

Pengaruh Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu terhadap Warna Produk Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale*)

Beauty Aprillia¹, Dessy Agustina Sari^{2*}

^{1,2}Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id

ABSTRACT

Red ginger (Zingiber officinale) is recognized as a medicinal plant with multiple benefits. The medicinal benefits of red ginger necessitate cautious handling and treatment to avoid damaging the compounds present in ginger. Producing red ginger powder to make an instant red ginger drink is one of the most frequent methods of ginger processing. The aim of this study is to investigate the impact of raising the temperature during the evaporation-crystallization process (at 80 and 90 °C). Then, the proportion of crystallization agent is rock sugar (at 60 and 100%), which alters the color of red ginger extract, both in terms of research outcomes and commercial products. Each specimen is provided in the form of a solid stage (red ginger powder) and a liquid phase, whereby the red ginger powder is dissolved in hot water (approximately 50 °C). The color of both products was analyzed using a chromameter. The results indicate that the product samples' color changed with the color components L (dark-light), a (red-green), and b (yellow-blue). These changes were caused by an increase or decrease in the amount of dye in the red ginger extract. This caused carotenoids (red) and oleoresin (yellow). Additionally, they indicated a Maillard reaction due to the increase in temperature during the evaporation-crystallization process. The optimum outcomes of this research were observed when fresh raw materials were exposed to 90 °C and 100% cube sugar content. Notably, the color values exhibited no significant discrepancies from those of commercially available red ginger products.

Keywords: chromameter, crystallization agent, color L a b, evaporation-crystallization, red ginger extract.

INTISARI

Jahe merah (*Zingiber officinale*) dikenal sebagai tanaman obat yang memiliki banyak manfaat. Keunggulan jahe merah sebagai obat memerlukan penanganan dan perlakuan yang tepat agar senyawa yang terkandung dalam jahe tidak rusak. Salah satu pengolahan jahe yang sering dilakukan adalah pembuatan minuman jahe merah instan (bubuk jahe merah). Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau pengaruh peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi – gula batu (60 dan 100%) terhadap perubahan warna ekstrak jahe merah baik hasil penelitian maupun produk komersial. Setiap sampel berupa fasa padat (bubuk jahe merah) dan fasa cair dimana serbuk jahe merah dilarutkan ke dalam air panas ($\pm 50^\circ\text{C}$). Warna kedua produk dianalisis melalui unit peralatan Chromameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna sampel produk mengalami perubahan warna dengan komponen warna L (gelap-cerah), a (merah-hijau), dan b (kuning-biru). Perubahan ini diduga adanya peningkatan atau penurunan jumlah zat warna pada ekstrak jahe merah (yaitu karotenoid - merah dan oleoresin - kuning) serta juga diindikasinya adanya reaksi Maillard (yang disebabkan peningkatan suhu selama proses evaporasi-kristalisasi). Hasil terbaik dari penelitian ini berada pada kondisi suhu 90°C dan persentase gula batu 100% dengan bahan baku segar. Nilai warna yang dimiliki hasil penelitian juga tidak berbeda secara signifikan terhadap produk jahe merah komersial.

Kata kunci: agen kristalisasi, chromameter, ekstrak jahe merah, evaporasi-kristalisasi, warna L a b.

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada posisi kelima untuk produksi jahe tertinggi di dunia setelah negara India, Nigeria, China, dan Nepal. Rata-rata produksi tertinggi pada tahun 2016 – 2020 sebesar 224.447.501,8 kg/tahun (Mazzlin et al., 2022). Tingginya produksi jahe di Indonesia didukung oleh suburinya wilayah dengan sumber daya yang melimpah (Sari & Sukanta, 2020) dan kondisi geografisnya. Iklim tropis di Indonesia cocok untuk budidaya jahe dengan curah hujan rata-rata sepanjang tahunnya (Aditama et al., 2015; Wagiono et al., 2020). Secara umum, jenis jahe berupa jahe putih kecil, jahe putih besar, dan jahe merah (Setyaningrum & Saparinto, 2013). Menurut data BPS di tahun 2018 yang tertera pada penelitian (Nasution et al., 2023) diketahui bahwa jahe merah

memiliki permintaan paling tinggi dibandingkan tanaman rimpang lainnya. Tingginya produktivitas jahe merah memiliki potensi untuk dikembangkan. Beberapa industri biofarmasi turut memanfaatkan jahe merah sebagai bahan baku utama bagi suplemen makanan dan obat. Alasannya adalah jahe merah memiliki sejumlah senyawa yang baik tubuh manusia (Nasution et al., 2023; Sari et al., 2024).

Jahe merah memiliki nama latin *Zingiber officinale* salah satu rempah yang dikenal di Indonesia. Hampir semua wilayah di Indonesia memanfaatkan jahe sebagai bahan masakan dan juga manfaat lainnya seperti penyembuhan iritasi, penghangat badan, serta obat kembung (Ibrahim et al., 2015). Peneliti lain juga turut menyatakan bahwa jahe merah ditujukan sebagai bahan obat tradisional dalam menangani kondisi badan manusia yang masuk angin dan menghangatkan tubuh, dan penambah nafsu makan (R Aryanta, 2019). Jahe juga memiliki sumber nutrisi penting seperti unsur mineral (seperti: zat besi, magnesium, natrium, zink, serta kalsium), lemak, vitamin, dan oleoresin ekstraktif (Ajagun et al., 2017).

