

Identifikasi Sifat Fisik Produk Samping dari Mesin Ball Tea pada Pengolahan Teh Hijau

Identification of Physical Properties of By-Products from Ball Tea Machine in Green Tea Processing

Putri Wilujeng Lestari¹, Sugeng Harianto², M Iqbal Prawira-Atmaja², Mery Andriyani¹, Shabri², Hilman Maulana², Selly Harnesa Putri^{1*}

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, 45363, Indonesia

²Departemen Pengolahan Hasil & Enjinering, Pusat Penelitian Teh & Kina, Gambung, Bandung, 40972, Indonesia

*E-mail: selly.h.putri@unpad.ac.id

Diterima: 11 Juni 2022; Disetujui: 3 Agustus 2022

ABSTRAK

Teh hijau diproduksi melalui proses inaktivasi enzim polifenol oksidase menggunakan panas. Proses pengolahan teh hijau dimulai dari proses pelayuan, penggulungan, pengeringan I dan pengeringan II menggunakan Mesin Ball Tea. Penggunaan Mesin Ball Tea pada proses pengeringan teh akan menghasilkan teh hijau yang menggulung, bulat, melintir dan mengkilap. Namun, selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea menghasilkan produk samping berupa partikel teh hijau kering. Hembusan udara yang kuat masih membawa partikel debu dan daun teh berukuran kecil keluar meskipun terdapat penyaring pada Mesin Ball Tea. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 dan No. 2 untuk mewakili kinerja mesin yang terbaik pada pengolahan teh hijau. Penurunan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 lebih cepat dibanding penurunan kadar air produk samping di Mesin Ball Tea No. 2. Persentase susut produk samping yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea No. 1 sebesar 1,94% dan dari Mesin Ball Tea No. 2 sebesar 1,71%. Kadar air produk samping dari Mesin Ball Tea setelah 1 jam proses pengolahan berkisar 27-30%, kemudian meningkat pada jam ke-2 dan menurun signifikan hingga diperoleh kadar air berkisar 5% pada akhir operasional Mesin Ball Tea. Banyak partikel berukuran 1410 µm dan 1000 µm karena pada jam pengambilan sampel tersebut, produk samping yang keluar berukuran besar. Rekayasa Mesin Ball Tea perlu dilakukan lebih lanjut untuk dapat meminimalisir produk samping yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea selama proses pengolahan teh hijau.

Kata kunci: kadar air; mesin ball tea; produk samping; teh hijau

ABSTRACT

Green tea is produced by inactivating the polyphenol oxidase enzyme using heat. Green tea processing starts from withering, rolling, drying I and drying II using a Ball Tea Machine. The use of the Ball Tea Machine in the tea drying process produce green tea that is rolled, round, twisted and shiny. However, during the drying process in the Ball Tea Machine a by-product is in the form of dry green tea particles. Strong gusts of air still carry dust particles and small tea leaves out even though there is a filter on the Ball Tea Machine. This study aims to identify the by-products produced during the drying process at the Ball Tea Machines No. 1 and No. 2 to represent the best machine performance in green tea processing. The decrease in the water content of the by-products produced during the drying process at the Ball Tea Machine No. 1 faster than the decrease in the water content of by-products in the Ball Tea Machine No. 2. Percentage of by-product loss produced from Ball Tea Machine No. 1 is 1.94% and from Ball Tea Machine No. 2 is 1.71%. The water content of by-products from the Ball Tea Machine after 1 hour of processing ranges from 27-30%, then increases at the 2nd hour and decreases significantly until a water content of around 5% is obtained at the end of the operation of the Ball Tea Machine. Many of the particles are 1410 µm and 1000 µm because at that time of sampling, the by-products that come out are large. Ball Tea Machine Engineering needs to be done further to minimize by-products produced from the Ball Tea Machine during the green tea processing.

Keywords: ball tea machine; by-product; green tea; moisture content

PENDAHULUAN

Teh hijau dihasilkan melalui proses pengolahan dengan cara inaktivasi enzim polifenol oksidase yang ada pada pucuk daun teh segar dengan suhu tinggi pada tahap pelayuan (Prawira-Atmaja *et al.*, 2021). Proses pengolahan teh hijau dimulai dari proses pelayuan pucuk basah (*Rotary Panner*) pada suhu 80-100°C, pendinginan (*Cooler*), penggulungan (*Roller*) selama 30-40 menit, pengeringan I (*Endless Chain Pressure*) pada suhu 110-135°C selama 30 menit, pengeringan semi (*Rotary Dryer*) dan pengeringan II (*Ball Tea*) pada suhu 130-150°C selama 7-12 jam (Prawira-

Atmaja *et al.*, 2019). Ball Tea merupakan mesin yang digunakan dalam proses pengeringan akhir teh hijau yang berfungsi untuk mengurangi kadar air teh hijau (3-4%), mengeringkan daun teh hijau, dan membentuk karakteristik fisik teh hijau (menggulung, bulat, melintir dan mengkilap) (Damanik, 2013).

Setelah proses pengeringan di Mesin Ball Tea selesai, selanjutnya dilakukan proses pemolesan (*polishing*) untuk menyeragamkan warna teh hijau kering menjadi agak mengkilap. Proses pemolesan (*polishing*) dilakukan sebelum sortasi dengan menggunakan Mesin Ball Tea selama 1,5 jam di mana 1 jam pertama tanpa *blower* dan 0,5 jam

menggunakan panas dari *blower* dengan kondisi mesin tetap berputar. Beberapa kriteria hasil pengeringan teh hijau yang baik yaitu apabila teh dihancurkan akan menjadi bubuk, apabila batang daun dipatahkan akan patah, aroma teh kering harum dan tidak berbau asap maupun terbakar. Kriteria untuk hasil polesan yang baik meliputi warna teh keabu-abuan dan mengkilap, memiliki aroma harum dan batang telah lepas dari pucuk teh (Saputra, 2016).

