekan komponen sebelum dan setelah digunakan yang menyebabkan kerusakan mesin secara tiba-tiba dan proses produksi harus dihentikan sementara, sehingga proses produksi terhambat. Metode kerja di perusahaan diatur dalam SOP (*Standard Operational Procedure*) untuk semua pihak yang terlibat dalam proses produksi teh hijau dan berpengaruh pada kelancaran proses produksi, sehingga mengurangi dihasilkannya produk cacat (Anjayani, 2011).

3.9. Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan untuk mengurangi ketidaksesuaian produk teh hijau *grade batang* yaitu dengan cara meningkatkan pengawasan dan pendampingan oleh mandor petik kepada tenaga pemetik dalam proses pemetikan pucuk teh dan penggunaan alat petik, serta melakukan penjadwalan pemetikan kembali pucuk teh menyesuaikan kondisi lingkungan saat musim kemarau (Sari *et al.*, 2016).

Usulan perbaikan untuk mengurangi pemborosan *defect* yaitu dengan memperhatikan banyaknya hamparan di *withering trough* dengan ketinggian maksimal 40 cm untuk meminimalisir ceciran pucuk di lantai dan terinjak (Mutia dan Trimoh, 2019), truk pengangkut diberi penutup agar pucuk terhindar dari sinar matahari, serta pemeriksaan

mesin seperti pengontrolan suhu mesin secara rutin dan memeriksa kebocoran pada alat pemanas (Habsari *et al.*, 2022).

Usulan perbaikan untuk mengurangi pemborosan *waiting* yaitu melakukan koordinasi antara bagian kebun dan pabrik terhadap pengangkutan pucuk sesuai jadwal, melakukan koordinasi dengan bagian manajemen untuk pengadaan *spare part*, dan perawatan mesin sesuai dengan SOP (*Standard Operational Procedure*) yang ditetapkan (Saputra, 2016; Habsari *et al.*, 2022).

4. Kesimpulan

Kualitas produk teh hijau yang dihasilkan di pabrik teh hijau telah memenuhi persyaratan SNI 3945:2016 pada parameter kadar air, ketampakan produk teh hijau, warna air seduhan, dan warna ampas seduhan. *Grade* batang merupakan parameter ketidaksesuaian mutu dari produk teh hijau. Pemborosan *defect* dan *waiting* disebabkan karena keterlambatan pucuk datang, pucuk menumpuk, kurangnya pengontrolan suhu mesin, serta perbaikan mesin pengolahan. Usulan perbaikan untuk meningkatkan kualitas produk teh hijau yaitu peningkatan pengawasan terhadap hasil pemetikan yang dianjurkan dan disyaratkan oleh perusahaan. Usulan perbaikan untuk mengurangi pemborosan *defect* dan *waiting* yaitu memperhatikan penanganan pucuk mulai dari pemetikan hingga ke pabrik dan perawatan mesin pengolahan.