Keunggulan lain jahe merah adalah memiliki kandungan senyawa kimia yang lebih tinggi dibandingkan jenis serumpunnya. Kandungan tersebut terdiri atas oleoresin, gingerol, dan minyak atsiri. Oleoresin umumnya dimanfaatkan sebagai obat nyeri sendi dan otot, obat inflamasi, serta obat batuk (Putri et al., 2016; Sari et al., 2021). Gingerol merupakan senyawa fenolik dengan kuantitas paling banyak di dalam jahe, yaitu 6-gingerol, 8-gingerol, dan 10-gingerol (Ayun et al., 2023; GD Stoner, 2013). Di dalam senyawa gingerol terdapat aktivitas antioksidan, antitumor, antibakteri, dan antiinflamasi (P Handrianto, 2016; Naulina et al., 2023; Siswantito et al., 2023). Minyak atsiri pada jahe merah berkonsentrasi tinggi sehingga peran jahe lebih banyak ditujukan sebagai obat (AS Daulay, 2017; Sinaga et al., 2023).

Manajemen pasca panen jahe belum berkembang dan diterapkan secara baik baik di level UMKM maupun pasar komersial (Fauzia et al., 2023). Polemik ini membutuhkan pengolahan jahe yang sesuai dalam mengatasi proses pembusukan (Akter et al., 2020). Faktor berlangsungnya pembusukan berupa suhu, waktu, cahaya, kelembaban, dan udara (Atmodjo et al., 2023; Sari & Hadiyanto, 2013). Salah satu teknologi pengolahan jahe yang umum dilakukan adalah pembuatan minuman jahe instan (Sutarto et al., 2022). Minuman instan berasal dari bahan serbuk, mudah larut dalam air, penyajian praktis, dan lebih lama umur simpannya (rendahnya kadar air di dalam produk serbuk) (Yuliaty & Susanto, 2015). Proses pembuatan minuman jahe instan melalui empat tahapan. Yang pertama adalah sortasi yang meliputi pembersihan jahe merah, pemotongan, dan penimbangan. Tahap kedua adalah proses pemanasan pada suhu 80-100°C disertai aktivitas pengadukan (Sari et al., 2023). Tahap ketiga adalah pendinginan dengan tetap adanya pengadukan. Tahap terakhir adalah proses pembentukan bubuk jahe merah. Bubuk yang telah terbentuk selanjutnya diayak dan dapat digunakan (Koswara et al., 2012; Sari et al., 2021). Permasalahan dalam pembuatan minuman jahe instan adalah kerusakan akibat proses pengeringan yang melibatkan suhu tinggi (Asiah et al., 2023; B Haryanto, 2018). Penggunaan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan kandungan kimia di dalam jahe merah. Sedangkan suhu terlalu rendah mengakibatkan produk mudah ditumbuhi kapang dan rendahnya usia simpan (Widyanti et al., 2021).

Pengolahan minuman jahe instan menambahkan gula batu sebagai pemanis. Jenis gula ini merupakan hasil olahan gula pasir yang dikristalkan kembali melalui bantuan air yang dipanaskan. Gula batu memiliki nilai kalori lebih rendah dari gula pasir sehingga kemanisan lebih rendah. Selain perannya sebagai pemanis, gula batu dapat dimanfaatkan sebagai agen kristalisasi dalam mengikat air melalui bantuan proses pemanasan selama proses pelarutan (Asyafa & Sari, 2023).

Peneliti (Hidayah & Laswati, 2022) turut berkontribusi tentang kajian peran jahe merah. Kajiannya berupa penambahan ekstrak jahe selama proses produksi gula batu. Hasilnya adalah penambahan ekstrak jahe mampu mengurangi rendemen gula batu yang dihasilkan. Selain itu, hasil lainnya adalah peningkatan waktu pemanasan turut menaikkan jumlah rendemen produk gula batu. Selanjutnya, peneliti (Ibrahim et al., 2015) mempelajari pengaruh suhu dan lama waktu ekstraksi terhadap sifat fisika dan kimia pada produk minuman jahe. Fokus kajiannya mengarah pada tingkat kecerahan warna (L) minuman sari jahe menjadi lebih gelap seiring peningkatan suhu. Warna merah (a^*) dan kekuningan (b^*) minuman sari jahe meningkat seiring kenaikan suhu. Warna merah pada jahe merah didapatkan dari kelompok karotenoid seperti keberadaan warna merah pada wortel dan tomat. Lalu, warna kuning pada jahe berasal dari kandungan oleoresin.

