

Aktivitas Antioksidan dan Kadar Kafein Kombucha Kopi

[Antioxidant Activity and Caffeine Content of Coffee Kombucha]

Pemanfaatan Sari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) dalam Pembuatan Es Krim Susu Kedelai[Utilization of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Juice in Soy Ice Cream Making]**Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Daun Kari (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) dan Madu Terhadap Karakteristik Minuman Fungsional**[The Effect of Curry Leaves (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) Essential Oil and Honey Concentration on Characteristics of Functional Drink]**Pengaruh Penambahan Jeruk Nipis dan Minyak Esensial *Eucalyptus globulus* terhadap Aktivitas Antioksidan dan Organoleptik Seduhan Teh Hitam**[The Effect of the Additional Lime and *Eucalyptus globulus* Essential Oil toward Antioxidants Activity and Organoleptics of Black Tea Steeping]**Pemanfaatan Tepung Daun Singkong sebagai Substitusi Tepung Terigu dalam Pembuatan Kukis**

[Utilization of Cassava Leaves Flour as Wheat Flour Substitute in the Making of Cookies]

Analisis Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kedondong (*Spondias dulcis*) Menggunakan *Response Surface Methodology*[Analyzing the Antioxidant Activity of Ambarella Leaf Extract (*Spondias dulcis*) using Response Surface Methodology]**Penetapan Harga Jual dan Optimasi Keuntungan pada Toko XYZ dengan *Integer Linear Programming***

[Determining Selling Price and Profit Optimization of XYZ Shop with Integer Linear Programming]

Kuantifikasi Parameter Lalu Lintas Kendaraan Bermotor di Jalan Jenderal Sudirman Jakarta Pusat

[Quantification of the Parameters for Motorized Vehicle Traffic at Jalan Jenderal Sudirman Central Jakarta]

Diterbitkan Oleh Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pelita Harapan

EDITORIAL TEAM

Pimpinan Redaksi [*Editor in Chief*]

1. Prof. Dr. Ir. Melanie Cornelia, M.T.

Wakil Pimpinan Redaksi [*Vice Editor in Chief*]

1. Julinda E. F. Pangaribuan, M.T.

Dewan Redaksi [*Editorial Board*]

1. Prof. Dr. Manlian Ronald A. Simanjuntak, S.T., M.T.
2. Prof. Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, M.T.
3. Dr. Nuri Arum Anugrahati
4. Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D.
5. Dr. Henri P. Uranus
6. Dr.-Ing. Azis Boing Sitanggang, S.TP., M.Sc.
7. Dr. Satya Nugroho
8. Dr.-Ing. Amalia Suzianti, S.T., M.Sc.

Staff Redaksi [*Editorial Staff*]

1. Gracio A. Rhizma, M.T.
2. Marcelia Sugata, M.Sc.
3. Raphael Dimas Tri Nugroho, S.T.P.

Administrasi dan Keuangan [*Administration and Finance*]

1. Sabrina K Whardhani, S.Si.
2. Adelia Lorenza Br. Peranginangin, S.Pd.

DAFTAR ISI

1. Aktivitas Antioksidan dan Kadar Kafein Kombucha Kopi [Antioxidant Activity and Caffeine Content of Coffee Kombucha]. Oleh: Adolf J.N. Parhusip, Christopher Setiawan, Veronica Poetri Effendi	1-11
2. Pemanfaatan Sari Buah Naga Merah (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) dalam Pembuatan Es Krim Susu Kedelai [Utilization of Red Dragon Fruit (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) Juice in Soy Ice Cream Making]. Oleh: Yuniwaty Halim, Abigail Keziah Candela, Dela Rosa	12-24
3. Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Daun Kari (<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng) dan Madu Terhadap Karakteristik Minuman Fungsional [The Effect of Curry Leaves (<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng) Essential Oil and Honey Concentration on Characteristics of Functional Drink]. Oleh: Tagor Marsillam Siregar, Lidya Aurelia.....	25-42
4. Pengaruh Penambahan Jeruk Nipis dan Minyak Esensial <i>Eucalyptus globulus</i> terhadap Aktivitas Antioksidan dan Organoleptik Seduhan Teh Hitam [The Effect of the Additional Lime and <i>Eucalyptus globulus</i> Essential Oil toward Antioxidants Activity and Organoleptics of Black Tea Steeping]. Oleh: Hardoko, Windy Gunawan, Wenny Silvia Loren Br Sinaga	43-57
5. Pemanfaatan Tepung Daun Singkong sebagai Substitusi Tepung Terigu dalam Pembuatan Kukis [Utilization of Cassava Leaves Flour as Wheat Flour Substitute in the Making of Cookies]. Oleh: Lucia C. Soedirga, Shieran Juvi	58-76
6. Analisis Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kedondong (<i>Spondias dulcis</i>) Menggunakan Response Surface Methodology [Analyzing the Antioxidant Activity of Ambarella Leaf Extract (<i>Spondias dulcis</i>) using Response Surface Methodology]. Oleh: Ruben Patrick Adhiwijaya, Marcelia Sugata, Juandy Jo.....	77-83
7. Penetapan Harga Jual dan Optimasi Keuntungan pada Toko XYZ dengan Integer Linear Programming [Determining Selling Price and Profit Optimization of XYZ Shop with Integer Linear Programming]. Oleh: Reinetha Desnilea Candra, Petrus Widjaja, Lina Cahyadi.....	84-91
8. Kuantifikasi Parameter Lalu Lintas Kendaraan Bermotor di Jalan Jenderal Sudirman Jakarta Pusat [Quantification of the Parameters for Motorized Vehicle Traffic at Jalan Jenderal Sudirman Central Jakarta]. Oleh: Sunie Rahardja, Chrisviandi Wennardy.....	92-102

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN KADAR KAFEIN KOMBUCHA KOPI [ANTIOXIDANT ACTIVITY AND CAFFEINE CONTENT OF COFFEE KOMBUCHA]

Adolf J.N. Parhusip^{1*}, Christopher Setiawan², Veronica Poetri Effendi³
^{1,2,3}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: adolf.parhusip@uph.edu

ABSTRACT

Kombucha is the result of the fermentation of tea and sugar by a kombucha culture starter known as SCOBY (Symbiosis Culture of Bacteria and Yeast). One of the efforts that possible to improve the functional aspects of coffee is by the fermentation process of kombucha. Based on that hypothesis, the goal of this research is to develop the potential of coffee through kombucha fermentation. This research involves two stages that include stage I research with type of coffee (arabica, robusta, liberica) and fermentation time (0, 3, 6, 9 days) as the factors, and stage II research performed on coffee kombucha with selected types of coffee. In stage I research, analysis of antioxidant activity was performed to determine the treatment that produced coffee kombucha with the highest antioxidant activity, supported by analysis of total lactic acid bacteria, total yeast, and pH value. In stage II research, analysis of caffeine content was performed to determine the best fermentation time that produces coffee kombucha with the highest caffeine content. Another supporting analysis carried out in this research is water content analysis of coffee grounds and the identification of microbes in the liquid kombucha starter. The treatment that can produce coffee kombucha with the highest antioxidant activity is arabica coffee with an average IC₅₀ value of 4689,41 ppm and 9 days of fermentation with an average IC₅₀ value of 4988,90 ppm. Analysis of caffeine content carried out on arabica coffee kombucha showed an increment in caffeine content during the fermentation process, as the highest caffeine content is 0,77% on the 9th day of fermentation.

Keywords: antioxidant; caffeine; coffee; kombucha

ABSTRAK

Kombucha merupakan hasil fermentasi teh dan gula oleh *starter* kultur kombucha yang disebut sebagai SCOBY (*Symbiosis Culture of Bacteria and Yeast*). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aspek fungsional kopi adalah dengan proses fermentasi kombucha. Berdasarkan hipotesis tersebut penelitian ini dilaksanakan guna mengembangkan potensi kopi lewat fermentasi kombucha. Penelitian ini terbagi menjadi 2 tahap yang meliputi penelitian tahap I dengan faktor jenis kopi (arabika, robusta, liberika) dan lama fermentasi (0, 3, 6, 9 hari) serta penelitian tahap II yang dilakukan pada kombucha kopi dengan jenis kopi terpilih. Analisis aktivitas antioksidan dilakukan pada tahap I untuk menentukan perlakuan yang menghasilkan kombucha kopi dengan aktivitas antioksidan tertinggi, didukung dengan analisis total bakteri asam laktat, total khamir, dan nilai pH. Pada tahap II, dilakukan analisis kadar kafein untuk menentukan lama fermentasi terbaik yang menghasilkan kombucha kopi dengan kadar kafein tertinggi. Analisis pendukung lain yang dilakukan adalah analisis kadar air bubuk kopi dan identifikasi mikroba pada *starter* kombucha cair. Perlakuan yang dapat menghasilkan kombucha kopi dengan aktivitas antioksidan tertinggi adalah jenis kopi arabika dengan nilai IC₅₀ rata-rata sebesar 4689,41 ppm dan lama fermentasi 9 hari dengan nilai IC₅₀ rata-rata sebesar 4988,90 ppm. Analisis kadar kafein dilakukan pada kombucha kopi arabika menunjukkan terjadinya peningkatan kadar kafein selama proses fermentasi dengan kadar tertinggi pada fermentasi hari ke-9 yaitu 0,77%.

Kata kunci: antioksidan; kafein; kombucha; kopi

PENDAHULUAN

Kombucha merupakan hasil fermentasi teh dan gula oleh *starter* kultur kombucha yang disebut sebagai SCOBY (*Symbiosis Culture of Bacteria and Yeast*). Aktivitas fungsional kombucha lebih baik daripada teh biasa, hal ini disebabkan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi, melakukan serangkaian proses metabolisme untuk bertahan hidup dan menghasilkan berbagai senyawa metabolit serta menyebabkan perubahan biokimia pada media yang digunakan. Potensi tersebut dapat dikembangkan dengan penggunaan jenis media yang berbeda-beda seperti teh hitam, teh hijau, teh bunga rosella, teh daun jambu, teh daun kopi, dan teh daun sirih (Chakravorty *et al.*, 2016; Falahuddin *et al.*, 2017; Suhardini dan Zubaidah, 2016).

Kandungan gizi pada kopi meliputi asam klorogenat, kafein, lemak, polisakarida, senyawa fenolik, melanoidin, serat pangan larut air, dan mineral. Kandungan kafein pada kopi diasosiasikan sebagai kontributor utama yang memberikan efek positif bagi tubuh. Kafein sendiri memiliki beberapa fungsi farmakologis yang kebanyakan berhubungan dengan sistem saraf pusat. Fungsi farmakologis tersebut biasa dikenal sebagai efek stimulan (Watawana *et al.*, 2015).

Terlepas dari efek stimulan yang dihasilkan, kopi juga memiliki fungsi sebagai sumber antioksidan. Kopi merupakan salah

satu sumber antioksidan terbesar pada pangan. Kandungan antioksidan yang tinggi pada kopi berasal dari senyawa- senyawa aktif seperti asam klorogenat dan senyawa melanoidin yang terbentuk selama proses penyangraian (Bjarnadottir, 2019; Pérez-Jiménez *et al.*, 2010; Watawana *et al.*, 2015).

Aspek fungsional kopi sebagai sumber antioksidan dan kafein memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Khasiatnya yang baik untuk kesehatan menjadi nilai tambah bagi penikmat kopi.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aspek fungsional kopi adalah dengan proses fermentasi kombucha. Terdapat hipotesis roses fermentasi oleh kultur kombucha dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan kadar kafein pada kopi (Watawana *et al.*, 2015). Kemampuan reduksi pada kombucha dibandingkan teh biasa mengalami peningkatan yang signifikan setelah hari ke-7 (3,7%) hingga hari ke-14 (35%). Peningkatan terus berlangsung secara perlahan hingga hari ke-21 (44,4%). Kemampuan pengangkalan radikal bebas dengan metode DPPH dan ABTS meningkat sebesar 39,7% dan 38,36% setelah 21 hari (Morales, 2020). Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan potensi kopi seperti kopi arabika, robusta, dan liberika dengan fermentasi kombucha, menganalisis pengaruh lama fermentasi dan

jenis kopi terhadap aktivitas antioksidan kombucha kopi, serta mengevaluasi pengaruh lama fermentasi terhadap kadar kafein kombucha kopi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan kombucha kopi adalah bubuk kopi, air, gula pasir “GULAKU”, *starter* kombucha cair dan SCOBY yang diperoleh dari pembibit kombucha di Kota Depok, Jawa Barat. Jenis kopi yang digunakan pada penelitian ini adalah arabika, robusta, dan liberika yang dibeli dari produsen kopi “KOPI ASLI JAMBI” di Kabupaten Muaro Jambi, Jambi, Sumatera. Kopi yang dibeli sudah dalam bentuk bubuk dengan penyangraian dilakukan pada suhu 205°C selama 27 menit dan penggilingan menggunakan ayakan 35 *mesh*. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis meliputi etanol absolut “SMART LAB”, DPPH bubuk “SIGMA ALDRICH”, air demineralisasi “AMIDIS”, garam fisiologis “MERCK”, MRSA (*De Man, Rogosa, and Sharpe Agar*) “MERCK”, PDA (*Potato Dextrose Agar*) “MERCK”, spiritus, *buffer* pH 4, *buffer* pH 7, *buffer* pH 9, MgO, H₂SO₄ “MERCK”, KOH “MERCK”, dan kloroform “MERCK”.

Alat yang digunakan dalam pembuatan kombucha kopi adalah timbangan meja “PRECISA”, panci *stainless steel*,

termometer, gelas ukur 500 mL, gelas piala 1000 mL, gelas ukur 100 mL, botol sampel, kain penutup, dan benang kasur. Alat yang digunakan dalam analisis meliputi kertas saring “WHATMAN” No.1, *centrifuge* “BOECO M-240R”, neraca analitik “SARTORIUS” BP 221 S, labu takar 100 mL, botol kaca gelap, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *vortex mixer* “BARNSTEAD THERMOLYNE”, spektrofotometer UV-Visible “THERMO SCIENTIFIC GENESYS 20”, kuvet kuarsa “MECASYS QUARTZ CELL”, mikropipet “THERMO SCIENTIFIC FINNPIPETTE”, *colony counter*, tabung reaksi tutup ulir, cawan petri plastik, *laminar air flow*, *autoclave*, *erlenmeyer* 500 mL, pH meter “METROHM”, cawan penguapan, desikator “DURAN”, oven “MEMMERT UNE 200-800”, *heater* “CIMAREC”.

Metode Penelitian

Penelitian tahap I dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis kopi dan lama fermentasi terhadap aktivitas antioksidan kombucha kopi. Rancangan percobaan penelitian tahap I menggunakan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor penelitian yaitu lama fermentasi yang memiliki 4 tingkat perlakuan dan jenis kopi yang memiliki 3 tingkat perlakuan sehingga terdapat jumlah total 12 perlakuan (t), dan 2 kali pengulangan. Model matematika yang digunakan dalam pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor dan 2 kali

pengulangan. Penelitian tahap II dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kadar kafein kombucha kopi dengan jenis kopi terbaik berdasarkan hasil penelitian tahap I.

Pada penelitian tahap I dilakukan analisis aktivitas antioksidan (AOAC, 2012) yang didukung dengan penghitungan total BAL (SNI 7552:2009), total khamir (Atma, 2016), dan pengukuran pH (AOAC, 2005). Pada penelitian tahap II dilakukan analisis kadar kafein. Analisis pendukung lain yang dilakukan adalah analisis kadar air bubuk kopi (AOAC, 2005) dan identifikasi mikroba *starter* kombucha cair.

Prosedur Pembuatan Kombucha Kopi

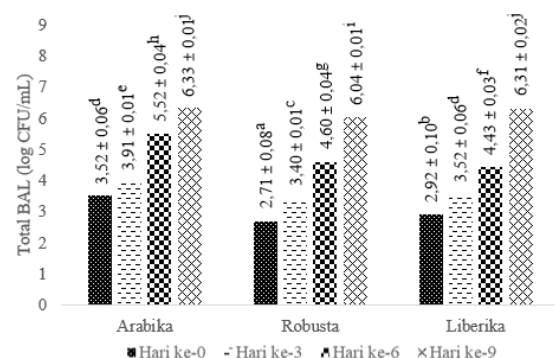
Prosedur pembuatan kombucha kopi diadaptasi dari penelitian Watawana *et al.* (2015) dengan modifikasi. Penyeduhan bubuk kopi dilakukan sesuai standar yang ditetapkan SCA (2018), yaitu sebanyak 55 gram bubuk kopi diseduh dengan 1 liter air bersuhu 92,2 – 94,4°C dan dibiarkan selama 5 menit, setelah itu difiltrasi menggunakan kain saring. Gula pasir sebanyak 100 gram (10% w/v) dilarutkan kedalam seduhan kopi yang masih panas, kemudian dibiarkan hingga mencapai suhu ruang. Larutan kopi kemudian dipindahkan ke botol sampel masing-masing sebanyak 100 mL dan ditambahkan SCOBY berukuran 1 cm x 1 cm x 0,5 cm serta *starter* kombucha cair sebanyak 10 mL (10% v/v). Botol sampel ditutup dengan kain penutup dan diikat dengan

benang kasur. Fermentasi berlangsung pada suhu ruang (20-25°C) selama waktu yang ditentukan sesuai perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Kombucha Kopi

Hasil uji identifikasi bakteri menunjukkan bahwa *Lactobacillus* sp. dan *Lactococcus* sp. berhasil terdeteksi pada *starter* kombucha cair, dimana menurut Villarreal-soto *et al.*, (2018) merupakan genus bakteri yang berperan dalam proses fermentasi kombucha. Variasi jenis kopi dan lama fermentasi menghasilkan kombucha kopi dengan total bakteri asam laktat yang berkisar dari 2,92 – 6,33 log CFU/mL (Gambar 1).



Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 1. Pengaruh jenis kopi dan lama fermentasi terhadap total bakteri asam laktat kombucha kopi

Berdasarkan BSN (2009) kombucha kopi hari ke-9 untuk ketiga jenis kopi sudah memenuhi standar total bakteri asam laktat

dengan jumlah berkisar dari 6,04 – 6,33 log CFU/mL. Rata-rata jumlah bakteri asam laktat kombucha kopi pada hari ke-9 adalah 6,23 log CFU/mL, sedangkan pada hari ke-0 memiliki rata-rata jumlah sebanyak 3,05 log CFU/mL. Jenis kopi arabika menghasilkan kombucha kopi dengan jumlah bakteri asam laktat tertinggi pada hari ke-9 yaitu 6,33 log CFU/mL, sedangkan yang terendah pada jenis kopi robusta dengan jumlah 6,04 log CFU/mL. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa jenis kopi, lama fermentasi, dan interaksi keduanya memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap total bakteri asam laktat kombucha kopi.

Pertumbuhan bakteri asam laktat dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi suhu fermentasi (optimal pada 37-42°C), nilai pH, dan ketersediaan nutrisi sebagai penunjang pertumbuhan dan perkembangbiakan sel bakteri (Widodo *et al.*, 2015). Ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri asam laktat didukung dengan adanya khamir pada kombucha, dimana khamir akan menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Glukosa kemudian akan digunakan dalam proses metabolisme BAL sehingga dihasilkan asam laktat melalui jalur Embden–Meyerhof–Parnas (EMP) oleh BAL homofermentatif, atau melalui jalur pentosa fosfat oleh BAL heterofermentatif (Laureys *et al.*, 2020).

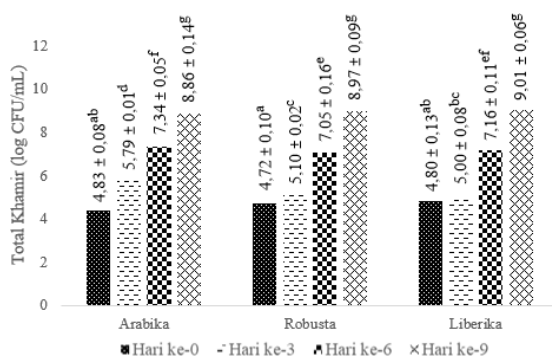
Total Khamir Kombucha Kopi

Hasil uji identifikasi khamir menunjukkan bahwa *Saccharomyces* sp. berhasil terdeteksi pada *starter* kombucha cair, dimana menurut Villarreal-soto *et al.*, (2018) merupakan genus khamir yang berperan dalam proses fermentasi kombucha. Variasi jenis kopi dan lama fermentasi menghasilkan kombucha kopi dengan total khamir yang berkisar dari 4,72 – 9,01 log CFU/mL (Gambar 2).

Berdasarkan Codex (2003), kombucha kopi pada hari ke-9 untuk ketiga jenis kopi sudah memenuhi standar total khamir. Rata-rata jumlah khamir kombucha kopi pada hari ke-9 adalah 8,94 log CFU/mL, sedangkan pada hari ke-0 memiliki rata-rata jumlah sebanyak 4,78 log CFU/mL. Jenis kopi liberika menghasilkan kombucha kopi dengan jumlah khamir tertinggi pada hari ke-9 yaitu 9,01 log CFU/mL, sedangkan yang terendah pada jenis kopi arabika dengan jumlah 8,86 log CFU/mL. Hasil uji statistik yang terlampir pada Lampiran D menunjukkan bahwa jenis kopi, lama fermentasi, dan interaksi keduanya memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap total khamir kombucha kopi.

Peningkatan jumlah khamir (Gambar 2) pada fermentasi kombucha mengikuti kurva pertumbuhan eksponensial hingga lama fermentasi mencapai 8-10 hari dan setelah itu

akan mengalami penurunan karena kematian akibat keterbatasan nutrisi dan pH yang semakin rendah (Essawet *et al.*, 2015). Pertumbuhan optimal khamir pada suhu sekitar 20-30°C dan pH 4,5-7, namun beberapa khamir masih dapat tumbuh pada pH 2,5. Ketahanan khamir selama fermentasi kombucha didukung dengan kemampuannya memproduksi gliserol sebagai respon terhadap tingginya tekanan osmosis dan penyeimbangan redoks. Senyawa lain yang dapat diproduksi oleh khamir untuk menjaga keseimbangan redoks adalah asam asetat, dimana peningkatan konsentrasi asam asetat dapat diketahui lewat penurunan pH selama fermentasi alkohol oleh khamir (Laureys *et al.*, 2020).



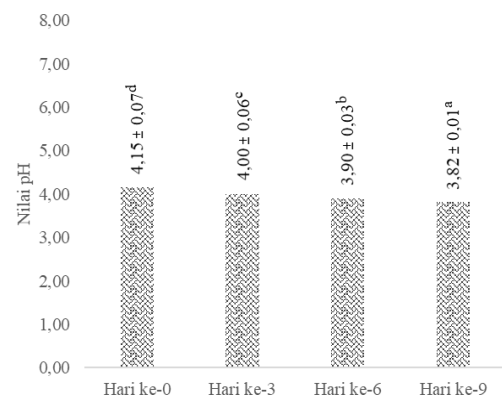
Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 2. Pengaruh jenis kopi dan lama fermentasi terhadap total khamir kombucha kopi

Nilai pH Kombucha Kopi

Hasil pengukuran nilai pH menunjukkan terjadinya penurunan nilai pH kombucha kopi dari 4,15 – 3,82 seiring berjalannya proses fermentasi (Gambar 3). Hasil uji statistik membuktikan bahwa lama fermentasi

memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai pH kombucha kopi.

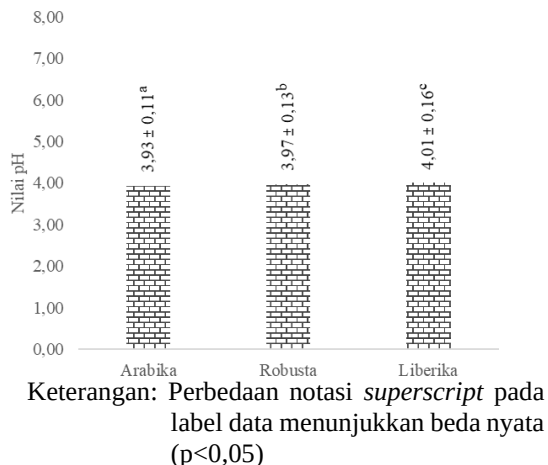


Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 3. Pengaruh lama fermentasi terhadap nilai pH kombucha kopi

Penurunan nilai pH (Gambar 3) disebabkan bakteri tahan asam dan khamir yang terdapat pada kombucha akan memproduksi asam-asam organik selama berlangsungnya proses fermentasi. Khamir akan menghidrolisis sukrosa menjadi gula yang lebih sederhana (glukosa dan fruktosa) dengan enzim invertase, serta memproduksi etanol, karbondioksida, dan asam-asam organik melalui glikolisis. Lalu bakteri asam laktat dan asam asetat mulai bekerja dengan aktif mengubah glukosa dan etanol menjadi asam laktat, asam asetat, asam glukonat, dan asam-asam organik lainnya. Proses fermentasi tersebut akan meningkatkan konsentrasi asam pada kombucha sehingga terjadi penurunan nilai pH (Coton *et al.*, 2017; Jayabalan *et al.*, 2014; Laureys *et al.*, 2020). Kesimpulan tersebut juga sejalan dengan hasil perhitungan total BAL dan khamir

kombucha kopi yang menandakan peningkatan jumlah BAL dan khamir yang terjadi menyebabkan jumlah asam organik yang dihasilkan semakin banyak seiring berjalannya proses fermentasi.



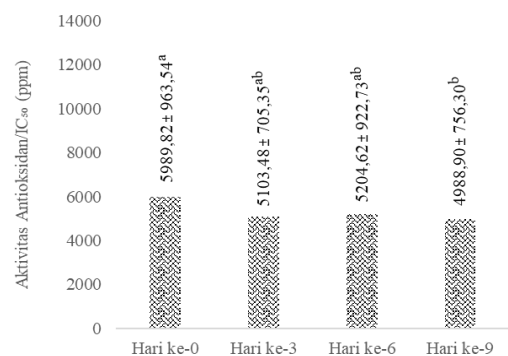
Gambar 4. Pengaruh jenis kopi terhadap nilai pH kombucha kopi

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa jenis kopi arabika menghasilkan kombucha kopi dengan nilai pH 3,93 merupakan yang terendah dibandingkan jenis kopi lainnya, sedangkan nilai pH tertinggi terdapat pada jenis kopi liberika dengan nilai 4,01. Hasil uji statistik membuktikan bahwa jenis kopi memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai pH kombucha kopi. Perbedaan nilai pH yang terjadi dapat disebabkan masing-masing kombucha kopi memiliki nilai pH awal yang berbeda-beda sebelum terjadinya proses fermentasi (hari ke-0), dimana nilai pH terendah juga terdapat pada jenis kopi arabika, sedangkan yang tertinggi juga pada jenis kopi liberika. Nilai pH kombucha kopi pada semua perlakuan sudah memenuhi standar menurut FDA

(2009) namun belum sesuai menurut KBI (2020) dengan batas maksimal pH 3,8.

Aktivitas Antioksidan (IC_{50}) Kombucha Kopi

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai IC_{50} kombucha kopi dari 5989,82 – 4988,90 ppm seiring berjalannya proses fermentasi. Hasil uji statistik pengaruh lama fermentasi terhadap nilai IC_{50} kombucha kopi masih belum signifikan ($p > 0,05$) secara keseluruhan, namun uji lanjut menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kombucha kopi hari ke-0 dengan hari ke-9. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas antioksidan kombucha kopi setelah fermentasi berlangsung selama 9 hari.

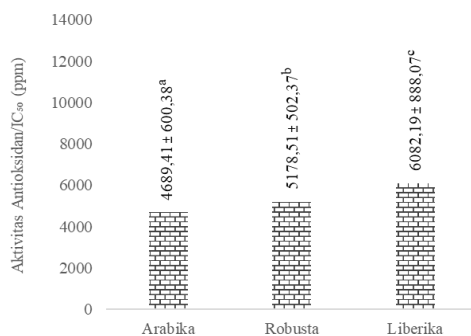


Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas antioksidan (IC_{50}) kombucha kopi

Peningkatan aktivitas antioksidan dapat diasosiasikan dengan peningkatan total polifenol dan flavonoid selama proses

fermentasi proses fermentasi kombucha. Mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi akan mendegradasi senyawa-senyawa polifenol dan flavonoid kompleks menjadi senyawa fenolik yang lebih sederhana sehingga jumlahnya bertambah secara keseluruhan dan meningkatkan potensinya sebagai antioksidan (Morales, 2020). Hasil analisis total BAL (Gambar 6), total khamir, dan nilai pH yang telah dibahas sebelumnya juga dapat dihubungkan dengan peningkatan aktivitas antioksidan yang terjadi selama proses fermentasi. Peningkatan total BAL dan khamir yang terjadi dapat menyebabkan peningkatan jumlah senyawa fenolik hasil degradasi enzimatis senyawa polifenol dan flavonoid kompleks (Chakravorty *et al.*, 2016).



Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 6. Pengaruh jenis kopi terhadap aktivitas antioksidan (IC₅₀) kombucha kopi

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai IC₅₀ kombucha kopi pada tiap jenis kopi. Jenis kopi arabika menghasilkan kombucha kopi dengan nilai IC₅₀ terendah, sedangkan nilai

IC₅₀ tertinggi terdapat pada jenis kopi liberika. Hasil uji statistik membuktikan bahwa jenis kopi memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai IC₅₀ kombucha kopi.

Perbedaan aktivitas antioksidan yang terjadi (Gambar 6) dapat diasosiasikan dengan jumlah mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi. Kombucha kopi dengan jenis kopi arabika memiliki total BAL dan total khamir tertinggi dibandingkan jenis kopi lainnya. Tingginya jumlah BAL dan khamir pada kombucha kopi arabika selama proses fermentasi menyebabkan jumlah senyawa fenolik yang didegradasi semakin banyak dan meningkatkan aktivitas antioksidan dari kombucha kopi yang dihasilkan (Chakravorty *et al.*, 2016).

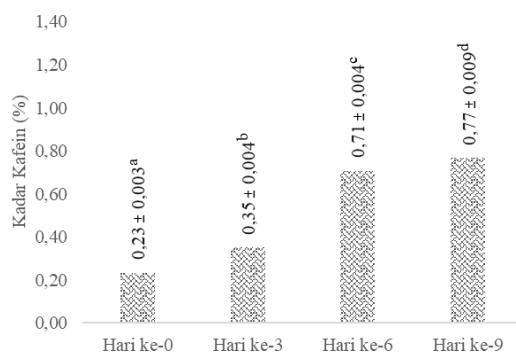
Penentuan Lama Fermentasi dan Jenis Kopi Terbaik

Kombucha kopi hari ke-9 untuk ketiga jenis kopi sudah memenuhi standar total BAL berdasarkan BSN (2009), serta standar total khamir berdasarkan Codex (2003). Nilai pH kombucha kopi semua perlakuan sudah sesuai standar nilai pH berdasarkan FDA (2009). Hasil analisis aktivitas antioksidan kombucha kopi (Gambar 6) menunjukkan nilai IC₅₀ terendah setelah 9 hari fermentasi dengan nilai IC₅₀ rata-rata 4988,90 ppm, dan pada jenis kopi arabika dengan nilai IC₅₀ rata-rata 4689,41 ppm. Hasil penelitian tersebut menunjukkan

bahwa perlakuan yang menghasilkan kombucha kopi terbaik adalah lama fermentasi 9 hari dan jenis kopi arabika. Oleh karena itu, jenis kopi terpilih untuk dianalisis lebih lanjut pada penelitian tahap II adalah jenis kopi arabika.

Kadar Kafein Kombucha Kopi Arabika

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan persen kadar kafein kombucha kopi arabika dari 0,23% – 0,77% seiring berjalannya proses fermentasi. Kadar kafein tertinggi pada kombucha kopi arabika dapat tercapai setelah 9 hari fermentasi dengan konsentrasi sebesar 0,77%. Hasil uji statistik membuktikan bahwa lama fermentasi memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar kafein kombucha kopi arabika.



Keterangan: Perbedaan notasi *superscript* pada label data menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 7. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar kafein kombucha kopi

Peningkatan kadar kafein pada kombucha (Gambar 7) dapat terjadi karena proses biosintesis kafein melalui fermentasi khamir. Jalur biosintesis kafein meliputi

empat reaksi utama, yaitu metilasi *xanthosine* pada atom N7 oleh enzim *xanthosine N-methyltransferase* yang terdapat pada kopi, sehingga dihasilkan 7- *methylxanthosine*. Selanjutnya enzim *nucleosidase* yang dihasilkan oleh khamir akan memotong ribosa dari 7- *methylxanthosine*, sehingga menghasilkan 7-*methylxanthine* yang merupakan substrat untuk enzim *theobromine synthase* dalam memproduksi *theobromine*. Reaksi terakhir berlangsung pada atom N1 yang dikatalisasi oleh *caffeine synthase* untuk menghasilkan kafein sebagai produk akhir (Jin *et al.*, 2014; McKeague *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Proses fermentasi dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan kadar kafein kombucha kopi. Aktivitas antioksidan mengalami peningkatan setelah fermentasi selama 9 hari. Variasi jenis kopi yang digunakan dapat memengaruhi terhadap total bakteri asam laktat (BAL), total khamir, nilai pH, dan aktivitas antioksidan kombucha kopi. Perlakuan yang dapat menghasilkan kombucha kopi dengan aktivitas antioksidan tertinggi adalah jenis kopi arabika dengan nilai IC50 rata-rata sebesar 4689,41 ppm dan lama fermentasi 9 hari dengan nilai IC50 rata-rata sebesar 4988,90 ppm. Analisis kadar kafein kombucha kopi terpilih dengan jenis kopi arabika menunjukkan terjadinya peningkatan kadar kafein selama proses

fermentasi berlangsung. Fermentasi selama 9 hari menghasilkan kombucha kopi arabika dengan kadar kafein tertinggi yaitu 0,77%.