Selanjutnya, perusahaan perlu melakukan pendataan ketidaksesuaian produk teh hijau sebagai laporan harian untuk memudahkan dalam pengendalian kualitas teh hijau. Selain itu, diperlukan penyusunan jadwal perawatan dan perbaikan mesin pengolahan untuk meminimalisir waktu proses produksi teh hijau yang semakin panjang. Penelitian selanjutnya dapat memperdalam analisis penyebab ketidaksesuaian produk teh hijau dan pemborosan lain yang belum dilakukan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anggraini, T. (2017). *Proses dan Manfaat Teh*. Penerbit Erka: Padang, Indonesia.
- Anjayani, I. D. (2011). Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Six Sigma pada CV Duta Java Tea Industri Adiwerna-Tegal. Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia.
- Ardiyanti, F., dan Sita, K. (2022). Analisis Pengendalian Mutu Grade Teh Hijau dengan Metode Statistical Quality Control di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung Kabupaten Bandung. *Jurnal Sains Teh dan Kina* 2022. 1(1), 29–36.
- Asih, E. W., Rain, L. O. R., dan Pohandry, A. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Teh Hitam dengan Pendekatan Lean-Six Sigma Method di PT Teh XY. *Journal of Industrial and Engineering System (JIES)* 2021. 2(2), 136–145.
- Azizah, F. U., Hamidah, S., dan Dewantoro, V. (2019). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Teh Hitam di Unit Produksi Pagilaran. *Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi* 2019. 20(1), 65–80.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 3945-2016 Teh Hijau*. BSN: Jakarta, Indonesia, 2016.
- Batubara, G., Permai, N. M. S. Y., dan Widowati, I. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Teh Hitam di PT Perkebunan Tambi Unit Perkebunan Bedakah Kabupaten Wonosobo Jawa Tengah. *Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi* 2021. 22(1), 1–16.
- Ebenezer, I. A., Devadasan, S. R., Sreenivasa, C. G., dan Murugesh, R. (2013). Total Failure Mode and Effects Analysis in Tea Industry: A Theoretical Treatise. *Total Quality Management and Business Excellence* 2013. 22(12), 1353–1369. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.625188>
- Fitriani, A., dan Yudhistira, P. (2020). Pengaruh Penerapan Budaya 6R3B dan Budaya Lean Six Sigma Terhadap Peningkatan Hasil Produksi pada PT Dharma Perkasa Gemilang di Mojokerto. *Jurnal Ekonomi dan Perkembangan Bisnis* 2020. 4(1), 12–25.
- Gaspersz, V. (2022). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000 MBNQA dan HACCP*. Gramedia: Jakarta, Indonesia.
- George, M. (2022). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill: United States of America.
- Habsari, S., Sugandi, W. K., Sita, K., dan Herwanto, T. (2022). Analisis Energi pada Proses Pengolahan Teh Hijau (Studi Kasus di Pusat Penelitian Teh dan Kina). *Jurnal Sains Teh dan Kina* 2022. 1(1), 8–14.
- Handayani, N. (2009). Laporan Pengendalian Kualitas Terhadap Kerusakan Produk Akhir Teh Hijau pada PT Rumpun Sari Kemuning I Ngargoyoso, Karanganyar. Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
- Handayani, W., Widiharih, T., dan Warsito, B. (2017). Pengendalian Kualitas Produk Mino di Home Industry “Sarang Sari” Banyumas. *Jurnal Gaussian* 2017. 6(4), 520–527.
- Haq, M. S., dan Karyudi. (2013). Upaya Peningkatan Produksi Teh Melalui Penerapan Kultur Teknis. *Warta PPTK* 2013. 21(1), 71–84.
- Herawati, H., dan Nurawan, A. (2009). Pengkajian Penggunaan Gunting Petik pada Komoditas Teh di Kecamatan Cikalang Wetan-Kabupaten Bandung. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian*. Universitas Gadjah Mada, Indonesia, 2009. 29(1), 47–52.
- Irsan, dan Yulius, H. (2019). Analisis Quality Control dalam Proses Pengolahan Teh Hitam dengan Metode Six Sigma. *Jurnal Teknologi* 2019. 9(2), 16–24.