Warna merupakan salah satu parameter dalam mengkaji produk melalui kualitas persepsi dan penerimaan konsumen (DR Adawiyah, 2013; Iqbal et al., 2024). Peneliti (Sanjaya et al., 2016) menyatakan bahwa warna suatu produk makanan menjadi salah satu bagian atas kualitasnya. Oleh sebab itu, warna pada ekstrak jahe merah selama proses produksi dapat dijaga kualitasnya dengan kondisi produk yang dihasilkan berkondisi tetap segar, aman, dan menarik di mata konsumen. Berdasarkan latar belakang tersebut dirunut kembali bahwa warna produk dari olahan jahe merah

dapat dipengaruhi oleh suhu dan agen kristalisasi. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pengaruh suhu selama proses evaporasi-kristalisasi dengan turut melibatkan peran gula batu sebagai agen kristalisasi terhadap warna produk serbuk – minuman jahe merah. Kemudian, kehadiran produk olahan jahe merah yang telah beredar di pasar diturutsertakan sebagai pembanding dari prooduk hasil penelitian.

METODE

Penelitian ini memiliki beberapa tahap pelaksanaan dengan kondisi operasi disajikan oleh Tabel 1 berikut. Tahap pertama adalah persiapan bahan baku dan pendukung untuk menghasilkan ekstrak jahe merah (Sari et al., 2021) dengan pelarutan aquades. Proses untuk melangsungkan pemekatan *feed* dan menghasilkan kristal jahe merah melibatkan unit peralatan evaporator-*crystallizer*. Variabel proses yang diberikan adalah suhu (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi - gula batu (60 dan 100%) untuk mendapatkan produk bubuk jahe merah (Kurniyanto & Sari, 2023). Tahap terakhir adalah penyeragaman ukuran produk (Sari et al., 2023) yang turut membantu penyederhanaan proses pengujian warna di laboratorium dengan menggunakan peralatan Chromameter. Produk penelitian disimpan dalam wadah tertutup rapat (Fardiensyah et al., 2023; Ulfa et al., 2022). Kemudian, keterlibatan adanya produk komersial menjadi produk pembanding hasil penelitian. Untuk produk cair, produk serbuk jahe merah mengalami proses pelarutan ke dalam air panas ($\pm 50^\circ\text{C}$).

Tabel 1. Penamaan produk bubuk jahe merah

Produk Berbahan Baku		Kondisi Operasi
Segar	Residu	
A1, A3	A2, A4	80°C, 60%
B1, B3	B2, B4	80°C, 100%
C1, C3	C2, C4	90°C, 60%
D1, D3	D2, D4	90°C, 100%
E1	E2	(komersial)
F1	F2	(komersial)

Produk yang berangka ganjil dan genap berwujud serbuk dan cair, secara berturut-turut

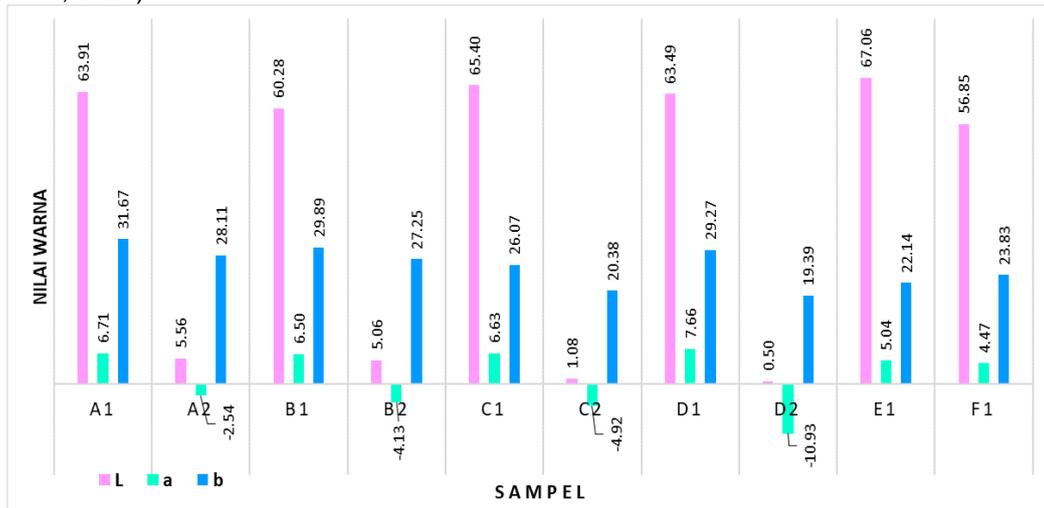
Perubahan warna pada setiap sampel pasca diberikan variabel operasi selama proses evaporasi-kristalisasi memberikan hasil dalam nilai L, a, dan b. Nilai L mendeskripsikan kecerahan warna dimana L = 0 untuk hitam, dan L = 100 untuk putih. Nilai a mengindikasikan adanya warna hijau-merah dengan a negatif untuk warna hijau, dan a positif untuk warna merah. Kemudian, nilai b menggambarkan warna biru-kuning, dengan angka b negatif untuk warna biru, dan b positif untuk warna kuning (Sinaga et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