SARAN

Saran selanjutnya adalah dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh lama fermentasi dan jenis kopi terhadap kadar turunan senyawa kafein (*theobromine*, *theophylline*, *methylxanthine*) dan kadar polifenol untuk memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap proses fermentasi kombucha kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2005). *Official methods of analysis of the association analytical chemists*. AOAC International.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2012). *Estimation of antioxidant activity in foods and beverages by reaction with 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)*. AOAC International.
- Atma, Y. (2016). Angka lempeng total (ALT), angka paling mungkin (APM) dan total kapang khamir sebagai metode analisis sederhana untuk menentukan standar mikrobiologi pangan olahan posdaya. *Jurnal Teknologi*, 8(2), 77-82.
<https://doi.org/10.24853/jurtek.8.2.7-83>
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2009). *Minuman susu fermentasi Berperisa*. SNI 7552:2009. Badan Standarisasi Nasional.
- Bjarnadottir, A. (2019). *Coffee and antioxidants: everything you need to know*. Retrieved July 14, 2019, from <https://www.healthline.com/nutrition/coffee-worlds-biggest-source-of-antioxidants>
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. (2016). Kombucha tea fermentation: microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*, 220, 63-72.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>
- Codex Alimentarius Commission (Codex). (2018). *Codex standard for fermented milks* (Rev. ed). Codex Alimentarius Commission.
- Coton, M., Pawtowski, A., Taminiau, B., Buragud, G., Deniel, F., Labarthe, L. C., Fall, A., Daube, G., & Coton, E. (2017). Unraveling microbial ecology of industrial-scale kombucha fermentation by metabarcoding and culture-based methods. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(5), 1-16.
<https://doi.org/10.1093/femsec/fix048>
- Essawet, N. A., Cvetkovic, D., Velicanski, A., Brunet, J. C., Vulic, J., Maksimovic, V., & Sinisa, M. (2015). Polyphenols and antioxidant activities of kombucha beverage enriched with coffeeberry extract. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21(3), 399-409.
<https://doi.org/10.2298/CICEQ140528042E>
- Falahuddin, I., Apriani, I., & Nurfadilah. (2017). Pengaruh proses fermentasi kombucha daun sirsak (*Annona Muricata* L.) terhadap kadar vitamin c. *Biota*, 3(2), 90.
<https://doi.org/10.19109/biota.v3i2.1323>
- Food and Drug Administration (FDA). (2009). *Food code*. Food and Drug Administration.

- International Coffee Organization (ICO). (2020). *Historical data on the global coffee trade. Statistics*. Retrieved from http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics
- Jayabalan, R., Malbasa, R. V., Loncar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. (2014). A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 538-550. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>
- Jin, L., Bhuiya, M. W., Li, M., Liu, X., Han, J., Deng, W., Wang, M., Yu, O., & Zhang, Z. (2014). Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for caffeine and theobromine production. *PLoS ONE*, 9(8), e105368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105368>
- Kombucha Brewers International (KBI). 2020. *Kombucha code of practice* (2nd ed). Retrieved from <https://kombuchabrewers.org/kombucha-code-of-practice/>
- Laureys, D., Britton, S. J., & Clippeleer, J. D. (2020). Kombucha tea fermentation: a review. *Journal of the American Society of Brewing Chemist*, 78(3), 165-174. <https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1734150>
- McKeague, M., Wang, Y. H., Cravens, A., Win, M. N., & Smolke, C. D. (2016). Engineering a microbial platform for de novo biosynthesis of diverse methylxanthines. *Metabolic Engineering*, 38, 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2016.08.003>
- Morales, D. (2020). Biological Activities of Kombucha beverages: the need of clinical evidence. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 323-333. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.025>
- Pérez-Jiménez, J., Neveu, V., Vos, F., dan Scalbert, A. (2010). Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, S112-S120. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>
- Specialty Coffee Association (SCA). (2018). *Coffee standards*. Specialty Coffee Association.
- Suhardini, P. N., & Zubaidah, E. N. (2016). Studi aktivitas antioksidan kombucha dari berbagai jenis daun selama fermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1), 221-229.
- Villarreal-soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., & Taillandier, P. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580-588. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>
- Watawana, M. I., Jayawardena, N., & Waisundara, V. Y. (2015). Enhancement of the functional properties of coffee through fermentation by “tea fungus” (kombucha). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2596-2603. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12509>
- Widodo, T.S., Sulistiyanto, B., & Utama, C.S. (2015). Jumlah bakteri asam laktat (bal) dalam digesta usus halus dan sekum ayam broiler dan diberi pakan ceceran pabrik pakan yang difermentasi. *Agripet*, 15(2), 98-103. <https://doi.org/10.17969/agripet.v15i2.2376>

PEMANFAATAN SARI BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) DALAM PEMBUATAN ES KRIM SUSU KEDELAI

[UTILIZATION OF RED DRAGON FRUIT (*Hylocereus polyrhizus*) JUICE IN SOY ICE CREAM MAKING]

Yuniwaty Halim^{1*}, Abigail Keziah Candela², Dela Rosa³

^{1,2}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

³Program Studi Farmasi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

ABSTRACT

Red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) contains betalains which can be used as a natural colorant with antioxidant properties. Low acceptance of soy ice cream that is usually caused by beany flavor can be reduced by addition of antioxidant in red dragon fruit juice. This research was aimed to determine the effect of red dragon fruit juice addition and different types and concentration of stabilizers on soy ice cream characteristics. In the first research stage, soy ice cream was made with different red dragon fruit juice concentrations (0%, 5%, 10%, 15% and 20%). Soy ice cream with 20% of red dragon juice addition was chosen because it had IC_{50} value of 132298 ± 29802 ppm, highest overrun, and best organoleptic acceptance. In the second research stage, soy ice cream was made with different stabilizer types (CMC 0.2%, CMC 0.1%, and κ -carrageenan 0.1%, and κ -carrageenan 0.2%). Soy ice cream with CMC 0.2% was the selected formulation because it has the highest overrun ($36.44 \pm 1.58\%$) and slowest melting time (54.00 ± 0.61 min). The selected soy ice cream contained 61.85% moisture, 0.72% ash, 2.74% fat, 5.65% protein and 29.04% carbohydrate.

Keywords: antioxidant; CMC; red dragon fruit; soy ice cream; stabilizer

ABSTRAK

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) mengandung betalain yang dapat digunakan sebagai pewarna alami yang memiliki sifat antioksidan. Penerimaan es krim susu kedelai yang rendah yang biasanya disebabkan oleh aroma langu dapat dikurangi dengan penambahan antioksidan dari sari buah naga. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh penambahan sari buah merah dan pengaruh jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap karakteristik fisik es krim susu kedelai. Pada penelitian tahap pertama, es krim susu kedelai dibuat dengan berbagai konsentrasi sari buah naga (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%). Es krim susu kedelai dengan penambahan 20% sari buah naga merah merupakan formulasi terpilih karena memiliki nilai IC_{50} sebesar 132298 ± 29802 ppm, *overrun* tertinggi, dan penerimaan organoleptik terbaik. Pada penelitian tahap kedua, es krim susu kedelai dibuat dengan berbagai jenis *stabilizer* (CMC 0,2%, CMC 0,1% dan κ -karagenan 0,1%, dan κ -karagenan 0,2%). Es krim susu kedelai dengan penggunaan CMC 0,2% merupakan formulasi terpilih karena memiliki *overrun* tertinggi ($36,44 \pm 1,58\%$) dan waktu leleh terlama ($54,00 \pm 0,61$ menit). Es krim susu kedelai terpilih ini mengandung air sebanyak 61,85%, abu 0,72%, lemak 2,74%, protein 5,65%, dan karbohidrat 29,04%.

Kata kunci: antioksidan; buah naga merah; CMC; es krim susu kedelai; *stabilizer*

PENDAHULUAN

Susu kedelai merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk menggantikan susu sapi dalam pembuatan es krim. Es krim susu kedelai dianggap lebih sehat karena tidak mengandung kolesterol dan laktosa, rendah kalori dan kandungan asam lemak jenuh. Walaupun demikian, penerimaan es krim susu kedelai masih kurang dikarenakan aroma langu yang disebabkan oleh aktivitas lipoksigenase (Goff and Hartel, 2013). Berbagai penelitian telah mencoba mengurangi aroma langu pada es krim susu kedelai, antara lain menggunakan ekstrak rosella (M. A. Putri, 2014) atau sari jeruk manis (Alfadila *et al.*, 2020).

Bau langu juga dapat dihilangkan dengan penambahan antioksidan yang menghambat terjadinya oksidasi lipid (Liu, 1997). Salah satu antioksidan yang dapat digunakan adalah betalain yang banyak terkandung pada buah naga. Betalain juga merupakan pigmen yang dapat digunakan sebagai pewarna alami pada berbagai produk pangan, termasuk es krim susu kedelai. Betalain dari buah naga diketahui lebih stabil dibandingkan dengan betalain yang diperoleh dari sumber lainnya (Woo *et al.*, 2011).

Salah satu kekurangan es krim susu kedelai adalah warnanya yang kurang menarik, sedangkan menurut Tharp and Young (2013), es krim dengan warna yang

menarik memiliki tingkat penerimaan yang lebih baik. Buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) atau sering disebut *red pitaya* (buah naga merah) mengandung berbagai zat bioaktif, antara lain antioksidan dan serat pangan dalam bentuk pektin (Farikha *et al.*, 2013). Buah naga merah juga diketahui dapat berfungsi sebagai suplemen zat besi dan mengandung vitamin B1, B2, dan B3 yang membantu menurunkan kolesterol dalam tubuh. Buah naga merah juga mengandung vitamin C, vitamin E, beta karoten, dan likopen. Likopen telah banyak digunakan sebagai pewarna alami pada berbagai produk pangan (Prayitno dan Rahma, 2019).

Penelitian lain oleh Pereira *et al.* (2001) menyatakan bahwa penambahan susu kedelai dalam pembuatan es krim menurunkan penerimaan secara keseluruhan, berkaitan dengan tekstur yang kurang lembut apabila dibandingkan dengan es krim tanpa penambahan susu kedelai. Untuk mengatasi masalah ini, penentuan jenis dan konsentrasi *stabilizer* perlu dilakukan. *Stabilizer* merupakan salah satu bahan yang menentukan tekstur pada produk es krim dengan menghambat kristalisasi pada lemak maupun molekul air (Lestari *et al.*, 2019).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh konsentrasi sari buah naga terhadap karakteristik fisik, kimia, dan

organoleptik es krim susu kedelai, Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap karakteristik fisik es krim susu kedelai.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) berukuran sedang (250-300 gram) yang diperoleh dari toko “Apple shop” di daerah Puri, Jakarta Barat, kacang kedelai dari pasar tradisional di daerah Kosambi, Jakarta barat, susu kedelai bubuk “Melilea” yang didistribusikan oleh PT Melilea International Indonesia, gula pasir “Gulaku”, NaHCO_3 , CMC (*carboxyl methyl cellulose*), κ -karagenan, dan MDG (*monodiglycerides*). Bahan yang digunakan untuk analisis mencakup air distilasi, 2,2 *diphenyl-1- pycrylhydrazyl* (DPPH) 0,2 mM, HCl 25%, Selenium, kalium sulfat, H_2O_2 35%, asam borat 4%, *mixed indicator*, dan HCl 0,2 N.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, timbangan meja, *soymilk maker* “Wonderfu SW-98”, *Heidolph stirrer* “RZR-1”, *ice cream maker* “De Longhi Il Gelataio ICK5000”, dan *freezer*.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, yang terdiri dari dua tahap penelitian. Penelitian tahap pertama mencakup pembuatan sari buah naga dan susu kedelai, serta pembuatan es krim susu kedelai dengan penambahan berbagai konsentrasi sari buah naga. Penelitian tahap kedua mencakup pembuatan es krim susu kedelai dengan berbagai jenis dan konsentrasi *stabilizer*.

Pembuatan Sari Buah Naga

Buah naga merah dibersihkan dan dikupas kemudian dihancurkan dengan *blender* (rasio sari buah : air = 1:1). Sari buah yang didapatkan kemudian disaring dengan kain saring (Joenita, 2008 dengan modifikasi). Analisis yang dilakukan terhadap sari buah naga meliputi analisis proksimat, analisis fisik (warna), dan analisis kimia (antioksidan, pH, total padatan terlarut).

Pembuatan Susu Kedelai

Pembuatan susu kedelai dilakukan menurut metode oleh Joenita (2008) dengan modifikasi. Pembuatan susu kedelai diawali dengan perendaman kacang kedelai di dalam larutan NaHCO_3 0,5% selama 8 jam (rasio kacang:air = 1:3). Setelah perendaman, kacang kedelai ditiriskan, lalu direbus selama 10 menit. Kulit kacang kemudian dikupas dan dilakukan penghancuran kacang

kedelai menggunakan *soymilk maker* (rasio kacang:air = 1:8). Susu kedelai yang diperoleh kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diberi perlakuan Pasteurisasi pada suhu 82°C selama 20 menit. Susu kedelai yang diperoleh kemudian dianalisis untuk kandungan proksimatnya.

Pembuatan Es Krim Susu Kedelai

Pembuatan es krim susu kedelai dilakukan berdasarkan metode oleh Joenita (2008) dan Clarke (2012) dengan modifikasi. Pembuatan es krim susu kedelai diawali dengan pencampuran bahan. Bahan-bahan kering, yaitu susu kedelai bubuk, gula pasir, CMC, dan MDG dicampurkan tersendiri sebelum dicampurkan dengan bahan cair. Bahan-bahan cair, yaitu susu kedelai dan sari buah naga dicampurkan dengan cara diaduk pada suhu 72°C.

Setelah itu, bahan-bahan kering dicampurkan dengan bahan cair dan diberi perlakuan Pasteurisasi pada suhu 72°C selama 10 menit. Campuran dihomogenisasi menggunakan Heidolph *stirrer* selama 10 menit menggunakan skala 6. Campuran kemudian diberi perlakuan *aging* pada suhu 4°C selama 18 jam. Setelah proses *aging*, campuran dibekukan dalam *ice cream maker* selama 20 menit dan kemudian di dalam *freezer* pada suhu -30°C selama 24 jam. Es krim susu kedelai yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk parameter fisik (warna,

waktu leleh, dan *overrun*), parameter kimia (aktivitas antioksidan), serta organoleptik menggunakan uji hedonik.

Formulasi es krim susu kedelai pada penelitian ini menggunakan formulasi es krim rendah lemak (Liu, 1997) untuk mencapai total lemak adalah 3% (b/v) dan total padatan adalah 30% (b/v). Formulasi es krim susu kedelai pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi es krim susu kedelai dengan penambahan sari buah naga

Bahan	Komposisi (g/100g)				
	0%	5%	10%	15%	20%
Sari buah naga	0	5	10	15	20
Susu kedelai	67,2	62,2	57,2	52,2	47,2
Susu kedelai bubuk	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
Gula	15	15	15	15	15
Stabilizer	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Emulsifier	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Penelitian Tahap Dua

Formulasi terpilih dari penelitian tahap pertama digunakan pada penelitian tahap kedua. Pada penelitian tahap dua, es krim susu kedelai dibuat dengan berbagai jenis dan konsentrasi *stabilizer*, yaitu CMC 0,2%, kombinasi CMC dan κ -karagenan masing-masing sebesar 0,1%, dan κ -karagenan 0,2%.

Prosedur pembuatan es krim susu kedelai pada penelitian tahap kedua sama dengan penelitian tahap pertama. Es krim

susu kedelai yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk parameter fisik (waktu leleh dan *overrun*).

Analisis

Analisis proksimat pada penelitian ini mencakup analisis lemak menggunakan metode Weibull-Stoldt (BSN, 1992), analisis protein dengan metode Kjeldahl (AOAC, 2005), analisis kadar air metode oven (AOAC, 2005), analisis kadar abu metode pengabuan kering (AOAC, 2005), dan analisis karbohidrat dengan metode *by difference* (AOAC, 2005).

Analisis fisik terhadap es krim susu kedelai yang dihasilkan meliputi analisis *overrun* (Marshal dan Arbuckle, 2000), waktu leleh (F. Putri, 2014), dan analisis warna menggunakan kromameter (Zarubica *et al.*, 2005). Analisis kimia meliputi total padatan terlarut (Nielsen, 2005), aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (Nahak and Rajani, 2011), dan pH menggunakan pH meter (AOAC, 2005). Analisis organoleptik dilakukan terhadap 70 panelis semi terlatih menggunakan metode uji hedonik. Penelitian ini dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan SPSS 22.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sari Buah Naga dan Susu Kedelai

Komposisi nutrisi sari buah naga yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat sedikit perbedaan antara komposisi sari buah naga yang diperoleh pada penelitian ini dengan teori (Alasalvar dan Shahidi, 2016). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti iklim, tingkat kematangan buah, dan rentang waktu antara panen dengan konsumsi (Kader, 2002).

Tabel 2. Komposisi nutrisi sari buah naga
Jumlah (%)

Komponen	Jumlah (%)	
	Hasil analisis	Alasalvar and Shahidi (2016)
Air	93,27±0,55	88,5
Abu	0,13±0,01	0,59
Lemak	0,38±0,10	0,40
Protein	0,53±0,10	0,93
Karbohidrat	5,69±0,27	9,44

Sari buah naga pada penelitian ini memiliki nilai pH sebesar 4,75 dan total padatan terlarut sebesar 6 °Brix. Total padatan terlarut ini lebih rendah dibandingkan dengan Alasalvar dan Shahidi (2016) yang menyatakan bahwa sari buah naga memiliki total padatan terlarut sebesar 10,7 °Brix. Adapun aktivitas antioksidan sari buah naga pada penelitian ini adalah sebesar 112006±4751 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa sari buah naga memiliki aktivitas

antioksidan yang lemah ($IC_{50} > 200$ ppm) yang dapat disebabkan adanya penambahan air dengan rasio 1:1 dalam proses pembuatan sari buah naga.

Analisis warna menunjukkan bahwa sari buah naga memiliki nilai $^{\circ}Hue$ sebesar $9,45 \pm 0,48$ (merah keunguan). Menurut Jamaludin *et al.* (2011), buah naga biasanya memiliki nilai $^{\circ}Hue$ sebesar 10-30 tergantung dari tingkat kematangannya.

Susu kedelai pada penelitian ini mengandung kadar air sebesar $94,84 \pm 0,07\%$, kadar abu sebesar $0,18 \pm 0,01\%$, lemak sebesar $1,38 \pm 0,12\%$, protein sebesar $1,97 \pm 0,11\%$, dan karbohidrat sebesar $1,64 \pm 0,15\%$. Susu kedelai pada penelitian ini memiliki kadar protein dan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan Liu (1997) yang menyatakan bahwa susu kedelai mengandung protein sebesar 3,3-3,6% dan lemak sebesar 2,1-2,3%. Perbedaan kadar protein dan lemak ini dapat disebabkan perbedaan perlakuan dalam pembuatan susu kedelai, seperti jumlah air yang ditambahkan atau ada tidaknya perlakuan panas (Chen dan Rosental, 2015).

Pengaruh Penambahan Sari Buah Naga terhadap Karakteristik Es Krim Susu Kedelai

Overrun

Overrun merupakan udara yang terperangkap selama proses pembekuan es

krim (Goff dan Hartel, 2013). *Overrun* dianalisis karena memengaruhi tekstur es krim. *Overrun* yang terlalu tinggi menghasilkan es krim yang terlalu lunak, sedangkan *overrun* yang terlalu rendah menghasilkan es krim yang kaku dan keras (Clarke, 2012).

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan dari konsentrasi penambahan sari buah naga terhadap *overrun* es krim susu kedelai ($p \leq 0,05$). Pengaruh penambahan sari buah naga terhadap *overrun* es krim susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Overrun* es krim susu kedelai dengan penambahan sari buah naga

Konsentrasi sari buah naga (%)	<i>Overrun</i> (%)
0	$22,08 \pm 1,07^a$
5	$26,08 \pm 2,83^b$
10	$30,62 \pm 0,59^c$
15	$34,76 \pm 1,92^d$
20	$36,44 \pm 1,58^d$

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan total padatan meningkatkan *overrun* es krim yang dihasilkan (Abdullah *et al.*, 2003). Sari buah naga memiliki total padatan lebih tinggi dibandingkan susu kedelai, sehingga penambahan sari buah naga dalam konsentrasi yang lebih tinggi akan meningkatkan *overrun* es krim susu kedelai (Ahanian *et al.*, 2014).

Waktu Leleh

Untuk mengukur waktu leleh, digunakan sebanyak 30 gram es krim susu kedelai. Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan dari konsentrasi penambahan sari buah naga terhadap waktu leleh es krim susu kedelai ($p \leq 0,05$). Pengaruh penambahan sari buah naga terhadap waktu leleh es krim susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu leleh es krim susu kedelai dengan penambahan sari buah naga

Konsentrasi sari buah naga (%)	Waktu leleh (menit)
0	55,84±0,62 ^c
5	55,38±0,81 ^{bc}
10	54,89±0,70 ^{ab}
15	54,61±0,88 ^{ab}
20	54,00±0,93 ^a

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi sari buah naga yang semakin tinggi menyebabkan waktu leleh yang semakin singkat. Penambahan sari buah naga menurunkan kadar lemak pada es krim, sehingga menurunkan waktu leleh. Kadar lemak yang semakin tinggi meningkatkan waktu leleh (Marshall and Arbuckle, 2000). Penelitian sebelumnya oleh Li *et al.* (1997) menunjukkan bahwa es krim dengan kadar lemak 4% memiliki waktu leleh yang lebih panjang dibandingkan dengan es krim dengan kadar lemak lebih rendah (0-2%).

Warna

Warna merupakan salah satu parameter yang menentukan penerimaan konsumen terhadap produk tertentu. Analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan dari konsentrasi penambahan sari buah naga terhadap nilai kecerahan (L^*) dari es krim susu kedelai yang dihasilkan. Hasil analisis terhadap warna dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik warna es krim susu kedelai dengan penambahan sari buah naga

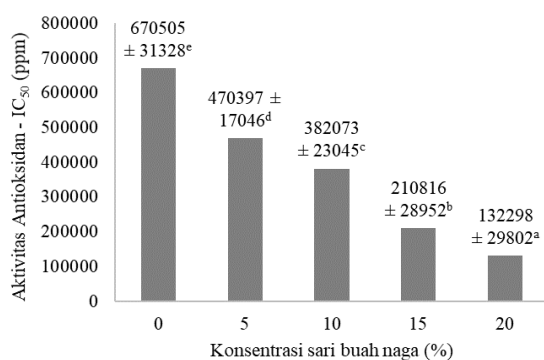
Konsentrasi sari buah naga (%)	L^*	$^{\circ}\text{Hue}$
0	56,59 ± 0,68 ^d	86,47±1,10
5	51,60 ± 0,70 ^c	38,83±7,42
10	48,12 ± 0,97 ^b	13,70±9,34
15	47,54 ± 0,91 ^b	10,50±5,49
20	44,70 ± 0,41 ^a	4,62±2,04

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 5 menunjukkan bahwa penambahan sari buah naga menurunkan nilai L^* yang berarti es krim susu kedelai memiliki warna yang lebih gelap. Selain nilai L^* , analisis warna juga menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai Hue dari 86,47±1,10 (merah kekuningan) untuk es krim susu kedelai tanpa penambahan sari buah naga hingga 4,62±2,04 (merah) untuk es krim yang ditambahkan 20% sari buah naga. Perubahan warna ini disebabkan oleh adanya pigmen betalain pada buah naga.

Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

Buah naga diketahui mengandung pigmen betalain yang dapat berfungsi sebagai antioksidan (Woo *et al.*, 2011). Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan dari konsentrasi penambahan sari buah naga terhadap aktivitas antioksidan es krim susu kedelai ($p \leq 0,05$). Pengaruh penambahan sari buah naga terhadap aktivitas antioksidan dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Gambar 1. Pengaruh penambahan sari buah naga terhadap aktivitas antioksidan es krim susu kedelai

Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan sari buah naga meningkatkan

aktivitas antioksidan yang dapat dilihat dari menurunnya nilai IC₅₀. Komponen lain yang dapat berperan sebagai antioksidan pada buah naga adalah vitamin C, E, dan karotenoid (Rein, 2005). Meskipun demikian, es krim susu kedelai yang ditambahkan sari buah naga hingga 20% masih tergolong sebagai antioksidan lemah karena memiliki nilai IC₅₀ di atas 200 ppm (Jacoeb *et al.*, 2013).

Karakteristik Organoleptik

Pada penelitian ini, karakteristik organoleptik pada es krim susu kedelai diuji menggunakan uji hedonik. Parameter-parameter yang diuji meliputi aroma, rasa, warna, tekstur, dan penerimaan keseluruhan. Hasil uji hedonik dapat dilihat pada Tabel 6.

Oleh karena itu, pada penelitian ini, es krim susu kedelai yang ditambahkan dengan 20% sari buah naga merupakan formulasi terpilih. Hal ini juga karena es krim susu kedelai ini memiliki *overrun* tertinggi, yaitu sekitar 34,76% hingga 36,44% dan aktivitas antioksidan terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 6. Pengaruh penambahan sari buah naga terhadap karakteristik organoleptik es krim susu kedelai

Konsentrasi sari buah naga (%)	Parameter				
	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur	Penerimaan keseluruhan
0	4,27±1,14 ^a	4,14±1,50 ^a	4,59±1,55 ^b	4,76±1,23 ^a	4,46±1,27 ^{ab}
5	4,33±1,05 ^a	4,27±1,33 ^a	3,70±1,57 ^a	4,70±1,29 ^a	4,13±1,06 ^a
10	4,71±0,98 ^b	4,89±1,30 ^b	4,49±1,37 ^b	4,99±1,17 ^{ab}	4,86±0,98 ^c
15	4,64±0,95 ^b	4,54±1,38 ^{ab}	5,64±0,96 ^c	5,04±1,20 ^{ab}	4,77±1,17 ^{bc}
20	4,86±1,05 ^b	4,93±1,36 ^b	5,60±1,15 ^c	5,12±1,25 ^b	5,06±1,13 ^c

Keterangan: notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$). Skala hedonik: 1 (sangat tidak suka) – 7 (sangat suka)

Pengaruh Jenis Stabilizer terhadap Karakteristik Es Krim Susu Kedelai

Penambahan sari buah naga sebesar 20% berdasarkan hasil penelitian tahap pertama digunakan dalam pembuatan es krim pada penelitian tahap kedua. Pada penelitian tahap kedua, es krim susu kedelai dibuat dengan berbagai jenis dan konsentrasi *stabilizer*, yaitu CMC 0,2%, kombinasi CMC dan κ -karagenan masing-masing 0,1%, dan κ -karagenan 0,1%.

Overrun

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap *overrun* es krim susu kedelai ($p \leq 0,05$). Pengaruh penambahan jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap *overrun* es krim susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Overrun* es krim susu kedelai dengan berbagai jenis dan konsentrasi *stabilizer*

Jenis dan konsentrasi <i>stabilizer</i> (%)	<i>Overrun</i> (%)
CMC 0,2%	$36,44 \pm 1,58^c$
CMC : κ -karagenan (0,1%:0,1%)	$19,76 \pm 2,36^b$
κ -karagenan 0,2%	$14,74 \pm 2,21^a$

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 7 menunjukkan bahwa es krim susu kedelai yang menggunakan CMC sebagai *stabilizer* memiliki *overrun* tertinggi, yaitu $36,44 \pm 1,58\%$. Menurut

Hui (2006), penggunaan κ -karagenan dapat menghasilkan gel yang lebih lemah dan campuran yang kurang kental dibandingkan dengan CMC. Akan tetapi, es krim yang memiliki viskositas lebih tinggi seharusnya memiliki *overrun* yang lebih rendah karena inkorporasi gelembung udara yang lebih sulit pada saat *freezing* (Marshall and Arbuckle, 2000), sehingga hasil penelitian ini sedikit berbeda dengan teori. Oleh karena itu, *overrun* yang rendah pada es krim yang menggunakan karagenan sebagai *stabilizer* kemungkinan lebih disebabkan oleh lemahnya gel yang terbentuk sehingga tidak dapat memerangkap udara.

Overrun yang semakin tinggi membantu pembentukan kristal es dan *air cell* yang kecil sehingga menghasilkan tekstur es krim yang lebih lembut. Akan tetapi, *overrun* yang terlalu tinggi akan menghasilkan tekstur es krim yang terlalu keras (Syed *et al.*, 2018).

Waktu Leleh

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan dari jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap waktu leleh es krim susu kedelai ($p \leq 0,05$). Pengaruh penambahan jenis dan konsentrasi *stabilizer* terhadap waktu leleh es krim susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Waktu leleh es krim susu kedelai dengan berbagai jenis dan konsentrasi *stabilizer*

Jenis dan konsentrasi <i>stabilizer</i> (%)	Waktu leleh (menit)
CMC 0,2%	54,00 ± 0,61 ^c
CMC : κ-karagenan (0,1%:0,1%)	51,94 ± 1,87 ^b
κ-karagenan 0,2%	50,31 ± 0,83 ^a

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 8 menunjukkan bahwa es krim susu kedelai yang memiliki waktu leleh paling lama adalah es krim yang dibuat menggunakan CMC 0,2% sebagai *stabilizer*. Hal ini disebabkan penggunaan CMC menyebabkan viskositas campuran yang lebih tinggi, sehingga es krim menjadi lebih sulit (Goff and Hartel, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian tahap kedua ini, dapat disimpulkan bahwa es krim susu kedelai yang ditambahkan dengan 20% sari buah naga dan menggunakan CMC 0,2% sebagai *stabilizer* menghasilkan karakteristik terbaik, yaitu *overrun* paling tinggi dan waktu leleh yang paling lama. Es krim susu kedelai dengan formulasi terpilih ini kemudian diuji kandungan proksimatnya yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Berdasarkan Tabel 9, es krim susu kedelai yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai es krim rendah lemak (*low fat ice cream*). Hal ini karena kandungan lemaknya antara 2-4% (Liou, 2006).

Tabel 9. Komposisi Es Krim Susu Kedelai dengan Formulasi Terpilih

Komposisi	Persentase (%)	Per takaran saji (118 mL)
Air	61,85	72,98
Abu	0,72	0,85
Lemak	2,74	3,23
Protein	5,65	6,67
Karbohidrat	29,04	34,27

KESIMPULAN

Penambahan sari buah naga dalam pembuatan es krim susu kedelai memengaruhi *overrun*, waktu leleh, warna, aktivitas antioksidan, dan penerimaan secara organoleptik. Es krim susu kedelai yang ditambahkan sari buah naga sebesar 20% memiliki aktivitas antioksidan yang lemah dengan nilai IC_{50} sebesar 132298 ± 29802 ppm, namun memiliki *overrun* tertinggi ($36,44 \pm 1,58\%$). Es krim susu kedelai ini juga memiliki penerimaan organoleptik terbaik dari segi rasa, aroma, tekstur, warna, dan penerimaan keseluruhan.

Jenis dan konsentrasi *stabilizer* yang digunakan juga memengaruhi *overrun* dan waktu leleh es krim susu kedelai yang dihasilkan. Es krim susu kedelai yang ditambahkan dengan sari buah naga 20% dan menggunakan CMC 0,2% sebagai *stabilizer* merupakan formulasi terpilih dengan kandungan lemak 2,74% sehingga dapat digolongkan sebagai es krim rendah lemak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Saleem-ur-Rehman, Z. H., Saeed, H. M., Kousar, S., & Sahid, M. (2003). Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(5), 305-311. <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.305.311>
- Ahanian, B., Rezvan P., & Mirahmadi, F. (2014). Effect of substituting soy milk instead of skim milk on physicochemical and sensory properties of sesame ice cream. *Indian Journal of Scientific Research*, 7(1), 1134-1143.
- Alfadila, R. R. Anandito, B. K., & Siswanti. (2020). Pengaruh pemanis terhadap mutu fisik, kimia, dan sensoris es krim sari kedelai jeruk manis (*Citrus sinensis*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.20961/jthp.v13i1.40319>
- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis* 18th Edition. Associated of Official Analytical International.
- Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2016). *Handbook of Functional Beverages and Human Health*. Taylor & Francis.
- BSN. (1992). *Analisa lemak dengan metode Weibull*. Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-2891. Jakarta: Indonesia.
- Chen, J. & Rosenthal, A. J. (2015). *Modifying Food Texture*. Woodhead Publishing.
- Clarke, C. (2012). *The Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry.
- Farikha, I. N., Anam, C., & Widowati, E. (2013). Pengaruh jenis dan konsentrasi bahan penstabil alami terhadap karakteristik fisikokimia sari buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) selama penyimpanan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(1), 30-38.
- Goff, H. D & Hartel, R.W. (2013). *Ice Cream*. Springer.
- Hui, Y. H. (2006). *Handbook of Science, Technology, and Engineering*. CRC Press.
- Jacoeb, A. M., Suptijah, P., & Zahidah. (2013). Komposisi kimia, komponen bioaktif dan aktivitas antioksidan buah lindur (*Bruguiera gymnorhiza*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 13(1), 86-94. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v16i1.7772>
- Jamaludin, N. A., Ding, P., & Hamid, A. A. (2010). Physico-chemical and structural changes of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus Polyrhizus*) during fruit development. *Journal of the Science of Food*, 91(2), 278-285. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4182>
- Joenita. (2008). *Pengaruh substitusi susu bubuk kedelai dan margarine dengan ubi jalar ungu (Ipomea batatas L. Poir) dan fat replacer pada es krim* (Undergraduate Thesis). Universitas Pelita Harapan, Food Technology Study Program, Tangerang, Indonesia.
- Kader, A. A. (2002). Pre- and postharvest factors affecting fresh produce quality, nutritional value, and implication for human health. In *Proceedings of International Congress Food Production and the Quality of Life, Sassari, Italy, volume 1*, p. 109-119.
- Lestari, L. A., Wildiana, R. A., Nisa, F. Z., Erwanto, Y., & Pranoto, Y. (2019). Physical, chemical, and sensory properties of ice cream with the

- substitution of stabilizer with gelatin from various sources. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 7(3), 166-172.
<https://doi.org/10.22146/jfps.702>
- Li, Z., Marshall, R., Heymann, H., & Fernando, L. (1997). Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 80, 3133-3141.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76284-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76284-2)
- Liou, B. K. (2006). *Sensory analysis of low-fat strawberry ice creams prepared with different flavor chemicals and fat mimetics* (Ph. D. Dissertation). University of Missouri, Columbia, Unites States.
- Liu, K. (1997). *Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization*. Chapman & Hall.
- Marshall, R. T., & Arbuckle, W. S. (2000). *Ice Cream*. Chapman and Hall.
- Nahak, G., & Rajani K. S. (2011). Evaluation of antioxidant in ethanolic extract of five Curcuma species. *International Research Journal of Pharmacy*, 2(12), 243-248.
- Nielsen, S. S. (2005). *Food Analysis*. Springer.
- Pereira, G. D., Resende, J. V., Abreu, L. R., Giarola, T. M., & Perrone, I. T. (2011). Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. *European Food Research and Technology*, 232(6), 1093-1102.
<https://doi.org/10.1007/s00217-011-1483-z>
- Prayitno, S. A. & Rahma, A. (2019). The sensory evaluation on pumpkin ice cream that formulated by red dragon fruit. *Food Science and Technology Journal*, 2(2), 2-7.
<https://doi.org/10.25139/fst.v0i0.2036>
- Putri, F. (2014). *Study on utilization of okara in flavored soy ice cream making* (Undergraduate Thesis). Universitas Pelita Harapan, Food Technology Study Program, Tangerang, Indonesia.
- Putri, M. A. (2014). *Pengaruh ekstrak rosella terhadap kualitas es krim susu kedelai*. Program Studi Pendidikan Kesejahteraan (Undergraduate Thesis). Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia.
- Rein, M. (2005). *Copigmentation reaction and color stability of berry anthocyanins* (Ph. D. Dissertation). University of Helsinki, Applied Chemistry and Microbiology, Helsinki, Finland.
- Syed, Q. A., Anwar, S., Shukat, R., & Zahoor, T. (2018). Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(6), 422-435.
<https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00305>
- Tharp, B. W., & Young, L. S. (2013). *Tharp & Young on Ice Cream*. DESTech Publication Inc.
- Woo, K. K., Ngou, F. H., Ngo, L. S., Soong, W. K., & Tang, P. Y. (2011). Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *American Journal of Food Technology*, 6, 140-148.
<https://doi.org/10.3923/ajft.2011.140.148>
- Zarubica, A., Miljkovic, M., Purenovic, M., & Tomic, V. (2005). Colour parameters, whiteness indices and physical features of marking paints for horizontal signalization. *Facta*

*Universitatis - Series: Physics,
Chemistry and Technology, 3(2),
205-216.*

PENGARUH KONSENTRASI MINYAK ATSIRI DAUN KARI (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) DAN MADU TERHADAP KARAKTERISTIK MINUMAN FUNGSIONAL

[THE EFFECT OF CURRY LEAVES (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) ESSENTIAL OIL AND HONEY CONCENTRATION ON CHARACTERISTICS OF FUNCTIONAL DRINK]

Tagor Marsillam Siregar^{1*}, Lidya Aurelia²

^{1,2}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: tagor.siregar@uph.edu

ABSTRACT

Curry leaves have high content of flavonoids, alkaloids, terpenoids, and essential oils that have potential as antioxidants. The purpose of this study was to utilize the essential oil of curry leaves in the production of functional drink. In the preliminary stage, the hydrodistillation process, analysis of the physicochemical characteristics and antioxidant activity of the curry leaf essential oil were carried out. The main research was carried out by producing functional drinks with different concentrations of the essential oils of curry leaves (0.05%; 0.10%; 0.15%) and honey (5%; 10%; 15%). All formulations were tested for their sensory attributes (scoring and hedonic) and physicochemical properties (pH, total soluble solids, and color test). Based on GC-MS analysis, the chemical composition of the essential oils of curry leaves were Humulene (7.56%) and β -Phellandrene (3.80%) as antibacterial agents, whereas caryophyllene (20.45%), phytol (1.99%), Copaene (0.80%), and α -cubebene (0.29%) as antioxidants. Curry leaves produced essential oil with a yield of 0.44%, density of 0.9596 g/mL, clear yellow color, total phenolic content of 2.21 ± 0.09 mg GAE/g, and antioxidant activity (RSA) of 77.95% at the concentration of 90000 ppm. The best formulation of functional drink was by the addition of essential oil of curry leaves at 0.05% and honey at 15% with resulted pH value of 6.03, total soluble solids of 12.03 °Brix, Lightness of 53.91, Hue of 87.98, and with overall acceptance at moderately like. The best functional drink had a total phenolic content of 4.13 mg GAE/L and antioxidant activity (RSA) of 79.41% at the concentration of 700000 ppm.