Komponen pada Mesin Ball Tea terdiri dari ruang pengering berbentuk silinder yang berfungsi sebagai tempat proses pengeringan teh, saluran pemanas (*ducting*) yang berfungsi untuk menyalurkan udara panas dari ruang elemen menuju ruang pengering mesin, motor sebagai sumber putaran atau penggerak Mesin Ball Tea, elemen pemanas yang berfungsi sebagai penghasil panas yang dimanfaatkan dalam proses pengeringan teh, *blower* yang berfungsi sebagai sumber udara untuk menyalurkan panas dari elemen menuju ruang pengering, dan saringan yang berfungsi sebagai penyaring debu yang dikeluarkan dari ruang pengering (Saputra, 2016). Prinsip kerja dari Mesin Ball Tea adalah ditariknya udara panas hasil dari pemanasan ke dalam ruang pengering yang berbentuk lingkaran yang berputar. Mesin Ball Tea berbentuk silinder dengan kecepatan putar 17-19 rpm dan memiliki kapasitas yang berbeda tergantung ukuran Mesin Ball Tea. Mesin Ball Tea besar berkapasitas 1800-2000 kg dengan waktu pengeringan 10-13 jam pada suhu 125-150°C (Damanik, 2013).

Pemisahan debu dari pucuk teh agar pucuk teh tidak ikut terbawa keluar selama proses pengeringan akhir menggunakan saringan yang terdapat di dalam Mesin Ball Tea (Saputra, 2016). Hembusan udara yang kuat masih membawa partikel debu dan daun teh berukuran kecil keluar meskipun terdapat penyaring pada Mesin Ball Tea. Hal ini menghasilkan produk samping berupa partikel bubuk daun teh hijau seperti teh hijau kering. Debu atau hembusan yang keluar dipisahkan dari pucuk teh dengan memanfaatkan aliran udara panas yang dihembuskan oleh *blower*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea pada pengolahan teh hijau. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dari produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea. Identifikasi ini bertujuan supaya ada peningkatan performa mesin sehingga dapat meminimalisir produk samping dari Mesin Ball Tea.

METODE

Lokasi Pengamatan dan Pengambilan Data

Penelitian dilaksanakan di pada pabrik pengolahan teh hijau di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK), Gambung, Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan pada Mesin Ball Tea No. 1 dan No. 2 untuk mewakili kinerja mesin yang terbaik pada proses pengeringan teh hijau. Mesin Ball Tea memiliki kapasitas muat 250 kg teh kering atau setara dengan 1.000-1.200 kg pucuk segar per unit (1-1,2 ton pucuk diperlukan 1 Mesin Ball Tea). Spesifikasi Mesin Ball Tea standar yaitu tinggi 200 cm, panjang alat 270 cm, lebar 110 cm, panjang Mesin Ball Tea 160 cm, diameter Mesin Ball Tea 150 cm, *blower* 38 cm, motor 2 HP 1425 rpm dan motor penggerak 2 HP 1445 rpm (Saputra, 2016).

Sampel produk diambil pada wadah *dust box* yang terletak di samping Mesin Ball Tea (Gambar 1). Pengambilan sampel dilakukan setiap jam hingga proses Mesin Ball Tea berakhir (selama penelitian Mesin Ball Tea beroperasi

selama 11-13 jam hingga diperoleh kadar air akhir teh hijau sebesar 2-5%).

Sampel produk samping dari proses pengeringan akhir di Mesin Ball Tea yang terkumpul selanjutnya ditimbang (merek Henherr dengan kapasitas 150 kg) dan dilakukan pengeringan menggunakan *rack drier* (CNC, Sri Lanka) pada suhu 90°C selama 60 menit hingga diperoleh produk kering (kadar air 2-5%). Sampel kering kemudian ditimbang bobotnya dan disimpan pada kemasan plastik untuk analisis lebih lanjut.

Analisis Susut Selama Proses Pengeringan di Mesin Ball Tea

Analisis susut bertujuan untuk mengetahui berapa banyak kehilangan produk samping dari total berat basah pucuk yang diproduksi hingga menjadi keringan teh hijau. Persen susut menunjukkan adanya kehilangan produk selama proses produksi (Yahya, 2012). Perhitungan susut (%) didapatkan dari perbandingan total berat kering dengan berat basah pucuk.

$$\text{Susut (\%)} = \frac{\text{Total berat kering (kg)}}{\text{Berat basah pucuk (kg)}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: Total berat kering adalah jumlah berat kering produk samping dari jam ke-1 hingga jam ke-n; sedangkan berat basah adalah berat pucuk pada Mesin Ball Tea dengan kapasitas Mesin Ball Tea 1.500 kg pucuk basah.



Gambar 1. Mesin Ball Tea dan cara pengambilan sampel: (a) tempat pengambilan sampel (tanda panah merah), dan (b) sampel dituang ke wadah plastik untuk ditimbang dan dilakukan proses analisis lebih lanjut.

Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan pada produk samping yang diambil tiap jam hingga proses pengeringan di Mesin Ball Tea berakhir (11-13 jam). Analisis kadar air menggunakan metode ISO 1572:2002 dengan metode gravimetri menggunakan oven 103±1°C hingga diperoleh berat konstan. Metode gravimetri merupakan penetapan kadar air menggunakan cara pengeringan dengan prinsip menguapkan air yang ada dalam bahan melalui pemanasan dan dipengaruhi oleh suhu dalam ruang oven. Semakin tinggi suhu udara akan semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara, sehingga udara bersuhu tinggi akan lebih cepat mengambil air dari bahan dan proses pengeringan lebih cepat (Daud *et al.*, 2019). Kadar air dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{KA (\%)} = \frac{W1 - W2 \text{ (gram)}}{W1 - W0 \text{ (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: KA (%) = kadar air (%); W_0 = berat cawan kosong (gram); W_1 = berat cawan dengan sampel sebelum pengeringan pada oven (gram); W_2 = berat cawan dengan sampel setelah pengeringan pada oven (gram).

Analisis Densitas Produk Samping

Analisis densitas digunakan untuk pengukuran densitas kamba (*bulk density*) dan pengukuran densitas mampat (*tapped density*). Analisis densitas menggunakan tabung ukur 1000 mL, timbangan digital dan corong. Sebanyak 100 gram sampel ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam tabung ukur menggunakan corong. Densitas kamba diukur secara langsung dan densitas mampat diukur dengan tabung ukur diketuk-ketuk terlebih dahulu (Prawira-Atmaja *et al.*, 2018).