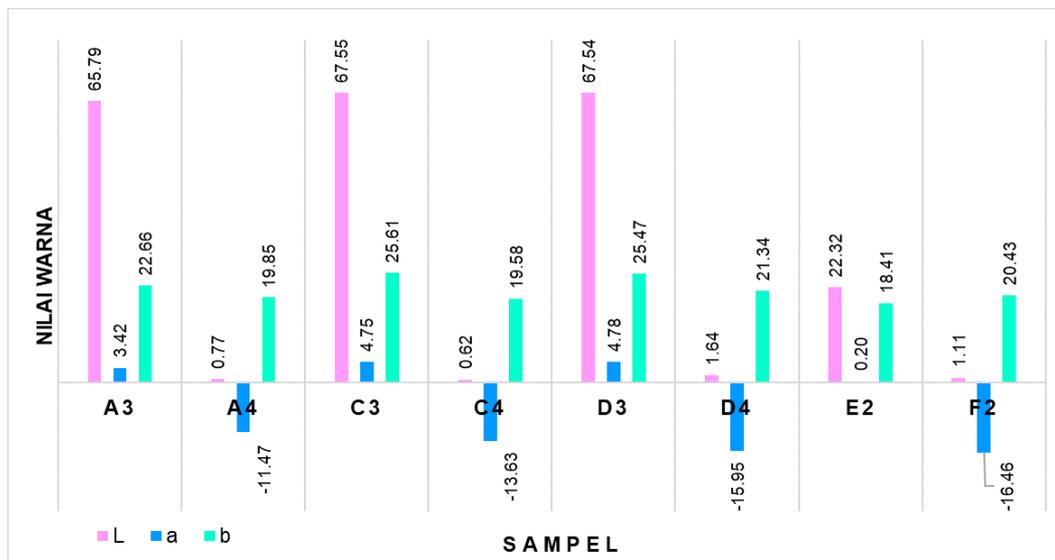
Pengujian warna produk serbuk jahe merah baik padat maupun cair telah dilakukan melalui penggunaan peralatan Chromameter. Data hasil pengujian untuk warna ditunjukkan oleh nilai L, a, dan b yang disajikan Gambar 1 dan 2 untuk setiap bahan baku yang digunakan (segar maupun residu). Kedua hasil pada gambar tersebut yang merujuk nilai L, a, dan b menunjukkan adanya penurunan tingkat kecerahan pada produk olahan ekstrak jahe merah akibat peningkatan persentase agen kristalisasi – gula batu. Hal sebaliknya terjadi ketika kondisi operasi suhu ditingkatkan yang mengakibatkan tingkat kecerahan produk mengalami kenaikan.

Penurunan tingkat kecerahan yang terjadi pada sampel dengan variasi persentase gula batu. Semakin tinggi pemberian agen kristalisasi yang digunakan akan mengakibatkan warna menjadi coklat, sebagai reaksi dari gula pereduksi dengan gugus amina primer atau pemakaian suhu tinggi pada sukrosa. Reaksi antara karbohidrat, khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer, disebut reaksi Maillard. Reaksi ini merupakan serangkaian reaksi kimia kompleks antara asam amino dan gula yang terjadi ketika makanan mengalami proses pemanasan. Reaksi Mailard melibatkan interaksi antara gula pereduksi, terutama glukosa atau fruktosa, dengan asam amino atau protein dalam makanan. Hasil reaksi tersebut dapat menghasilkan bahan berwarna coklat sehingga makanan tersebut menjadi lebih gelap. Kemudian, pewarna dalam makanan yang seharusnya terikat ke gula batu memiliki kemungkinan tetap terlarut pada cairan akibat tingginya pemberian suhu sehingga warna sampel menjadi lebih cerah. Selain itu terdapat kemungkinan juga gugus karotenoid dan

oleoresin dari jahe mengalami kerusakan akibat suhu yang digunakan meningkat (Putri et al., 2016; Sari et al., 2024).



Gambar 1. Nilai warna produk serbuk jahe merah yang berbahan baku segar



Gambar 2. Nilai warna produk serbuk jahe merah yang berbahan baku residu

Produk serbuk jahe merah yang berbahan baku ampas menunjukkan keragaman tingkat kecerahan. Dalam variasi persentase gula batu pada konstantanya suhu 80°C memberikan peningkatan tingkat kecerahan. Sedangkan pada suhu 90°C menunjukkan perubahan tingkatan kecerahan yang tidak signifikan. Selanjutnya pada variasi suhu, untuk 60 dan 100% persentase gula batu memberikan peningkatan dan penurunan tingkat kecerahan secara berturut-turut. Variatif hasil penelitian untuk residu dapat diindikasikan oleh rendahnya kandungan antosianin pada ampas bahan baku proses dan mengakibatkan kurang mendukung adanya perubahan warna. Peningkatan kecerahan berlangsung pada suhu 80°C dengan penambahan persentase agen kristalisasi dengan keberadaan antosianin yang relatif rendah. Akibatnya produk tersebut mendapatkan peningkatan kecerahan. Sedangkan pada suhu 90 °C kecerahan tidak terlalu berubah akibat tingkat antosianin sudah cukup sedikit sehingga efek dari reaksi Maillard memberikan kontribusi yang lebih besar, dan diketahui suhu yang digunakan sama besar sehingga tingkat kecerahan tidak terlalu berubah.