Keywords: antioxidant; curry leaves; essential oil; functional drink; honey

ABSTRAK

Daun kari (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) memiliki kandungan flavonoid, alkaloid, terpenoid, dan minyak atsiri yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan minyak atsiri daun kari pada pembuatan minuman fungsional. Pada tahap pendahuluan dilakukan proses hidrodestilasi, analisis karakteristik fisikokimia dan aktivitas antioksidan minyak atsiri daun kari yang diperoleh. Pada tahap penelitian utama dilakukan pembuatan minuman fungsional dengan menggunakan konsentrasi minyak atsiri daun kari (0,05%; 0,10%; 0,15%) serta konsentrasi madu (5%; 10%; 15%). Seluruh formulasi minuman fungsional diuji sensori (skoring dan hedonik) dan fisikokimia (pH, uji total padatan terlarut, dan uji warna). Berdasarkan hasil analisis GC-MS, komposisi kimia minyak atsiri daun kari meliputi senyawa Humulene (7,56%) dan β -Phellandrene (3,80%) yang berfungsi sebagai antibakteri, sedangkan caryophyllene (20,45%), phytol (1,99%), Copaene (0,80%), dan α -cubebene (0,29%) berfungsi sebagai antioksidan. Minyak atsiri daun kari yang diperoleh memiliki

rendemen 0,44%, berat jenis 0,9596 g/mL, warna kuning jernih, total fenolik $2,21 \pm 0,09$ mg GAE/g, dan aktivitas antioksidan (RSA) 77,95% pada konsentrasi 90000 ppm. Minuman fungsional terpilih adalah minuman dengan konsentrasi minyak atsiri daun kari sebesar 0,05% dan konsentrasi madu sebesar 15% dengan pH 6,03, total padatan terlarut $12,03^\circ\text{Brix}$, *Lightness* 53,91, *Hue* 87,98, nilai penerimaan keseluruhan agak suka. Minuman fungsional terpilih memiliki total fenolik sebesar 4,13 mg GAE/L dan aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 79,41% pada konsentrasi 700.000 ppm.

Kata kunci: antioksidan; daun kari; madu; minuman fungsional; minyak atsiri

PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan hasil penyulingan dari berbagai bagian tumbuhan. Minyak atsiri memberikan aroma khas pada tumbuhan dan bersifat mudah menguap, yang berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder berupa hidrokarbon, fenol, terpen, dan sebagainya. Minyak atsiri berfungsi sebagai *flavor*, antimikroba, antioksidan, dan antiinflamasi (Effendi dan Widjanarko, 2014; Tripathi *et al.*, 2018).

Daun kari biasanya dimanfaatkan dalam masakan untuk meningkatkan rasa dan aroma. Daun kari juga dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri, antioksidan, dan antidiabetes. Senyawa-senyawa yang terkandung pada daun kari adalah flavonoid, saponin, alkaloid, terpenoid, serta minyak atsiri (Cahyaningsih *et al.*, 2018). Minyak atsiri daun kari terdiri dari *monoterpene* dan *sesquiterpene* (Jain *et al.*, 2012).

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu mencegah terjadinya proses oksidasi. Antioksidan berfungsi melindungi

sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Radikal bebas ini dapat berasal dari metabolisme tubuh maupun faktor eksternal lainnya (Fachraniah *et al.*, 2012).

Minyak atsiri dapat diperoleh dari jaringan tumbuhan melalui proses pemisahan menggunakan metode hidrodistilasi. Pada metode ini pemisahan komponen cairan dari dua macam campuran dilakukan berdasarkan perbedaan titik didih (Mbaru *et al.*, 2018). Beberapa faktor yang dapat memengaruhi rendemen minyak atsiri yang diperoleh dengan metode hidrodistilasi adalah ukuran bahan, jumlah (rasio) bahan dan air yang digunakan, perlakuan pengadukan serta waktu proses (Djafar *et al.*, 2010).

Minuman fungsional merupakan minuman dengan kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif yang dapat memberikan manfaat bagi kesehatan tubuh (Anggoro *et al.*, 2018). Karakteristik minuman fungsional juga ditentukan dari sifat sensori, agar cita rasa yang dihasilkan dapat diterima (Widyantari, 2020).

Madu merupakan cairan yang dapat digunakan sebagai pemanis alami yang dihasilkan lebah madu dari nektar. Kandungan vitamin C, asam organik, enzim, senyawa fenolik, flavonoid dan beta karoten dalam madu telah diketahui berfungsi sebagai antioksidan (Sapriyanti *et al.*, 2014). Madu tergolong bahan yang bersifat asam dengan kisaran pH 3,42-6,01, yang disebabkan kandungan asam-asam organik pada madu. Kandungan gula pada madu menutupi rasa asam pada madu (Prabowo *et al.*, 2019; Lismayeni, *et al.*, 2018).

Pada penelitian ini perbedaan konsentrasi minyak atsiri daun kari (0,05; 0,10; dan 0,15%) diaplikasikan dalam pembuatan minuman fungsional dengan penambahan konsentrasi madu yang berbeda, yakni 5, 10, dan 15%. Minuman fungsional ini diharapkan dapat memiliki kandungan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan, serta menghasilkan nilai sensori yang dapat diterima oleh masyarakat. Selain itu, produk minuman fungsional ini diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dengan memberi asupan antioksidan dalam tubuh.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah daun kari (*Murraya koenigii*) yang didapatkan dari Toko Seri House daerah Kabupaten Tangerang dan madu randu. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah etanol *pro* analisis, larutan 1,1,diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Folin-Ciocalteu, Na₂CO₃ asam galat, dan akuades.

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik, *dry blender*, *cabinet dryer*, kromameter “Konica Minolta”, kuvet, *Visible spectrophotometer* “DLAB”, *Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer* (GC-MS) (Agilent 19091S-433), pH meter “Ohaus”, *hand* refraktometer “Atago”, piknometer, dan vorteks.

Metode Penelitian

Penelitian Pendahuluan

Proses hidrodistilasi minyak atsiri daun kari yang mengacu pada metode Abdurahman dan Sundarajan (2019) dengan modifikasi. Daun kari yang sudah bersih dikeringkan dengan *cabinet dryer* (50°C, 24 jam). Daun kari yang telah kering dihaluskan dengan blender hingga menjadi serbuk. Sebanyak 40 g serbuk daun kari dimasukkan ke dalam alat hidrodistilasi dan ditambahkan akuades dengan perbandingan 1:12 (b/v),

dipanaskan hingga mencapai suhu optimal 100°C, selama ± 6 jam. Campuran minyak atsiri-air dipisahkan menggunakan corong pisah dan ke dalam minyak atsiri yang diperoleh ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat. Minyak atsiri daun kari yang diperoleh dianalisis karakteristik fisiknya, meliputi rendemen, warna, dan berat jenis.

Penelitian Utama

Pembuatan minuman fungsional dari minyak atsiri daun kari dengan penambahan madu dilakukan berdasarkan metode Aji *et al.* (2013) dan Sipahelut *et al.* (2017) dengan modifikasi. Madu (5, 10, dan 15%) ditambahkan ke dalam air bersuhu 25°C. Kemudian ditambahkan minyak atsiri daun kari (0,05; 0,10; dan 0,15%). Campuran diaduk hingga homogen.

Rancangan Percobaan

Penelitian utama menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor dengan 3 kali pengulangan. Faktor pada penelitian utama adalah konsentrasi minyak atsiri daun kari (0,05; 0,10; dan 0,15%) dan madu (5, 10, dan 15%). Analisis statistik menggunakan perangkat lunak IBM *Statistic SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* 25.

Analisis

Analisis yang dilakukan pada tahap penelitian pendahuluan dan utama adalah kadar air (AOAC, 2005), rendemen (Fadila *et al.*, 2020), Berat Jenis (AOAC, 2005), warna, total fenolik (Othman *et al.*, 2014), dan aktivitas antioksidan % *Radical Scavenger Activity* (RSA) (Jelita *et al.*, 2019), pH (AOAC, 2005), total padatan terlarut (Bayu, *et al.*, 2017), warna (Meutia, *et al.*, 2019), uji skoring (Eveline *et al.*, 2017; Dewi, 2015), uji hedonik (Pamungkas *et al.*, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Bahan

Daun kari yang digunakan dalam penelitian diidentifikasi oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Berdasarkan hasil identifikasi, daun kari yang digunakan dalam penelitian ini berjenis *Murraya koenigii* (L.) Spreng dengan suku Rutaceae.

Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan pada daun kari segar dan serbuk daun kari Data kadar air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air daun kari

Jenis	Kadar air (% wb)
Daun Kari Segar	61,13 $\pm$ 0,58
Serbuk Daun Kari	6,49 $\pm$ 0,18

Pada Tabel 1, kadar air daun kari adalah sebesar 61,13%. Hasil penelitian Jain *et al.* (2012), menunjukkan kadar air daun kari segar adalah 63,2%. Kadar air serbuk daun kari yang digunakan adalah sebesar 6,49%. Menurut Darmawati *et al.* (2016), kadar air simplisia tidak lebih dari 10% (Darmawati *et al.*, 2016). Pengurangan kadar air pada bahan akan mengoptimalkan proses hidrodistilasi sedangkan sampel dengan kadar air yang tinggi akan menurunkan rendemen minyak atsiri yang diperoleh, karena sampel masih mengandung banyak air dan proses hidrodistilasi minyak atsiri kurang optimal (Nurnasari dan Prabowo, 2019).

Karakteristik Fisik Minyak Atsiri Daun Kari

Tabel 2 menunjukkan minyak atsiri daun kari yang diperoleh memiliki rendemen sebesar $0,44 \pm 0,004\%$. Pada umumnya rendemen minyak atsiri berkisar kurang dari 1% (Gyesi *et al.*, 2019). Hal ini dapat disebabkan adanya proses pengeringan daun dan pengecilan ukuran yang menyebabkan membran sel menjadi rusak, sehingga minyak atsiri yang terkandung pada daun akan mengalami penguapan (Listyoarti *et al.*, 2013; Khasanah *et al.*, 2015).

Minyak atsiri daun kari yang diperoleh memiliki berat jenis sebesar 0,9596

g/mL. Berat jenis minyak atsiri berkisar 0,8589-0,974 g/mL (Muhammad *et al.*, 2020). Berat jenis minyak atsiri yang diperoleh berkaitan dengan kandungan senyawa kimia. Peningkatan berat jenis, menunjukkan semakin tinggi kandungan komponen kimia yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut (Listyoarti *et al.*, 2013; Khasanah *et al.*, 2015).

Tabel 2. Karakteristik fisik minyak atsiri daun kari

Parameter	Hasil
Rendemen (%)	$0,44 \pm 0,004$
Berat Jenis (g/mL)	0,9596
Warna	Kuning Jernih

Warna minyak atsiri daun kari yang dihasilkan berwarna kuning jernih (Gambar 1). Menurut Fadila *et al.* (2020), warna minyak atsiri daun kari adalah kuning.



Gambar 1. Minyak Atsiri Daun Kari

Karakteristik Antioksidan Minyak Atsiri Daun Kari

Berdasarkan Tabel 3, total fenolik minyak atsiri daun kari sebesar $2,21 \pm 0,09$ mg GAE/g. Kandungan total fenolik ekstrak etanol daun kari dari penelitian Sasidharan dan Menon (2011) adalah 155 mg GAE/g

ekstrak. Ekstrak daun kari menghasilkan total fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak atsiri. Hal ini dapat disebabkan oleh proses hidrodistilasi dilakukan dengan suhu yang tinggi, sehingga banyak senyawa fenol yang menguap (Prasetyaningrum *et al.*, 2012), sedangkan ekstraksi merupakan proses untuk melarutkan senyawa bioaktif menggunakan suatu pelarut dan dilakukan pada suhu ruang, sehingga komponen bioaktif dapat lebih terekstrak dari sampel dan tidak mudah rusak (Andriani *et al.*, 2019). Total fenolik minyak atsiri daun kari rendah karena minyak atsiri daun kari tersusun atas senyawa *monoterpene* dan *sesquiterpene* (Silvany *et al.*, 2016).

Tabel 3. Karakteristik antioksidan minyak atsiri daun kari

Parameter	Hasil
Total fenolik (mg GAE/g)	2,21±0,09
Aktivitas antioksidan (%RSA)	77,95

Berdasarkan Tabel 3, minyak atsiri daun kari memiliki aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 77,95% pada konsentrasi 90000 ppm. Hal ini disebabkan oleh minyak atsiri daun kari mengandung senyawa fenolik yang dapat berfungsi sebagai antioksidan (Widyawati, 2005). Namun, minyak atsiri daun kari (*Murraya koenigii*) memiliki aktivitas antioksidan yang lemah, sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rodriguez

et al. (2012) bahwa aktivitas antioksidan (RSA) dari minyak atsiri daun kemuning (*Murraya paniculata*) juga tergolong lemah, yaitu sebesar 50% pada konsentrasi 633 ppm. Aktivitas antioksidan yang lemah dipengaruhi oleh total kandungan fenolik minyak atsiri yang juga rendah, karena minyak atsiri mengandung sedikit senyawa fenolik, sehingga sulit bereaksi dengan larutan DPPH (Amanda *et al.*, 2019).

Komposisi Kimia

Komposisi kimia minyak atsiri daun kari dilakukan dengan metode GC-MS di Pusat Laboratorium Forensik Bareskrim Polri, Sentul Bogor. Analisis GC-MS bertujuan mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri daun kari. Tabel 4., menunjukkan bahwa minyak atsiri daun kari memiliki 21 komponen aktif. Beberapa senyawa utama dalam minyak atsiri daun kari, antara lain *caryophyllene* (20,45%), *Humulene* (7,56%), β -*Phellandrene* (3,80%) *phytol* (1,99%), *Copaene* (0,80%), dan α -*cubebene* (0,29%) yang termasuk dalam golongan senyawa *monoterpene* dan *sesquiterpene* yang dapat berfungsi sebagai antioksidan dan antibakteri (Jain *et al.*, 2012).

Tabel 4. Hasil analisis GC-MS minyak atsiri daun kari

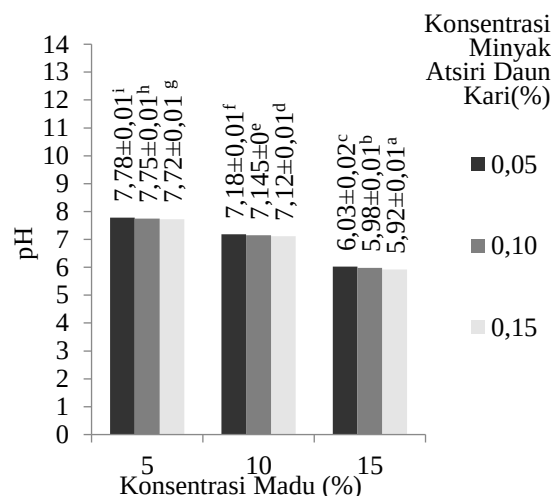
Waktu Retensi (menit)	(%) Area	Nama Senyawa
2,852	3,63	<i>α-Pinene</i>
3,252	0,63	<i>β-Myrcene</i>
3,444	0,54	<i>α-Phellandrene</i>
3,635	0,20	<i>o-Cymene</i>
3,708	3,80	<i>β-Phellandrene</i>
3,814	1,97	<i>β-Ocimene</i>
7,433	0,15	<i>γ-Elemene</i>
7,585	0,29	<i>α-Cubebene</i>
7,955	0,80	<i>Copaene</i>
8,130	1,09	<i>Cyclohexane</i>
8,409	1,15	<i>Cycloprop azulene</i>
8,613	20,45	<i>Caryophyllene</i>
8,660	3,33	<i>Trans-α-Bergamotene</i>
8,987	7,56	<i>Humulene</i>
9,504	11,85	<i>Naphthalene</i>
9,663	0,34	<i>γ-Murolene</i>
10,542	3,76	<i>Globulol</i>
11,123	1,18	<i>Spathulenol</i>
11,343	3,69	<i>Neointermedeol</i>
11,407	0,45	<i>Longifolene</i>
15,790	1,99	<i>Phytol</i>

Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Daun Kari dan Konsentrasi Madu terhadap Karakteristik Minuman Fungsional

pH

Hasil uji statistik *univariate*, menunjukkan konsentrasi madu, konsentrasi minyak atsiri daun kari, dan interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu

berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap pH.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

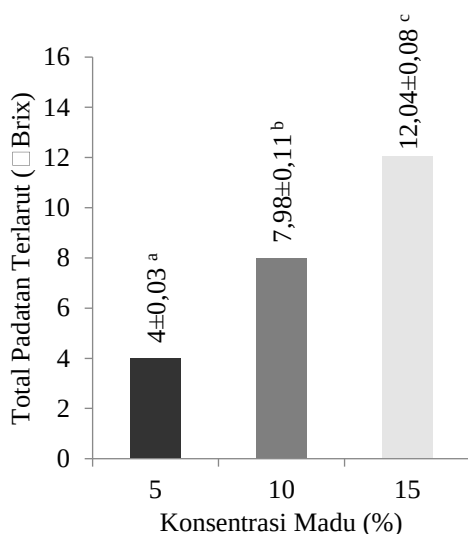
Gambar 2. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu terhadap nilai pH minuman fungsional

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan konsentrasi madu, nilai pH dari minuman fungsional mengalami penurunan. Penurunan nilai pH disebabkan oleh madu yang memiliki sifat asam. Madu mengandung komponen yang bersifat asam, yaitu asam amino, asam glukonat, asam sitrat, asam laktat, asam butirat, dan asam oksalat (Anggraeni *et al.*, 2016). Menurut Evahelda *et al.* (2017), pH Madu adalah sebesar 3,8.

Total Padatan Terlarut

Berdasarkan hasil uji statistik *univariate*, konsentrasi minyak atsiri daun kari tidak

berpengaruh signifikan ($p>0,05$). Interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu juga tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan ($p>0,05$). Namun, konsentrasi madu berpengaruh signifikan ($p<0,05$) terhadap nilai total padatan terlarut.



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0,05$)

Gambar 3. Pengaruh konsentrasi madu terhadap nilai total padatan terlarut minuman fungsional

Berdasarkan Gambar 3, nilai total padatan terlarut meningkat bersamaan dengan penambahan konsentrasi madu. Hal ini disebabkan oleh madu mengandung gula berupa glukosa dan fruktosa (Septiana *et al.*, 2019) Kedua jenis gula dalam madu ini merupakan padatan yang memiliki sifat higroskopis atau mudah larut dalam air (Chayati, 2008).

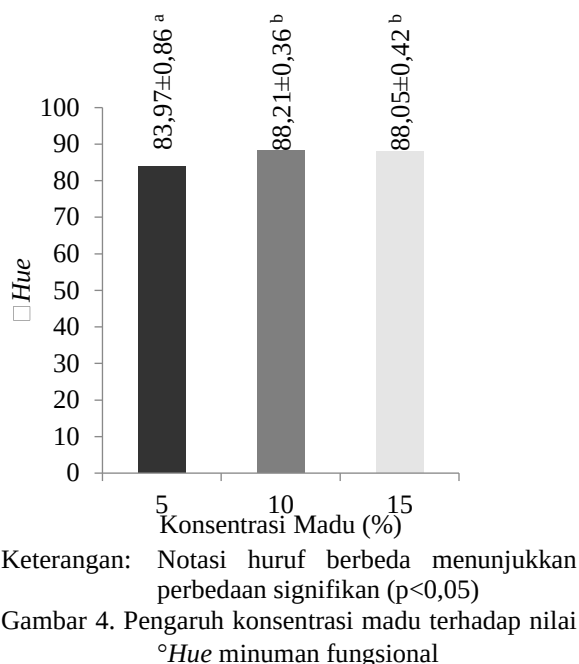
Lightness

Hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *Lightness* ($p>0,05$). Konsentrasi minyak atsiri daun kari dan interaksi antara konsentrasi konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu juga tidak berpengaruh terhadap nilai *lightness* ($p>0,05$).

Nilai *lightness* minuman fungsional yang dihasilkan berkisar antara $52,52 \pm 0,55$ hingga $54,44 \pm 1,39$. Nilai $L^* > 50$ menunjukkan minuman fungsional memiliki warna cerah (Evahelda *et al.*, 2017). Hal ini disebabkan karena minyak atsiri daun kari berwarna kuning jernih (Fadila *et al.*, 2020), madu yang berwarna kuning kemerahan dengan air, sehingga warna dihasilkan semakin cerah (Prabowo *et al.*, 2019).

°Hue

Hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu berpengaruh signifikan terhadap nilai °Hue ($p<0,05$). Konsentrasi minyak atsiri daun kari dan interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu juga tidak berpengaruh terhadap nilai °Hue ($p>0,05$). Nilai °Hue minuman fungsional dapat dilihat pada Gambar 4.

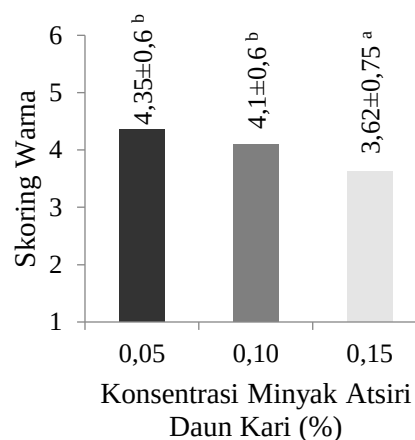


Nilai °Hue dapat dilihat pada Gambar 4, kisaran nilai °Hue minuman fungsional berada pada kisaran 54-90 yang menunjukkan warna *yellow-red* (Pramesta *et al.*, 2012). Warna *yellow-red* dipengaruhi oleh senyawa β -karoten pada madu yang membuat madu memiliki warna dasar kuning kemerahan (Anggraeni *et al.*, 2016).

Uji Skoring

Parameter Warna

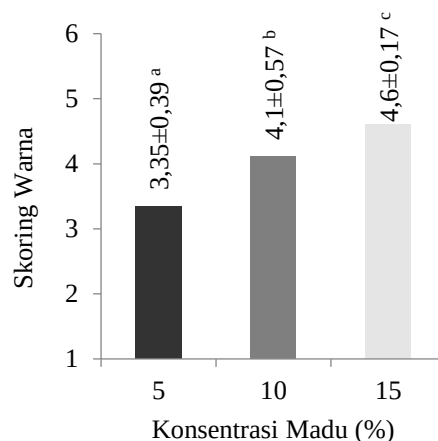
Berdasarkan hasil uji *univariate* nilai skoring warna, konsentrasi minyak atsiri daun kari dan konsentrasi madu berpengaruh signifikan terhadap uji skoring parameter warna ($p < 0,05$), sedangkan interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu tidak berpengaruh signifikan terhadap uji skoring parameter warna ($p > 0,05$).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri daun kari terhadap nilai skoring parameter warna minuman fungsional

Uji skoring konsentrasi minyak atsiri daun kari terhadap parameter warna dapat dilihat pada Gambar 5, dengan nilai skoring warna terendah dan tertinggi adalah agak kuning. Hal ini disebabkan minyak atsiri daun kari memiliki warna kuning (Fadila *et al.*, 2020).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 6. Pengaruh konsentrasi madu terhadap nilai skoring parameter warna minuman fungsional

Uji skoring konsentrasi madu terhadap parameter warna dapat dilihat pada Gambar 6. dengan nilai skoring warna terendah adalah agak tidak kuning. Nilai skoring warna tertinggi adalah kuning. Hal ini disebabkan konsentrasi madu yang meningkat akan membuat warna menjadi kuning gelap (Atmaka *et al.*, 2011).

Parameter Aroma

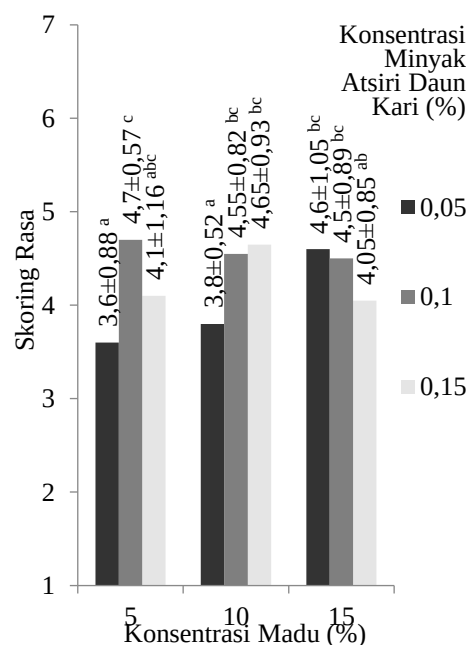
Berdasarkan hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai skoring parameter aroma ($p>0,05$). Konsentrasi minyak atsiri daun kari juga tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai skoring parameter aroma ($p>0,05$) dan interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu juga tidak berpengaruh terhadap nilai skoring parameter aroma ($p>0,05$).

Hasil uji skoring aroma memiliki nilai dari $4,1\pm1,12$ hingga $4,95\pm0,76$, dimana hasil uji skoring aroma paling rendah termasuk aroma yang agak tercium, sedangkan aroma yang paling tinggi termasuk aroma tercium. Hal ini disebabkan aroma dari madu dan minyak atsiri daun kari mampu memberikan aroma yang kuat dalam konsentrasi yang rendah (Septiana *et al.*, 2020). Madu memiliki kandungan senyawa volatil yang memberikan aroma khas (Rahmawati *et al.*,

2012). Minyak atsiri mampu memberikan aroma wangi khas tanaman (Novita *et al.*, 2012).

Parameter Rasa

Uji skoring parameter rasa dilakukan uji *univariate*. Konsentrasi minyak atsiri berpengaruh signifikan ($p<0,05$) terhadap uji skoring parameter rasa, sedangkan konsentrasi madu tidak berpengaruh signifikan terhadap uji skoring parameter rasa ($p>0,05$). Namun, interaksi antara konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu berpengaruh signifikan terhadap uji skoring parameter rasa ($p<0,05$).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0,05$)

Gambar 7. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu terhadap nilai skoring parameter rasa minuman fungsional

Uji skoring rasa dapat dilihat pada Gambar 7, nilai skoring tertinggi dengan nilai termasuk terasa, sedangkan nilai skor terendah memiliki nilai termasuk agak terasa. Minyak atsiri daun kari memiliki rasa pedas yang kuat (Iqbal *et al.*, 2017). Rasa madu yang khas berasal dari kandungan asam organik, glukosa, dan fruktosa (Anggraeni *et al.*, 2016).

Uji Hedonik

Parameter Warna

Berdasarkan hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu, konsentrasi minyak atsiri daun kari, dan interaksi konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik parameter warna ($p>0,05$).

Konsentrasi madu 15% memiliki hasil kesukaan panelis tertinggi terhadap warna dengan kesukaan panelis agak suka. Konsentrasi minyak atsiri daun kari 0,05% memiliki hasil kesukaan tertinggi terhadap warna dengan kesukaan panelis agak suka, Kesukaan panelis pada warna minuman merah kekuningan, yaitu warna dari madu yang memiliki warna kuning gelap (Atmaka *et al.*, 2011).

Parameter Aroma

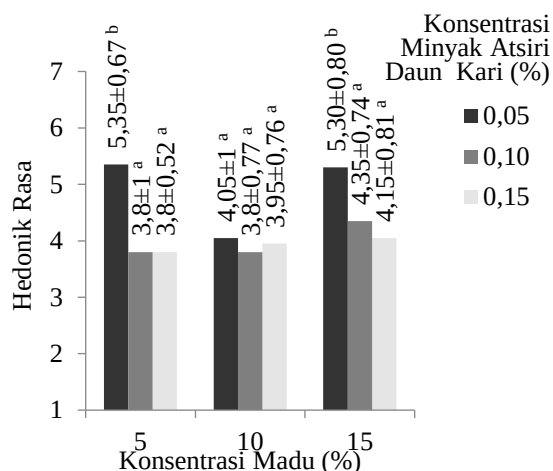
Hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu, konsentrasi

minyak atsiri daun kari, dan interaksi konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik aroma ($p>0,05$).

Ketiga konsentrasi madu memiliki hasil kesukaan panelis yang sama terhadap aroma dengan kesukaan panelis netral. Ketiga konsentrasi minyak atsiri daun kari juga memiliki hasil kesukaan panelis yang sama terhadap aroma dengan kesukaan panelis netral. Kesukaan panelis terhadap aroma dari konsentrasi yang rendah. Madu memiliki kandungan senyawa volatil yang memberikan aroma khas pada madu (Rahmawati *et al.*, 2012). Minyak atsiri mampu memberikan aroma wangi khas tanaman (Novita *et al.*, 2012).

Parameter Rasa

Hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi madu berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik parameter rasa ($p<0,05$). Konsentrasi minyak atsiri daun kari juga berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik parameter rasa ($p<0,05$) dan interaksi konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu berpengaruh terhadap nilai hedonik parameter rasa ($p<0,05$).



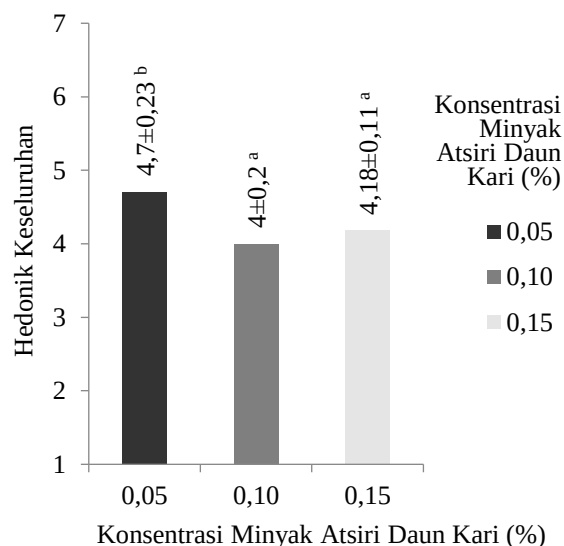
Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 8. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu terhadap nilai hedonik parameter rasa minuman fungsional

Pada Gambar 8, hasil uji hedonik rasa tertinggi termasuk kategori agak suka, sedangkan nilai hedonik terendah termasuk kategori netral. Kesukaan panelis dari rasa getir minyak atsiri daun kari (Iqbal *et al.*, 2017). Rasa manis madu dari kandungan glukosa dan fruktosa (Anggraeni *et al.*, 2016).

Penerimaan Keseluruhan

Hasil statistik uji *univariate* menunjukkan konsentrasi minyak atsiri daun kari berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik penerimaan keseluruhan ($p < 0,05$). Konsentrasi madu dan interaksi konsentrasi minyak atsiri daun kari dan madu tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik penerimaan keseluruhan ($p > 0,05$).



Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 9. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri daun kari terhadap nilai hedonik parameter penerimaan keseluruhan minuman fungsional

Berdasarkan Gambar 9, hasil kesukaan tertinggi memiliki nilai agak suka, sedangkan kesukaan terendah adalah netral. Kesukaan panelis pada konsentrasi rendah, karena rasa minyak atsiri daun kari semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri daun kari memberikan rasa getir yang kuat (Iqbal *et al.*, 2017).