Densitas kamba adalah perbandingan antara berat bahan dengan volume bahan dan satuan kg/m³ (Hamsinah & Ririn, 2020). Pengukuran densitas kamba pada produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea dilakukan dengan cara sebanyak 100 gram sampel dimasukkan ke dalam tabung ukur 1000 mL dan dicatat volume awal. Rumus perhitungan densitas kamba:

$$\rho_b = \frac{W_t}{V_b} \quad (3)$$

Keterangan: ρ_b = densitas kamba (kg/m³); W_t = berat sampel produk samping (gr); V_b = volume sampel yang terbaca di dalam tabung ukur (mL).

Densitas mampat adalah perbandingan antara berat bahan dengan volume bahan setelah dimampatkan dan satuan kg/m³ (Hamsinah & Ririn, 2020). Pengukuran densitas mampat sampel produk samping Mesin Ball Tea dilakukan dengan cara sebanyak 100 gr sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur 1000 mL, kemudian dimampatkan volumenya dengan cara tabung ukur diketuk-ketuk sebanyak 10 kali. Rumus perhitungan densitas mampat:

$$\rho_{tap} = \frac{W_t}{V_{tap}} \quad (4)$$

Keterangan: ρ_{tap} = densitas mampat (kg/m³); W_t = berat sampel produk samping (gram); V_t = volume sampel yang terbaca di dalam tabung ukur setelah dimampatkan (mL).

Pengukuran Indeks Carr dan Rasio Hausner

Pengukuran indeks Carr (CI) dan rasio Hausner (Hr) memiliki tujuan untuk mengetahui skala flowabilitas dari sampel produk samping Mesin Ball Tea. Skala karakteristik sifat alir berdasarkan indeks Carr dan rasio Hausner disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala karakteristik sifat alir berdasarkan indeks Carr (CI) dan rasio Hausner (Hr)

Indeks Carr (CI)	Rasio Hausner (Hr)	Karakteristik Sifat Alir
≤10	1.00-1.11	Sangat baik
11-15	1.12-1.18	Baik
16-20	1.19-1.25	Sedang
21-25	1.26-1.34	Lumayan
26-31	1.35-1.45	Buruk
32-37	1.46-1.59	Sangat buruk
≥38	>1.60	Sangat, sangat buruk

Sumber: (Lumay *et al.*, 2012)

Perhitungan indeks Carr dan rasio Hausner didapatkan dari nilai densitas kamba (*bulk*) dan densitas mampat (*tapped*) (Prawira-Atmaja *et al.*, 2018). Persamaan Indeks Carr adalah:

$$CI = \frac{\rho_{tap} - \rho_b}{\rho_{tap}} \times 100 \quad (5)$$

Persamaan Rasio Hausner adalah:

$$Hr = \frac{\rho_{tap}}{\rho_b} \quad (6)$$

Keterangan: CI= Indeks Carr; Hr= Rasio Hausner; ρ_b = Densitas kamba; ρ_{tap} = Densitas mampat.

Analisis Distribusi Ukuran Partikel

Analisis distribusi ukuran partikel diukur menggunakan ayakan dengan urutan ayakan nomor 10, 14, 18, 25, 35, 45 dan wadah pan pada bagian paling bawah untuk menampung partikel lolos ayakan 45. proses pengayakan memungkinkan sampel melewati celah lubang ayakan pada setiap tingkatan ayakan sesuai ukuran sampel (Wibowo, 2017). Standar yang digunakan untuk ukuran ayakan adalah ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dengan satuan mikrometer (μm). Partikel yang lolos dari saringan adalah partikel yang lebih kecil dan partikel yang tertinggal ialah partikel yang lebih besar (Putra, 2018). Standar ukuran ayakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Ukuran Ayakan (ASTM)

ASTM	
No. Saringan	Mesh Width (μm)
10	2000
14	1410
18	1000
25	707
35	500
45	354
PAN	0

Sumber: (Kuo & Acharya, 2012)

Sebanyak 150 gram sampel diletakkan pada ayakan dan diayak secara manual selama 5 menit. Setiap jam pengamatan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Sampel teh yang tertahan di setiap ayakan kemudian ditimbang (Salehuddin, 2014). Sampel tersebut kemudian dilakukan analisis distribusi ukuran partikel sesuai dengan nomor dan *mesh width* yang disajikan pada Tabel 1. Hasil rata-rata selanjutnya dilakukan analisis. Jarak antar setiap lebar jaring-jaring ayakan (*mesh width*) dihitung menggunakan rumus:

$$\Delta x_i = x_i - x_{i-1} \quad (7)$$

Keterangan: Δx_i = lebar interval antara batas atas dan batas bawah *mesh width* (μm); x_i = batas atas interval *mesh width* (μm); x_{i-1} = batas bawah interval dari *mesh width* (μm).

Sampel yang tertahan di masing-masing ayakan disimbolkan dengan "m_i" satuan gram, yang kemudian semua sampel dari masing-masing ayakan tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan nilai m dengan rumus:

$$m = \sum_{i=1}^k m_i \quad (8)$$

Keterangan: m= total massa sampel (gram); m_i= sampel yang tertahan (gram), i= indeks kategori ayakan; k= total kategori ayakan.

Perbandingan sampel yang tertahan dan total massa sampel digunakan untuk menghitung rasio jumlah fraksi massa relatif ($Q_3(x_i)$) dengan rumus:

$$Q_3(x_i) = \sum_{i=1}^i \frac{m_i}{m} \tag{9}$$

Keterangan: $Q_3(x_i)$ = rasio jumlah fraksi massa relatif (gram); m = total massa sampel (gram); m_i = sampel yang tertahan (gram).

Diagram distribusi ukuran partikel dengan garis horizontal berasal dari ukuran rata-rata partikel dan garis vertikal berasal dari fraksi massa relatif ($Q_3(x_i)$). Ukuran rata-rata partikel diperoleh dari rata-rata *mesh width* antar ayakan (Figura & Teixeira, 2007). Rumus ukuran rata-rata partikel:

$$\underline{x}_i = \frac{x_i + x_{i-1}}{2} \tag{10}$$

Keterangan: \underline{x}_i = rata-rata dari interval *mesh width* (μm); x_i = batas atas interval *mesh width* (μm); x_{i-1} = batas bawah interval dari *mesh width* (μm).