Variasi suhu dengan 60% peran gula batu, peningkatan yang terjadi dapat diduga oleh kuantitas antosianin yang cukup sedikit tersisa dan tidak terikat ke gula batu secara baik. Capaian ini selama peningkatan suhu mampu menyebabkan antosianin yang tersisa menjadi terlarut dalam pelarut (aquades) sehingga kecerahan produk meningkat. Sedangkan, 100% peran gula batu memberikan penurunan kecerahan. Hal ini diduga oleh tingginya persentase gula yang menyebabkan peningkatan warna coklat dan mengakibatkan produk menjadi lebih gelap.

Hasil penelitian (LK Wibowo, 2022) menunjukkan jahe merah yang diberikan tambahan agen kristalisasi – gula merah memiliki nilai kecerahan (L) sebesar 6,5 – 60,19. Kenaikan tingkat kecerahan terjadi dan ini disebabkan oleh menurunnya jumlah pewarna antosianin dari jahe yang terikat ke gula batu atas peningkatan temperatur proses evaporasi-kristalisasi. Pewarna yang seharusnya terikat ke gula batu kemungkinan tetap terlarut dalam cairan akibat tingginya suhu yang digunakan sehingga menyebabkan warna pada sampel menjadi lebih cerah. Selain itu, peneliti (Putri et al., 2016) mengungkapkan bahwa adanya gugus karotenoid dan oleoresin dari jahe mengalami kerusakan akibat suhu yang digunakan meningkat. Selanjutnya, untuk produk komersial minuman instan berbahan baku jahe juga dilibatkan (label E dan F pada Gambar 1 dan 2). Keduanya memiliki nilai L sebesar 67 dan 57 secara berturut-turut untuk sampel padat dan nilai L yang cukup jauh, 22 dan 1 pada produk cair.

Nilai a

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan sampel dengan warna merah yang menunjukkan keberadaan karotenoid sebagai pemberi pigmen merah, yang juga dapat ditemukan pada wortel ataupun tomat. Pada variasi peningkatan persentase gula batu terlihat warna cenderung tidak terlalu berubah pada suhu 80°C, sedangkan pada suhu 90°C terlihat intensitas warna merah meningkat, hal ini menunjukkan warna merah dapat terikat lebih banyak pada gula ketika suhu yang digunakan adalah 90°C. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan interaksi yang terjadi antara karotenoid dan gula batu ketika suhu proses evaporasi-kristalisasi yang digunakan 90°C.

Variasi peningkatan suhu menunjukkan adanya warna merah yang cenderung stabil ketika ditingkatkan suhunya pada 60% pemberian gula batu. Sedangkan pada pemberian 100% gula batu terlihat terjadi peningkatan warna merah. Hal ini selaras dengan hasil sebelumnya bahwa keberadaan gula batu dapat mengikat antosianin dari jahe lebih baik ketika suhu proses berada pada 90°C. Capaian ini menyebabkan tingkat warna merah pada pemberian 100% gula batu dapat lebih tinggi dibandingkan kondisi 60% selama peningkatan suhu proses. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ibrahim et al., 2015). Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan warna merah pada sampel minuman jahe yang terbentuk ketika suhu proses ditingkatkan.

Gambar 2 menunjukkan adanya pengaruh peningkatan persentase gula dan suhu dengan sampel yang dibuat dengan menggunakan ampas jahe. Sampel pada suhu 80°C yang menggunakan variasi persentase gula batu menunjukkannya berkurangnya warna merah, dan tidak ada perubahan yang signifikan pada suhu 90°C. Capaian ini diduga rendahnya kuantitas antosianin (warna merah - karotenoid pada residu bahan baku. Oleh karena itu, ketika persentase gula batu ditingkatkan pada suhu 80°C jumlah antosianin yang terikat tidak bertambah secara signifikan sehingga warna merah kurang mendominasi dengan adanya penambahan persentase gula batu. Sedangkan pada suhu 90°C, karotenoid terindikasi dapat terikat secara optimal pada penambahan agen kristalisasi gula batu dengan warnanya cenderung konstan. Produk olahan dari ampas jahe merah pada Gambar 2 turut menunjukkan adanya peningkatan warna merah terjadi bersamaan. Hal ini disebabkan pada suhu 90°C karotenoid dapat terikat lebih baik dengan memberikan peningkatan warna merah pada sampel produk. Capaian ini sejirama dengan penelitian (Ibrahim et al., 2015; Asyafa & Sari, 2023) dimana peningkatan suhu mampu menaikkan kuantitas karotenoid dari ekstrak jahe merah hingga titik optimumnya.