Karakteristik Antioksidan Minuman Fungsional

Total senyawa fenolik minuman fungsional dapat dilihat pada Tabel 5, yaitu sebesar $4,13 \pm 0,04$ mg GAE/L. Hasil total fenolik minuman minyak atsiri daun kari dan madu lebih tinggi dibandingkan minuman

rosella dan 15% madu menghasilkan total fenolik $0,59 \pm 0,54$ mg/g (Hastuti, 2012). Hal ini menunjukkan minuman fungsional mempunyai senyawa fenol. Senyawa fenol ini berasal dari madu dan minyak atsiri daun kari. Senyawa fenol pada madu, seperti asam benzoat, asam salisilat, luteolin (Mardhiati *et al.*, 2020). Senyawa fenolik pada minuman minyak atsiri daun kari dan madu berperan sebagai antioksidan dalam menangkal radikal bebas.

Tabel 5. Karakteristik antioksidan minuman fungsional

Parameter	Hasil
Total Fenolik (mg GAE/L)	4,13±0,04
Aktivitas Antioksidan (%RSA)	79,41

Hasil aktivitas antioksidan minuman fungsional dinyatakan dalam bentuk %RSA (*Radical Scavenging Activity*) dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa minuman fungsional memiliki aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 79,41% pada konsentrasi 700000 ppm. Minuman rosella dan 15% madu menghasilkan aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 50% (Hastuti, 2012). Minuman fungsional minyak atsiri daun kari dan madu memiliki aktivitas antioksidan (RSA) yang lebih besar dari minuman rosella dan madu. Hal ini dikarenakan komponen dalam madu yang

berfungsi sebagai antioksidan. Komponen seperti fenolik, flavonoid, asam fenolat, asam askorbat, β -karoten memberikan fungsi antioksidan pada madu (Sumarlin *et al.*, 2014). Minyak atsiri daun kari juga memberikan fungsi antioksidan melalui senyawa *monoterpene* dan *sesquiterpene* (Silvany *et al.*, 2016), seperti *caryophyllene* (20,45%), *phytol* (1,99%), *Copaene* (0,80%), dan α -*cubebene* (0,29%).

KESIMPULAN

Minyak atsiri daun kari memiliki rendemen sebesar 0,44%, berat jenis sebesar 0,9596 g/mL dan berwarna kuning. Minyak atsiri daun kari memiliki aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 77,95% pada konsentrasi 90000 ppm dan total fenolik sebesar 2,21 mg GAE/g. Komposisi kimia minyak atsiri daun kari berdasarkan hasil analisis GC-MS, meliputi *caryophyllene* (20,45%), *Humulene* (7,56%), β -*Phellandrene* (3,80%) *phytol* (1,99%), *Copaene* (0,80%), dan α -*cubebene* (0,29%) yang termasuk dalam golongan senyawa *monoterpene* dan *sesquiterpene* yang dapat berfungsi sebagai antioksidan dan antibakteri. Minuman fungsional terpilih memiliki aktivitas antioksidan (RSA) sebesar 79,41% pada konsentrasi 700000 ppm dan total fenolik sebesar 4,13 mg GAE/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Pelita Harapan yang telah mendukung kegiatan Penelitian ini melalui skema Penelitian Internal No. P-029-FaST/II/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, N. H., & Sundarajan, S. (2019). Characterization of Bioactive Compounds Extracted from Patchouli: Comparing Microwave-Assisted Hydrodistillation and Hydrodistillation Methods. *Conference: Materials Science and Engineering 2019*.
- Aji, S. P., Anandito, R. B. K., & Nurhartadi, E. (2013). Penambahan Berbagai Jenis Madu sebagai Alternatif Pemanis Minuman Sari Buah Naga Putih (*Hylocereus undatus*). *Biofarmasi*, 11(1), 13-18. <https://doi.org/10.13057/biofar/f120103>
- Amanda, K. A., Mustofa, S., & Nasution, S. H. 2019. Review Efek Antioksidan pada Kemuning (*Murraya paniculata* (L.) Jack). *Medical Journal of Lampung University*, 8(2), 1-8.
- Andriani, M., Permana, D. G., Widarta, W. R. (2019). Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Aktivitas Antioksidan dengan Metode Ultrasonic Assisted Extraction (UAE). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 8(3), 330-340.
- Anggoro, A. D., Amalia, L., & Fitrilia, T. (2018). Formulasi Ekstrak Rosella dan Kulit Manggis sebagai Minuman Fungsional yang Kaya Antioksidan. *Jurnal Agroindustri*, 4(1), 22-29. <https://doi.org/10.30997/jah.v4i1.1121>
- Anggraeni, O. C., Widyawati, P. S., & Budianta, T. D. W. (2016). Pengaruh Konsentrasi Madu terhadap Sifat Fisikokimia dan Sifat Organoleptik Minuman Beluntas-Teh Hitam dengan Perbandingan 25:75% (B/B). *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 15(1), 30-35. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v15i1.1528>
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. AOAC International.
- Atmaka, W., Utami, R., & Raharjo, S. (2011). Aplikasi Madu sebagai Pengawet Daging Sapi Giling Segar Selama Proses Penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 4(1), 58-65. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13598>
- Bayu, M. K., Rizqiaty, H., & Nurwantoro. (2017). Analisis Total Padatan Terlarut, Keasaman, Kadar Lemak, dan Tingkat Viskositas pada Kefir Optima dengan Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan*, 1(2), 33-38. <https://doi.org/10.14710/jtp.v1i2.17468>
- Cahyaningsih, E., Sandhi, P. E., & Susanthi, I. M. (2018). Uji Efek Antiinflamasi Ekstrak Etanol Daun Salam India (*Murraya koenigii* L) terhadap Tikus (*Rattus norvegicus*) Jantan yang Diinduksi Karagenan 1%. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 4(1), 25-31. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v4i1.875>

- Chayati, I. (2008). Sifat Fisikokimia Madu Monoflora dari Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Agritech*, 28(1), 9-14. <https://doi.org/10.22146/agritech.9779>
- Darmawati, Safriani, N., & Erfiza, N. M. (2016). Evaluasi Potensi Antioksidan Oleoresin Daun Kari dalam Emulsi Minyak Nabati setelah Pemanasan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 1(1), 947-953. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v1i1.1249>
- Dewi, I. K. (2015). Identifikasi Kualitatif dan Kontrol Kualitas Minyak Atsiri pada Herba Kering Serai Wangi dengan Destilasi Air. *Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan*, 4(1), 11–14.
- Djafar, F., Supardan, M. D., & Gani, A. (2010). Pengaruh Ukuran Partikel, SF Rasio dan Waktu Proses terhadap Rendemen pada Hidrodistilasi Minyak Jahe. *Jurnal Penelitian Industri*, 23(2), 47-54.
- Effendi, V. P. & Widjanarko, S. B. (2014). Distilasi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Rimpang Jeringau (*Acorus calamus*) dengan Kajian Lama Waktu Distilasi dan Rasio Bahan: Pelarut. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2), 1-8.
- Evahelda, E., Pratama, F., Malahayati, N., & Santoso, B. (2017). Sifat Fisik dan Kimia Madu dari Nektar Pohon Karet di Kabupaten Bangka Tengah, Indonesia. *Agritech*, 37(4), 363-368. <https://doi.org/10.22146/agritech.16424>
- Eveline, Puteri, M. D. P., Yakhin, L. A., & Kartawiria, I. (2017). Enhancement and Preservation of Fresh Orange Juice Using Citrus Essential Oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 7(1), 49-61.
- Fachraniah, Kurniasih, E., & Novilasi, D. T. (2012). Ekstraksi Antioksidan dari Daun Kari. *Jurnal Reaksi*, 10(21), 35-44.
- Fadila, A. R., Mariani, Y., & Yusro, F. (2020). Minyak Atsiri Daun Kari (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) Sebagai Penghambat Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus pyogenes* dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2), 155-160. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i2.1756>
- Gyesi, J. N., Opoku, R., & Borquaye, L. S. (2019). Chemical Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activities of the Essential Oils of the Leaves and Fruit Pulp of *Annona muricata* L. (Soursop) from Ghana. *Biochemistry Research International*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2019/4164576>
- Hastuti, N. D. (2012). Pembuatan Minuman Fungsional dari Madu dan Ekstrak Rosella (*Hibiscus sabdariffa* Linn.). *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 29-63. <https://doi.org/10.35891/tp.v3i1.488>
- Iqbal, Z., Mehmood, H. K., Hussain, M., Mehmood, M. H. R., & Choudhry, M. N. (2017). Antioxidant Activity of Essential Oil from The Leaves and Stems of *Murraya koenigii*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(7), 267-273.
- Jain, V., Momin, M., & Laddha, K. (2012). *Murraya koenigii*: An Update Review. *International Journal of Ayurvedic & Herbal Medicine*, 2(4), 607-627.

- Jain, M., Gilhorta, R., Singh, R. P., & Mittal, J. (2017). Curry Leaf (*Murraya Koenigii*): a Spice with Medicinal Property. *MOJ Biology and Medicine*, 2(3), 236-256. <https://doi.org/10.15406/mojbm.2017.02.00050>
- Jelita, Wirjosentono, B., Tamrin, & Marpaung, L. (2019). Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan dari Ekstrak Daun Kari (*Murayya koenigii*) Ditinjau dari Waktu Penyimpanan. *Talenta Conference Series: Science & Technology*, 2(1), 30-36.
- Khasanah, L. U., Utami, K. R., & Aji, Y. M. (2015). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan terhadap Karakteristik Mutu Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(2), 48-55.
- Lismayeni, F., Fitridhani, S., Adzani, H., Yasmin, N. Z., & Minarni. (2018). Karakteristik Sifat Fisika dan Kimia Madu Asli Riau Menggunakan Metode Optik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau ke-3*. Pekanbaru, September 29, 2018. Physics Major, Universitas Riau.
- Listyoarti, F. A., Nilatari, L. L., Prihatini, P., & Mahfud. (2013). Perbandingan Antara Metode Hydro-Distillation dan Steam-Hydro Distillation dengan Pemanfaatan Microwave terhadap Jumlah Rendemen serta Mutu Minyak Daun Cengkeh. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 39-43. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.5561>
- Mardhiati, R., Marliyati, S. A., Martianto, D., Madanijah, S., & Wibawan, I. W. T. (2020). Karakteristik dan Beberapa Kandungan Zat Gizi pada Lima Sampel Madu yang Beredar di Supermarket. *Journal of The Indonesian Nutrition Association*, 43(1), 49-56. <https://doi.org/10.36457/gizindo.v43i1.507>
- Mbaru, M. E., Victor, M., Proborini, W. D., & Chandra, A. (2018). Perbandingan Metode Distilasi Minyak Atsiri Daun Kayu Putih Menggunakan Hydrodistillation dan Steam Distillation. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 2(2), 215-221.
- Meutia, Y. R., Susanti, I., & Siregar, N. C. (2019). Uji Stabilitas Warna Hasil Kopigmentasi Asam Tanat dan Asam Sinapat pada Pigmen Brazilin Asal Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Warta IHP*, 36(1), 30-39.
- Muhammad, Daulay, H. T., & Maulinda, L. (2020). Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Kari Menggunakan Optimasi Proses Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i1.3031>
- Novita, S. H., Budiarti, A., & Mahfud. (2012). Proses Pengambilan Minyak Atsiri dari Daun Nilam dengan Pemanfaatan Gelombang Mikro (Microwave). *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 25-29. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v1i1.453>
- Nurnasari, E., & Prabowo, H. (2019). Pengaruh Ukuran Sampel dan Lama Waktu Destilasi terhadap Rendemen Minyak Atsiri Tembakau Lokal Indonesia. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 11(2), 47-57. <https://doi.org/10.21082/btsm.v11n2.2019.47-57>

- Othman, A., Mukhtar, N. J., Ismail, N. S., & Chang, S. K. (2014). Phenolics, Flavonoids Content and Antioxidant Activities of 4 Malaysian Herbal Plants. *International Food Research Journal*, 21(2), 759-766.
- Pamungkas, A., Sulaeman, A., & Roosita, K. (2014). Pengembangan Produk Minuman Jeli Ekstrak Daun Hantap (*Sterculia oblongata* R. Brown) sebagai Alternatif Pangan Fungsional. *Jurnal Gizi Pangan*, 9(3), 195-202.
<https://doi.org/10.25182/jgp.2014.9.3.%25p>
- Prabowo, S., Yuliani, Prayitno, Y. A., Lestari, K., & Kusesvara, A. (2019). Penentuan Karakteristik Fisiko-Kimia Beberapa Jenis Madu Menggunakan Metode Konvensional dan Metode Kimia. *Journal of Tropical AgriFood*, 1(2), 66-73.
<https://doi.org/10.35941/jtaf.1.2.2019.2685.66-73>
- Pramesta, L. D., Rahmawanti, D., Kawiji, Anandito, B. K. (2012). Karakterisasi Bubur Bayi Instan Berbahan Dasar Tepung Millet (*Panicum* sp) dan Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Flavor Alami Pisang Ambon (*Musa paradisiacal* var. sapientum L.). *Jurnal Teknosains Pangan*, 1(1), 32-40.
- Prasetyaningrum, Utami, R., & Anandito, R. B. K. (2012). Aktivitas Antioksidan, Total Fenol, dan Antibakteri Minyak Atsiri dan Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Jurnal Teknosains Pangan*, 1(1), 24-31.
- Rahmawati, S., Nurhartadi, E., & Ishartani, D. (2012). Karakteristik Fisiko-Kimia dan Sensori Velva Pepaya (*Carica papaya* L.) dengan Pemanis Madu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 5(2), 130-139.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13006>
- Rodriquez, E. J., Ramos, G. R., Heyden, Y. V., Alfonso, E. F. S., Garcia, M. J. L., Hernandez, Y. S., Monteagudo, U., Morales, Y., Holgado, B., & Martinez, J. M. H. (2012). Chemical Composition, Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Murraya paniculata* Leaves from the Mountains of Central Cuba. *Natural Product Communications*, 7(11), 1527-1530.
<https://doi.org/10.1177%2F1934578X1200701129>
- Sapriyanti, R., Nurhartadi, E., & Ishartani, D. (2014). Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Velva Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) dengan Pemanis Madu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 7(1), 59-69.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12920>
- Sasidharan, I. & Menon, A. N. (2011). Effect of Temperature and solvent on Antioxidant Properties of Curry Leaf (*Murraya koenigii* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 48(3), 366-370.
<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0134-x>
- Septiana, A. T., Handayani, I., & Winarsi, Hery. (2019). Aktivitas Antioksidan dan Sifat Fisikokimia Madu Temulawak (*Curcuma zanthorrhiza* Roxb) yang Ditambah Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Rosc). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(4), 155-160.
<https://doi.org/10.17728/jatp.4849>
- Silvany, R., Ginting, M., & Ginting, A. (2016). Pengujian Antioksidan Minyak Atsiri, Ekstrak Air dan

- Ekstrak Etanol dari Batang Kecombrang (*Etlingera elatior*) dengan Metode DPPH. *Chempublish Journal*, 1(2), 1-6.
- Sipahelut, S. G., Tetelepta, G., & Patty, J. (2017). Kajian Penambahan Minyak Atsiri dari Daging Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt.) pada Cake terhadap Daya Terima Konsumen. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 2(2), 486-495. <https://doi.org/10.33772/jstp.v2i2.2616>
- Sumarlin, L.O., Muawanah, A., Wardhani, P., Masitoh. (2014). Aktivitas Antikanker dan Antioksidan Madu di Pasaran Lokal Indonesia. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(3), 136-144.
- Tripathi, Y. C., Anjum, N., & Rana, A. (2018). Chemical Composition and In vitro Antifungal and Antioxidant Activities of Essential Oil from *Murraya koenigii* (L.) Spreng. Leaves. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 8(65), 6-13. <https://doi.org/10.4066/2249-622X.65.18-729>
- Widyantri, A. A. (2020). Formulasi Minuman Fungsional terhadap Aktivitas Antioksidan. *E-Jurnal Widya Kesehatan*, 2(1), 22-29. <https://doi.org/10.32795/widyakesehatan.v2i1.604>
- Widyawati, P. S. (2005). Potensi Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* Linn) sebagai Penangkal Radikal Bebas DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazil radical). *Agritech*, 25(3), 137-142. <https://doi.org/10.22146/agritech.13349>

PENGARUH PENAMBAHAN JERUK NIPIS DAN MINYAK ESENSIAL *Eucalyptus globulus* TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ORGANOLEPTIK SEDUHAN TEH HITAM

[THE EFFECT OF THE ADDITIONAL LIME AND *Eucalyptus globulus* ESSENTIAL OIL TOWARD ANTIOXIDANTS ACTIVITY AND ORGANOLEPTICS OF BLACK TEA STEEPING]

Hardoko^{1*}, Windy Gunawan², Wenny Silvia Loren Br Sinaga³

¹Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang

^{2,3}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: hardoko@ub.ac.id

ABSTRACT

Black tea has lower antioxidant activity than green tea, the color is slightly darker and less stable during storage. Therefore, it is necessary to add natural antioxidants so that antioxidants increase, and the color is brighter and stable. This study aims to determine the effect of adding lime juice and Eucalyptus globulus essential oil (MEEg) on antioxidant activity and color, as well as organoleptic hedonic brewing of black tea. The research method used was an experimental method consisting of 2 stages, namely the stage of determining the length of brewing black tea and the stage of adding lime juice (0, 1, 2, 3% v/v) and MEEg (0.00, 0.05, 0.10, and 0.15% v/v). The results showed that the best brewing time was 8 minutes with an IC₅₀ value of 1411.24±75.79 ppm, a pH value of 5.25±0.02, a yellow-red color (°Hue 75.93±3.16), and a lightness value. 47.09±1.06. The addition of lime juice tends to decrease antioxidant activity, total phenolic, total flavonoid, and total condensed tannins, but the addition of MEEg increases antioxidant activity, total phenolic, total flavonoid, and total condensed tannins in black tea. The addition of lime juice and MEEg increased the preference for the tea color and mint flavor, but decreased the preference for the sour taste and tea aroma. The selected treatment was the one with the highest antioxidant activity and hedonic value, namely the addition of 3.0% lime and 0.15% MEEg.

Keywords: antioxidant activity; black tea; *Eucalyptus globulus*; hedonic; lime juice

ABSTRAK

Teh hitam mempunyai aktivitas antioksidan lebih rendah daripada teh hijau, warna seduhannya agak gelap dan kurang stabil selama penyimpanan. Oleh karena itu perlu ditambahkan antioksidan alami agar antioksidan meningkat dan warna lebih terang dan stabil. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus* (MEEg) terhadap aktivitas antioksidan dan warna, serta organoleptik hedonic seduhan teh hitam. Metode penelitian yang digunakan metode eksperimen yang terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap penentuan lama penyeduhan teh hitam dan tahap penambahan perasan jeruk nipis (0, 1, 2, 3% v/v) dan MEEg (0,00, 0,05, 0,10, dan 0,15% v/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu penyeduhan terbaik adalah 8 menit dengan nilai IC₅₀ 1411,24±75,79 ppm, nilai pH 5,25±0,02, warna kuning merah (°Hue 75,93±3,16), dan nilai lightness 47,09±1,06. Penambahan perasan jeruk nipis cenderung menurunkan aktivitas antioksidan, total fenolik, total flavonoid, dan total tanin terkondensasi, tetapi penambahan MEEg meningkatkan aktivitas antioksidan, total fenolik, total flavonoid, dan total tanin terkondensasi seduhan teh hitam. Penambahan perasan jeruk nipis dan MEEg meningkatkan kesukaan terhadap warna seduhan teh dan rasa mint, tetapi menurunkan

kesukaan terhadap rasa asam dan aroma teh. Perlakuan terpilih adalah yang memiliki aktivitas antioksidan dan nilai hedonik tertinggi yaitu penambahan jeruk nipis 3,0% dan MEEg 0,15%.

Kata kunci: antioksidan; *Eucalyptus globulus*; hedonik; jeruk nipis; teh hitam

PENDAHULUAN

Teh merupakan produk minuman kedua yang paling banyak dikonsumsi di dunia setelah air putih, dimana teh hitam merupakan jenis teh yang paling banyak dikonsumsi di dunia, dengan tingkat konsumsi mencapai 78% (Li *et al.*, 2012). Indonesia termasuk dalam 5 negara terbesar eksportir teh didunia, baik dalam teh hitam maupun teh hijau. Indonesia pada tahun 2018 mengekspor teh hitam 37.455 ton dan teh hijau 11.583 ton (Badan Pusat Statistik, 2019).

Perbedaan teh hijau dengan teh hitam terletak pada perbedaan cara pembuatannya yang berefek pada warna. Rasa, dan karakter fisiko kimia dan organoleptik. The hitam dibuat melalui tahap fermentasi atau oksidasi enzimatis yang mengakibatkan perubahan senyawa katekin menjadi *theaflavin* dan *thearubigin* sehingga mengakibatkan perubahan warna daun the menjadi lebih gelap dan kadar katekin menjadi lebih rendah (300 µg/mL) dibandingkan dengan teh hijau (1.064 µg/mL). Teh hitam mengandung *theaflavin* sebesar 3-6% dan *thearubigin* sebesar 12-18% dari berat kering teh hitam. Hal itulah yang mengakibatkan aktivitas antioksidan pada seduhan teh hitam kurang menonjol

karena aktivitas antioksidan biasanya berasal dari katekin dan *theaflavin* (Skotnicka *et al.*, 2011).

Katekin, *teaflavin* dan *tearubigin* termasuk dalam kelompok polifenol. Stabilitas polifenol pada teh hitam dipengaruhi oleh pH dimana relatif stabil pada pH 3 dan 4, namun dapat mengalami degradasi pada pH 5 dan 6. Polifenol juga bersifat tidak stabil pada larutan netral dan basa. Semakin tinggi pH maka semakin besar persentase polifenol yang terdegradasi (Zeng *et al.*, 2017). pH teh hitam umumnya sebesar 5,3 sehingga polifenol pada teh hitam kurang stabil warna dan dapat mengakibatkan kontribusinya sebagai antioksidan kurang optimal (Vuong *et al.*, 2012). Warna yang tidak stabil pada seduhan the hitam akan dapat merubah warna seduhan the menjadi lebih gelap dan kurang menarik.

Salah satu cara untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dan kestabilan polifenol pada seduhan teh hitam adalah dengan pengaturan pH atau menurunkan pH seduhan. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan berbagai asam organik seperti perasan jeruk nipis yang mengandung asam sitrat dan asamaskorbat. Asam sitrat dan asam askorbat termasuk

pada jenis antioksidan larut air. Penambahan perasan jeruk nipis akan menurunkan pH dan akan mengubah warna teh dari kuningkecokelatan menjadi lebih terang, dan memberi rasa yang agak asam (Sudjatini, 2016).

Aktivitas antioksidan juga dapat ditingkatkan dengan penambahan *Eucalyptus globulus* dalam bentuk minyak esensial. Minyak esensial *Eucalyptus globulus* memiliki kandungan 1,8-cineole (*eucalyptol*) sebesar 63,81% yang berkontribusi dalam menangkal radikal bebas (Koswandy dan Ramadhania, 2016; Luis *et al.*, 2015). Penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* juga dapat berkontribusi dalam memberikan aroma yang khas dan rasa *mint* karena minyak esensial *Eucalyptus globulus* mengandung senyawa volatil serta 1,8-cineole berkontribusi terhadap rasa *mint* (Briand dan Salles, 2016; Kalembedan Kunicka, 2003).

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari efek penambahan jeruk nipis dan minyak esensial *eucalyptus globulus* terhadap seduhan the hitam dan menentukan jumlah yang tepat yang dapat menstabilkan warna dan organoleptic seduhan the hitam.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian dan analisis ini adalah teh hitam tubruk dari Perkebunan Ciwidey di Bandung, jeruk nipis, minyak esensial *Eucalyptus globulus* (Indeso), air demineralisasi (Amidis), gula pasir, DPPH, etanol, asam galat, reagen *Folin-Ciocalteu* 10%, larutan natrium karbonat 7,5%, kuersetin, larutan $AlCl_3$ 2%, katekin, *vanillin methanol* 4%, metanol, dan HCl pekat.

Alat yang digunakan dalam penelitian dan analisis adalah timbangan analitik, *heater*, pH meter, *chromameter*, dan spektrofotometer UV-Vis.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan metode eksperimental yang dibagi dalam 2 tahap yakni tahap lama waktu penyeduhan dan tahap penambahan perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus* (MEEg).

Pada tahap 1 melakukan percobaan penyeduhan teh hitam ini meliputi waktu penyeduhan teh hitam selama 2, 4, 6, 8, dan 10 menit. Proses penyeduhan mengacu pada metode Murugesan *et al.* (2020) dan Palanivel *et al.* (2018) yang dimodifikasi. Jumlah the yang diseduh adalah 2 per 100mL air demineralisasi, dan dipanaskan hingga mencapai suhu 90°C dan

dipertahankan sesuai lama waktu percobaannya, kemudian disaring dan didinginkan sampai suhu ruang. dipertahankan selama penyeduhan. Teh hitam disaring dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang.

Penelitian tahap 2 dilakukan percobaan penambahan perasan jeruk nipis (0%, 1%, 2%, dan 3% v/v) dan minyak esensial *Eucalyptus globulus* (0%, 0,05%, 0,10%, dan 0,15% v/v) ke dalam seduhan teh hitam yang yang terpilih tahap 1 yakni lama penyeduhan 8 menit. Perlakuan ini mengacu pada Sudjatini (2016) dan Sipalehut *et al.*, (2017) dengan modifikasi.

Parameter penelitian

Parameter yang diamati dalam penlitian ini meliputi aktivitas antioksidan (Parlina *et al.*, 2012), pH(AOAC, 2005), warna (Pathare *et al.*, 2013), total fenolik (Alara *et al.*, 2017), total flavonoid (Lamien-Meda *et al.*, 2008), total tanin terkondensas (Herald *et al.*, 2014), dan organoleptik hedonik (Adnan *et al.*, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Lama Penyeduhan terhadap fisiko-kimia Seduhan Teh Hitam

Pengaruh lama penyeduhan terhadap sifat fisiko kimia seduhan teh hitam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisko kimia seduhan the berdasar lama penyeduhan.

Lama seduh	IC ₅₀ (ppm)	pH	Kecera han	°Hue
2 menit	2338,18 ^d	5,28 ^{bc}	45,54 ^a	79,14
4 menit	2012,97 ^c	5,29 ^c	47,71 ^c	85,73
6 menit	1537,30 ^b	5,26 ^{ab}	46,66 ^b	79,89
8 menit	1411,24 ^a	5,25 ^a	47,09 ^c	75,93
10 menit	2267,78 ^d	5,27 ^{ab}	45,67 ^{ab}	79,77

Keterangan: notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan (p<0,05)

Pada Tabel 1 terlihat bahwa lama penyeduhan berpengaruh terhadap IC₅₀, pH, dan kecerahan (p<0.05). Nilai IC₅₀ menurun sampai penyeduhan 8 menit dan kemudian naik pada lama penyeduhan 10 menit. Nilai IC₅₀ yang rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi (Tristantini *et al.*, 2016). Hal teersebut menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan optimum diperoleh pada penyeduhan selama 8 menit. Hasil tersebut agak berbeda dengan pernyataan Dewata *et al.* (2017) bahwa semakin lama penyeduhan aktivitas antioksidan pada teh akan semakin meningkat. Hal ini terkait dengan waktu kontak antara air dengan the lebih lama sehingga semakin banyak senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan yang terekstrak (Fajar *et al.*, 2018; Skotnicka *et al.*, 2011). Pada menit ke-10, aktivitas antioksidan mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan Negukhula *et al.* (2011) bahwa aktivitas

antioksidan seduhan teh hitam mengalami penurunan pada suhu 90°C selama 10 menit (3,54 $\mu\text{mol/g}$) dibandingkan penyeduhan pada suhu 90°C selama 3 menit (3,85 $\mu\text{mol/g}$). Hal ini disebabkan oleh degradasi katekin. Epikatekin dalam teh mengalami konversi menjadi bentuk non epikatekin seperti *gallocatechin gallate* (GCG), *gallocatechin* (GC), *catechin gallate* (CG), dan *catechin* (C) yang beraktivitas antioksidan lebih rendah (Saklar *et al.*, 2015; Muzolf-Panek *et al.*, 2012).

pH seduhan teh hitam paling rendah juga terjadi pada lama penyeduhan 8 menit. Ini mengindikasikan bahwa aktivitas antioksidan terbaik pada seduhan teh terjadi pada pH 5,25. Semakin rendah pH, maka semakin banyak *theaflavin* dan *thearubigin* yang terbentuk. Menurut Takemoto & Takemoto (2018), *theaflavin* terbentuk pada pH 4,5 dan *thearubigin* pada pH 5,5 (Skotnicka *et al.*, 2011).

Selain mempengaruhi antioksidan dan pH, lama penyeduhan juga memengaruhi kecerahan seduhan teh, tetapi tidak mempengaruhi °Hue atau warna seduhan teh. Menurut Zeng *et al.* (2017), semakin rendah nilai pH, maka semakin tinggi nilai kecerahan dan makin terang warnanya. Adapun °Hue seduhan berada pada rentang 75,93°-85,73° dan masuk dalam kuning kemerahan (54°-90°) (Kusumaningrum *et al.* 2013). Warna

seduhan teh terkait dengan oksidasi katekin dalam teh hitam menjadi *theaflavin* yang berkontribusi dalam memberikan warna kuning dan *thearubigin* yang berkontribusi dalam memberikan warna merah kecokelatan (Kodagoda dan Wickramasinghe, 2017; Towaha dan Balittri, 2013). Oleh sebab itu, warna seduhan teh hitam adalah kuning kemerahan. Semakin lama waktu penyeduhan, semakin banyak senyawa *thearubigin* yang terekstrak sehingga seduhan teh yang dihasilkan semakin gelap (Towaha dan Balittri, 2013; Chandini *et al.*, 2011; Chaturvedula dan Prakash, 2011).

Selanjutnya, penentuan perlakuan terpilih yang digunakan sebagai dasar untuk penelitian tahap II adalah lama penyeduhan yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi yaitu penyeduhan teh hitam selama 8 menit dengan suhu 90°C dengan nilai IC_{50} sebesar 1411,24 $\pm$ 75,79 ppm.

Pengaruh Jeruk Nipis dan Minyak Esensial *Eucalyptus globulus* terhadap Antioksidan Seduhan Teh Hitam

Pengaruh penambahan perasan jeruk nipis (PJN) dan *Eucalyptus globulus* (MEEg) terhadap aktivitas antioksidan, total fenolik, total flavonoid, dan total tannin terkondensasi, pH dan warna seduhan teh hitam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik fisiko-kimia seduhan teh hitam yang ditambah perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus*

Konsentrasi		IC ₅₀	Total Fenolik	Total flavonoid	Tanin terkondensasi	pH	Kecerahan	°Hue
		(ppm)	(mg GAE/L)	(mg QE/L)	(mg CE/L)		(Lightness)	
Jeruk Nipis	MEEg							
(%)	(%)							
0,00	0,00	1509,96±84,86 ^d	1539,31±18,49 ^{bc}	184,48±10,20 ^{fg}	5742,10±212,20 ^e	5,77±0,01 ^l	46,35±0,45 ^{bc}	81,50±0,89
	0,05	1246,35±22,34 ^c	1813,16±26,11 ^e	213,34±3,65 ⁱ	6124,36±280,71 ^f	5,76±0,01 ^l	46,76±0,53 ^c	81,70±1,14
	0,10	1122,04±64,52 ^b	2401,15±101,72 ^h	172,02±5,12 ^{de}	6149,85±176,56 ^f	5,31±0,01 ^k	45,81±0,68 ^{ab}	79,57±2,46
	0,15	864,38±26,87 ^a	2727,63±45,78 ⁱ	195,68±6,78 ^h	6812,44±144,16 ^g	5,27±0,01 ^j	45,69±0,11 ^a	79,58±0,47
1,00	0,00	2707,72±92,63 ^k	1033,55±25,27 ^a	58,53±8,14 ^c	5054,03±97,60 ^d	3,65±0,01 ⁱ	47,55±0,62 ^d	76,58±0,88
	0,05	2241,85±34,69 ⁱ	1473,52 ±33,48 ^b	182,43±1,51 ^{fg}	6532,11±174,09 ^g	3,64±0,02 ⁱ	47,69±0,43 ^d	75,21±1,27
	0,10	1416,43±1,67 ^d	1707,89±72,19 ^d	189,92±8,69 ^{gh}	6699,80±121,99 ^g	3,56±0,03 ^h	49,03±0,63 ^e	77,81±0,71
	0,15	1058,79±0,46 ^b	2087,01±29,47 ^g	167,13±2,20 ^{cd}	6795,36±73,57 ^g	3,47±0,02 ^g	47,98±0,44 ^d	76,48±0,77
2,00	0,00	2431,60±32,13 ^j	1593,59±29,59 ^c	214,68±13,06 ⁱ	3244,65±220,21 ^a	3,40±0,03 ^f	49,65±0,92 ^f	77,73±1,02
	0,05	1943,26±85,50 ^g	1764,64±97,82 ^{de}	176,44±1,88 ^{ef}	5487,26±362,80 ^e	3,38±0,01 ^f	50,66±0,78 ^{ghi}	79,41±0,41
	0,10	1849,48±12,34 ^{fg}	1892,93±8,65 ^f	166,10±1,37 ^{cd}	6735,98±97,60 ^g	3,27±0,02 ^e	50,27±0,42 ^g	81,97±1,02
	0,15	716,66±90,05 ^e	1902,80±59,84 ^f	186,06±5,30 ^g	6761,47±58,85 ^g	3,27±0,02 ^e	49,02±0,27 ^e	84,72±0,52
3,00	0,00	2073,41±31,68 ^h	1609,21±20,19 ^c	135,66±2,66 ^a	3015,29±97,60 ^a	3,23±0,02 ^d	50,40±0,22 ^{gh}	86,56±0,63
	0,05	906,09±43,24 ^g	1767,93±27,70 ^{de}	141,66±3,58 ^{ab}	3626,91±128,27 ^b	3,13±0,01 ^c	51,56±0,13 ^j	89,37±0,31
	0,10	858,57±57,45 ^{fg}	1807,40±3,15 ^e	146,39±3,85 ^b	4238,53±128,27 ^c	3,08±0,01 ^b	51,12±0,39 ^{ij}	88,08±0,63
	0,15	1755,82±5,38 ^{ef}	1889,64±8,22 ^f	164,92±1,50 ^{cd}	5003,06±226,03 ^d	3,01±0,02 ^a	50,96±0,49 ^{hij}	89,18±0,36

Keterangan: notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05)

Aktivitas Antioksidan

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan perasan jeruk nipis, minyak esensial *Eucalyptus globulus*, dan interaksi antara perasan jeruk nipis dengan minyak esensial *Eucalyptus globulus* memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan seduhan teh hitam. Pada Tabel 2 terlihat bahwa penambahan perasan jeruk nipis cenderung meningkatkan nilai IC_{50} sehingga menunjukkan aktivitas antioksidan menurun. Hal ini terkait dengan kadar fenolik, flavonoid, dan tannin yang lebih rendah pada aktivitas antioksidan yang juga lebih rendah. Selain itu, penambahan asam sitrat dan asam askorbat pada teh dapat menyebabkan katekin dan *theaflavin* tidak stabil sehingga katekin dan *theaflavin* mengalami degradasi. (Su *et al.*, 2003). Oleh sebab itu, penambahan perasan jeruk nipis cenderung menurunkan aktivitas antioksidan pada seduhan teh hitam.

Penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* dapat menurunkan nilai IC_{50} sehingga menunjukkan aktivitas antioksidan yang meningkat. Hal ini sesuai dengan Luis *et al.* (2015) bahwa kandungan terbesar dalam minyak esensial *Eucalyptus globulus*, yaitu 1,8-*cineole* yang dapat menangkal radikal bebas. Selain itu, minyak esensial *Eucalyptus*

globulus juga mengandung α -*pinene* dan β -*pinene* yang merupakan *monoterpene hydrocarbons* dan memiliki aktivitas antioksidan (Grassmann, 2005).

Pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa penambahan perasan jeruk nipis cenderung menurunkan total, tetapi penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* dapat meningkatkan total fenolik. Hal ini disebabkan penambahan asam sitrat dan asam askorbat pada teh dapat menyebabkan katekin dan *theaflavin* mengalami degradasi (Su *et al.*, 2003). Katekin pada teh hitam termasuk ke dalam kelompok flavan-3-ol dalam komponen fenolik (Skotnicka *et al.*, 2011). *Theaflavin* juga termasuk ke dalam senyawa fenolik karena *theaflavin* merupakan turunan senyawa katekin yang memiliki gugus fenol (Paramita *et al.*, 2020). Peningkatan fenolik oleh minyak esensial *Eucalyptus globulus* karena minyak tersebut mengandung komponen fenolik sebesar 13 mg GAE/g. Komponen fenolik pada minyak esensial *Eucalyptus globulus*, yaitu asam klorogenat dan rutin (Ferreira *et al.*, 2016).

Flavonoid merupakan turunan senyawa fenol yang dapat bersifat sebagai antioksidan (Nadiah dan Uthumporn, 2015). Pada Tabel 2 terlihat bahwa penambahan perasan jeruk nipis cenderung menurunkan flavonoid pada seduhan teh

hitam. Penurunan total flavonoid berkaitan dengan aktivitas antioksidan pada seduhan teh hitam. Asam askorbat dengan flavonoid memiliki hubungan yang bersifat antagonis dalam aktivitas antioksidan sehingga total flavonoid mengalami penurunan (Aoun dan Makris, 2012). Selain itu, penambahan asam sitrat dan asam askorbat pada teh dapat menyebabkan katekin mengalami degradasi (Su *et al.*, 2003).

Penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* cenderung meningkatkan total flavonoid. Hal ini disebabkan oleh kandungan flavonoid pada *Eucalyptus globulus*, yaitu *hyperoside* sebesar 666,42 µg/g berat kering daun (Dezsi *et al.*, 2015). Hal ini juga terkait kandungan 1,8-*cineole* yang merupakan *oxygenated monoterpenes* dan termasuk ke dalam kelompok terpenoid (Boukhatem *et al.*, 2020).

Tanin terkondensasi merupakan oligomer/polimer yang tersusun atas EC, EGC, dan EGCG (Koleckar *et al.*, 2008). Penambahan perasan jeruk nipis cenderung menurunkan total tanin terkondensasi. Hal ini diduga terkait dengan interaksi antara tanin dengan vitamin yang dapat membentuk senyawa baru, sehingga mengakibatkan kadar vitamin dan tanin menurun (Sharma *et al.*, 2019; Bule *et al.*, 2020). Sebaliknya, penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* dapat

meningkatkan total tanin terkondensasi. Hal ini karena *Eucalyptus globulus* mengandung tanin terkondensasi sebesar 1,55% (Ulger *et al.*, 2017) yang akan berkontribusi dalam peningkatan kadar tanin. Semakin tinggi total tanin, maka aktivitas antioksidan semakin kuat (Kusumaningrum *et al.* 2013).

Warna Seduhan Teh

Nilai ^oHue seduhan teh hitam berdasarkan penambahan perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus* sebesar 75,21^o-89,37^o masuk warna kuning kemerahan (Kusumaningrum *et al.*, 2013). Penambahan perasan jeruk nipis tidak menyebabkan perubahan warna pada seduhan teh hitam. Hal ini sesuai dengan Tamer *et al.* (2017) bahwa penambahan *lemonade* ke dalam seduhan teh hijau juga tidak mengubah warna seduhan teh.

Tetapi, penambahan perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus* dapat meningkatkan kecerahan warna seduhan teh hitam. Hal ini sesuai dengan Sudjatini (2016), penambahan perasan jeruk nipis pada seduhan teh dapat mengubah warna teh dari kuning kecokelatan menjadi lebih terang. pH memengaruhi nilai *lightness*, yaitu semakin rendah nilai pH, maka semakin tinggi nilai *lightness* sehingga warna dari seduhan teh hitam menjadi lebih cerah

(Zeng *et al.*, 2017). Hal ini terkait dengan adanya oksidasi asam askorbat menjadi *dehydroascorbic acid* dan H_2O_2 . H_2O_2 dapat berperan dalam *bleaching* yang dapat meningkatkan kecerahan warna pada seduhan teh hitam dan menurunkan kadar *thearubigin* (Bradshaw *et al.*, 2011; Sinha dan Ghaskadbi, 2013). Asam dapat menyebabkan penurunan nilai a^* pada teh yang berhubungan dengan penurunan kadar *thearubigin* yang berkontribusi

dalam memberikan warna merah kecokelatan (Towaha dan Balittri, 2013; Kusuma dan Fibrianto, 2018).

Organoleptik Hedonik Seduhan Teh

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan perasan jeruk nipis, minyak esensial *Eucalyptus globulus*, dan interaksi keduanya memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap uji hedonik seduhan teh hitam, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji hedonik seduhan teh hitam berdasarkan penambahan perasan jeruk nipis dan minyak esensial *Eucalyptus globulus*

Jeruk nipis; MEEg	Hedonik				
	Warna	Aroma <i>Eucalyptus</i>	Rasa sepat	Rasa Asam	Rasa mint
0,00%; 0,00%	5,85±0,37 ^b	5,80±0,62 ^e	3,15±0,49 ^c	4,00±0,46 ^e	3,95±0,51 ^e
0,00%; 0,05%	5,85±0,37 ^b	2,15±0,37 ^b	2,00±0,46 ^b	3,15±0,49 ^d	4,00±0,56 ^e
0,00%; 0,10%	5,85±0,37 ^b	1,40±0,60 ^a	1,40±0,60 ^a	2,25±0,44 ^c	3,90±0,45 ^e
0,00%; 0,15%	5,30±0,47 ^a	1,35±0,67 ^a	1,40±0,60 ^a	2,05±0,51 ^c	3,05±0,22 ^{cd}
1,00%; 0,00%	6,70±0,47 ^c	4,15±0,75 ^d	1,90±0,45 ^b	1,15±0,37 ^a	2,20±0,62 ^b
1,00%; 0,05%	5,80±0,41 ^b	1,35±0,75 ^a	1,20±0,41 ^a	4,05±0,22 ^e	4,00±0,46 ^e
1,00%; 0,10%	5,30±0,47 ^a	2,30±0,80 ^b	2,20±0,41 ^b	3,90±0,55 ^e	3,85±0,59 ^e
1,00%; 0,15%	5,85±0,37 ^b	2,95±0,61 ^c	2,10±0,45 ^b	3,95±0,22 ^e	3,05±0,51 ^{cd}
2,00%; 0,00%	5,25±0,44 ^a	3,90±0,31 ^d	1,25±0,44 ^a	1,50±0,51 ^b	2,95±0,61 ^{cd}
2,00%; 0,05%	5,90±0,45 ^b	3,05±0,61 ^c	1,90±0,45 ^b	2,00±0,56 ^c	1,65±0,81 ^a
2,00%; 0,10%	6,65±0,67 ^c	1,50±0,76 ^a	1,35±0,75 ^a	2,95±0,39 ^d	2,80±0,77 ^c
2,00%; 0,15%	5,40±0,60 ^a	3,95±0,39 ^d	4,00±0,56 ^d	3,20±0,52 ^d	4,75±0,97 ^f
3,00%; 0,00%	6,60±0,60 ^c	5,90±0,45 ^e	3,95±0,69 ^d	2,10±0,45 ^c	3,25±0,79 ^d
3,00%; 0,05%	5,95±0,22 ^b	2,35±0,44 ^b	3,10±0,55 ^c	1,95±0,39 ^c	3,80±0,52 ^e
3,00%; 0,10%	5,90±0,31 ^b	1,50±0,69 ^a	3,25±0,44 ^c	3,75±0,44 ^e	3,95±0,51 ^e
3,00%; 0,15%	5,95±0,22 ^b	5,70±0,57 ^e	3,25±0,44 ^c	3,90±0,64 ^e	4,05±0,51 ^e

Keterangan: - notasi huruf menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

- skor hedonik 1 = sangat tidak suka, skor hedonik 7 = sangat suka

Pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa penambahan perasan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* 1%-0%, 3%-0% dan penambahan perasan jeruk nipis 2%-0,10% memiliki skor hedonik tertinggi yang menandakan bahwa panelis sangat suka (6,6-6,7) dengan warna pada seduhan teh hitam. Hal ini sesuai dengan Mahony (2011) bahwa panelis lebih menyukai pangan yang memiliki warna, seperti kuning dibanding warna netral, seperti hitam dan putih.

Penambahan perasan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* 0%-0% dan 3%-0%, serta 3%-0,15% memiliki skor hedonik tertinggi yang menandakan bahwa panelis suka (5,7-5,9) dengan aroma *Eucalyptus* pada seduhan teh hitam.

Penambahan perasan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* 2%-0,15% dan 3%-0% memiliki skor hedonik yang menandakan bahwa panelis memiliki tingkat kesukaan yang netral (3,95-4,0) terhadap rasa sepat pada seduhan teh hitam.

Penambahan perasan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* 0%-0%, 1%-0,05%, 0%-0,10%, 0%-0,15%, dan 3%-0,10%, serta 3%-0,15% memiliki skor hedonik rasa asam tertinggi yang menandakan bahwa panelis memiliki tingkat kesukaan yang netral terhadap rasa asam pada seduhan teh hitam. Hal ini sesuai dengan Hoffman *et al.* (2016) bahwa orang

dewasa kurang menyukai rasa asam dibandingkan manis.

Penambahan perasan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* 2% - 0,15% memiliki skor hedonik rasa mint tertinggi ($4,75 \pm 0,97$) yang menandakan bahwa panelis agak suka terhadap rasa *mint* pada seduhan teh hitam.

Penentuan Perlakuan Terbaik Tahap II

Penentuan terbaik pada tahap II ditentukan dari aktivitas antioksidan tertinggi dan nilai hedonik rata-rata seduhan teh dari perlakuan penambahan jeruk nipis - minyak esensial *Eucalyptus globulus* (MEEg). Nilai aktivitas antioksidan terendah adalah perlakuan jeruk nipis-MEEg 0%-0,15, tetapi perlakuan tersebut tidak ditambah perasan jeruk nipis. Oleh karena itu diambil dari perlakuan keduanya yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi yakni penambahan jeruk nipis 1% dan MEEg 0,15% dengan nilai IC_{50} $1058,79 \pm 0,46$ ppm. Berdasarkan rata-rata nilai hedonik yang tertinggi adalah perlakuan penambahan jeruk nipis 3% dan MEEg 0,15% dengan nilai rata-rata mencapai 4,57 (agak suka). Nilai aktivitas antioksidan dari perlakuan tersebut mencapai urutan ke 2 setelah perlakuan jeruk nipis 1% dan 0,15% MEEg. Dengan demikian perlakuan terpilih adalah jeruk nipis 1% dan 0,15% MEEg.

KESIMPULAN

Lama waktu penyeduhan teh hitam terbaik yang menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi adalah 8 menit pada suhu 90°C.

Penambahan perasan jeruk nipis ke dalam seduhan teh hitam cenderung menurunkan aktivitas antioksidan, sebaliknya penambahan minyak esensial *Eucalyptus globulus* dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan meningkatkan kecerahan warna seduhan.

Perlakuan terpilih adalah yang memiliki aktivitas antioksidan dan nilai hedonik tertinggi yaitu penambahan jeruk nipis 3,0% dan MEEg 0,15%, yakni mencapai nilai IC₅₀ 1755,82±5,38 ppm dan rata-rata nilai hedonik agak suka (4,57 dari skala 1-7).

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M., Ahmad, A., Ahmed, A., Khalid, N., Hayat, I., & Ahmed, I. (2013). Chemical composition and sensory evaluation of tea (*Camellia sinensis*) commercialized in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 45(3), 901-907.
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Mudalip, S. K. A., & Olalere, O. A. (2017). Characterization and effect of extraction solvents on the yield and total phenolic content from *Vernonia amygdalina* leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 311-316. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9642-y>
- Aoun, M. & Makris, D. P. (2012). Binary mixtures of natural polyphenolic antioxidant with ascorbic acid: Impact of interactions on the antiradical activity. *International Food Research Journal*, 19(2), 603-606.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. AOAC International: USA.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Teh Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia: Jakarta.
- Boukhatem, M. N., Boumaiza, A., Nada, H. G., Rajabi, M., & Mousa, S. A. (2020). *Eucalyptus globulus* essential oil as a natural food preservative: antioxidant, antibacterial, and antifungal properties in vitro and in a real food matrix (Orangina Fruit Juice). *Applied Sciences*, 10(16), 1-17. <https://doi.org/10.3390/app10165581>
- Bradshaw, M. P., Barril, C., Clark, A. C., Prenzler, P. D., & Scollary, G. R. (2011). Ascorbic acid: A Review of its chemistry and reactivity in relation to a wine environment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(6), 479-498. <https://doi.org/10.1080/10408391003690559>
- Briand, L. & Salles, C. (2016). *Flavor from Food to Behaviors, Wellbeing, and Health: Taste Perception and Integration*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology, and Nutrition.
- Bule, M., Khan, F., Nisar, M. F., & Niaz, K. (2020). *Recent Advances in Natural Products Analysis*. Elsevier.
- Chandini, S. K., Rao, L. J., & Subramanian, R. (2011). Influence of extraction conditions on polyphenols content and cream constituents in black tea extracts. *International*

- Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 879-886.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02576.x>
- Chaturvedula, V. S. & Prakash, I. (2011). The aroma, taste, color, and bioactive constituents of tea. *Journal of Medical Plant Research*, 5(11), 2110-2124.
<https://doi.org/10.5897/JMPR.9001187>
- Dewata, I. P., Wipradnyadewi, P. A. S., & Widarta, I. W. R. (2017). Pengaruh suhu dan lama penyeduhan terhadap aktivitas antioksidan dan sifat sensoris teh herbal daun alpukat (*Persea americana* Mill.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 6(2), 30-39.
- Dezsi, S., Badarau, A. S., Bischin, C., Vodnar, D. C., Dumitrescu, R., Gheldiu, A., Mocan, A., & Vlase, L. (2015). Antimicrobial and antioxidant activities and phenolic profile of *Eucalyptus globulus* Labill. and *Corymbia ficifolia* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson leaves. *Molecules*, 20(3), 4720-4734.
<https://doi.org/10.3390/molecules20034720>
- Fajar, R. I., Wrasati, L. P., & Suhendra, L. (2018). Kandungan senyawa favonoid dan aktivitas antioksidan ekstrak teh hijau pada perlakuan suhu awal dan lama penyeduhan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 196-202.
<https://doi.org/10.24843/JRMA.2018.v06.i03.p02>
- Ferreira, C. D. S., Pereyra, A., Patriarca, A., Mazzobre, M. F., Polak, T., Abram, V., Buera, M. P., & Ulrich, N. P. (2016). Phenolic Compounds in extracts from *Eucalyptus globulus* leaves and *Calendula officinalis* flowers. *Journal of Natural Products and Resources*, 2(1), 53-57.
- Grassmann, J. (2005). Terpenoids as plant antioxidants. *Elsevier Vitamins and Hormones*, 72, 505-535.
[https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(05\)72015-X](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(05)72015-X)
- Herald, T. J., Gadgil, P., Perumal, R., Bean, S. R., & Wilson, J. D. (2014). High throughput micro plate HCl-Vanillin assay for screening tannin content in Sorghum grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10), 2133-2136.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6538>
- Hoffman, A. C., Salgado, R. V., Dresler, C., Faller, R. W., & Bartlett, C. (2016). Flavour preferences in youth versus adults: a Review. *British Medical Journal*, 25(2), 32-39.
<https://doi.org/10.1136/tobaccocontr-2016-053192>
- Kalembe, D. & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*, 10(10): 813-829.
<https://doi.org/10.2174/0929867033457719>
- Kodagoda, K. H. G. K. & Wickramasinghe, I. (2017). Health benefits of green and black tea: A Review. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(7), 107-112.
<https://doi.org/10.22161/ijaers.4.7.16>
- Koleckar, V., Kubikova, A., Rehakova, Z., Kuca, K., Jun, D., Jahodar, L., & Opletal, L. (2008). Condensed and hydrolysable tannins antioxidants influencing the health. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 8(5), 436-447.
<https://doi.org/10.2174/138955708784223486>
- Koswandy, L. F. & Ramadhania, Z. M. (2016). Kandungan senyawa kimia

- dan bioaktivitas *Eucalyptus globulus* Labill. *Farmaka*, 14(2), 63-78.
<https://doi.org/10.24198/jf.v14i2.10815>
- Kusuma, G. S. P. & Fibrianto, K. (2018). Pengaruh optimasi lama fermentasi terhadap karakteristik kombucha daun tua kopi Robusta Dampit metode oksidatif dan non-oksidatif. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(4), 87-97.
<https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2018.006.04.10>
- Kusumaningrum, R., Supriadi, A., & Hanggita, S. (2013). Karakteristik dan Mutu Teh Bunga Lotus (*Nelumbo nucifera*). *Jurnal FishTech*, 2(1), 9-21.
<https://doi.org/10.36706/fishtech.v2i1.1099>
- Lamien-Meda, A., Lamien, C. E., Compaore, M. M. Y., Meda, R. N. T., Kiendrebeogo, M., Zeba, B. & Nacoulma, O. G. (2008). Polyphenol content and antioxidant activity of fourteen wild edible fruits from Burkina Faso. *Molecules*, 13(3), 581-594.
<https://doi.org/10.3390/molecules13030581>
- Li, S., Lo, C. Y., Pan, M. H., Lai, C. S., & Ho, C. T. (2012). Black tea: Chemical analysis and stability. *Food and Function*, 4, 10-18.
<https://doi.org/10.1039/c2fo30093a>
- Luis, A., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2015). Chemical Composition, antioxidant, antibacterial, and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Industrial Crops and Products*, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.055>
- Mahony, A. (2011). *Effect of Color on the Odor, Flavor, and Acceptance Properties of Foods and Beverages* (Master Thesis). Kansas State University, Food Science, Manhattan, Unites States.
- Murugesan, P., Venkateswaran, G., Sathish, G., & Shanmugaselvan, V. (2020). Enhancing the quality of naturally oxidized tea with ascorbic acid. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7(4), 403-409.
<https://doi.org/10.22161/ijaers.74.50>
- Muzolf-Panek, M., Gliszczynska-Swiglo, A., Szymusiak, H., & Tyrakowska, B. (2012). The influence of stereochemistry on the antioxidant properties of catechin epimers. *Europe Food Research Journal*, 235, 1001-1009.
<https://doi.org/10.1007/s00217-012-1826-4>
- Nadiah, N. I. & Uthumporn, U. (2015). Determination of phenolic and antioxidant properties in tea and spent tea under various extraction method and determination of catechins, caffeine and gallic acid by HPLC. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 5(3), 158-164.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.5.3.520>
- Negukhula, S., Mudau, F. N., Mariga, I. K., & Liphadzi, K. B. (2011). Effect of soaking conditions on total phenolic and antioxidant capacity of black tea and black tea combined (50:50) with bush tea. *Indian Journal of Horticulture*, 68(1), 91-95.
- Palanivel, M., Gopal, V., Thevar, K. S., & Veilumuthu, S. (2018). Impact of different seeping time and water temperature on tea liquor. *International Journal of Technical Research and Science*, 3(1), 15-18.

- <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1042842>
- Paramita, N. L. P. V, Andari, N. P. T. W., Andani, N. M. D., & Susanti, N.M. P. (2020). Penetapan kadar fenol total dan katekin daun teh hitam dan ekstrak aseton teh hitam dari tanaman *Camellia sinensis* var. Assamica. *Journal of Chemistry*, 14(1), 43-50. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2020.v14.i01.p08>
- Parlina, S., Pokatong, W. D., & Wijaya, J.R. (2012). *Study of antioxidant characteristics of cider preparation from Pomegranate (Punicagranatum L.) Fruit Peels* (Undergraduate Thesis). Universitas Pelita Harapan, Food Technology Study Program, Tangerang, Indonesia.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Alsaid, F.A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Saklar, S., Ertas, E., Ozdemir, I. S., & Karadeniz, B. (2015). Effects of different brewing conditions on catechin content and sensory acceptance in Turkish green tea infusions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6639-6646. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1746-y>
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., Gat, Y., & Kumar, A. (2019). Health effects, sources, utilization, and safety of tannins: A Critical Review. *Toxin Reviews*, 38(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>
- Sinha, S. K. & Ghaskadbi, S. S. (2013). Thearubigins rich black tea fraction reveals strong antioxidant activity. *International Journal of Green Pharmacy*, 7(4), 336-344. <https://doi.org/10.4103/0973-8258.122099>
- Sipalehut, S. G., Tetelepta, G., & Patty, J. (2017). Kajian penambahan minyak atsiri dari daging buah pala (*Myristica fragrans* Houtt.) pada cake terhadap daya penerimaan konsumen. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 2(2), 486-495. <https://doi.org/10.33772/jstp.v2i2.2616>
- Skotnicka, M., Wynimko, J. C., Jankun, J., & Jankun, E. S. (2011). The black tea bioactivity: An Overview. *Central European Journal of Immunology*, 36(4), 284-292.
- Sudjatani. (2016). Sifat pro-oksidan sari jeruk nipis (*Citrus aurentifolia*) terhadap aktivitas antioksidan teh hijau (*Camellia sinensis*). *Agrotech*, 1(1), 19-26. <https://doi.org/10.37631/agrotech.v1i1.4>
- Sue, Y. L., Leung, L. K., Huang, Y., & Chen, Z. Y. (2003). Stability of tea theaflavins and catechins. *Elsevier Food Chemistry*, 83(2), 189-195. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00062-1)
- Takemoto, M. & Takemoto, H. (2018). Synthesis of theaflavins and their functions. *Molecules*, 23(4), 1-18. <https://doi.org/10.3390/molecules23040918>
- Tamer, C. E., Yekeler, F. Z., Copur, O. U., Incedayi, B., & Suna, S. (2017). A study of fortification of lemonade with herbal extracts. *Food Science and Techonology*, 37(1), 45-51. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.06016>
- Towaha, J. & Balittri. (2013). Kandungan senyawa kimia pada daun teh (*Camellia sinensis*). *Warta*

*Penelitian dan Pengembangan
Tanaman Industri, 19(3), 12-16.*

- Tristantini, D., Ismawati, A., Pradana, B. T., & Jonathan, J. G. (2016). Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH pada daun tanjung (*Mimusops elengi* L). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan 2016*. Yogyakarta, March 17, 2016.
- Ulger, I., Kamalak, A., Kurt, O., Kaya, E., & Guven, I. (2017). Comparison of the chemical composition and anti-methanogenic potential of *Liquidambar orientalis* leaves with *Laurus nobilis* and *Eucalyptus globulus* leaves using an *In Vitro* gas production technique. *Ciencia e Investigacion Agraria, 44(1)*, 75-82.
- Vuong, Q. V., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E. & Roach, P. D. (2012). Effect of aqueous brewing solutions pH on the extraction of the major green tea constituents. *Food Research International, 53*, 713-719. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.017>
- Zeng, L., Maa, M., Li, C., & Luo, L. (2017). Stability of tea polyphenols solution with different pH at different temperatures. *International Journal of Food Properties, 20(1)*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.983605>

PEMANFAATAN TEPUNG DAUN SINGKONG SEBAGAI SUBSTITUSI TEPUNG TERIGU DALAM PEMBUATAN KUKIS
[UTILIZATION OF CASSAVA LEAVES FLOUR AS WHEAT FLOUR SUBSTITUTE IN THE MAKING OF COOKIES]

Lucia C. Soedirga^{1*}, Shieran Juvi²

^{1,2}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: lucia.soedirga@uph.edu

ABSTRACT

Cookies is a product commonly made from wheat flour as the main ingredient and widely consumed by the people. However, gluten in wheat flour can cause allergies, so the consumption of wheat-based products is limited. Furthermore, cookies also have low levels of protein and dietary fibre. Therefore, it is necessary to find another raw materials as an alternative in the making of cookies. In this research, wheat flour substituted with cassava leaves flour in various ratios (100:0; 90:10; 80:20; 70:30, and 60:40). The results showed that substituting wheat flour with cassava leaves flour at a ratio of 70:30 was the preferred ratio in making cookies. The resulting cookies have 10.24±0.11% of protein, 15.98±0.05 % of dietary fibre, 77.05 % of spread ratio, and 3512.47±126.68 g of hardness. In addition, the resulting cookies have slightly intense of cassava leaves aroma (4.88±1.17), slightly intense of cassava leaves taste (4.88 ±1.24), sandy (3.80±1.30) and hard (4.88±0.97) texture. The panellist slightly dislike the aroma (3.40±1.46) and taste (3.23±1.48). Meanwhile, the panellist slightly like the hardness of cookies (5.35±0.83). Further the panellist gave neutral acceptance on the sandy texture (4.75±1.54) and overall cookies (4.28±1.43).

Keywords: cassava leaves; cookies; dietary fibre; protein

ABSTRAK

Kukis merupakan salah satu jenis produk yang menggunakan tepung terigu sebagai bahan baku utama. Namun gluten pada tepung terigu dapat menyebabkan alergi sehingga konsumsi produk berbasis terigu menjadi terbatas. Selain itu kukis juga memiliki kadar protein dan serat pangan yang rendah, oleh sebab itu perlu dicari alternatif bahan baku utama dalam pembuatan kukis. Pada penelitian ini tepung terigu akan disubstitusi dengan tepung daun singkong pada berbagai rasio (100:0; 90:10; 80:20; 70:30, dan 60:40). Hasil menunjukkan bahwa substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong pada rasio 70:30 merupakan rasio terpilih dalam pembuatan kukis. Kukis yang dihasilkan memiliki memiliki 10,24±0,11 % protein, 15,98±0,05 % serat pangan, *spread ratio* 77,05 %, dan kekerasan 3512,47±126,68 g. Selain itu kukis pada rasio terpilih agak beraroma khas daun singkong (4,88±1,17), agak terasa daun singkong (4,88±1,24), memiliki tekstur berpasir (3,80±1,30) dan keras (4,88±0,97). Panelis agak tidak suka terhadap aroma (3,40±1,46) dan rasa 3,23±1,48). Namun, panelis agak menyukai tekstur kukis (5,35±0,83). Selain itu, panelis tingkat kesukaan netral diberikan panelis terhadap tekstur berpasir (4,75±1,54) dan penerimaan keseluruhan (4,28 ± 1,43).

Kata kunci : daun singkong; kukis; protein; serat pangan

PENDAHULUAN

Kukis merupakan salah satu jenis biskuit yang memiliki karakteristik renyah dan terbuat dari adonan lunak. Kukis umumnya dibuat dari tepung terigu dengan atau tanpa substitusinya, minyak atau lemak, dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diizinkan melalui proses pemanggangan (BSN, 2011).

Menurut BPS (2018), konsumsi kukis di Indonesia pada tahun 2014 sampai 2018 mengalami peningkatan tiap tahunnya dengan persentase rata-rata pertumbuhan sebesar 33,31%. Peningkatan persentase konsumsi kukis ini juga terjadi pada tahun 2020 sebesar 4,25% dibandingkan tahun sebelumnya (BPS, 2020). Tepung terigu sebagai bahan baku dalam pembuatan kukis memiliki gluten, namun keberadaan gluten dapat menyebabkan alergi pada beberapa kalangan sehingga konsumsi produk berbasis tepung terigu menjadi terbatas (Soedirga *et al.*, 2021).

Salah satu cara untuk mengurangi penggunaan tepung terigu adalah dengan memanfaatkan tepung non gluten berbahan lokal seperti tepung daun kelor (Dewi, 2018). Berdasarkan Dewi (2018), substitusi tepung terigu dengan tepung daun kelor dengan perbandingan 4:6 akan

menghasilkan kukis dengan kadar protein yang tinggi, yaitu sebesar 11,95%. Selain daun kelor, daun singkong dapat dimanfaatkan dalam pembuatan tepung berbahan lokal.

Indonesia merupakan negara produsen singkong keempat di dunia setelah Nigeria, Thailand, dan Brazil sehingga singkong merupakan salah satu komoditi penting di Indonesia. Produksi singkong di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan proyeksi pada tahun 2020 mengalami peningkatan hingga mencapai 25,54 juta ton (Suryadi *et al.*, 2012). Menurut Latif dan Müller (2015), umbi singkong merupakan produk utama dari tanaman singkong, sedangkan daun singkong merupakan produk sampingan dari tanaman singkong.

Menurut Karri dan Nalluri (2016), daun singkong memiliki kandungan asam amino dan mineral yang tinggi. Asam amino glutamat, aspartat, dan alanin merupakan asam amino penyusun utama daun singkong (Latif dan Müller, 2015). Selain itu, daun singkong memiliki kadar protein dan serat kasar masing-masing sebesar 25,46% dan 18,24% (Hernaman *et al.*, 2014). Jika dibandingkan dengan daun lain yang dapat mensubstitusi tepung terigu seperti daun kelor yang memiliki kadar protein sebesar

11,35% dan daun katuk yang memiliki kadar protein sebesar 8,32%, daun singkong memiliki kadar protein yang lebih tinggi, yaitu sebesar 16,7% - 39,9% (Nguyen *et al.*, 2012; Saputri *et al.*, 2019; Nu'man dan Bahar, 2021).

Pengolahan daun singkong menjadi tepung merupakan salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan daun singkong (Widyasanti *et al.*, 2016). Menurut Zainal *et al.* (2018), penggunaan tepung terigu dan tepung daun singkong dengan perbandingan 55: 45 menghasilkan *brownies* kukus dengan kadar protein dan serat tertinggi, yaitu 9,48% dan 1,12%, sedangkan *brownies* kontrol (tanpa penambahan tepung daun singkong) memiliki kadar protein dan kadar serat masing-masing sebesar 7,89% dan 0,25%.

Selain itu, menurut Poonsri *et al.* (2019), penggunaan tepung beras dan daun singkong dengan perbandingan 6:4 dalam pembuatan mi akan menghasilkan mi dengan kadar protein dan kadar serat sebesar 2,97% dan 5,44%. Namun, belum terdapat penelitian mengenai substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong dalam pembuatan kukis sehingga diharapkan melalui penelitian ini dapat diperoleh rasio yang tepat untuk menghasilkan kukis dengan kadar serat dan protein yang tinggi

serta memiliki karakteristik fisik dan sensori yang dapat diterima oleh panelis.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kukis adalah daun singkong segar yang diperoleh dari pasar lokal “Pasar Modern Paramount” di Tangerang, tepung terigu “Segitiga Biru”, margarin “Forvita”, gula halus “Value Plus”, susu bubuk skim instan “Sunlac”, dan telur ayam negeri. Bahan yang digunakan dalam analisis adalah K₂SO₄ “Merck”, selenium “Merck”, H₂SO₄ “SMART-LAB”, H₂O₂ “SMART-LAB”, NaOH “Merck”, HCl “Merck”, larutan H₃BO₃ 4% “Merck”, *mixed indicator*, air destilasi “AMIDIS” dan heksana “Merck”.

Alat yang digunakan dalam pembuatan kukis maupun analisis adalah oven “Turbofan BAKBAR”, loyang, timbangan meja “Precisa 2200 C SCS”, oven “Mettler UNE 200-800”, ayakan 80 mesh “RETSCH”, *mixer* “Phillips”, desikator “DURAN”, timbangan analitik “Mettler-Toledo”, alat-alat gelas “Iwaki Pyrex”, alat destilasi Kjeldahl “BUCHI”, alat *digester* Kjeldahl “BUCHI”, *texture analyzer* “TA-XTplus”.

Metode Penelitian

Pembuatan Tepung Daun Singkong

Pembuatan tepung daun singkong mengacu kepada Jannah dan Saragih (2019) dan Salata *et al.*, (2014) dengan modifikasi. Daun singkong segar yang sudah dicuci dan disortasi kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam, sehingga diperoleh daun singkong kering. Daun singkong kering kemudian dikecilkan ukurannya dengan *miller* dan diayak dengan menggunakan ayakan 80 *mesh* untuk memperoleh tepung daun singkong.

Tepung daun singkong yang diperoleh kemudian dihitung rendemennya. Perhitungan rendemen dilakukan dengan membagi berat tepung daun singkong dengan berat daun singkong segar. (Rachdiansyah *et al.*, 2016). Tepung daun singkong dianalisis kadar airnya dengan metode oven (AOAC, 2005), dan kadar protein (AOAC, 2005). Analisis kadar serat pangan tepung daun singkong dilakukan di Laboratorium Analisa Chem-mix Pratama, Yogyakarta dengan metode multienzim berdasarkan AOAC (1995).

Pembuatan Kukis

Proses pembuatan kukis dengan substitusi tepung singkong mengacu kepada

Dewi (2018) dan Harmayani *et al.* (2011). Pada penelitian ini, tepung terigu disubstitusi pada berbagai rasio (100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40) dengan tepung daun singkong. Rasio tepung terigu dan tepung daun singkong didasarkan dari berat total tepung, yakni 250 g. Formulasi kukis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi kukis daun singkong

Komposisi	Jumlah (g)
Tepung terigu	250/225/200/175/150
Tepung daun singkong	0/25/50/75/100
Margarin	175
Telur	106
Gula	126
Susu bubuk	30

Sumber: Dewi (2018) dengan modifikasi

Pembuatan kukis daun singkong diawali dengan mencampur margarin dan gula halus dengan menggunakan *mixer* selama 3 menit. Setelah itu telur ayam negeri ditambahkan ke dalam campuran margarin dan gula. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan *mixer* selama 2 menit kemudian diikuti dengan pencampuran tepung terigu dan tepung daun singkong pada berbagai rasio serta susu bubuk skim hingga adonan menjadi homogen dan kalis.