- Kolawole, O. A., Mishra, J. L., dan Hussain, Z. (2021). Addressing Food Waste and Loss in the Nigerian Food Supply Chain : Use of Lean Six Sigma and Double-Loop Learning. *Industrial Marketing Management* 2021. 93, 235–249. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.01.006>
- Kusumawati, A., dan Triaji, A. W. (2017). Perbandingan Penggunaan Mesin Petik dan Petik Tangan Terhadap Hasil Produksi Pucuk Teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) di Perkebunan Kayu Aro PTPN VI Kabupaten Kerinci. *Jurnal Pengelolaan Perkebunan* 2017. 8(2), 36–44.
- Lestari, P. W., Harianto, S., Prawira-Atmaja, M. I., Andriyani, M., Shabri, Maulana, H., dan Putri, S. H. (2022). Identifikasi Sifat Fisik Produk Samping dari Mesin Ball Tea pada Pengolahan Teh Hijau. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian* 2022. 16(2), 85–92. <https://doi.org/10.24198/jt.vol16n2.4>
- Mastur, H. I., dan Aji, N. F. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Pembuatan Wellhub dengan Pendekatan Lean Six Sigma. *Jurnal Ilmiah Teknologi Industri* 2016. 22(1), 44–52.
- Montgomery, D. C. (2013). *Control Chart for Attributes. In Introduction to Statistical Quality Control Seven Edition*. John Wiley and Sons: United States of America.
- Mutia, Y., dan Trimmo, L. (2019). Beberapa Faktor Penyebab Ketidaksesuaian Proses Produksi Teh Hitam Orthodox di Pabrik XYZ. *Jurnal Agroindustri* 2019. 9(2), 83–93.
- Nurprihatin, F., Yulita, N. E., dan Caesaron, D. (2017). Usulan Pengurangan Pemborosan pada Proses Penjahitan Menggunakan Metode Lean Six Sigma. Seminar Nasional Akuntansi dan Bisnis, Universitas Widyaatama, Bandung, 20 Juli 2017. 809–818.
- Prawira-Atmaja, M. I., Azhari, B., Harianto, S., Maulana, H., Shabri, dan Rohdiana, D. (2019). Grade Teh Hijau Berpengaruh Terhadap Total Polifenol, Rasio Rehidrasi dan Warna Seduhan Teh. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian* 2019. 3(2), 159–169. <http://doi.org/10.26877/jiph.v3i2.5116>
- Putri, G. R., Lubis, R. F., dan Yenita, A. (2021). Analisis Pengendalian Mutu Kadar Air Teh Hitam pada Industri Pengolahan Teh. *Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry* 2021. 2(2), 81–89.
- Rahmatillah, I., Sundoro, dan Fitria, L. (2019). Peningkatan Kualitas Produk Crackers Berdasarkan Metode Lean Six Sigma di PT M. *Jurnal Rekayasa Hijau* 2019. 3(2), 95–106.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operation and Production Management* 2005. 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Ristyowati, T., Muhsin, A., dan Nurani, P. P. (2017). Minimasi Waste pada Aktivitas Proses Produksi dengan Konsep Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT Sport Glove Indonesia). *Jurnal Optimasi Sistem Industri* 2017. 10(1), 85–96.
- Santoso, J. (2006). *Petunjuk Kultur Teknis Tanaman Teh*. Pusat Penelitian Teh dan Kina: Bandung, Indonesia.
- Saputra, E. T. (2016). Perancangan Preventive Maintenance pada Mesin Ball Tea Standar di Pabrik Teh Hijau. Skripsi, Politeknik Negeri Padang, Padang, Indonesia.
- Sari, I. N., Lestari, E. R., dan Astuti, R. (2016). Analisis Produktivitas Sektor Kebun Menggunakan Craig-Harris Productivity Model (Studi Kasus di PT Candi Loka-Kebun Teh Jamus). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 2016. 5(2), 75–83.
- Setyamidjaja, D. (2000). *Teh: Budi Daya dan Pengolahan Pasca Panen*. Kanisius: Yogyakarta, Indonesia.
- Siwi, B. R., dan Susatyo, N. W. (2016). Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk PT Sarandi Karya Nugraha. *Industrial Engineering Online Journal* 2016. 5(4), 1–8.
- Solihah, S., Nurbani, S. N., Pitoyo, D., dan Munandar, A. (2017). Penerapan Metode Six Sigma dengan Pendekatan Metode Taguchi untuk Menurunkan Produk Cacat pada Industri Hilir Teh PT Perkebunan Nusantara VIII. Seminar Nasional Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Surabaya, 29 Oktober 2017. 65–75.
- Sunar. (2012). Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Control Chart pada PT XYZ. *Forum Ilmiah* 2012. 9(3), 317–325.
- Susanto, N., Prastawa, H., dan Handayani, P. R. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kemasan Teabag dengan Metode Six Sigma dan 5 Why pada Sebuah Perusahaan Teh. Seminar Nasional Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 27 Oktober 2016, 148–156.
- Syukron, A., dan Kholil, M. (2012). *Six Sigma Quality for Business Improvement*. Graha Ilmu: Jakarta, Indonesia.
- Thanoza, H., Silsia, D., dan Efendi, Z. (2016). Pengaruh Kualitas Pucuk dan Persentase Layu Terhadap Sifat Fisik dan Organoleptik Teh CTC (Crushing Tearing Curling). *Jurnal Agroindustri* 2016. 6(1), 42–50.
- Tresnatri, F. A. (2019). Pengembangan Petani Teh Rakyat sebagai Pemasok Pabrik Gambung Agro Lestari Melalui Rekayasa Ulang Proses Pemetikan Pucuk Teh. Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia.
- Trisnanda, H. (2018). Eliminasi Pemborosan pada Sistem Produksi Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing di PT Perkebunan Tambi. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.
- Tyasti, A. E., dan Hayati, D. (2022). Strategi Persaingan Provider Telekomunikasi Berdasarkan Kriteria Kepuasan Pelanggan. *Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan* 2022. 4(12), 5726–5744.
- Utami, D. R. L., Mustafid, dan Rahmawati, R. (2015). Six Sigma untuk Analisis Kepuasan Pelanggan Terhadap Persepsi Kualitas Provider Kartu GSM Prabayar. *Jurnal Gaussian* 2015. 4(1), 21–31.
- Utomo, A. S. B., Vitasari, P., dan Kiswandono. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Keripik dengan Metode Six Sigma Guna Mengurangkan Kecacatan pada Keripik Pisang di UMKM Indochips Alesha Trimulya. *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri)* 2020. 3(2), 137–143.
- Wahyudin, C., dan Ma'ruf, Y. S. (2004). Penjadwalan Pemetikan Teh dengan Model Programa Dinamis yang Mempertimbangkan Kualitas Pucuk (Studi Kasus di PPTK Gambung, Ciwidey). *Jurnal Teknik* 2004. 5(2), 410–416.

Waluyo, J., Haq, M. S., Sari, A. A., Hada, A. M. P., Muryanto, Mastur, A. I., Bardant, T. B., Harianto, S., Setiawan, A. A. R., Sulaswatty, A., dan Wiloso, E. I. (2018). Life Cycle Inventory of Green Production: Case of Gambung Tea. *International Conference Series on Life Cycle Assessment 2018*. 74, 1–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187407002>.