Nilai b

Penelitian warna produk olahan jahe merah pasca proses evaporasi-kristalisasi teridentifikasi bahwa produk memiliki warna kuning (+). Warna kuning pada jahe berasal dari oleoresin. Warna yang diberikan oleoresin adalah warna kuning cerah, kuning hingga kuning gelap. Warna kuning pada setiap sampel menunjukkan adanya peningkatan ataupun penurunan dari setiap variasi kondisi proses penelitian. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh perubahan suhu ataupun persentase agen kristalisasi gula batu yang digunakan, dan penggunaan bahan baku segar atau ampasnya.

Sampel produk yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan hasil pada suhu operasi 80 dan 90°C. Selama variasi persentase gula batu pada suhu 90°C didapatkan adanya peningkatan warna kuning. Hal ini diduga adanya ekstrak jahe dapat terikat secara baik akibat dari tingginya suhu tinggi yang digunakan. Sedangkan pada suhu 80°C, produk mengalami penurunan warna kuning. Capaian ini diindikasikan adanya penambahan persentase gula batu tidak diimbangi penambahan ikatan antara oleoresin dari jahe dan gula batu.

Produk sampel untuk variasi perubahan suhu menampilkan penurunan warna ketika suhu di 90°C dengan 60% pemberian gula batu. Dalam kondisi yang sama dengan 100% peran gula batu menunjukkan penurunan secara tidak signifikan. Hal ini diindikasikan oleh peningkatan kelarutan

antosianin dari ekstrak jahe seiringkan peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi. Akibatnya adalah kandungan antosianin menjadi lebih minim yang terikat pada penambahan persentase gula batu. Dukungan capaian ini mengindikasikan bahwa semakin banyak gula batu yang diumpankan maka semakin besar peluang agen kristalisasi berikatan dengan antosianin dari jahe (bahan baku proses produksi) (LK Wibowo, 2022; Iqbal et al., 2024).

Produk sampel dari bahan baku residu menampilkan hasil peningkatan persentase gula batu terhadap penurunan warna kuning secara tidak signifikan. Keberadaan yang minim oleoresin dari ekstrak jahe merah menjadi indikasi atas capaian tersebut. Ketika suhu proses ditingkatkan dari 80 menuju 90°C, hal sebaliknya terjadi. Kemungkinan pertama yang melatarbelakangi atas hasil tersebut adalah kuantitas oleoresin yang rendah dalam membentuk ikatan. Yang kedua adalah adanya proses karamelisasi dari peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi atas keberadaan agen kristalisasi. Gula batu selama dikenai kedua proses mengalami perubahan warna yang lebih cenderung kuning-kecokelatan.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai perubahan warna pada produk serbuk jahe merah yang berbahan baku segar dan residu telah dilaksanakan. Kondisi operasi yang diberikan selama proses evaporasi-kristalisasi adalah suhu (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi gula batu (60 dan 100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kedua variabel selama proses berlangsung memberikan pengaruh terhadap perubahan warna ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale*). Kondisi optimum pada penelitian berada pada suhu 90°C dan pemberian gula batu 100%. Hal ini didukung oleh nilai L, a, dan b pada produk penelitian menunjukkan hasil yang menyerupai produk jahe merah komersial. Tingkat kecerahan (L) semakin meningkat seiring peningkatan kedua variabel proses. Sementara capaian nilai untuk warna (a), dan (b) tidak memberikan pengaruh secara signifikan baik pada peningkatan suhu dan persentase gula batu selama proses evaporasi-kristalisasi. Hasil penelitian ini berbeda ketika bahan baku residu dimanfaatkan. Nilai L tidak memberikan kontribusi adanya perubahan secara signifikan. Sedangkan, nilai (a) dan (b) meningkat seiring kenaikan suhu proses. Peningkatan dan penurunan warna produk olahan jahe merah diindikasikan oleh kuantitas oleoresin serta karotenoid sebelum - pasca proses lanjutan jahe merah dalam memperpanjang umur simpan pascapanen. Produk penelitian memiliki potensi sebagai produk komersial dari sisi capaian warna melalui unit peralatan Chromameter. Keberlanjutannya adalah salah satunya menjadi peluang bagi UMKM Karawang terkait peningkatan nilai ekonomi produk jahe merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R. (2013). Pengukuran warna produk pangan. *Foodreview Indonesia*, VIII(8), 52–58. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/75770>
- Aditama, L. G., Yulianto, E., & Wilopo, W. (2015). Pengaruh produksi dan nilai tukar terhadap volume ekspor (studi pada volume ekspor jahe Indonesia ke Jepang periode 1994-2013). *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 25(1), 1–9.
- Ajagun, E. J., Angalapele, J. A., Nwaiwu, P. N., Alabi, M. A., Oladimeji-Salami, J. A., & Amba, U. (2017). Phytochemical screening and effects of temperature on proximate analysis and mineral composition of *Zingiber officinale* Rosc. *Biotechnology Journal International*, 18(3), 1–7. <https://doi.org/10.9734/BJI/2017/33999>
- Akter, M., Bithi, N., Billah, M., Mustak, S., & Rashid, M. (2020). Evaluation of nutritional and mineral content of dehydrated ginger (*Zingiber officinale*). *European Journal of Medicinal Plants*, 31(17), 21–28. <https://doi.org/10.9734/ejmp/2020/v31i1730332>
- Asiah, N., Sari, D. A., Triyastuti, M. S., & Djaeni, M. (2023). *Peralatan pengering pangan*. Bintang Semesta Media Yogyakarta.
- Asyafa, A. C., & Sari, D. A. (2023). Effect of process temperature and percentage of rock sugar on the functional group intensity of red ginger extract. *International Journal of Basic and Applied Science*, 12(3), 92–99.
- Atmodjo, S. S., Yasin, Y., Erwin, E., Hidayat, M., Sari, D. A., Tuba, S., Rumondor, R., Siregar, S., Effendi, E., Anwar, I. F., & Muttaqin, M. (2023). *Dasar-dasar mikrobiologi*. PT Masagena Mandiri Medica.
- Ayun, Q., Rosmawati, A., Sari, D. A., Gurning, K., Lestari, Y. P. I., Khurniyati, M. I., Nendissa, S. J., Novitriani, K., Aryasa, I. W. T., Fahmi, A., Naulina, R. Y., Nendissa, D. M., Sr, M. Z., Hati, R. P., Fauziah, S., & Hasibuan, A. K. H. (2023). *Kimia organik*. Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung.