Adonan kemudian dicetak menggunakan cetakan kukis berbentuk bulat

dengan diameter 3 cm dan dipanggang menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 170°C. Kukis daun singkong yang dihasilkan kemudian dianalisis persen *spread ratio* (Baljeet *et al.*, 2010). Persen *spread ratio* dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ spread ratio} = \frac{\text{spread ratio kukis yang disubstitusi}}{\text{spread ratio kukis kontrol}} \times 100\%$$

Dimana *spread ratio* = diameter kukis/ketebalan kukis

Selain itu kukis yang dihasilkan juga dianalisis teksturnya dengan mengacu kepada Romeo *et al.*, (2010). Analisis tekstur dilakukan dengan menggunakan *texture analyzer* untuk atribut kekerasan. Analisis tekstur dilakukan dengan menggunakan *cylindrical flat ended probe* yang berdiameter 4mm dan menggunakan pengaturan *pre-test speed* 3,0 mm/s, *test speed* 1 mm/s, *post-test speed* 10,0 mm/s, *distance* 2,5 mm, dan *force* 20 g.

Analisis kimia yang dilakukan pada kukis meliputi kadar protein (AOAC, 2005) dan kadar serat pangan (AOAC, 1995). Analisis kadar serat pangan terhadap kukis menggunakan metode yang sama untuk menganalisis kadar serat pangan tepung daun singkong. Analisis organoleptik terhadap kukis meliputi uji skoring dan hedonik terhadap 40 panelis. Atribut sensori dalam uji skoring meliputi aroma, rasa,

tekstur berpasir, dan kekerasan. Atribut yang sama juga digunakan pada uji hedonik namun ditambah dengan penerimaan keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tepung Daun Singkong

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar air tepung daun singkong lebih rendah (8,41 ± 0,04%) jika dibandingkan dengan Widyasanti *et al.* (2019) yakni sebesar 14,03%. Widyasanti *et al.* (2019), melakukan pengeringan daun singkong dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 140 menit, sedangkan pada penelitian ini pengeringan daun singkong dilakukan pada suhu 50°C selama 24 jam.

Tabel 2 Karakteristik tepung daun singkong

Karakteristik	Nilai (%)
Rendemen	27,99 ± 0,43
Kadar air	8,41 ± 0,04
Kadar protein	28,94 ± 0,13
Kadar serat pangan	39,89 ± 0,09

Rendahnya kadar air tepung daun singkong (Tabel 2) juga sejalan dengan Setyowatik *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa kadar air tepung daun kelor mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C. Pengeringan selama 4 jam menghasilkan tepung daun kelor dengan kadar air sebesar

15,43%, sedangkan pada pengeringan selama 6 jam diperoleh kadar air sebesar 13,58%. Nilai kadar air dari tepung dipengaruhi oleh waktu pengeringan yang digunakan, yakni semakin lama waktu pengeringan semakin banyak uap air yang akan menguap dari bahan.

Tepung daun singkong pada penelitian ini memiliki kadar air sebesar $8,41 \pm 0,04\%$ dan rendemen tepung sebesar $27,99 \pm 0,43\%$. Kadar air tepung daun singkong Widayanti *et al.* (2019) sebesar 14,03% menghasilkan rendemen sebesar 18,33%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air berbanding terbalik dengan rendemen tepung daun singkong dengan semakin lamanya waktu pengeringan. Semakin lama pengeringan, air yang akan menguap dari bahan akan semakin banyak sehingga akan semakin banyak pula bahan kering yang dihasilkan dan makin banyak pula rendemen tepung yang diperoleh.

Menurut Nguyen dan Preston (2004), daun singkong memiliki kadar protein yang tinggi sebesar 16,7% - 39,9%. Berdasarkan Tabel 2, kadar protein tepung daun singkong yang dihasilkan adalah sebesar $28,94 \pm 0,13\%$ sehingga tepung daun singkong pada penelitian ini merupakan tepung daun singkong dengan kadar protein yang tinggi. Suatu produk dapat diklaim sebagai tinggi

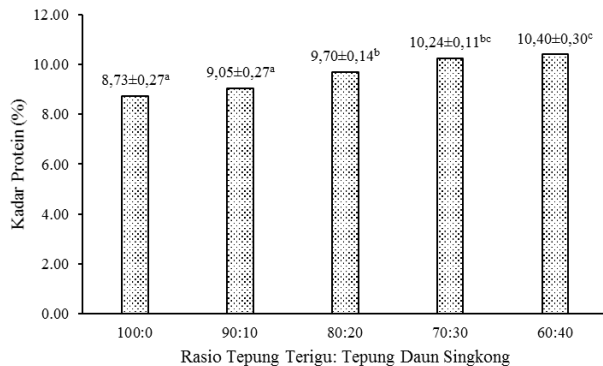
protein jika mengandung protein minimal sebesar 20% (NDA, 2015).

Kadar serat pangan daun singkong pada penelitian ini lebih tinggi ($39,89 \pm 0,09\%$) jika dibandingkan daun kolesom ($19,22 \pm 0,0495\%$) yang merupakan salah satu jenis sayuran dengan kadar serat pangan yang tinggi (Seftiono *et al.*, 2019). Suatu produk pangan dikatakan tinggi serat jika memiliki kandungan serat minimal sebesar 6 % (Choiriyah, 2015) oleh sebab itu tepung daun singkong pada penelitian ini juga memiliki potensi sebagai sumber serat pangan.

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Kadar Protein Kukis

Gambar 1 menunjukkan bahwa dengan semakin tingginya substitusi tepung terigu dengan tepung singkong berbanding lurus dengan kenaikan kadar protein pada kukis secara signifikan ($p < 0,05$). Kadar protein tepung daun singkong sebesar $28,94 \pm 0,13\%$ sehingga penggunaan tepung daun singkong pada rasio yang tinggi akan menghasilkan kukis dengan kadar protein yang tinggi juga (Montagnac *et al.*, 2009). Tingginya kadar protein pada kukis ini juga sejalan dengan Poonsri *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa penggunaan tepung daun singkong dalam pembuatan mi beras akan

meningkatkan kadar proteinnya. Mi beras kontrol memiliki kadar protein sebanyak 2,28%, sedangkan mi beras dengan substitusi 40% tepung daun singkong akan menghasilkan kadar protein sebesar 2,97%.



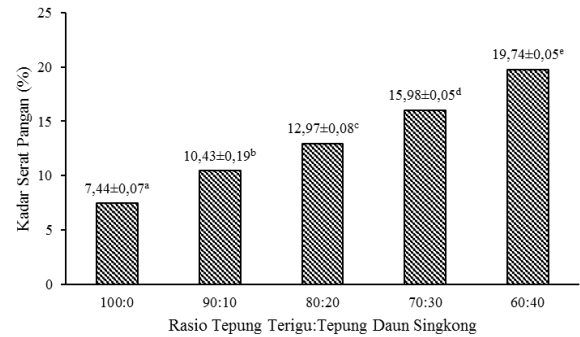
Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 1. Kadar protein kukis pada berbagai rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Kadar Serat Pangan Kukis

Peningkatan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung singkong juga berbanding lurus dengan peningkatan kadar serat pangan kukis secara signifikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Tepung daun singkong memiliki kadar serat yang tinggi yakni sebesar $39,89 \pm 0,09\%$ (Tabel 2) sehingga dengan semakin tingginya substitusi tepung terigu dengan tepung singkong akan semakin meningkatkan kadar serat pangan kukis secara signifikan ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kadar

serat dari bahan baku yang digunakan memengaruhi kadar serat dari produk olahannya.



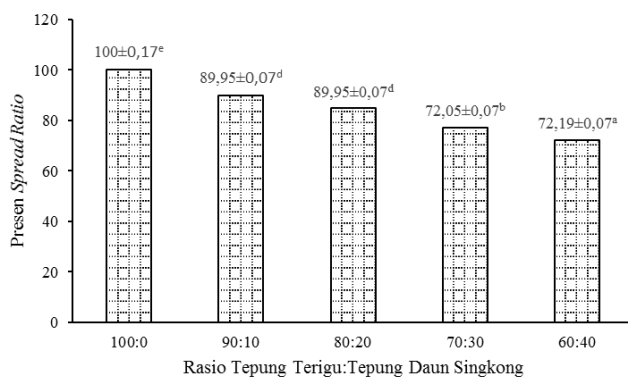
Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 2. Kadar serat pangan kukis pada berbagai rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong

Peningkatan kadar serat suatu produk olahan yang disebabkan oleh tingginya kadar serat dari bahan baku yang digunakan juga ditunjukkan oleh Soedirga *et al.*, (2021). *Food bar* yang dibuat dari tepung komposit berbasis tepung ubi ungu dan tepung kembang kol pada rasio 90:10 memiliki kadar serat pangan yang lebih tinggi ($10,82 \pm 0,07\%$) secara signifikan jika dibandingkan dengan kadar serat pangan *food bar* kontrol yang menggunakan tepung ubi ungu sebagai bahan baku ($10,32 \pm 0,06\%$). Tepung kembang kol memiliki kadar serat pangan yang lebih tinggi ($38,59 \pm 0,29\%$) jika dibandingkan dengan tepung ubi ungu ($10,71 \pm 0,06\%$).

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Persen *Spread Ratio* Kukis

Variasi rasio substitusi tepung terigu dan tepung daun singkong menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap persen *spread ratio* kukis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Semakin tingginya substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu menyebabkan penurunan persen *spread ratio* secara signifikan. Pada rasio 60:40 dihasilkan kukis dengan *spread ratio* sebesar 72,19%. Dachana *et al.*, (2010), juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan *spread ratio* kukis seiring dengan peningkatan tepung daun kelor yang digunakan.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 3. *Spread ratio* kukis pada berbagai rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong

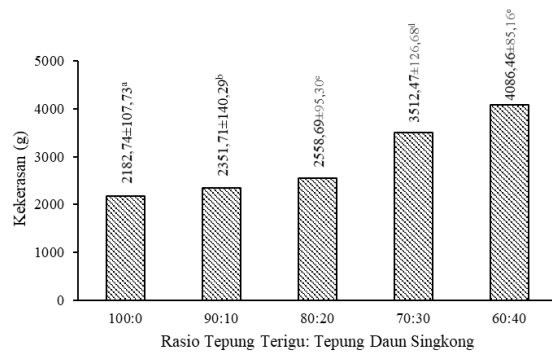
Peningkatan substitusi tepung terigu terhadap tepung daun singkong berbanding

lurus dengan kadar protein dan kadar serat (Gambar 1 dan Gambar 2). Namun, peningkatan kadar protein dan kadar serat ini berbanding terbalik dengan persen *spread ratio*. Kukis yang dibuat pada rasio 60:40 memiliki kadar protein dan serat yang lebih tinggi (Gambar 1 dan Gambar 2) sehingga *spread ratio* yang dihasilkan merupakan *spread ratio* dengan nilai terendah yakni sebesar 72,19±0,07%. Kaur *et al.* (2017) menyatakan bahwa kadar protein dan serat yang tinggi pada kukis akan menyebabkan penurunan nilai persentase *spread ratio* karena serat dan protein memiliki daya serap air yang tinggi yang dapat menghambat pengembangan adonan kukis.

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Kekerasan Kukis

Variasi rasio tepung terigu dan tepung daun singkong memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kekerasan kukis berdasarkan hasil pengujian statistik *Oneway ANOVA*. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa dengan semakin tingginya substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu, terjadi peningkatan nilai kekerasan kukis. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan tepung daun singkong

pada rasio yang tinggi berpengaruh terhadap tekstur kukis yang keras.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

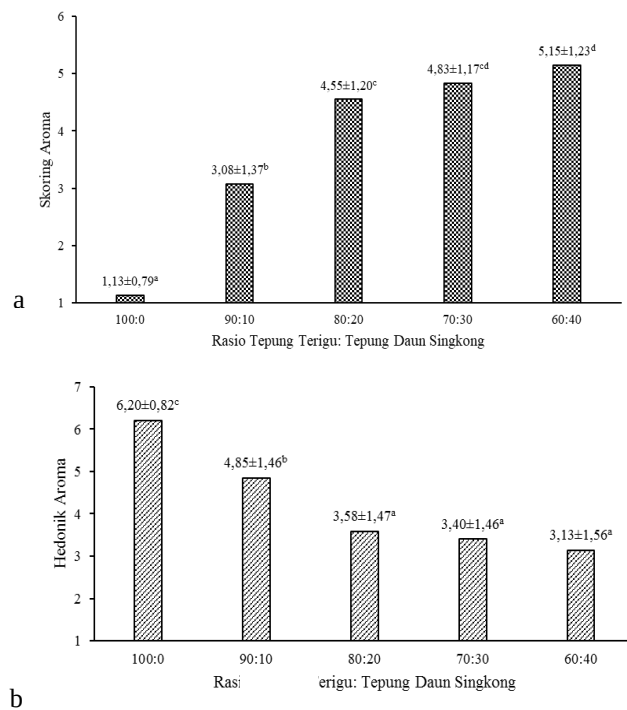
Gambar 4. Kekerasan kukis pada berbagai rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong

Gambar 4 menunjukkan bahwa tingkat kekerasan kukis berbanding lurus dengan kadar serat pangan kukis (Gambar 2), yakni dengan semakin tingginya kadar serat kukis, maka semakin keras tekstur kukis yang dihasilkan. Hasil ini juga sejalan dengan Rojo-Poveda *et al.* (2020) bahwa tekstur yang keras pada kukis dapat dipengaruhi oleh serat pangan yang terdapat di dalam kukis. Serat pangan seperti pektin dan hemiselulosa memiliki daya serap air yang tinggi yang dapat menghambat pembentukan gluten, sehingga gluten tidak dapat menahan gas yang terbentuk pada saat pemanggangan dan menghambat pengembangan kukis yang dapat menyebabkan peningkatan kekerasan pada kukis (Santoso, 2011).

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Aroma Kukis

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong pada berbagai rasio menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) terhadap skoring aroma kukis (Gambar 5a). Selain itu, substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong juga berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap hedonik aroma kukis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5b. Berdasarkan Gambar 5 (a) dapat dilihat adanya peningkatan aroma khas daun singkong yang signifikan seiring dengan semakin tingginya rasio substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu.

Rasio 80:20 berbeda signifikan dengan rasio 60:40, namun rasio 70:30 tidak berbeda signifikan dengan rasio 60:40. Nilai skoring aroma pada rasio 80:20 adalah $4,55 \pm 1,20$ yang menandakan bahwa panelis menilai kukis agak memiliki aroma singkong, sedangkan nilai skoring aroma kukis pada rasio 70:30 dan 60:40, masing-masing sebesar $4,83 \pm 1,7$ dan $5,15 \pm 1,23$ yang menunjukkan bahwa panelis menilai kukis memiliki aroma daun singkong.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

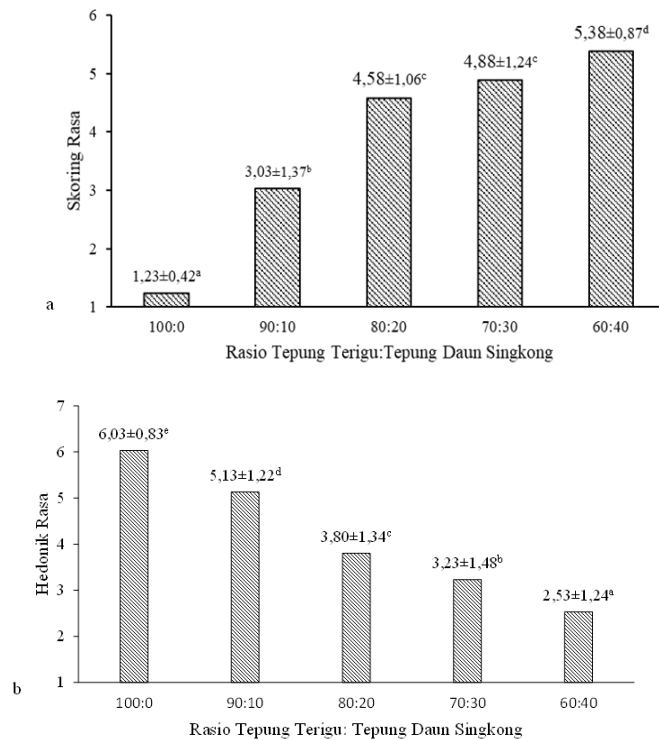
Gambar 5. Perbedaan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terhadap aroma kukis (a) skoring dengan skala 1 (sangat tidak beraroma daun singkong) – 6 (sangat beraroma daun singkong) (b) hedonik dengan skala 1 (sangat tidak suka)–7 (sangat suka)

Aroma daun singkong yang mulai dideteksi panelis terjadi ketika substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong dilakukan pada rasio diatas 20. Dewi (2018) juga mendapatkan hasil yang serupa bahwa seiring dengan penambahan tepung daun kelor pada pembuatan kukis, aroma khas daun kelor dapat dideteksi oleh panelis. Peningkatan aroma khas daun singkong pada uji skoring menyebabkan adanya penurunan tingkat kesukaan panelis terhadap

kukis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (b). Namun substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong pada rasio 80:20, 70:30, dan 60:40 tidak berbeda signifikan dengan nilai hedonik aroma berada pada nilai $3,58 \pm 1,47$ sampai $3,13 \pm 1,56$. Nilai ini menyatakan bahwa panelis agak tidak suka terhadap aroma daun singkong pada kukis.

Pengaruh Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Rasa Kukis

Hasil pengujian statistik *Oneway* ANOVA menunjukkan substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong pada berbagai rasio menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) terhadap skoring rasa kukis (Gambar 6a). Selain itu, substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong juga berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap hedonik rasa kukis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6b. Gambar 6 (a) menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan rasio substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu juga menunjukkan adanya peningkatan rasa daun singkong pada kukis.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 6. Perbedaan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terhadap rasa kukis (a) skoring dengan skala 1 (sangat tidak terasa rasa daun singkong) – 6 (sangat terasa rasa daun singkong) (b) hedonik dengan skala 1 (sangat tidak suka)-7 (sangat suka)

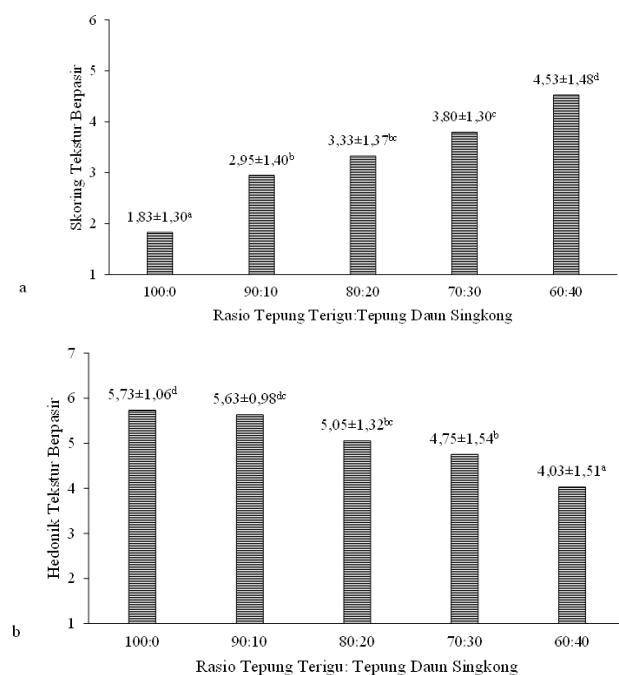
Peningkatan rasa kukis yang dapat dideteksi oleh panelis seiring dengan tingginya substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong sejalan dengan Dewi (2018). Seiring dengan penambahan tepung daun kelor pada pembuatan kukis, rasa khas daun kelor dapat dideteksi oleh panelis. Peningkatan skoring rasa daun singkong pada kukis juga berbanding lurus dengan peningkatan skoring aroma daun singkong (Gambar 5a).

Hasil uji hedonik rasa kukis (Gambar 6b) berbanding terbalik dengan hasil uji skoring rasa kukis (Gambar 6a) yakni semakin tinggi rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap rasa kukis secara signifikan. Berdasarkan Gambar 6 (a), rasio 60:40 merupakan kukis yang memiliki nilai skoring tertinggi ($5,38 \pm 0,87$) yang menunjukkan bahwa kukis tersebut sangat memiliki rasa daun singkong, sedangkan berdasarkan Gambar 6 (b), rasio 60:40 memiliki nilai hedonik terendah secara signifikan yakni sebesar $2,53 \pm 1,24$ yang menandakan bahwa panelis tidak menyukai rasa dari kukis. Menurut Zainal *et al.* (2018), daun singkong memiliki rasa yang pahit, sehingga penggunaan tepung daun singkong pada rasio substitusi yang tinggi dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa produk.

Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Tekstur Berpasir Kukis

Analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi rasio tepung terigu dan tepung daun singkong terhadap nilai skoring dan nilai hedonik tekstur berpasir kukis ($p < 0,05$)

seperti yang ditunjukkan masing-masing pada Gambar 7 (a) dan Gambar 7 (b). Gambar 7 (a) menunjukkan adanya peningkatan signifikan dari nilai skoring tekstur berpasir seiring dengan peningkatan rasio substitusi tepung terigu terhadap tepung singkong. Rasio 60:40 menunjukkan nilai skoring tertinggi ($4,53 \pm 1,48$) yang menunjukkan kukis pada rasio tersebut memiliki tekstur yang paling berpasir, sedangkan pada kukis kontrol (100:0) memiliki tekstur yang paling tidak berpasir ($1,83 \pm 1,30$).



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 7. Perbedaan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terhadap tekstur berpasir kukis (a) skoring dengan skala 1 (sangat tidak bertekstur pasir) – 6 (sangat bertekstur pasir) (b) hedonik dengan skala 1 (sangat tidak suka)-7 (sangat suka)

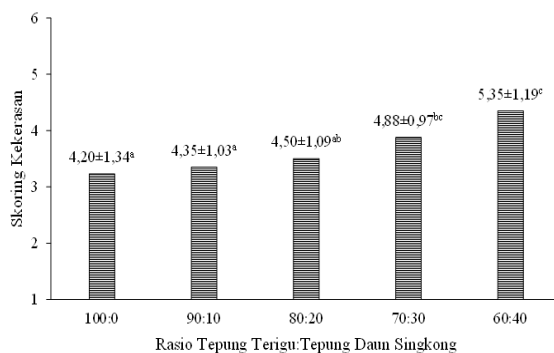
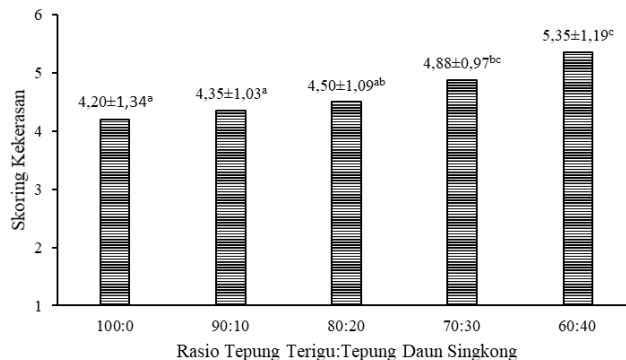
Peningkatan tekstur berpasir yang dapat dideteksi oleh panelis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 (a) terjadi seiring dengan peningkatan rasio substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu yang menunjukkan juga adanya peningkatan kadar serat dari kukis pada rasio tersebut (Gambar 2). Menurut Laguna *et al.*, (2013), serat memiliki daya serap air yang tinggi, sehingga akan menghasilkan tekstur kukis yang kering dan berpasir. Pembentukan tekstur berpasir juga terjadi pada pembuatan kukis dengan penggunaan bahan tinggi serat, seperti tepung daun kelor (Dachana *et al.*, 2010).

Gambar 7 (b) menunjukkan adanya penurunan yang signifikan pada nilai hedonik kukis terhadap tekstur berpasir ketika rasio substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu meningkat yakni dari rasio 70:30 ($4,75 \pm 1,54$) ke rasio 60:40 ($4,03 \pm 1,51$). Kukis yang dibuat dari tepung terigu dan tepung daun singkong pada rasio 60:40 merupakan kukis yang dinilai oleh panelis memiliki tekstur paling berpasir (Gambar 7a). Walaupun demikian, panelis masih memberikan nilai netral terhadap tekstur berpasir pada kukis tersebut. Namun, jika dibandingkan dengan rasio lainnya, tingkat kesukaan panelis terhadap kukis

pada rasio 60:40 ini dapat dinyatakan tergolong rendah.

Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Kekerasan Kukis

Analisis statistik *Oneway ANOVA* menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) dari variasi rasio tepung terigu dan tepung daun singkong terhadap nilai skoring kekerasan kukis, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai hedonik kekerasan kukis ($p > 0,05$).



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 8. Perbedaan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terhadap skoring kekerasan kukis dengan skala 1 (sangat tidak keras) – 6 (sangat keras)

Berdasarkan Gambar 8, kukis kontrol (100:0) memiliki nilai skoring terendah ($4,20 \pm 1,34$) secara signifikan jika dibandingkan dengan rasio 70:30 ($4,88 \pm 0,97$) dan 60:40 ($5,35 \pm 1,19$). Namun rasio 70:30 dan 60:40 tidak berbeda signifikan dan dinilai oleh panelis memiliki tekstur yang keras.

Rasio 60:40 yang dinilai oleh panelis memiliki tekstur keras sejalan dengan hasil pengukuran *hardness* pada Gambar 4, yang memiliki *hardness* tertinggi $4086,46 \pm 85,16$ g. Hal ini disebabkan pada rasio 60:40 memiliki kadar serat yang tinggi, di mana serat dapat menyerap air yang dapat menghambat pembentukan gluten, sehingga menghasilkan kukis yang lebih keras (Rojo-Poveda *et al.*, 2020).

Tabel 3. Hasil uji hedonik kekerasan kukis pada berbagai rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong

Rasio Tepung Terigu: Tepung Daun Singkong	Hedonik Kekerasan
100:0	5,10 ± 1,17
90:10	5,18 ± 0,90
80:20	5,25 ± 1,03
70:30	5,35 ± 0,83
60:40	5,38 ± 1,31

Keterangan: Skala 1 (sangat tidak suka)-7 (sangat suka)

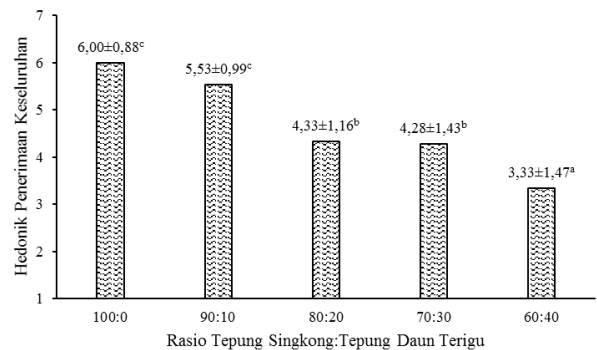
Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan tepung daun singkong, tidak terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap kekerasan kukis. Nilai kekerasan kukis berkisar pada

nilai $5,1 \pm 1,17$ - $5,38 \pm 1,31$. Walaupun terdapat peningkatan nilai skoring pada kekerasan kukis (Gambar 8) seiring dengan tingginya substitusi tepung terigu terhadap tepung daun singkong, namun panelis masih agak menyukai kekerasan pada kukis.

Perbedaan Rasio Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Daun Singkong terhadap Penerimaan Keseluruhan Kukis

Analisis statistik *Oneway ANOVA* menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi rasio tepung terigu dan tepung daun singkong terhadap penerimaan keseluruhan kukis ($p < 0,05$) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan adanya penurunan tingkat kesukaan panelis seiring dengan peningkatan rasio substitusi tepung terigu terhadap tepung daun singkong. Penurunan yang signifikan sudah mulai terlihat pada rasio terkecil, yakni 90:10. Pada rasio substitusi yang paling tinggi (60:40), kukis memiliki tingkat kesukaan terendah yakni sebesar $3,33 \pm 1,47$ yang menunjukkan panelis agak tidak menyukai kukis. Hal ini dapat disebabkan karena aroma dan rasa khas daun singkong yang meningkat seiring dengan tingginya substitusi tepung daun singkong terhadap tepung terigu yang dapat

menyebabkan penurunan penerimaan panelis.



Keterangan: Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Gambar 9. Perbedaan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terhadap penerimaan keseluruhan kukis dengan skala hedonic 1 (sangat tidak suka)-7 (sangat suka)

Karakteristik Kukis dengan Rasio Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Daun Singkong Terpilih

Penentuan rasio substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong terpilih dilakukan berdasarkan analisis fisik, kimia, dan organoleptik. Rasio 70:30 merupakan rasio substitusi terpilih pada penelitian ini untuk menghasilkan kukis dengan karakteristik fisikokimia terbaik serta karakteristik sensori yang dapat diterima oleh panelis.

Tabel 4 menunjukkan bahwa kadar air kukis kontrol maupun kukis pada rasio substitusi terpilih sebesar 4%. Nilai kadar air ini sudah sesuai dengan BSN (2011) yang mensyaratkan kadar air kukis tidak lebih

dari 5% namun terdapat perbedaan antara kadar air kukis kontrol dengan kukis pada rasio terpilih. Kadar air kukis kontrol lebih rendah ($4,75 \pm 0,02$ %) jika dibandingkan dengan kukis dengan formulasi terpilih ($4,89 \pm 0,05$ %).

Tabel 4. Kadar air dan kadar lemak kukis formulasi kontrol dan kukis formulasi terpilih

Kadar	Formulasi	
	Kukis kontrol (100:0)	Kukis dengan formulasi terpilih (70:30)
Air (%)	$4,75 \pm 0,02$	$4,89 \pm 0,05$
Lemak (%)	$26,74 \pm 0,07$	$28,38 \pm 0,14$

Perbedaan nilai kadar air kukis kontrol dengan kukis pada rasio substitusi terpilih disebabkan oleh adanya perbedaan kadar serat pada kedua kukis tersebut. Kukis kontrol memiliki kadar serat pangan yang lebih rendah ($7,44 \pm 0,07$ %) jika dibandingkan dengan kukis pada rasio terpilih ($15,98 \pm 0,05$ %). Menurut Ajila *et al.* (2008), serat pangan memiliki daya serap air yang tinggi, sehingga dapat berkontribusi terhadap peningkatan kadar air pada kukis.

Berdasarkan Tabel 4, kadar lemak kukis kontrol maupun kukis rasio terpilih juga telah memenuhi persyaratan BSN (2011), yakni harus memiliki kadar lemak minimal 9,5%. Namun sama seperti kadar air, terjadi perbedaan antara kukis kontrol dengan kukis pada rasio terpilih. Kadar lemak kukis pada rasio substitusi terpilih

lebih tinggi ($28,38 \pm 0,14$) jika dibandingkan dengan kukis kontrol ($26,74 \pm 0,07$ %). Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong dapat meningkatkan kadar lemak kukis. Tepung daun singkong memiliki kadar lemak sebesar 13,9%, sedangkan tepung terigu memiliki kadar lemak sebesar 2,5% (Salata *et al.*, 2014 dan USDA, 2019).

KESIMPULAN

Rasio 70:30 merupakan rasio terpilih dalam mensubstitusi tepung terigu dengan tepung daun singkong pada pembuatan kukis. Kukis yang dihasilkan memiliki kadar protein dan kadar serat pangan masing-masing sebesar $10,24 \pm 0,11$ % dan $15,98 \pm 0,05$ %. Selain itu karakteristik fisik kukis pada rasio terpilih ini yakni memiliki *spread ratio* sebesar 77,05 %, dan kekerasan $3512,47 \pm 126,68$ g.

Nilai skoring aroma, rasa, tekstur berpasir, dan kekerasan dari kukis pada rasio terpilih masing-masing sebesar $4,88 \pm 1,17$ (agak beraroma khas daun singkong); $4,88 \pm 1,24$ (agak terasa rasa daun singkong); $3,80 \pm 1,30$ (memiliki tekstur berpasir); $4,88 \pm 0,97$ (memiliki tekstur yang keras), sedangkan untuk nilai hedonik aroma, rasa, tekstur berpasir, kekerasan, dan penerimaan keseluruhan masing-masing

sebesar $3,40 \pm 1,46$ (agak tidak suka); $3,23 \pm 1,48$ (agak tidak suka); $4,75 \pm 1,54$ (netral); $5,35 \pm 0,83$ (agak suka); $4,28 \pm 1,43$ (netral).