Analisis Data

Seluruh data-data yang diperoleh dilakukan analisis statistik deskriptif eksploratif. Data disajikan dengan nilai akumulasi, nilai rerata dan standar deviasi. Seluruh data dianalisis menggunakan Microsoft® excel 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Kinerja Mesin Ball Tea

Kinerja Mesin Ball Tea terbaik pada proses pengeringan teh hijau yaitu Mesin Ball Tea No. 1 dibanding Mesin Ball Tea No. 2. Parameter utama dalam penentuan kinerja mesin terbaik ini dapat dilihat dari grafik penurunan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 yang lebih cepat dibanding penurunan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 2.

Kadar Air dan Persen Produk Samping Mesin Ball Tea

Pengamatan perubahan kadar air dilakukan pada tahap awal setiap tahapan pengolahan teh hijau. Pengamatan dilakukan pada daun teh segar sebelum pelayuan, pucuk daun setelah keluar pelayuan, hingga produk teh kering setelah proses pengeringan II menggunakan Mesin Ball Tea. Pucuk daun teh segar memiliki kadar air berkisar 71,06%. Selama proses pengolahan teh hijau terjadi penurunan kadar

air pucuk teh. Proses pelayuan teh hijau menyebabkan berkurangnya kadar air menjadi 67,13%. Berkurangnya kadar air pada proses pelayuan teh hijau dikarenakan proses pelayuan menggunakan mesin *rotary panner* dengan suhu 80-100°C selama 5 menit. Proses pelayuan teh hijau merupakan tahapan penting untuk inaktivasi enzim polifenol oksidase dan juga mempertahankan warna hijau daun (Anggraini, 2017). Semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan menyebabkan semakin rendah kadar air teh hijau (Rusnayanti, 2018). Perubahan kadar air pada setiap tahap pengolahan teh hijau tersaji pada Tabel 3.

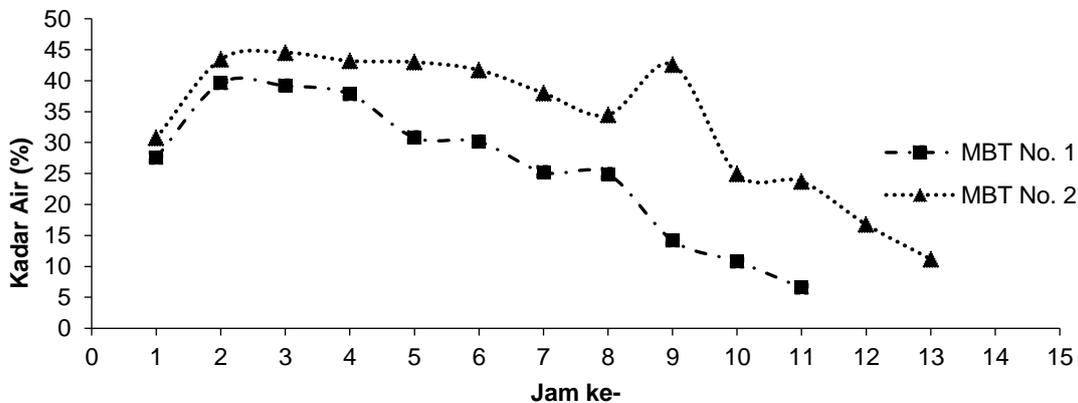
Tabel 3. Perubahan kadar air di setiap tahapan pengolahan teh hijau

Tahapan pengolahan teh hijau	Mesin	Kadar Air (% Bb)
Pucuk segar daun teh	'n/a'	71,06
Pelayuan	<i>Rotary panner</i>	67,13
Pendinginan & sortasi	<i>Rotary shifter</i>	62,89
Penggulungan	<i>Open top roller</i>	62,45
Pengering I	<i>Endless chain pressure</i>	51,09
Pengering II	<i>Ball tea</i>	5,25

Keterangan: 'n/a' = tidak menggunakan mesin pengolahan

Tabel 3 menunjukkan bahwa proses pengeringan ke II dengan Mesin Ball Tea dihasilkan teh hijau dengan kadar air 5,25%. Proses pengeringan dengan Mesin Ball Tea berlangsung selama 11-13 hingga diperoleh kadar air produk teh hijau berkisar 3-6% (Saputra, 2016). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3945-2016, teh hijau memiliki kandungan air maksimal 8% dimana kadar air yang rendah mampu menjaga kualitas teh selama penyimpanan (Prawira-Atmaja et al., 2021).

Selama pengeringan dengan Mesin Ball Tea dihasilkan produk samping yang ditampung dalam wadah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada jam pertama (jam ke-1) produk samping memiliki kadar air sebesar 27% dan 30% yang secara berurutan dari Mesin Ball Tea No. 1 dan No. 2. Pada jam ke-2, terjadi peningkatan kadar air pada produk samping yang dihasilkan selama pengeringan di Mesin Ball Tea. Kadar air produk samping yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea selanjutnya mengalami penurunan signifikan hingga kadar air berkisar 5-7%. Penurunan kadar air pada produk samping di proses pengeringan Mesin Ball Tea tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan kadar air (%) produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea. MBT No. 1: Mesin Ball Tea No. 1; MBT No. 2: Mesin Ball Tea No. 2

Gambar 2 menunjukkan terjadinya peningkatan kadar air pada jam ke-2 pada produk samping dari Mesin Ball Tea No.

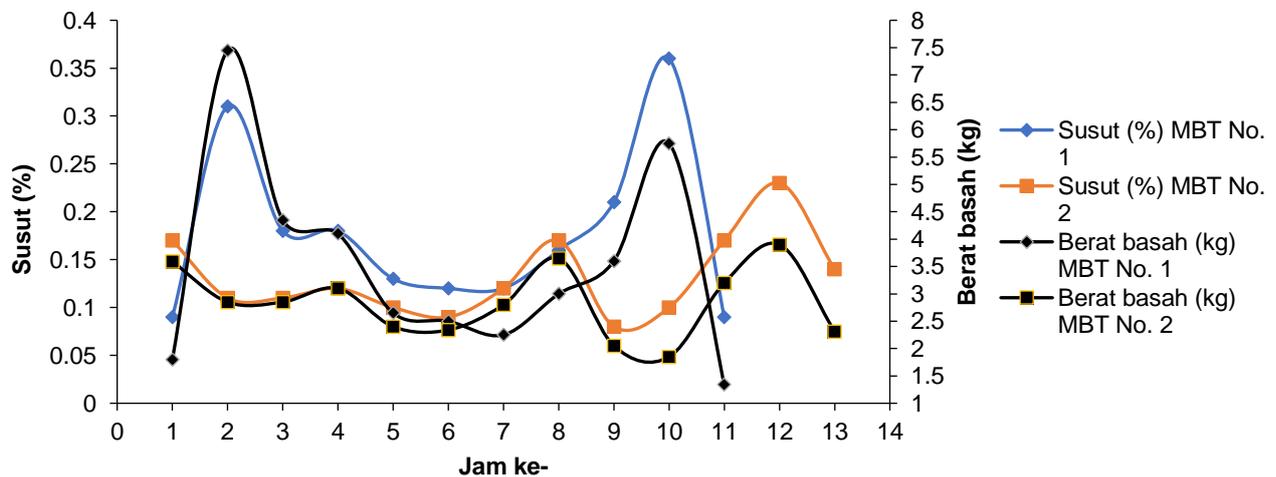
1 dan 2. Peningkatan kadar air tersebut kemungkinan disebabkan adanya uap jenuh yang keluar selama proses