- Daulay, A. S. (2017). Usaha produk minuman kesehatan jahe merah instan di kelurahan Binjai kecamatan Medan Denai. *Amaliyah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v1i1.7>
- Fardiansyah, M. I., Sari, D. A., Firdaus, M. A., & Ulfa, V. S. (2023). Pengembangan label kemasan botol pada produk bubuk jahe merah. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3033–3038. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3033-3038>
- Fauzia, F., Kamil, M. I., Savitri, M. D., Dhiya, S., Suherman, M., Ratnasari, Y., Malik, L. A., Marendra, A. G., Wibowo, L. K., Sinabutar, K. V., Sari, D. A., Hasyim, M., & Sukanta, S. (2023). Strategi usaha mikro kecil menengah (UMKM) kuliner lokal dalam menghadapi kompetisi global. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(8), 2977–2985. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i8.2977-2985>
- Handrianto, P. (2016). Uji antibakteri ekstrak jahe merah *Zingiber officinale* var. Rubrum terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Journal of Research and Technology*, 2(1), 1–4. <https://doi.org/10.55732/jrt.v2i1.259>
- Haryanto, B. (2018). Pengaruh penambahan gula terhadap karakteristik bubuk instan daun sirsak (*Annona muricata* L.) dengan metode kristalisasi. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(3), 163–170. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v14n3.2017.163-170>
- Hidayah, M. N., & Laswati, D. T. (2022). Pengaruh penambahan ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum) pada pembuatan gula batu. *Agrotech: Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.37631/agrotech.v4i1.585>
- Ibrahim, A. M., Yuniarta, Y., & Sriherfyna, F. H. (2015). Pengaruh suhu dan lama waktu ekstraksi terhadap sifat kimia dan fisik pada pembuatan minuman sari jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum) dengan kombinasi penambahan madu sebagai pemanis. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 530–541.
- Iqbal, M., Sari, D. A., Saputro, N., Sukanta, S., & Hasyim, M. (2024). Proximate, total phenolic, carotenoid, antioxidant activity, color, and FTIR analysis of red ginger powders (*Zingiber officinale* var. Rubrum) through the evaporation-crystallization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012129), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012129>
- Koswara, S., Diniari, A., & Sumarto, S. (2012). *Panduan proses produksi minuman jahe instan* (pp. 1–8). Institut Pertanian Bogor.
- Kurniyanto, V. E., & Sari, D. A. (2023). Porositas produk olahan jahe merah terhadap variasi suhu evaporasi- kristalisasi dan persentase gula batu. *Jurnal Teknologi*, 16(2), 146–152. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i2.4548>
- Mazzlin, N. E., Widayanti, S., & Nugroho, S. D. (2022). Analisis posisi komoditas jahe indonesia di pasar internasional. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 7(6), 226–235. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v7i6.89>
- Nasution, A. S., Hasbullah, R., & Hartulistiyoso, E. (2023). Effect of drying temperature on quality of dried red ginger (*Zingiber officinale* var. Rubrum). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(1), 107–117. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i1.107-117>
- Naulina, R. Y., Stiawan, E., Nendissa, S. J., Nendissa, D. M., Sari, D. A. S., Ariyanti, D., Sulisty, A. B., Siahaya, A. N., Fatmah, N., Rahim, H., Rosmawati, A., Khurniyati, M. I., & Fahmi, A. (2023). *Kimia industri*. Penerbit Widina Media Utama.
- Putri, A. R., Poku, M. S., Yani, S., & Wiyani, L. (2016). Pengaruh suhu terhadap karakteristik oleoresin pada ekstraksi jahe. *Journal of Chemical Process Engineering*, 1(2), 23. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v1i2.67>
- Redi Aryanta, I. W. (2019). Manfaat jahe untuk kesehatan. *Widya Kesehatan*, 1(2), 39–43. <https://doi.org/10.32795/widyakesehatan.v1i2.463>
- Sanjaya, Y. D., Sumardianto, S., & Riyadi, P. H. (2016). Pengaruh penambahan ekstrak rosella (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) terhadap warna dan kualitas pada terasi udang rebon (*Acetes* sp.). *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(4), 1–9. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jp_bhp/article/view/16003/15454
- Sari, D. A., Martin, M. R., Azzhara, M., Firdaus, M. A., Ulfa, V. S., Ikhtiari, T., & Sumarsih, S. (2021). *Top 33 chemical engineering essay competition (part 1)*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Sari, D. A., & Sukanta, S. (2020). Pendampingan peningkatan ekonomi warga kabupaten karawang melalui budidaya tanaman jahe merah. *Prosiding Seminar Nasional Rekarta 2020*, 91–97. <https://doi.org/10.36765/semarta.v0i0.292>

- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fardiansyah, M. I. (2023). Transformasi sistem pengadukan dalam produksi serbuk jahe merah. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 6(2), 430–439. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v6i2.19130>
- Sari, D. A., Saputro, N. W., Ulfa, V. S., Sukanta, S., Wagiono, W., & Hasyim, M. (2024). Utilization of ginger and its waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012125), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012125>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fitriah, F. (2023). Ekstensifikasi tahap akhir bagi UMKM jahe merah (*size reduction* pasca proses kristalisasi). *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3139–3146. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3139-3144>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Wagiono, W., & Irawan, A. (2021). Peningkatan produksi bubuk jahe merah melalui introduksi sistem penghalusan. *Jurnal Masyarrakat Mandiri*, 5(2), 615–623. <https://dx.doi.org/10.31764/jmm.v5i2.4104>
- Sari, D., & Hadiyanto, H. (2013). Teknologi dan metode penyimpanan makanan sebagai upaya memperpanjang shelf life. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 52–59.
- Setyaningrum, H. D., & Saparinto, C. (2013). Jahe. Penebar Swadaya.
- Sinaga, A. S. (2019). Segmentasi ruang warna L*a*b. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(1), 43–46. <https://ejournal.pelitanusantara.ac.id/index.php/mantik/article/view/562>
- Sinaga, A. S., Zuhri, A. R., Rahmat, N. S. P., Yoshikawa, M. L., Jatnika, M. A., & Sari, D. A. (2023). Proses konversi metanol menjadi senyawa aromatik. *Teknologi Technoscintia*, 15(2), 1–8. <https://doi.org/10.34151/technoscintia.v15i2.4159>
- Siswantito, F., Nugroho, A. N. R., Iskandar, R. L., Sitanggung, C. O., Al-Qordhiyah, Z., Rosidah, C., Nurhayati, S., & Sari, D. A. (2023). Produksi minyak atsiri melalui ragam metode ekstraksi dengan berbahan baku jahe. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(3), 178–184. <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v8i3.8072>
- Stoner, G. D. (2013). Ginger: Is it ready for prime time? *Cancer Prevention Research*, 6(4), 257–262. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0055>
- Sutarto, S., Sari, R. D. P., Utama, W. T., & Indriyani, R. (2022). Pembuatan produk minuman herbal keluarga dari jahe di desa Dwi Warga Tunggal Jaya kabupaten Tulang Bawang. *Buguh: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(2), 88–91. <https://doi.org/10.23960/buguh.v2n2.1067>
- Ulfa, V. S., Fardiansyah, M. I., Firdaus, M. A., & Sari, D. A. (2022). Peran transformasi kemasan pada produk bubuk jahe merah (botol ke *standing pouch*). *Jurnal Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 1–7. <https://ojs.unida.ac.id/QH/article/view/4890>
- Wagiono, W., Sari, D. A., Miledhiya, S. A., Fitria, I. A., Sidabutar, K. V., Kamiil, M. I., & Fadzrin, A. G. M. (2020). Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap keragaan pertumbuhan dan tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* Rubrum) di kecamatan Majalaya kabupaten Karawang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(5), 41–46.
- Wibowo, L. K. (2022). *Kajian aktivitas antioksidan dan kandungan warna terhadap produk ekstraksi jahe merah (Zingiber officinale Rosc. Rubrum) melalui perlakuan suhu dan kadar gula* (pp. 1–35). Universitas Singaperbangsa Karawang.
- Widyanti, N. L. D., Yulianti, N. L., & Setiyo, Y. (2021). Karakteristik pengeringan dan sifat fisik bubuk jahe merah kering (*Zingiber officinale* var. Rubrum) dengan variasi ketebalan irisan dan suhu pengeringan. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 9(2), 148–158. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2021.v09.i02.p01>
- Yuliawaty, S. T., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh lama pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik kimia dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 41–52. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/108/124>