SARAN

Rendahnya penerimaan keseluruhan kukis pada penelitian ini disebabkan oleh aroma dan rasa daun singkong yang cukup kuat sehingga pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan perlakuan pendahuluan sebelum proses pengeringan untuk mengurangi aroma dan rasa pahit pada daun singkong, seperti blansir.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Rao, U. J. S. P. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.001>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2973:2011. Syarat Mutu Biskuit. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Pustaka Statistik (BPS). (2018). Rata-rata konsumsi per kapita tepung terigu, 2014 - 2018. Retrieved March 10, 2022 from http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2018/Konsumsi/Statistik_Konsumsi_Pangan_Tahun_2018/files/assets/basic-html/page30.html
- Badan Pustaka Statistik (BPS). (2020). Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2020. Retrieved March 17, 2022 from http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2020/Statistik_Konsumsi_Pangan_Tahun_2020/files/assets/basic-html/page34.html
- Baljeet, S. Y., Ritika, B.Y., & Roshan, L.Y. (2010). Studies of functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. *International Food Research Journal*, 17, 1067-1076.
- Choiriyah, N. A. (2020). Inkorporasi tepung garut dan buah pisang kepek pada pembuatan biskuit dengan klaim tinggi serat serta tinjauan nilai cerna pati in vitro dan gula total. *Jurnal Gizi Prima (Prime Nutrition Journal)*, 5(2), 81-85. <https://doi.org/10.32807/jgp.v5i2.197>
- Dachana, K. B., Rajiv, J., Indrani, D., & Prakash, J. (2010). Effect of dried Moringa leaves on rheological, microstructural, nutritional, textural, and organoleptic characteristics of cookies. *Journal of Food Quality*, 33, 660-677. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00346.x>

- Dewi, D. P. (2018). Kelor leaf flour substitution of cookies on physical and organoleptic characteristic, proximate content, and iron level. *Ilmu Gizi Indonesia*, 1(2), 104-112. <https://doi.org/10.20884/1.jgipas.2020.4.2.2794>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2015). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to fat-free yogurts and fermented milks complying with the specifications “fat free”, “low in sugars”, “high protein”, “source of calcium” and “source of vitamin D” for nutrition claims and reduction of body and visceral fat while maintaining lean body mass in the context of an energy-restricted diet pursuant to Article 13.5 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 13(1), 3948. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3948>
- Harmayani, E., Murdiati, A. & Griyaningsih, G. (2011). Karakterisasi pati ganyong (*Canna edulis*) dan pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan cookies dan cendol. *Jurnal Agritech*, 31(4), 297-304. <https://doi.org/10.22146/agritech.9637>
- Hernaman, I, Budiman, A., Nurachma, S., & Hidayat, K. (2014). Kajian in vitro penggunaan limbah perkebunan singkong sebagai pakan domba. *Pastura*, 4(1). <https://doi.org/10.24843/Pastura.2014.v04.i01.p07>
- Jannah, M., & Saragih, B. (2019). Pengaruh tepung daun singkong (*Manihot utilissima*) terhadap sensori dan aktivitas antioksidan beras analog. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 6(2), 96-108. <https://doi.org/10.36084/jpt.v6i2.171>
- Karri, V. R. & Nalluri, N. (2016). Cassava: meeting the global protein need. *Plant Science Today*, 3(3), 304-311. <https://doi.org/10.14719/pst.2016.3.3.249>
- Kaur, M., Singh, V., & Kaur, R. (2017). Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant, and sensory characteristics of cookies. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2016.12.002>
- Laguna, L, Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. (2013). A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International*, 51, 544 – 553. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.003>
- Latif, S. & Müller, J. (2015). Potential of cassava leaves in human nutrition: a review. *Trends in Food Science*, 44(2), 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.006>
- Montagnac, A. J., Davis, C. R., & Tanumihardjo, S. A. (2009). Nutritional value of cassava for use as staple food and recent advancements for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 181-194. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00077.x>

- Nguyen, D. Q. T. & Preston, T. R. (2004). Effect of method of processing cassava leaves on intake, digestibility and N retention by Ba Xuyen piglets. *Livestock Research for Rural Development*, 16(80).
- Nguyen, T. H. L., Ngoan, L.D., Bosch, G., Verstegen, M.W.A. & Hendricks, W.H. (2012). Ileal and total tract apparent crude protein and amino acid digestibility of ensiled and dried cassava leaves and sweet potato vines in growing pig. *Animal Feed Science Technology*, 172(3), 171–179.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.009>
- Nu'man, T. M., & Bahar, A. (2021). Tingkat kesukaan dan nilai gizi cookies dengan penambahan tepung daun katuk dan tepung daun kelor untuk ibu menyusui. *Jurnal Agroteknologi*, 15(02), 94-104.
<https://doi.org/10.19184/j-agt.v15i02.24960>
- Poonsri, T., Jafarzadeh, S., Ariffin, F., Abidin, S. Z., Barati, Z., Latif, S., & Muller, J. (2019). Improving nutrition, physicochemical and antioxidant properties of rice noodles with fiber and protein-rich fractions derived from cassava leaves. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(4), 325-332.
<https://doi.org/10.12691/jfnr-7-4-10>
- Rachdiansyah, D., Novidahlia, N., & Amalia, L. (2016). Formulasi kerupuk dengan penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Pertanian*, 7(2), 51-66.
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Orden, D., Stevigny, C., Zeppa, G., & Bertolino, M. (2020). Physical properties and consumer evaluation of cocoa bean shell-functionalized biscuits adapted for diabetic consumers by the replacement of sucrose with tagatose. *Foods*, 9(814), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/foods9060814>
- Romeo, F. V., Luca, S. D., Piscopo, A., Santisi, V., & Poiana, M. (2010). Shelf life of almond pastry cookies with different types of packaging and levels of temperature. *Food Science and Technology International*, 16(3), 233-240.
<https://doi.org/10.1177/1082013209353836>
- Saputri, G. A. R., Tutik, T., & Peratasari, A. I. (2019). Penetapan kadar protein pada daun kelor muda dan daun kelor tua (*Moringa oleifera* L) dengan menggunakan metode Kjeldahl. *Jurnal Analisis Farmasi*, 4(2), 108-116.
<https://doi.org/10.33024/jaf.v4i2.2089>
- Salata, C. C., Leonel, M., Trombini, F. R. M., & Mischon, M. M. (2014). Extrusion of blends of cassava leaves and cassava flour: physical characteristics of extrudates. *Food Science and Technology*, 34(3), 501-506. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6337>
- Santoso, I. A. (2011). Serat pangan (dietary fiber) dan manfaatnya bagi kesehatan. *Magistra*, 23(75), 35.
- Seftiono, H., Djiuardi, E., & Pricila, S. (2019). Analisis proksimat dan total serat pangan pada crackers fortifikasi tepung tempe dan koleseom (Talinumtiangulare). *Agritech*, 39(2), 160-168.
<https://doi.org/10.22146/agritech.29726>

- Setyowatik, A. T., & Sarofa, R. N. U. (2017). Pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap aktivitas antioksidan dan komponen fungsional daun kelor (*Moringa Oleifera* Lam). *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(2).
- Soedirga, L.C., Matita I.C., & Wijaya, T.E. (2021). Pemanfaatan tepung komposit berbasis ubi ungu dan kembang kol dalam pembuatan *food bar* bebas gluten. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 1-14.
- Suryadi, T., Darwanto, D. H., Widodo, S. (2012). Pendugaan Model Permintaan Ubi Kayu di Indonesia. *Prosiding Seminas*, 1(2).
- United States Department of Agriculture. (2019). Wheat Flour, Whole Grain. Food Data Central. Retrieved March 11, 2022 from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168893/nutrients>
- Widyasanti, A., Subyeki, M., Sudaryanto, & Asgar, A. (2019). Pengaruh suhu pengeringan dan proses blansing terhadap mutu tepung daun singkong (*Manihot esculenta* C.) dengan metode oven konveksi. *Jurnal Ilmi-Ilmu Pertanian Agrisaintifika*, 8(1), 9-17.
<https://doi.org/10.32585/ags.v3i1.552>
- Zainal, Laga, A., & Rahmatiah. (2018). Studi pembuatan brownies kukus dengan substitusi tepung daun singkong (*Mannihot utilissima*). *Jurnal Teknologi Pangan, Nutrisi, dan Kuliner*, 1(1), 11-22.
<https://doi.org/10.20956/canrea.v1i1.28>

**ANALISIS AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN KEDONDONG
(*Spondias dulcis*) MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*
[ANALYZING THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF AMBARELLA LEAF EXTRACT
(*Spondias dulcis*) USING *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*]**

Ruben Patrick Adhiwijaya¹, Marcelia Sugata², Juandy Jo^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: juandy.jo@uph.edu

ABSTRACT

Antioxidants are substances that mitigate the impacts of free radicals on the body, in which they can be extracted from plants. One common Indonesian plant that has a potential to be used as a source of antioxidants is the ambarella plant (Spondias dulcis). The aim of this research is to measure the antioxidant activity of ambarella leaf's extract via response surface methodology to determine the optimum conditions required to facilitate maximum extraction. Ambarella leaves were dried and soaked in methanol by using various combinations of time, methanol concentration and solid:solvent ratio (SSR). Antioxidant activity was measured using the DPPH test. The Response Surface Methodology (RSM) was utilized to determine the optimum conditions. The obtained optimum conditions were 26.5 hours, 82.2% methanol and a solid:solvent ratio of 1:14.6.

Keywords: *Spondias dulcis*; antioxidant; DPPH; Response Surface Methodology; Minitab

ABSTRAK

Antioksidan adalah sejenis senyawa yang dapat meminimalkan pengaruh radikal bebas dalam tubuh, dimana senyawa tersebut dapat diekstraksi dari tanaman. Salah satu tanaman di Indonesia yang memiliki potensi digunakan sebagai sumber antioksidan adalah kedondong (*Spondias dulcis*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur aktivitas antioksidan ekstrak daun kedondong, serta menemukan kondisi yang optimum untuk ekstraksi daun kedondong dengan menggunakan *response surface methodology*. Daun kedondong dikeringkan lalu dimaserasi menggunakan berbagai kombinasi parameter waktu, konsentrasi pelarut metanol, dan *solid:solvent ratio* (SSR). Aktivitas antioksidan ekstrak lalu diukur menggunakan uji DPPH. *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan untuk menemukan kondisi yang optimum. Kondisi maserasi yang optimum adalah 26,5 jam, konsentrasi pelarut metanol 82,2% dan SSR 1:14,6.

Kata kunci: *Spondias dulcis*; antioksidan; DPPH; Response Surface Methodology; Minitab

PENDAHULUAN

Meskipun ekspektasi hidup rata-rata manusia diperkirakan akan meningkat seiring dengan perkembangan medis dan sains, zaman modern memiliki banyak masalah yang berpotensi meningkatkan angka kematian. Aktivitas manusia dan

kondisi lingkungan yang buruk dapat menghasilkan *reactive oxygen spesies* dan *reactive nitrogen spesies* dalam jumlah besar. Hal ini akan mengganggu keseimbangan proses oksidasi-antioksidasi dalam tubuh, yang berujung pada timbulnya penyakit (Crimmins, 2015; Xu et

al., 2017). Oleh karena itu, senyawa antioksidan diperlukan untuk membantu proses antioksidasi dalam tubuh.

Salah satu sumber daya alam yang memiliki senyawa antioksidan adalah tanaman, seperti kedondong (*Spondias dulcis*). Berbagai bagian dari tanaman kedondong dikenal sebagai makanan dan bahan obat tradisional. Daun kedondong sendiri mengandung senyawa polifenolik (seperti flavonoid), saponins serta tannins, yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antimikrobia (Morton, 1987; Islam *et al.*, 2013).

Kondisi optimal untuk mengekstraksi flavonoid dari daun kedondong dibutuhkan untuk memaksimalkan kegunaan antioksidan dari ekstrak daun kedondong. Dalam hal ini, metode *Response Surface Methodology* (RSM) dapat digunakan untuk menentukan kondisi optimal tersebut (Aydar, 2017). Pada penelitian ini, penentuan kondisi optimal untuk mengekstraksi senyawa antioksidan dari daun kedondong dilakukan dengan menggunakan metode RSM. Selain itu, aktivitas antioksidan dari berbagai ekstrak daun kedondong diukur menggunakan uji DPPH.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Sampel yang digunakan adalah daun dari tanaman kedondong (*Spondia dulcis*). Daun dipetik dari ranting-ranting pohon kedondong dewasa di wilayah Tangerang, Indonesia. Bahan yang digunakan adalah metanol (Merck, Jerman) dengan berbagai konsentrasi: 60%, 70%, 80%, dan 100%, DPPH (Merck, Jerman), serta asam askorbat (Merck, Jerman).

Pengeringan Sampel

Daun kedondong ditimbang, lalu diletakkan di atas nampan besi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama satu malam. Setelah dikeringkan, daun kedondong dipindahkan ke gelas piala dan diletakkan dalam desikator sampai akan digunakan untuk maserasi.

Ekstraksi Sampel Menggunakan RSM

Parameter-parameter yang diuji dengan metode RSM dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan kombinasi parameter yang diuji dapat dilihat pada Tabel 2. Daun kedondong kering dimaserasi sesuai dengan kombinasi parameter tersebut. Lima belas *vial* masing-masing diisi dengan 1 g daun kedondong kering, lalu ditambahkan dengan metanol sesuai dengan kombinasi kondisi yang ditentukan. Kombinasi nomor 4, 13, dan 14 digunakan sebagai pengulangan dari *center point*.

Tabel 1. Parameter yang digunakan

Parameter	-1	0	1
X1: Waktu Ekstraksi (jam)	24	27	30
X2: Konsentrasi Metanol (%)	60	80	100
X3: Solid:Solvent Ratio	1:5	1:15	1:25

Keterangan: -1, 0 dan 1 mewakili masing-masing variasi per parameter.

Tabel 2. Kombinasi parameter yang diuji

No.	X1	X2	X3
1	0	-1	1
2	-1	0	-1
3	0	1	1
4	0	0	0
5	-1	-1	0
6	1	1	0
7	0	-1	-1
8	1	0	-1
9	-1	1	0
10	1	-1	0
11	1	0	1
12	-1	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	1	-1

Pengeringan Ekstrak

Setelah maserasi, ekstrak dipisahkan dari daun kedondong, lalu dituang ke dalam cawan petri. Selanjutnya, cawan petri berisi ekstrak diletakkan di atas lubang *water bath* yang diatur agar stabil pada suhu 70°C. Uap air dari *water bath* dapat membantu proses penguapan pelarut. Cawan petri dibiarkan terbuka agar tidak terjadi pengembunan. Selama proses pengeringan, suhu cawan petri perlu dijaga

agar tidak melebihi 70°C karena suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan ekstrak. Setelah semua pelarut menguap, ekstrak padat dikeruk dengan spatula dan dimasukkan ke dalam *microtube*.

Uji Antioksidan (Uji DPPH)

Analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode uji DPPH diadaptasi dari metode yang digunakan oleh Seo *et al.* (2014). Larutan DPPH dibuat dengan cara melarutkan 5 mg DPPH dalam 100 mL metanol 70% untuk membuat larutan konsentrasi 50 ppm (0,05 mg/mL). Larutan sampel-DPPH dibuat dengan melarutkan 250 ppm dari ekstrak sebanyak 0,75 mL dengan 0,75 mL larutan DPPH. Campuran sampel-DPPH lalu diinkubasi dalam gelap selama 30 menit. Larutan sampel-DPPH diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm menggunakan *UV-visible spectrophotometer*. Larutan asam askorbat 50 ppm dalam metanol 70%, digunakan sebagai kontrol positif dan akuades digunakan sebagai kontrol negatif.

Persen (%) inhibisi DPPH dihitung dengan rumus berikut:

$$\frac{[1 - (\text{Absorbansi Sampel})]}{(\text{Absorbansi Blanko})} \times 100\%$$

Analisis RSM

Persentase inhibisi DPPH yang sudah didapatkan lalu dicatat dan dimasukkan ke dalam perangkat lunak

Minitab (ver 19.2020.1, Amerika Serikat) untuk dianalisis. Data dianalisis menggunakan opsi “*Analyze Response Surface*” dan “*Response Optimizer*”. Pilihan “*Analyze Response Surface*” akan memunculkan table ANOVA, tabel koefisien, serta keterangan model. Opsi “*Response Optimizer*” akan menampilkan grafik kondisi optimum yang didapatkan berdasarkan model.

Hasil yang diharapkan dari uji dengan RSM adalah: (i) *p value* yang signifikan ($p < 0,05$) untuk semua faktor parameter yang digunakan; (ii) adanya titik maksimum yang terdapat dalam jangka parameter yang digunakan; (iii) nilai *composite desirability* (D) yang mendekati 1; (iv) nilai *determination coefficient* (R^2) yang mendekati 1; serta (v) nilai *lack of fit* yang tidak signifikan ($p > 0,05$). *Composite desirability* (D) adalah nilai yang menunjukkan seberapa ideal semua respons yang didapatkan. Nilai D yang paling rendah adalah 0, yang berarti tidak ideal. Nilai D yang paling tinggi adalah 1, yang berarti sangat ideal. *Determination coefficient* mengukur persentase variasi respons yang dapat dijelaskan oleh model. Terakhir, *lack of fit* mengukur keberhasilan model dalam menghasilkan data yang cocok pada titik-titik baru yang tidak digunakan saat merancang dan menguji model, dengan cara membandingkan

banyak kesalahan dalam model yang disebabkan oleh model itu sendiri atau terjadi secara acak. Jika *lack of fit* memiliki *p value* yang lebih kecil dari 0,05, maka dapat dinyatakan bahwa model tidak cukup baik (Wu *et al.*, 2011; Tummala *et al.*, 2015; Domingo *et al.*, 2019).

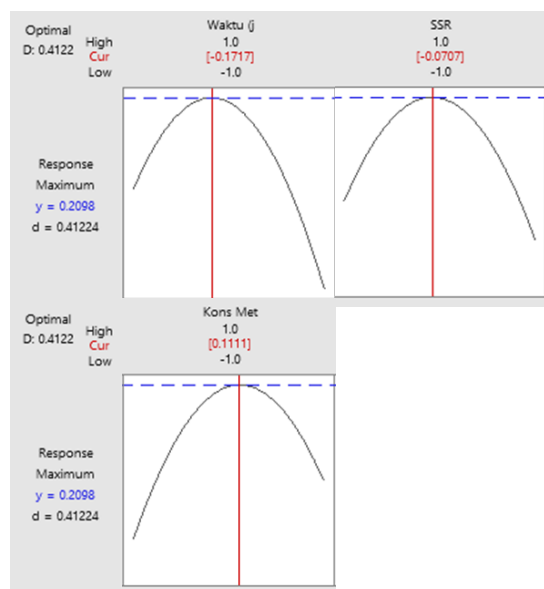
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah uji DPPH dilakukan, absorbansi dari larutan sampel-DPPH diukur, lalu persentase inhibisi DPPH dihitung. Persentase inhibisi DPPH dari masing-masing kombinasi kondisi (Tabel 2) ditampilkan di Tabel 3.

Tabel 3. Hasil respons inhibisi ekstrak daun kedondong dengan uji DPPH

Waktu (jam)	Konsentrasi Metanol (%)	Solid:solvent ratio	Respons Inhibisi (%)
27	60	1:25	19,37%
24	80	1:5	20,19%
27	100	1:25	20,00%
27	80	1:15	19,52%
24	60	1:15	19,96%
30	100	1:15	19,48%
27	60	1:5	19,42%
30	80	1:5	19,30%
24	100	1:15	19,82%
30	60	1:15	19,27%
30	80	1:25	19,50%
24	80	1:25	19,54%
27	80	1:15	19,90%
27	80	1:15	23,42%
27	100	1:5	20,01%

Setelah nilai respons inhibisi dimasukkan ke dalam Minitab, didapatkan kurva optimal seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Hasil pengujian dari Minitab disajikan pada Tabel 4.



Gambar 1. Kurva optimal untuk parameter waktu, konsentrasi metanol dan *solid:solvent ratio*, untuk melakukan ekstraksi daun kedondong

Tabel 4. Hasil pengujian tiap kondisi ekstraksi daun kedondong menggunakan RSM yang dianalisis dengan Minitab

Kondisi	p value
Waktu	0,635
Konsentrasi Metanol	0,753
SSR	0,901
Waktu*Waktu	0,378
Kons*Kons	0,423
SSR*SSR	0,423
Waktu*Kons	0,904
Waktu*SSR	0,769
Kons*SSR	0,989
Lack of Fit	0,997
Istilah	Persentase
Determination Coefficient (R2)	34,41%

SSR = *solid:solvent ratio*; Kons = konsentrasi metanol. Tanda “*” menunjukkan interaksi antara dua parameter

Berdasarkan Gambar 1, respons yang didapatkan menunjukkan keberadaan titik optimum yang jelas, seperti yang dapat dilihat dari posisi garis merah. Titik optimum parameter waktu adalah [-0,1717], titik optimum parameter konsentrasi metanol adalah [0,111], dan titik optimum parameter SSR adalah [-0,0707]. Jika dikonversi menjadi nilai yang asli menggunakan perbandingan, titik optimum waktu menjadi 26,5 jam, titik optimum konsentrasi metanol menjadi 82,2%, dan titik optimum *solid:solvent ratio* menjadi 1:14,6.

Titik optimum yang diperoleh didukung oleh hasil penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil penelitian Che Sulaiman *et al.* (2017) menunjukkan bahwa kadar flavonoid dalam ekstrak dapat menurun seiring waktu karena dapat terjadi polimerasi flavonoid sehingga tidak terdeteksi oleh uji DPPH. Chew *et al.* (2011) menyatakan bahwa konsentrasi pelarut dapat memengaruhi kadar zat fitokimia dalam ekstrak. Pelarut yang polar akan melarutkan senyawa yang polar. Wong *et al.* (2013) menyatakan bahwa nilai SSR yang tinggi dapat meningkatkan kemungkinan sampel berinteraksi dengan pelarut serta dapat menghasilkan gradasi konsentrasi yang mendukung laju difusi zat fitokimia, sehingga dapat meningkatkan kadar zat fitokimia dalam ekstrak.

Hasil yang kurang optimal dari penelitian ini adalah didapatkan nilai D yang rendah, sehingga ada kemungkinan kurva yang didapatkan tidak sesuai dengan model yang digunakan. Selain itu, *p value* dari semua kondisi yang diuji tidak ada yang $<0,05$ (Tabel 4). Terlebih lagi, ketiga pengulangan *center point* dalam penelitian ini menampilkan nilai respons inhibisi yang bervariasi. Selain itu, *p value* sebesar 0,997 menunjukkan bahwa *lack of fit* tidak signifikan dan kesalahan dalam model tidak disebabkan oleh model itu sendiri. Nilai R² yang didapatkan juga sangat rendah sehingga model dalam penelitian ini hanya dapat menjelaskan 34,41% dari semua variasi yang muncul.

Hasil yang kurang optimal dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti kesalahan dalam memilih parameter atau kesalahan dalam prosedur penelitian. Penelitian Che Sulaiman *et al.* (2017), Chew *et al.* (2011), dan Wong *et al.* (2013) menunjukkan bahwa parameter waktu, konsentrasi pelarut dan SSR memang memengaruhi zat fitokimia, sehingga kemungkinan besar kesalahan terletak dalam prosedur yang dilakukan.

KESIMPULAN

Kurva yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan kondisi optimal dengan sangat jelas serta memiliki *p value* untuk *lack of fit* yang tidak signifikan, tetapi

nilai D dan R² masih kurang baik. Kondisi optimal untuk ekstraksi senyawa antioksidan dari daun kedondong adalah 26,5 jam untuk parameter waktu, metanol 82,2% untuk parameter konsentrasi pelarut metanol dan perbandingan 1:14,6 untuk parameter *solid:solvent ratio* (SSR).

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan lebih banyak pengulangan untuk mendapatkan titik optimum yang lebih akurat serta melakukan pengukuran kadar flavonoid dari daun kedondong untuk dikorelasikan dengan hasil uji antioksidan dari daun kedondong.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada Novanka, S.Si. dan Ignatius Gareth Widodo, S.Si. untuk semua bantuan selama pelaksanaan penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada Hans Victor, M.Si. untuk bantuan dan bimbingannya dalam menggunakan metode RSM dan menggunakan perangkat lunak Minitab.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydar, A. Y. (2018). Utilization of Response Surface Methodology in Optimization of Extraction of Plant Materials. *Statistical Approaches with Emphasis on Design of Experiments Applied to Chemical Processes*.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.73690>

- Che Sulaiman, I., Basri, M., Masoumi, H., Chee, W., Ashari, S., & Ismail, M. (2017). Effects of temperature, time, and solvent ratio on the extraction of phenolic compounds and the anti-radical activity of *Clinacanthus nutans* Lindau leaves by response surface methodology. *Chemistry Central Journal*, 11, 54. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0285-1>
- Chew, K., Ng, S., Thoo, Y., Khoo, M., Wan Aida, W., & Ho, C. (2011). Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal*, 18, 571-578.
- Crimmins, E. (2015). Lifespan and Healthspan: The Past, Present, Promise. *The Gerontologist*, 55(6), 901-911. <https://doi.org/10.1093/geront/gnv130>
- Domingo, C., De Vera, W., Pambid, R., & Austria, V. (2019). Playing with the Senses: Application of Box-Behnken Design to Optimize the Bukayo Formulation. *Food Research*, 3(6), 833-839. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).190](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).190)
- Islam, S. M. A., Ahmed, K. T., Manik, M. K., Wahid, M. A., & Kamal, C. S. I. (2013). A comparative study of the antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and thrombolytic potential of the fruits and leaves of *Spondias dulcis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(9), 682-691. [https://doi.org/10.1016/s2221-1691\(13\)60139-2](https://doi.org/10.1016/s2221-1691(13)60139-2)
- Morton, J. (1987). *Ambarella*. Retrieved January 23, 2021 from https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/ambarella_ars.html
- Seo, J., Lee, S., Elam, M., Johnson, S., Kang, J., & Arjmandi, B. (2014). Study to find the best extraction solvent for use with guava leaves (*Psidium guajava* L.) for high antioxidant efficacy. *Food Science & Nutrition*, 2(2), 174-180. <https://doi.org/10.1002/fsn3.91>
- Tummala, S., Kuppusamy, G., Kumar, M., Krishnamurthy, P., Yamjala, K., Tripuraneni, N., & Prakash, A. (2015). Formulation and optimization of oxaliplatin immuno-nanoparticles using Box-Behnken design and cytotoxicity assessment for synergistic and receptor-mediated targeting in the treatment of colorectal cancer. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44(8). <https://doi.org/10.3109/21691401.2015.1111226>
- Wong, B., Tan, C., & Ho, C. (2013). Effect of solid-to-solvent ratio on phenolic content and antioxidant capacities of “Dukung Anak” (*Phyllanthus niruri*). *International Food Research Journal*, 20(1), 325-330.
- Wu, L., Yick, K., Ng, Z., & Yip, J. (2011). Shape characterization for optimisation of bra cup moulding. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 4(3), 235-243. <https://doi.org/10.3993/jfbi09201103>
- Xu, D., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J., & Li, H. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: extraction, assessment, and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 96. <https://doi.org/10.3390/ijms18010096>

PENETAPAN HARGA JUAL DAN OPTIMASI KEUNTUNGAN PADA TOKO XYZ DENGAN *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*

[DETERMINING SELLING PRICE AND PROFIT OPTIMIZATION OF XYZ SHOP WITH *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*]

Reinetha Desnilea Candra¹, Petrus Widjaja², Lina Cahyadi^{3*}

¹PT. Haidilao Indonesia Restaurants, Gandaria 8 Office Tower unit 17J,

Jl Sultan Iskandar Muda No.8, North Kebayoran Lama District, South Jakarta

^{2,3}Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan,

Jl. Thamrin Boulevard 1100 Lippo Karawaci - Tangerang

*Korespondensi penulis: lina.cahyadi@uph.edu

ABSTRACT

The large amount of social media users in Indonesia opens online business opportunities for entrepreneurs. One of the online businesses that is currently a rise is the service of providing access to foreign goods. However, purchasing imported goods can trigger problems related to customs. Since June 2018, the XYZ shop has established a business of providing purchased products from Thailand. However, with the growth of XYZ Shop, the demand of buyers has rapidly increased. Efforts to find ways of avoiding customs are not a long-term solution. Therefore, determining the best selling price and profit optimization are a necessity. This paper discusses analytical methods of pricing and optimizing profit. The data used are sales, capital, product weight, process time and operational costs taken from the owner of XYZ shop. The data is used to determine selling price and formulate the model. The optimization method is done with branch-and-bound method and cutting-plane method. Then the results of each method is compared to the actual results with root mean square error. Based on the research conducted, it can be concluded that the model formed can describe the existing constraints and the results indicate that the branch-and-bound method is more effective than the cutting-plane method.

Keywords: *selling price; linear programming; optimization; simplex method; Big-M method; branch-and-bound method; cutting-plane method; RMSE*

ABSTRAK

Banyaknya jumlah pengguna media sosial di Indonesia membuka peluang bisnis *online* bagi para wirausaha. Salah satu bisnis *online* yang sedang marak adalah bisnis Jasa Titip. Namun, produk jasa titip khususnya dari luar negeri dapat memicu munculnya masalah terkait dengan bea cukai. Sejak Juni 2018, Toko XYZ mendirikan usaha jasa titip dari produk-produk Thailand. Namun, seiring dengan berkembangnya Toko XYZ, permintaan pembeli meningkat dengan pesat. Upaya untuk mencari cara agar terbebas dari bea cukai bukan solusi untuk jangka panjang. Oleh karena itu, penetapan harga jual dan optimasi keuntungan sangat diperlukan. Tulisan ini membahas penetapan harga jual dan metode untuk mengoptimasi keuntungan. Data yang digunakan adalah data penjualan, modal dan berat produk, waktu pemrosesan pesanan serta biaya operasional yang diperoleh langsung dari pemilik Toko XYZ. Dari data yang diperoleh, akan dilakukan penetapan harga jual dan formulasi model. Setelah itu, akan dilakukan optimasi dengan metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane*. Kemudian hasil dari kedua metode tersebut akan dibandingkan terhadap hasil aktual dengan mencari nilai *root mean square error*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model yang dibentuk dapat menggambarkan kendala-kendala yang ada dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode *branch-and-bound* lebih efektif dibandingkan dengan metode *cutting-plane*.

Kata Kunci: *harga jual; linear programming; optimasi, metode simpleks; metode M-Besar; metode branch-and-bound; metode cutting-plane; RMSE*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat, Indonesia dengan populasi terbanyak keempat di dunia menjadi pasar yang sangat potensial untuk dunia digital. Berdasarkan data dari *Hootsuite*, dari total 272,1 juta penduduk Indonesia, 160 juta di antaranya telah menggunakan media sosial. Banyaknya jumlah pengguna media sosial di Indonesia membuka peluang bisnis online bagi para wirausaha. Salah satu bisnis online yang sedang marak adalah bisnis jasa titip.

Namun, produk jastip khususnya dari luar negeri dapat memicu munculnya masalah terkait dengan bea cukai. Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 203/PMK.04/2017 tentang Ketentuan Ekspor dan Impor Barang yang Dibawa Oleh Penumpang dan Awak Sarana Pengangkut, tercantum pada Pasal 12 bahwa Batasan penumpang pribadi yang diperbolehkan paling banyak senilai 500 USD atau setara dengan Rp. 7.000.000,- dengan hitungan kurs 1 USD = Rp 14.000,- dan apabila ditemukan jumlah barang belanjaan penumpang di atas nilai batasan tersebut, maka penumpang akan terkena tarif bea masuk dan pajak dalam rangka impor.

Kenyataannya, total barang-barang yang dibeli melalui bisnis jasa titip ini cenderung memiliki harga di atas USD

500. Ketika harga di atas USD 500, penjual pasti mencari celah untuk terbebas dari biaya bea cukai. Sejak Juni 2018, Toko XYZ mendirikan usaha jasa titip. Awalnya, total penjualan dari Toko XYZ tidak melampaui batasan bea cukai. Namun, seiring dengan berkembangnya Toko XYZ, permintaan pembeli meningkat dengan pesat. Upaya untuk mencari cara agar terbebas dari bea cukai bukan solusi untuk jangka panjang. Maka dari itu, menimbang hal-hal mengenai tarif impor, biaya operasional, biaya tak terduga yang dapat terjadi, penetapan harga jual dan optimasi keuntungan dalam bisnis jasa titip ini sangatlah diperlukan. Penetapan harga jual akan dilakukan dengan metode penetapan harga jual berbasis biaya yaitu metode *cost-plus pricing* karena metode tersebut dapat diperhitungkan dengan pasti dibandingkan metode penetapan harga jual lainnya, sedangkan optimasi keuntungan akan dilakukan dengan pemrograman bilangan bulat.

Penelitian Analisis Perbandingan Harga Jual Produk Dengan Menggunakan Metode *Cost Plus Pricing* dan *Mark Up Pricing* Pada Dolphin Donuts Bakery bertujuan untuk menganalisis perbandingan harga jual produk pada Dolphin Donuts Bakery dengan dua metode yaitu: metode *Cost Plus Pricing* dan *Mark Up Pricing*. Pada penelitian tersebut, hasil perhitungan

dari kedua metode tersebut berbeda. Harga jual yang didapatkan dengan perhitungan menggunakan metode *Mark Up Pricing* jauh lebih murah dibandingkan dengan metode *Cost Plus Pricing* (Toar *et al.*, 2017).

Pada penelitian Pagiling *et al.* (2015) mengenai Optimalisasi Hasil Produksi Tahu Dan Tempe Menggunakan Metode *Branch and Bound*, peneliti ingin memperoleh hasil produksi pada Pabrik Tempe ERI yang optimal dengan menggunakan metode *branch-and-bound*. Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa penghasilan yang diperoleh setiap hari dengan perhitungan metode *branch-and-bound* tersebut lebih maksimal dibandingkan dengan sebelum menggunakan perhitungan metode tersebut.

Nico *et al.* (2014) melakukan penelitian mengenai Aplikasi Metode *Cutting Plane* Dalam Optimisasi Jumlah Produksi Tahunan Pada PT. XYZ, peneliti ingin mengoptimalkan jumlah produksi matras *spring bed* dengan beberapa kendala seperti: ketersediaan bahan baku yang dimiliki, jumlah permintaan, kapasitas mesin dan tenaga kerja pada setiap periodenya. Metode yang digunakan adalah metode *cutting-plane*. Dari hasil analisis, diasumsikan bahwa pembahasan masalah tersebut tidak mempertimbangkan faktor ketidakpastian.

BAHAN DAN METODE

Data

Menetapkan harga jual barang dan mengoptimasi keuntungan pada Toko XYZ merupakan tujuan dari penelitian ini. Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa data yang akan digunakan untuk menetapkan harga jual dan memodelkan masalah program linier. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi data modal produk, berat produk, waktu pemrosesan pesanan, jumlah penjualan dan biaya operasional. Data-data tersebut diperoleh secara langsung dari sumber pertama yaitu pemilik Toko XYZ.

Penetapan Harga Jual

Penetapan harga jual akan dilakukan dengan metode penetapan harga jual berbasis biaya yaitu metode *cost-plus pricing* karena metode tersebut dapat diperhitungkan dengan pasti dibandingkan metode penetapan harga jual lainnya. Sebelum menetapkan harga jual, akan dihitung total modal yang dikeluarkan dan ditentukan besar laba yang diinginkan.

Tabel 1. Besar laba masing-masing produk yang diinginkan

No.	Kategori Produk	Laba Produk (persen)	Harga Jual (rupiah)	Keuntungan Produk (rupiah)
1	Atasan	94	116.400	19.400
2	Bawahan	92	144.000	24.000
3	Setelan	91	191.000	32.250
4	Tas	84	174.800	29.250
5	Sepatu	104	102.000	17.000

Formulasi Model

Harga jual yang ditetapkan akan dimasukkan ke dalam model matematik program linier. Dari data yang diperoleh, akan dibuat variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala. Setelah itu, akan dilakukan formulasi model. Bentuk umum dari model yang akan digunakan untuk mengoptimasi keuntungan pada Toko XYZ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Maksimumkan } Z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{dengan kendala: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

Optimasi Keuntungan

Data dioptimasi dengan menggunakan metode M-Besar dan dilanjutkan dengan metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane*. Setelah dilakukan proses optimasi, akan didapat hasil dari kedua metode tersebut. Selanjutnya, hasil yang diperoleh tersebut akan dibandingkan untuk menunjukkan metode manakah yang lebih optimal.