pengeringan di Mesin Ball Tea yang terserap oleh produk samping. Hal ini dikarenakan teh merupakan produk higroskopis yang mampu menyerap kelembapan dari lingkungan sekitar (Teshome, 2019). Peningkatan kadar air produk samping pada jam ke-2 dikarenakan adanya penyerapan uap basah yang keluar dari Mesin Ball Tea yang diserap oleh produk. Hal tersebut karena kadar air yang rendah dan ukuran partikel produk samping pada jam ke-2 dan jam ke-3 masih berukuran bubuk kecil. Fenomena tersebut juga terlihat pada jam ke-7 hingga jam ke-9. Partikel kecil dapat menyerap kelembapan udara dan akan membentuk lapisan molekul air pada permukaannya, sehingga dapat menggumpal dan mengurangi luas permukaan. Semakin besar ukuran produk akan semakin tinggi kadar airnya (Semawi *et al.*, 2019). Pengambilan sampel ke-9 yang dilakukan pada malam hari terjadi peningkatan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea disebabkan karena suhu lingkungan yang rendah, sehingga teh dapat menyerap kelembapan dari udara di lingkungan (Arizka & Daryatmo, 2015). Teh sebagai bahan pangan kering dapat menyerap air dari udara dan kadar air sebagai faktor yang

dapat mempengaruhi penurunan mutu bahan pangan. Penurunan mutu bahan pangan meningkat sejalan dengan meningkatnya kadar air bahan pangan (Akbari, 2019).

Persentase Susut dan Produk Samping Yang dihasilkan Selama Pengeringan di Mesin Ball Tea

Berdasarkan data dari pabrik, sampel yang diambil dari Mesin Ball Tea No. 1, berat pucuk basah sebanyak 9.275 kg dihasilkan teh hijau kering sebanyak 2.280 kg. Produk samping yang keluar didapatkan berat basah sebanyak 38,79 kg dan berat kering 18,68 kg. Sampel yang diambil dari pabrik pengolahan teh hijau pada Mesin Ball Tea No. 2, berat pucuk basah sebanyak 15.095 kg dihasilkan teh hijau kering sebanyak 3.622 kg. Produk samping yang keluar didapatkan berat basah sebanyak 36,89 kg dan berat kering 23,11 kg. Persentase susut yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea No. 1 sebesar 1,94% dengan pengeringan selama 11 jam dan dari Mesin Ball Tea No. 2 sebesar 1,71% dengan pengeringan selama 13 jam. Grafik produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea disajikan pada Gambar 3.



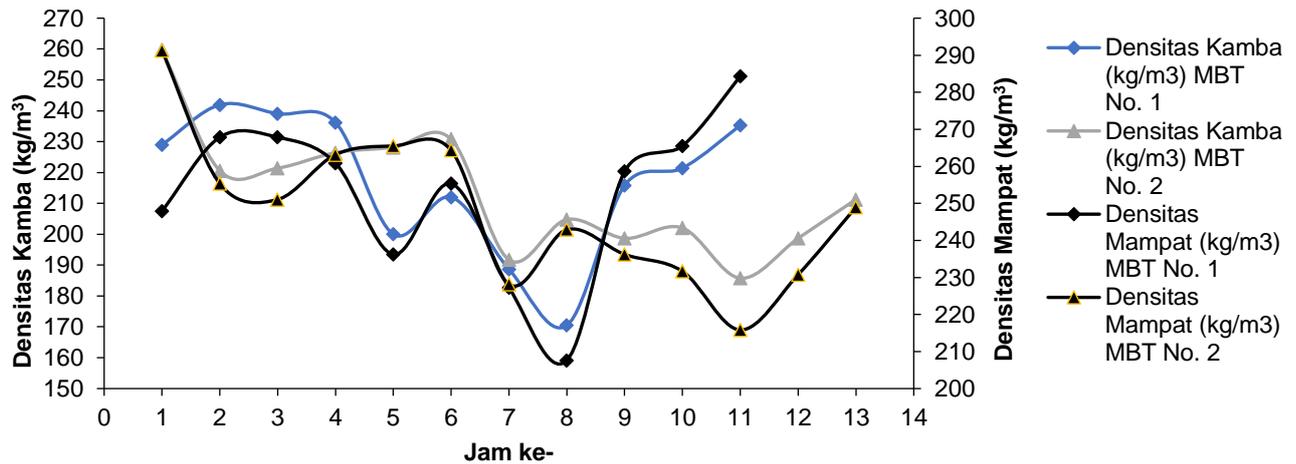
Gambar 3. Grafik produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea. MBT No. 1: Mesin Ball Tea No. 1; MBT No. 2: Mesin Ball Tea No. 2

Penanganan susut pada proses pengolahan teh hijau perlu dilakukan pada setiap tahapan proses pengolahan. Semakin besar susut yang terjadi selama proses pengolahan akan berdampak pada target produksi, rendemen yang rendah, dan produktivitas yang tidak terpenuhi. Hal ini menunjukkan rendahnya efektivitas kerja pada proses produksi yang dilakukan pada pabrik pengolahan teh hijau. Hingga kini masih sedikit penelitian yang melaporkan kehilangan hasil produksi/susut selama proses pengolahan teh hijau. Penelitian Hasbullah & Dewi (2012) melaporkan bahwa susut pada panen padi berkisar 11,27% yang mana pada proses pengeringan padi susutnya sebesar 3,59%.

Densitas dan Sifat Alir Produk

Densitas merupakan pengukuran massa produk samping per satuan volume sehingga diketahui nilai kerapatannya, semakin kecil nilai kerapatannya maka menunjukkan volume sampel semakin besar. Grafik densitas kamba dan densitas mampat produk samping yang dihasilkan selama pengeringan di Mesin Ball Tea disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea memiliki nilai densitas yang bervariasi dari jam ke-1 hingga akhir pengeringan. Pada jam ke-1, densitas kamba produk samping adalah 229-259 kg/m³. Hal ini menunjukkan bahwa produk samping yang dihasilkan pada proses pengeringan di Mesin Ball Tea memiliki ukuran volume kecil. Ukuran kecil produk samping kemungkinan adalah dari daun teh tua yang kering terlebih dahulu pada proses pengeringan. Karena massa daun tua lebih ringan, maka akan terhembus oleh udara kering yang masuk ke Mesin Ball Tea sehingga keluar ke wadah penampung produk samping. Pengeringan lebih lanjut dihasilkan densitas produk samping yang lebih kecil yang mana menunjukkan produk samping yang dihasilkan memiliki volume berukuran besar. Nilai densitas kamba dipengaruhi oleh keadaan fisik dan kimia bahan terutama ukuran partikel. Adanya perbedaan lama proses pengeringan akan mengakibatkan pola penyusutan menjadi berbeda-beda. Proses pengeringan dengan suhu tinggi membuat penguapan air lebih cepat, sehingga hanya bagian permukaan butiran yang kering, sedangkan bagian dalamnya masih belum terlalu kering (Ridawati *et al.*, 2018).



Gambar 4. Densitas kamba dan densitas mampat produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea. MBT No. 1: Mesin Ball Tea No. 1; MBT No. 2: Mesin Ball Tea No. 2

Tabel 4. Data indeks Carr dan rasio Hausner produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea

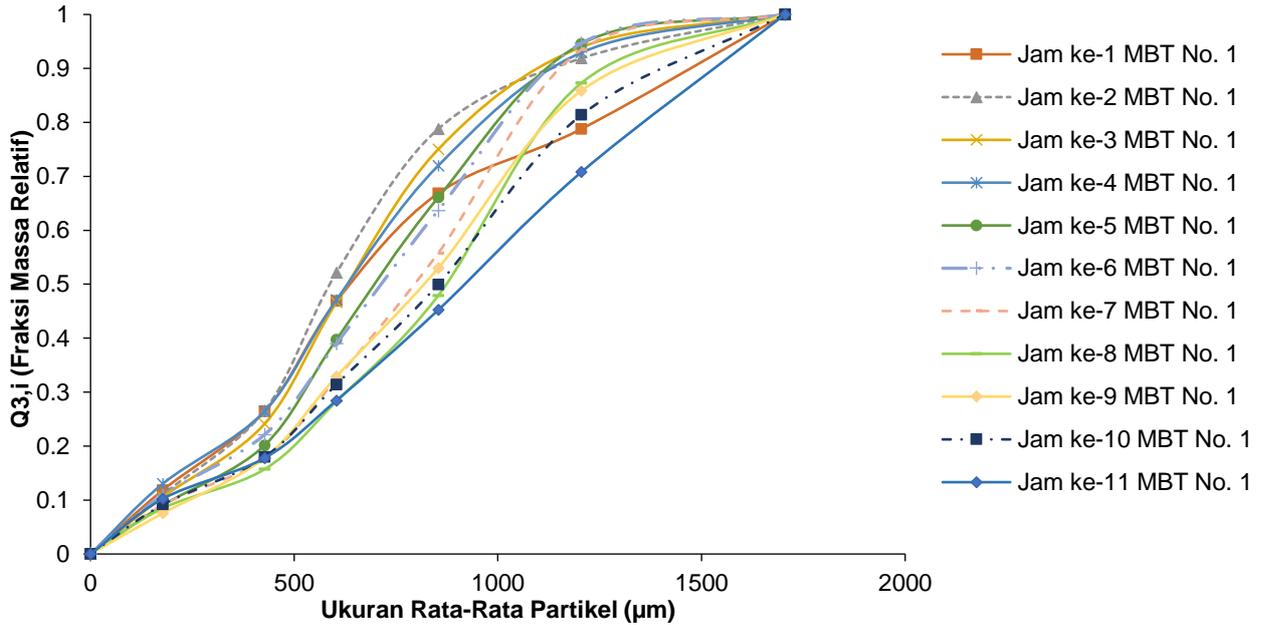
Jam ke-	Mesin Ball Tea No. 1			Mesin Ball Tea No. 2		
	Indeks Carr (CI)	Rasio Hausner (Hr)	Karakteristik Sifat Alir	Indeks Carr (CI)	Rasio Hausner (Hr)	Karakteristik Sifat Alir
1	7,63	1,08	Sangat baik	10,82	1,12	Baik/ Sangat baik
2	9,68	1,11	Sangat baik	13,60	1,16	Baik
3	10,76	1,12	Baik/ Sangat baik	11,81	1,13	Baik
4	9,45	1,10	Sangat baik	13,96	1,16	Baik
5	15,33	1,18	Baik/Sedang	14,07	1,16	Baik
6	16,96	1,20	Sedang	12,69	1,15	Baik
7	16,98	1,20	Sedang	15,97	1,19	Sedang/Baik
8	17,90	1,22	Sedang	15,70	1,19	Sedang/Baik
9	16,55	1,20	Sedang	15,89	1,19	Sedang/Baik
10	16,61	1,20	Sedang	12,79	1,15	Baik
11	17,25	1,21	Sedang	13,93	1,16	Baik
12	'n/a'	'n/a'	'n/a'	13,91	1,16	Baik
13	'n/a'	'n/a'	'n/a'	15,14	1,18	Baik/Sedang

Keterangan: 'n/a' = proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 hanya berlangsung 11 jam, sehingga tidak ada data jam ke-12 dan jam ke-13

Tabel 4 menunjukkan sifat alir produk samping yang dihasilkan selama pengeringan di Mesin Ball Tea. Pengukuran indeks Carr (CI) dan rasio Hausner (Hr) sampel produk samping didasarkan pada Tabel skala karakteristik sifat alir (Lumay *et al.*, 2012). Nilai indeks Carr berkisar 7,63-17,25 dan 10,82-15,14 pada produk samping yang dihasilkan pada Mesin Ball Tea dihasilkan memiliki karakteristik sifat alir sangat baik. Nilai rasio Hausner berkisar 1,08-1,21 dan 1,12-1,18 pada produk samping yang dihasilkan pada Mesin Ball Tea No 1 dan No. 2. Dengan bertambahnya waktu proses pengeringan karakteristik sifat alir produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea menjadi sedang atau baik/sedang. Sifat alir produk merupakan kemampuan produk mengalir pada berbagai kondisi, di mana kemampuan mengalir produk dipengaruhi oleh kontak antar partikel dengan permukaan (Prawira-Atmaja *et al.*, 2018).

Distribusi Ukuran Partikel Produk

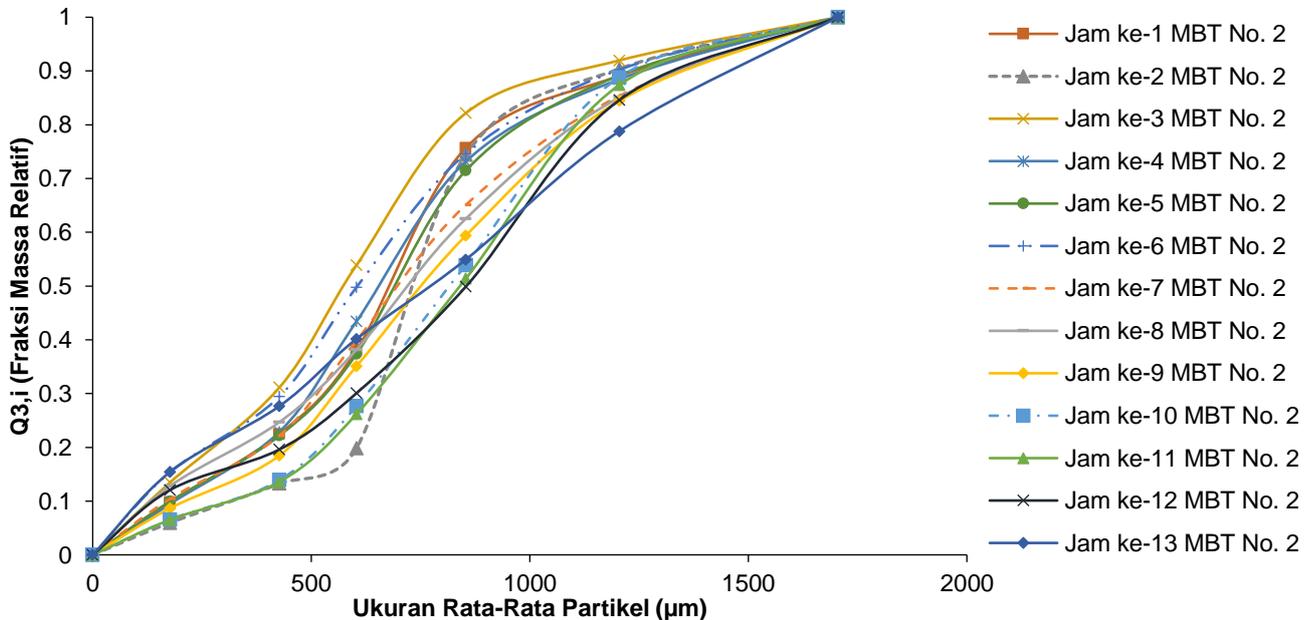
Distribusi ukuran partikel ditentukan dari pengukuran berat kering partikel produk yang tertinggal di atas tiap ayakan. Analisis distribusi ukuran partikel digambarkan melalui grafik garis (Salehuddin, 2014). Gambar 5 menunjukkan distribusi ukuran partikel produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1. Distribusi ukuran partikel bervariasi pada setiap jam pengambilan produk samping selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea, dengan variasi ukuran partikel pada produk samping dari kedua Mesin Ball Tea berkisar antara 1000-1410 µm. Produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 pada jam ke-1 banyak partikel berukuran 2000 µm, hal ini disebabkan banyak partikel yang tertahan di ayakan nomor 10. Produk samping pada jam ke 2-4 banyak partikel berukuran 1000 µm karena lolos ayakan nomor 14 dan tertahan di ayakan nomor 18. Produk samping pada jam ke 5-10 banyak partikel berukuran 1410 µm karena lolos ayakan nomor 10 dan tertahan di ayakan nomor 14.



Gambar 5. Distribusi ukuran partikel produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di MBT No. 1: Mesin Ball Tea No. 1

Selama proses pengolahan, produk samping yang dihasilkan menjadi berukuran 2000 μm pada jam ke-11 karena banyak tertahan pada ayakan nomor 10. Hal ini menunjukkan pada akhir proses, produk samping yang dikeluarkan dari Mesin Ball Tea No. 1 menjadi lebih kasar. Gambar 6 menunjukkan distribusi ukuran partikel produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 2. Produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 2 pada

jam ke 1-8 banyak partikel berukuran 1000 μm , hal ini disebabkan banyak partikel yang lolos ayakan nomor 14 dan tertahan di ayakan nomor 18. Produk samping pada jam ke 9-13 banyak partikel berukuran 1410 μm karena lolos ayakan nomor 10 dan tertahan di ayakan nomor 14, hal ini menunjukkan pada akhir proses produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 2 menjadi lebih besar.



Gambar 6. Distribusi ukuran partikel produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di MBT No. 2: Mesin Ball Tea No. 2

KESIMPULAN

Jumlah total produk samping yang keluar selama proses pengolahan di Mesin Ball Tea No. 1 sebanyak 38,79 kg dari 9.275 kg berat pucuk basah yang diolah, dan produk

samping di Mesin Ball Tea No. 2 sebanyak 36,89 kg dari 15.095 kg berat pucuk basah yang diolah. Persentase susut yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea No. 1 sebesar 1,94% dan dari Mesin Ball Tea No. 2 sebesar 1,71%. Kadar air teh kering sampel produk samping dari Mesin Ball Tea No. 1

sebanyak 6,57% dan dari Mesin Ball Tea No. 2 sebanyak 11,18% dari kadar air daun teh keluaran ECP sebesar 51,09%. Nilai densitas mampat dari kedua mesin *ball tea* lebih tinggi dibandingkan nilai densitas kamba dan sampel produk samping yang dihasilkan dari Mesin Ball Tea memiliki sifat alir produk sangat baik, baik dan sedang. Banyak partikel berukuran 1410 µm dan 1000 µm karena pada jam pengambilan sampel tersebut, produk samping yang keluar berukuran besar. Kinerja Mesin Ball Tea terbaik pada proses pengeringan teh hijau yaitu Mesin Ball Tea No. 1 dibanding Mesin Ball Tea No. 2. Parameter utama dalam penentuan kinerja mesin terbaik ini dapat dilihat dari grafik penurunan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 1 yang lebih cepat dibanding penurunan kadar air produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea No. 2. Rekayasa Mesin Ball Tea perlu dilakukan lebih lanjut untuk dapat meminimalisir produk samping yang dihasilkan selama proses pengeringan di Mesin Ball Tea. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk pemanfaatan lebih lanjut produk samping hasil proses pengeringan di Mesin Ball Tea.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, N. (2019). *Pengaruh Penambahan Bubuk Daun Mint Kering (Mentha piperita L) dan Bubuk Inulin Terhadap Rasa Pahit dan Sepat Teh Hijau (Camelia sinensis L) Celup*.
- Angraini. (2017). Proses dan Manfaat Teh. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Arizka, A., & Daryatmo, J. (2015). Perubahan Kelembaban dan Kadar Air Teh Selama Penyimpanan pada Suhu dan Kemasan yang Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(4), 124–129.
<https://doi.org/10.17728/jatp.v4i4.6>
- Damanik, D. Y. P. (2013). *Manajemen Pengadaan Bahan Baku Teh Hijau di PT Rumpun Sari Kemuning I*.
- Daud, A., Suriati, & Nuzulyanti. (2019). Kajian Penerapan faktor yang mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air metode Thermogravimetri. *Jurnal Lutjanus*, 24(2), 11–16.
https://ppnp.e-journal.id/lutjanus_PPNP%0AKajian
- Figura, L. O., & Teixeira, A. A. (2007). *Food Physics Physical Properties-Measurement and Applications*.
- Hamsinah, H., & Ririn, R. (2020). Pengembangan Ekstrak Etanol Buah Pepino (*Solanum Muricatum Aiton*) dalam Bentuk Granul Effervescent dengan Variasi Bahan Pengikat. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 6(1), 124–131.
<https://doi.org/10.22487/j24428744.2020.v6.i1.12037>
- Hasbullah, R., & Dewi, A. R. (2012). Teknik Penanganan Pascapanen Padi untuk Menekan Susut dan Meningkatkan Rendemen Giling. *PANGAN*, 21(1), 17–27.
- Kuo, K. K., & Acharya, R. (2012). Appendix D: Particle Size-U.S. Sieve Size and Tyler Screen Mesh Equivalents. *Applications of Turbulent and Multiphase Combustion*, 541–543.
<https://doi.org/10.1002/9781118127575.app4>
- Lumay, G., Boschini, F., Traina, K., Bontempi, S., Remy, J., Cloots, R., & Vandewalle, N. (2012). Measuring the Flowing Properties of Powders and Grains. *Powder Technology*, 224, 19–27.
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.02.015>
- Prawira-Atmaja, M. I., Azhari, B., Harianto, S., Maulana, H., Shabri, & Rohdiana, D. (2019). Grade Teh Hijau Berpengaruh Terhadap Total Polifenol, Rasio Rehidrasi dan Warna Seduhan Teh. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 3(2), 159–169.
<http://doi.org/10.26877/jiphp.v3i2.5116>
- Prawira-Atmaja, M. I., Harianto, S., Maulana, H., Shabri, & Rohdiana, D. (2018). Karakteristik Sifat Alir Bubuk Teh Hijau yang Diproses dengan Metode Penepung Berbeda. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 21(2), 85–95.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22302/pptk.jur.jptk.v21i2.147>
- Prawira-Atmaja, M. I., Maulana, H., Shabri, S., Riski, G. P., Fauziah, A., Harianto, S., & Rohdiana, D. (2021). Evaluation of the Conformity of the Quality of Tea Products with the Requirements of the Indonesian National Standard. *Jurnal Standardisasi*, 23(1), 43.
<https://doi.org/10.31153/js.v23i1.845>
- Putra, T. (2018). Analisis Pengaruh Agregat Al₂O₃ dan Modulus Distribusi Ukuran Partikel Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Thermal Refraktori Castable SiC. *Jurnal Teknik ITS.*, 4(2), 1–12.
- Ridawati, Alsuhendra, & Sastanovia, R. (2018). *Ekstraksi Senyawa Berpotensi Antimikroba dari Gambir (Uncaria Gambir Roxb) dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Permen Jelly*. 1–15.
- Rusnayanti, Y. (2018). *Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Mutu Teh Hijau Daun Kakao (Theobroma cacao L.)*.
- Salehuddin, N. (2014). *Evaluation of Dry Sieving Method in Particle Size Analysis for Sand Control Applications*. May.
- Saputra, E. T. (2016). *Perancangan Preventive Maintenance pada Mesin Ball Tea Standar di Pabrik Teh Hijau*.
- Semawi, N. H., Sulaiman, S. Z., Mutamim, N. S. A., Mudalip, S. K. A., Man, R. C., Shaarani, S. M., Arshad, Z. I. M., Bari, H. A. A., & Kasmani, R. M. (2019). *Preliminary study on the tea dust explosion : the effect of tea dust size*.
- Teshome, K. (2019). Effect of tea processing methods on biochemical composition and sensory quality of black tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze): A review. *Journal of Horticulture and Forestry*, 11(6), 84–95.
<https://doi.org/10.5897/JHF2019.0588>
- Wibowo, S. N. V. (2017). *Analisis Karakteristik Distribusi Ukuran Partikel Seasoning A yang Dihasilkan dari Penggunaan Gula Lokal di IFF-PT Essence Indonesia*.
- Yahya, N. S. W. (2012). *Indeks Glikemik Beras Analog Berbahan Baku Menir dengan Penambahan Ekstrak Teh Hitam*.