Analisis

Setelah hasil dari metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane* diperoleh, hasil tersebut akan dibandingkan terhadap hasil aktual dengan *root mean square error* (RMSE). Rumus RMSE adalah sebagai berikut (Chai dan Draxler, 2014):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_1 - \hat{y}_1)^2}{n}} \quad (2)$$

Dengan keterangan

y_1 = Nilai actual

$\hat{y}_1$ = Nilai hasil prediksi

n = Jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan Harga Jual

Untuk menetapkan harga jual, perlu diketahui besar laba yang diinginkan dan dibutuhkan data modal dari produk. Besar laba yang diinginkan adalah sebesar 20%. Menimbang biaya pajak dan pengiriman, berikut ini adalah laba produk yang dihitung dari modal awal kotor, harga jual yang ditetapkan dan keuntungan yang dapat diperoleh dari masing-masing produk.

Formulasi Model

Untuk memformulasikan model, dibutuhkan variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala. Variabel keputusan dari model ini adalah x_1 (Atasan), x_2 (Bawahan), x_3 (Setelan), x_4 (Tas), dan x_5 (Sepatu). Fungsi tujuan didapatkan dari laba masing-masing produk setelah dilakukan penetapan harga jual, sedangkan fungsi kendala terdiri dari beberapa kendala yaitu: Toko XYZ harus menghasilkan keuntungan, batasan berat produk minimal, kendala keterbatasan

tenaga kerja dan kendala perkiraan permintaan produk. Model matematik yang akan digunakan untuk mengoptimasi keuntungan pada Toko XYZ adalah sebagai berikut:

Maksimumkan

$$Z = 19.400x_1 + 24.500x_2 + 32.250x_3 + 29.250x_4 + 17.000x_5$$

Dengan kendala

$$\begin{aligned} 19.400x_1 + 24.500x_2 + 32.250x_3 + 29.250x_4 + 17.000x_5 &\geq 70.776.000 \\ 0,2x_1 + 0,2x_2 + 0,25x_3 + 0,25x_4 + 0,2x_5 &\geq 100 \\ x_1 + x_2 + x_3 &\geq 4.437,6 \\ x_4 + x_5 &\leq 19,6 \\ 130x_1 + 130x_2 + 150x_3 + 130x_4 + 150x_5 &\leq 7.488.000 \\ x_1 &\geq 3.963 \\ x_2 &\geq 1.388 \\ x_3 &\geq 2.526 \\ x_4 &\geq 10 \\ x_5 &\geq 9 \\ x_3 &\leq 25.000 \end{aligned}$$

dengan keterangan :

Z : Keuntungan

x_1 : Atasan

x_2 : Bawahan

x_3 : Setelan

x_4 : Tas

x_5 : Sepatu

Optimasi Keuntungan

Setelah model dibentuk, akan dilakukan optimasi menggunakan metode M-Besar dan dilanjutkan dengan metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane*. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode M-Besar, didapat hasil:

$$Z = 1.490.456.857,6923$$

$$x_1 = 3.963$$

$$x_2 = 24.769,8615$$

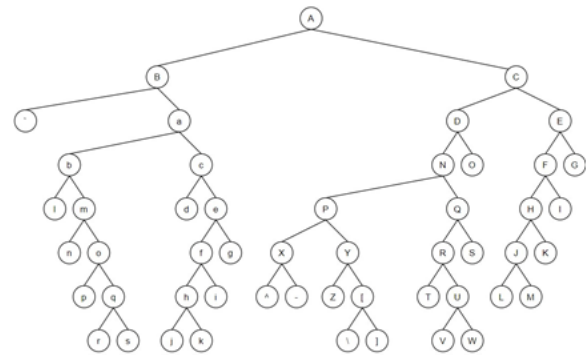
$$x_3 = 25.000$$

$$x_4 = 10,6$$

$$x_5 = 9$$

Dari hasil tersebut, akan dicari solusi integer dengan metode *branch-and-bound*.

Hasil dari metode *branch-and-bound* terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram dari metode *branch-and-bound*

Hasil optimal akhir yang diperoleh adalah:

$$Z = 1.490.442.700$$

$$x_1 = 3.963$$

$$x_2 = 24.770$$

$$x_3 = 25.000$$

$$x_4 = 10$$

$$x_5 = 9$$

Setelah solusi integer dari metode *branch-and-bound* didapat, akan dicari solusi integer dengan metode *cutting-plane*. Dari iterasi metode M-Besar yang terakhir, akan dibuat kendala *Gomory*. Kemudian iterasi dilanjutkan dengan metode *simpleks dual* hingga solusi integer tercapai. Jika solusi belum integer, maka tambahkan kendala *Gomory*. Namun setelah penambahan kendala *Gomory* keempat, penyelesaian dari metode *cutting-plane* tidak mempunyai solusi karena pada baris Z tidak mempunyai koefisien yang negatif, sehingga iterasi tidak bisa dilanjutkan.

Analisis

Optimasi dilakukan untuk mendapatkan keuntungan yang optimal dengan keterbatasan atau kendala yang ada. Berdasarkan hasil penyelesaian dengan metode *branch-and-bound*, didapatkan solusi optimal bahwa untuk memperoleh keuntungan sebesar $Z = \text{Rp}1.490.442.700,-$ dalam sebulan, maka jumlah atasan yang harus terjual sebanyak 3.963 buah, jumlah bawahan sebanyak 24.770 buah, jumlah setelan sebanyak 25.000 buah, jumlah tas sebanyak 10 buah dan jumlah sepatu sebanyak 9 pasang. Dengan permasalahan yang sama, metode *cutting-plane* tidak mempunyai solusi. Karena itu, metode *branch-and-bound* lebih efektif daripada metode *cutting-plane*.

Hasil yang diperoleh dari metode *branch-and-bound* dibandingkan terhadap hasil aktual dengan mencari nilai *root mean square error* (RMSE). Diperoleh nilai RMSE sebesar $\text{Rp}413.154.427,-$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil optimasi menghasilkan keuntungan yang lebih besar daripada jumlah penjualan aktual. Untuk memperoleh keuntungan sebesar $Z = \text{Rp}1.490.442.700,-$, maka jumlah produk yang harus terjual adalah sebanyak hasil optimasi. Perhitungan hasil optimasi sudah benar, namun jumlah produk bawahan dan setelan yang harus

terjual lebih banyak dibandingkan produk lainnya. Hal itu dikarenakan hanya kendala kuantitatif yang dapat diperhitungkan dalam Pemrograman Linier. Kendala peminat dan kendala kualitatif lainnya tidak dapat diperhitungkan, sebab salah satu asumsi dalam Pemrograman Linier adalah deterministik, yaitu semua parameter dalam model dapat diperkirakan dengan pasti walau jarang digunakan dengan tepat (Hilier dan Lieberman, 2000).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan penetapan harga jual, diperoleh laba masing-masing produk yang kemudian dimasukkan ke dalam model sebagai fungsi tujuan. Dilakukan formulasi model dengan fungsi tujuan dan kendala-kendala yang ada, kemudian dilakukan uji optimasi dengan metode M-Besar dan dilanjutkan dengan metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane*. Hasil dari metode *branch-and-bound* adalah jumlah atasan yang harus terjual sebanyak 3.963 buah, jumlah bawahan sebanyak 24.770 buah, jumlah setelan sebanyak 25.000 buah, jumlah tas sebanyak 10 buah dan jumlah sepatu sebanyak 9 pasang, sehingga keuntungan optimal yang dapat diperoleh dalam sebulan adalah

Z=Rp1.490.442.700,-, sedangkan dengan metode *cutting-plane*, model tidak memiliki solusi.

2. Didapatkan data jumlah penjualan setiap produk Toko XYZ dari bulan April 2019 sampai bulan Februari 2020 dan hasil optimasi dari metode *branch-and-bound*. Untuk membandingkan hasil optimasi dan hasil aktual, analisis dilakukan dengan mencari nilai RMSE. Diperoleh hasil RMSE sebesar Rp413.154.427,-. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil optimasi menghasilkan laba yang lebih besar daripada hasil aktual, sedangkan untuk metode *cutting-plane* tidak dapat dicari nilai RMSE karena hasil optimasi dari metode *cutting-plane* tidak memiliki solusi.

SARAN

Untuk mencapai keuntungan sebesar Rp1.490.442.700,-, jumlah baju atasan yang harus terjual sebanyak 3.963 buah, jumlah baju bawahan sebanyak 24.770 buah, jumlah baju setelan sebanyak 25.000 buah, jumlah tas sebanyak 10 buah dan jumlah sepatu sebanyak 9 pasang. Jumlah produk bawahan dan setelan yaitu 24.770 buah dan 25.000 buah, ini kurang masuk akal karena dibandingkan dengan produk lainnya, jumlah produk yang harus terjual tersebut lebih banyak. Hal itu dikarenakan kendala yang dapat dicantumkan dalam formulasi model hanya

kendala kuantitatif, sebab salah satu asumsi dalam Pemrograman Linier adalah deterministik. Hasil optimasi akan lebih baik bila kendala kualitatif dapat dicantumkan. Untuk itu, dapat dikembangkan suatu model non-linier atau model yang memiliki kendala bahwa selisih setiap produk harus lebih sedikit. Apabila data yang diperoleh sangat banyak, dapat dilakukan peramalan. Dalam skripsi ini, metode yang digunakan untuk mencari solusi bilangan bulat adalah metode *branch-and-bound* dan metode *cutting-plane*. Hasil optimasi menunjukkan bahwa metode *branch-and-bound* lebih efektif dibandingkan dengan metode *cutting-plane* karena metode *branch-and-bound* memiliki solusi bilangan bulat sedangkan metode *cutting plane* tidak memiliki solusi. Maka dari itu, untuk mencari nilai bilangan bulat dengan pemrograman bilangan bulat disarankan menggunakan metode *branch-and-bound*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chai, T., & Draxler, R.R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Hillier, F.S., & Lieberman, G.J. (2000). *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill.

- Nico, Iryanto, & Tarigan, G. (2014). Aplikasi metode *cutting plane* dalam optimisasi jumlah produksi tahunan pada PT. XYZ. *Saintia Matematika*, 2(2), 127-136.
- Pagiling, R.K.Dg., Sahari, A., & Rais. (2015). Optimalisasi hasil produksi tahu dan tempe menggunakan metode branch and bound. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 12(1), 53-63.
- Toar, O., Karamoy, H., dan Wokas, H. (2017). Analisis perbandingan harga jual produk dengan menggunakan metode *cost plus pricing* dan *markup pricing* pada Dolphin Donuts Bakery. *Jurnal EMBA*, 5(2), 2040-2050.
<https://doi.org/10.35794/emba.5.2.2017.16488>

**KUANTIFIKASI PARAMETER LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR
DI JALAN JENDERAL SUDIRMAN JAKARTA PUSAT**
**[QUANTIFICATION OF THE PARAMETERS FOR MOTORIZED VEHICLE
TRAFFIC AT JALAN JENDERAL SUDIRMAN CENTRAL JAKARTA]**

Sunie Rahardja^{1*}, Chrisviandi Wennardy²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: sunie.rahardja@uph.edu

ABSTRACT

Jakarta, as the capital of Indonesia, has continuing congestion problem that requires mitigation. Central Jakarta has a high traffic volume due to the high level of activity and mobility of people and goods. Not only the time lost in long travel duration, congestion also adds to the stress level and burden of air pollution from motor vehicle emissions. Therefore, many traffic policies are implemented by the government to reduce congestion in Jakarta. However, opinion in traffic problems is often presented only qualitatively and/or based on limited time range due to inadequate tools and/or labor. Jalan Jenderal Sudirman is one of the 11 roads listed as congestion point in Central Jakarta. This paper quantifies the parameters that characterize traffic on Jalan Sudirman, Central Jakarta. Observation and data collection is conducted for one day, from 6.00 to 22.00 local time, for each direction, with the restriction of odd-even system is in effect at Jalan Jenderal Sudirman from 6.00-10.00 and 16.00-20.00. The results of observations and calculations of traffic conditions on Jalan Jenderal Sudirman, Central Jakarta show that the road can accommodate at least 6345 passenger car unit (pcu) /hour. The highest volume is 6643 pcu/hour at 7.30-8.30 for the North direction. where this volume exceeded the capacity of the road. The highest volume of is 5244 pcu/hour for the South direction at 16.30-17.30. In general, the speed on Jalan Jenderal Sudirman is higher than the specified minimum speed for secondary arterial road. Based on calculations from volume and velocity data, the highest density occurs in the afternoon with a value of 241 pcu/km for the South direction. As for the degree of saturation, the road volume approaches 80% of the road capacity at 7.30-10.30 and 16.00-18.00 for the South direction, while for the North direction, this occurs at 6.30-9.00.

Keywords: capacity; degree of saturation; density; speed; volume

ABSTRAK

Kemacetan di Jakarta sebagai Ibukota Negara Indonesia merupakan permasalahan yang terus membutuhkan solusi. Jakarta Pusat sebagai kota yang memiliki tingkat aktivitas serta mobilitas orang dan barang yang tinggi berkontribusi dalam tingginya jumlah arus lalu lintas. Selain dari waktu yang terbuang untuk waktu perjalanan yang panjang, juga menambah beban tekanan mental dan polusi udara dari emisi kendaraan bermotor. Oleh karena itu, banyak kebijakan pengaturan lalu lintas diterapkan oleh pemerintah untuk mengurangi kemacetan di Jakarta. Akan tetapi, pendapat tentang kemacetan sering disampaikan secara kualitatif ataupun dari data di sedikit jam-jam tertentu karena keterbatasan alat dan sumber daya manusia. Data lalu lintas sepanjang hari akan dapat memberikan gambaran fluktuasi jumlah kendaraan dan aktifitas manusia di jalan yang diamati. Jalan Jenderal Sudirman adalah salah satu dari 11 titik rawan kemacetan di Jakarta Pusat. Penulisan ini mengkuantifikasi parameter yang mengkarakterisasi lalu lintas di Jalan Sudirman, Jakarta Pusat. Pengamatan dan pendataan lalu lintas dibantu dengan alat Metrocount dari pukul 6.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB dimana

saat pukul 6.00-10.00 WIB dan pukul 16.00-20.00 WIB berlaku Penerapan Pembatasan Lalu Lintas dengan Sistem Ganjil-Genap di Jalan Jenderal Sudirman. Hasil pengamatan dan perhitungan keadaan lalu lintas pada Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta Pusat menunjukkan jalan dapat menampung paling tidak sebanyak 6345 ekr/jam. Volume tertinggi sebesar 6643 ekr/jam pada jam 7.30-8.30 untuk arah Utara, dimana jumlah kendaraan melebihi kapasitas. Volume kendaraan pada sore hari volume tertinggi sebesar 5244 ekr/jam untuk arah Selatan pada pukul 16.30-17.30. Pada umumnya, kecepatan kendaraan pada Jalan Jenderal Sudirman lebih tinggi dari kecepatan minimum untuk jalan arteri sekunder. Berdasarkan perhitungan dari data volume dan kecepatan, maka kepadatan tertinggi sebesar 241 ekr/km ada pada sore hari di arah Selatan. Sedangkan untuk derajat kejenuhan, volume jalan mendekati 80% kapasitas jalan pada pukul 7.30-10.30 dan 16.00-18.00 untuk arah Selatan, sedangkan untuk arah Utara, hal ini terjadi pada pukul 6.30-9.00.

Kata kunci: *derajat kejenuhan; kapasitas; kecepatan; kepadatan; volume*

PENDAHULUAN

Jakarta Pusat sebagai kota yang memiliki tingkat aktivitas serta mobilitas orang dan barang yang tinggi berkontribusi dalam tingginya jumlah arus lalu lintas. Akan tetapi, pendapat tentang tingginya jumlah lalu lintas sering disampaikan secara kualitatif dari pengalaman yang dialami pengguna jalan ataupun dari data yang kurang menyeluruh atau data yang diambil hanya di sedikit jam-jam tertentu karena keterbatasan alat dan sumber daya manusia. Sesungguhnya, data lalu lintas sepanjang hari akan dapat memberikan gambaran yang lebih utuh tentang fluktuasi jumlah kendaraan dan aktifitas manusia di jalan yang diamati. Juga dapat memberikan dasar yang konkret untuk penerapan kebijakan pengaturan lalu lintas yang lebih tepat sasaran.

Ada beberapa jalan di Jakarta Pusat yang dapat diamati untuk keadaan padatnya lalu lintas. Dikutip dari Antara (2018)

Dinas Perhubungan mencatat bahwa terdapat 11 titik rawan kemacetan di Jakarta Pusat dan ” Di posisi ketiga Kecamatan Tanah Abang dengan jumlah sembilan titik, di antaranya Jalan Asia Afrika, Jati Baru, Jenderal Sudirman, Kebon Sirih, Mas Mansyur, Pejompongan, Penjernihan 1, Pintu 1 Senayan, dan Tentara Pelajar.” Pemerintah Daerah berusaha mengurangi jumlah lalu lintas yang melintasi daerah rawan kemacetan dengan menetapkan kebijakan pengaturan lalu lintas. Pengaturan jumlah okupansi kendaraan pribadi diterapkan melalui Keputusan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta, No. 4104/2003 tertanggal 23 Desember 2003 Tentang Penetapan Kawasan Pengendalian Lalu Lintas dan Kewajiban Mengangkut Paling Sedikit 3 Orang Penumpang Perkendaraan Pada Ruas-ruas Jalan Tertentu di Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Akan tetapi peraturan ini tidak efektif dalam mengurangi jumlah

kendaraan dan bahkan menimbulkan masalah baru, seperti diambil dari Mochtar & Hino (2006) *“To reduce traffic jams, some major roads in Jakarta have a 'three in one' rule system during rush hours, first introduced in 1992, prohibiting vehicles carrying less than three passengers on certain roads. In 2005, this rule covers the areas of Sudirman and Gatot Subroto. On the other hand, the implementation of this rule has provided new income for some people, who are paid to join a vehicle and boost its number of passengers to the obligatory three. In sum, the implementation of three-in-one has not been as effective as expected”*.

Namun masalah kemacetan lalu lintas tetap harus dihadapi dan untuk menggantikan kebijakan sebelumnya, diberlakukanlah Peraturan Gubernur Nomor 155 Tahun 2018 tentang penerapan Pembatasan Lalu Lintas dengan Sistem Ganjil-Genap (GaGe) yang mengatur *“Setiap pengendara kendaraan bermotor beroda 4 (empat) atau lebih dengan nomor plat ganjil dilarang melintasi ruas jalan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ayat (1) pada tanggal genap”*. Sistem GaGe ini berlaku dari hari Senin sampai dengan Jumat pukul 06.00 - 10.00 WIB dan pukul 16.00 - 20.00 WIB.

Jalan Jenderal Sudirman sebagai salah satu titik rawan kemacetan di Jakarta

Pusat termasuk dalam wilayah yang diatur dengan Sistem Gage. Penulisan ini bertujuan untuk mendapatkan kuantifikasi parameter lalu lintas kendaraan bermotor di jalan Jenderal Sudirman, Jakarta Pusat dari pukul 6.00 WIB hingga 22.00 WIB di hari Senin dan Jumat dan mengidentifikasi waktu saat terjadi kemacetan tertinggi.

BAHAN DAN METODE

Alat

Pengambilan data menggunakan Metrocount RoadPod VT 5900 sebagai alat penghitung jumlah lalu lintas dan kecepatan kendaraan (Gambar 1).



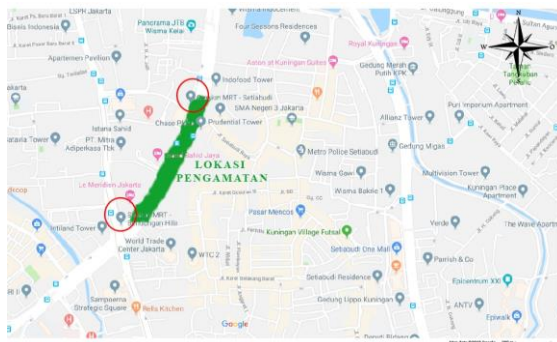
Gambar 1. MetroCount® RoadPodVT 5900

Dikutip dari Traffic Infratech Magazine (2018) *“The RoadPod VT a portable Automatic Traffic Counter / Classifier (ATCC) enabling comprehensive data collection from multi-lane highways, providing individual datasets from each lane”*. Alat ini dapat dipasang untuk mengumpulkan data dari masing-masing arah yang diamati untuk sepanjang waktu

yang dibutuhkan dengan menggunakan jumlah sumber daya manusia yang cukup minimum dan juga mengurangi kemungkinan kesalahan pengamatan atau pencatatan data oleh manusia.

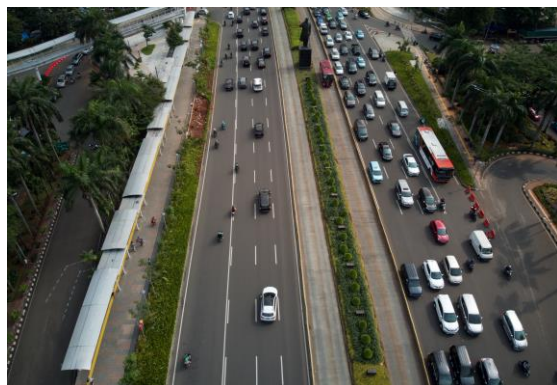
Metode Penelitian

Lokasi jalan yang diamati adalah jalan Jenderal Sudirman Jakarta Pusat, dimulai dari Stasiun Moda Raya Terpadu (MRT) Bundungan Hilir hingga Stasiun MT Setiabudi dengan total panjang jalan $\pm$ 770 meter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Data

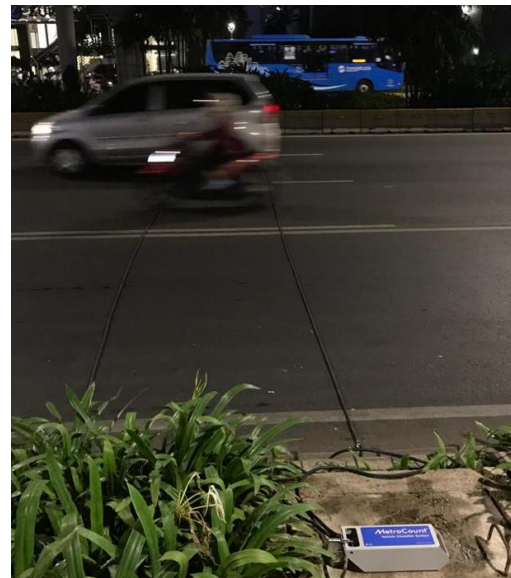
Tampak atas ruas jalan yang diamati dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampak Atas Ruas Jalan

Untuk mendukung perekaman data, digunakan dua tabung karet yang dipasang melintang di jalan dan berjarak satu meter.

Satu sisi ujung tabung ditutup dan satu sisi ujung tabung lainnya disambungkan ke MetroCount RoadPodVT 5900. Ketika roda kendaraan melewati dan menekan tabung tersebut, data kendaraan dan waktu yang diperlukan oleh kendaraan dari tabung pertama hingga melewati tabung kedua tersebut terekam dalam alat.



Gambar 4. Alat di Ruas Jalan di Malam Hari



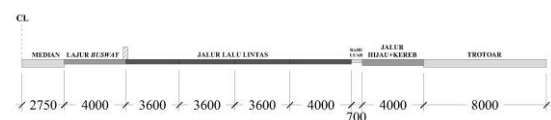
Gambar 5. Alat di Ruas Jalan di Siang Hari

Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, perhitungan parameter kapasitas, dan derajat kejenuhan yang dapat dikorelasikan dengan *Level of*

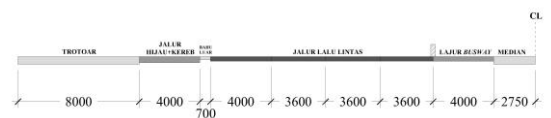
Service (LOS). Fricker and Whitford (2004) menyatakan “*three key traffic stream paramete... flow rate (volume), speed, and density ... measuring three different characteristics of the same traffic stream*”. Karena itu, analisa lalu lintas yang dilakukan berupa pengambilan data dan perhitungan parameter volume, kecepatan, dan kepadatan untuk mengukur karakteristik lalu lintas pada Jalan Jenderal Sudirman yang lalu dibandingkan atau dikorelasikan dengan kapasitas dan derajat kejenuhan dalam mengidentifikasi tingkat kemacetan jalan tersebut. Karena sulitnya mendapat ijin dan pelaksanaan pemasangan alat ukur Metrocount, maka pengamatan lalu lintas dilaksanakan untuk satu hari di masing-masing arah. Pengambilan data dilaksanakan dari pukul 6.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB untuk arah Selatan pada hari Senin, 29 Juli 2019 dan untuk arah Utara pada hari Jumat, 2 Agustus 2019 dimana pada rentang waktu pukul 6.00-10.00 WIB dan pukul 16.00-20.00 WIB berlakunya penerapan Sistem GaGe di kedua arahanya.

Indonesian Highway Capacity Manual NO. 09/T/BNKT/ 1993 mendefinisikan kapasitas sebagai “*Maximum stable output flow at which vehicles can be reasonably expected to traverse a uniform segment of roadway during a specified time period at given*

geometry, traffic flow pattern and composition”. Kapasitas jalan ditampilkan dalam satuan kendaraan per waktu. Kapasitas jalan perkotaan dipengaruhi oleh geometri jalan dan aktifitas atau keberadaan hambatan samping yang ada di sepanjang jalan yang diamati. Geometri Jalan Jenderal Sudirman dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 yang mencakup jalur untuk lalu lintas kendaraan pada umumnya dan jalur yang dikhususkan sebagai koridor atau rute bus Transjakarta.



Gambar 6. Geometri Jalan Arah Selatan (mm)



Gambar 7. Geometri Jalan Arah Utara (mm)

Volume atau arus lalu lintas yang sering juga disebut dengan *flow* didefinisikan sebagai “jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}) atau LHRT (Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan)” dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Kendaraan yang dimaksud dapat terdiri dari berbagai tipe kendaraan dan untuk perhitungan, dibagi dalam tiga kategori; kendaraan ringan (KR), kendaraan berat (KB), dan Sepeda

Motor (SM). Berbagai tipe kendaraan yang melewati lokasi segmen jalan tersebut di konversikan menjadi kendaraan ringan (ekr) dan dihitung dalam satuan kendaraan per waktu.

Tabel 1. Konversi Kendaraan Ringan Untuk Jalan Terbagi Dan Satu Arah

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas Per Lajur (kend/jam)	ekr	
		KB	SM
Terbagi	< 1050	1,3	0,40
	> 1050	1,2	0,25

Sumber: PKJI 2014

Kecepatan lalu lintas didefinisikan oleh Mannering *et al.* (2009) sebagai “...the arithmetic mean of the vehicle speeds observed at some designated point along the roadway”. Kecepatan per kendaraan dihitung dengan membagi suatu jarak tertentu dengan waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut dan ditampilkan dalam satuan jarak per waktu.

Kepadatan lalu lintas adalah parameter yang memberikan gambaran kualitas lalu lintas berdasarkan seberapa banyak kendaraan yang berada pada ruas jalan, yang secara tidak langsung memberikan gambaran seberapa dekat jarak antara satu kendaraan dengan yang lainnya. Bisnis News (2021) memuat definisi jarak aman antar kendaraan yang diberikan oleh Jasa Marga, “... jarak aman merupakan jarak yang disarankan, fungsi jarak aman ini adalah untuk memberikan ruang yang aman jika terjadi pengereman

saat di jalan, khususnya saat kondisi jalan basah dan licin.” Jasamarga (2018) menyarankan “... jaga jarak aman yang benar dengan teori yang benar ... Yaitu: Bila kecepatan mobil 30 km/ jam jarak minimal 15 meter...”. Karena lalu lintas selalu bergerak, maka kepadatan tidak diukur langsung dari pengambilan data lapangan, tetapi dengan hasil dari pembagian volume dan kecepatan dan ditampilkan dalam satuan kendaraan per jarak.

Derajat kejenuhan adalah perbandingan besar volume lalu lintas yang terjadi dengan kapasitas di ruas jalan tersebut. Derajat kejenuhan memberikan penilaian secara kuantitatif untuk mendapatkan gambaran kinerja jalan. Dimana derajat kejenuhan mendekati 1 mendekati kemampuan kapasitas jalan. LOS atau yang dikenal juga dengan tingkat layanan adalah pengukuran kinerja kondisi operasional lalu lintas dengan korelasi besar arus lalu lintas, kecepatan, dan kepadatan. Menurut Jakarta Open Data dalam Daftar-Jalan-Arteri-Sekunder-Di-DKI-Tahun-2014, Jalan Jenderal Sudirman termasuk dalam kategori jalan arteri sekunder, oleh karena itu jalan ini dirancang untuk memiliki LOS minimum C atau memiliki kriteria volume yang stabil dengan kecepatan rata-rata diatas 30 km/jam dan dengan derajat kejenuhan lebih

kecil dari 0,8 atau 80% dari total yang dapat ditampung oleh jalan tersebut.

Pembahasan dalam penulisan ini mengukur volume, kecepatan, dan derajat kejenuhan lalu lintas Jalan Jenderal Sudirman. Masing-masing parameter ini dibandingkan dengan keadaan ideal atau perencanaan jalan untuk menyimpulkan kinerja lalu lintas yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas

Kapasitas ruas jalan yang dihitung dalam adalah jalur untuk lalu lintas kendaraan pada umumnya dan tidak termasuk jalur khusus untuk bus Transjakarta. Jalan yang diamati memiliki lebar lajur sekitar 3,6 m dengan jumlah total empat lajur. Daerah sekitar ruas jalan Jenderal Sudirman merupakan daerah komersial yang memiliki aktivitas sisi jalan yang tinggi. Gedung-gedung perkantoran di sisi jalan memiliki akses masuk dan keluar kendaraan. Sisi jalan dilengkapi dengan kereb dan trotoar untuk ruang penghijauan, tempat perhentian kendaraan umum, tempat penyeberangan, dan aktifitas manusia lainnya dengan lebar trotoar lebih dari 2 m (Gambar 8). Kapasitas teoritis ruas Jalan Jenderal Sudirman sesuai dengan cara perhitungan dalam PKJI 2014 adalah sebesar 6345 ekr/jam untuk arah Selatan dan sebesar 6471 ekr/jam untuk arah Utara.

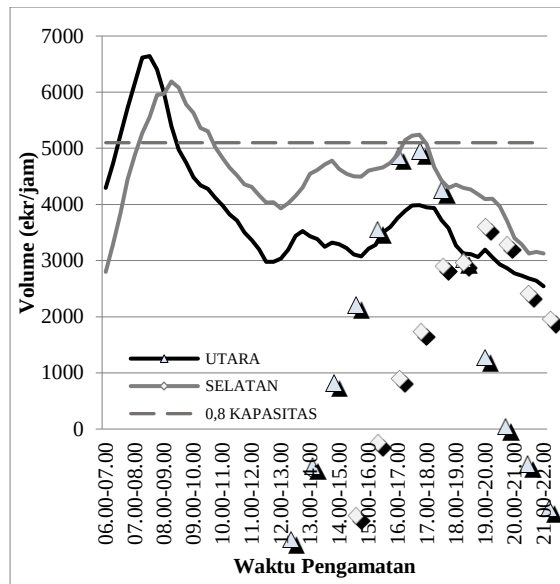


Gambar 8. Keadaan Sisi Jalan

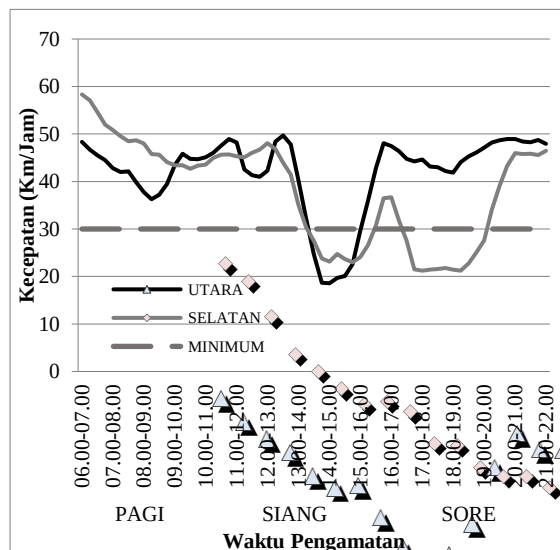
Volume

Apabila dikaji hanya dari volume, maka klasifikasi LOS minimum C menyarankan jumlah volume lalu lintas berada kurang dari 80% kapasitas jalan atau paling banyak sekitar 5100 ekr/jam (Gambar 9).

Perhitungan volume lalu lintas menunjukkan fluktuasi jumlah kendaraan yang menggunakan Jalan Jenderal Sudirman dengan jumlah kendaraan terbanyak di pagi hari untuk kedua arahnya. Volume puncak pada arah Utara terjadi pada pukul 07.30-08.30 yang mencapai 6643 ekr/jam, sedangkan arah Selatan terjadi pada pukul 08.15-09.15 sebesar 6191 ekr/jam. Pada saat siang terjadi penurunan arus lalu lintas untuk masing-masing arah. Arus lalu lintas kembali meningkat di antara pukul 16.00 hingga 18.30 WIB dengan jumlah arus tertinggi untuk arah Selatan sebesar 5244 ekr/jam dan sebesar 3988 ekr/jam untuk arah Utara (Gambar 10).



Gambar 9. Volume Kendaraan



Gambar 10. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan

Data kecepatan kendaraan didapatkan dari data yang dikumpulkan dengan Metrocount. Data kecepatan diukur dari waktu yang dibutuhkan suatu kendaraan untuk melewati suatu jarak tertentu. Jarak yang diperhitungkan telah ditetapkan melalui tabung yang tersambung dengan alat Metrocount dan waktu yang terekam dalam alat. Secara teoritis,

kecepatan rata-rata minimum kendaraan sebaiknya lebih besar dari 30 km/jam. Gambaran fluktuasi kecepatan yang terjadi adalah sebagai berikut:

Dari data yang didapatkan, pada umumnya kecepatan rata-rata kendaraan melebihi kecepatan minimum kecuali pada pukul 13.30-15.30 untuk arah Utara dan Selatan, serta pada pukul 16.30-20.00 untuk arah Selatan. Tabel 2 merangkum data kecepatan rata-rata dalam rentang waktu pagi, siang, dan sore hari.

Tabel 2. Kecepatan Rata-rata

Arah	Hari Tanggal	Rentang Waktu	Kecepatan Rata-rata (km/jam)
Selatan	Senin 29 Juli 2019	6-10	48,50
		10-16	36,36
		16-22	31,79
Utara	Jumat 2 Agustus 2019	6-10	42,58
		10-16	37,58
		16-22	46,10

Sedangkan untuk kecepatan maksimum dan minimum pada masing-masing arah dapat dilihat pada Tabel 3.

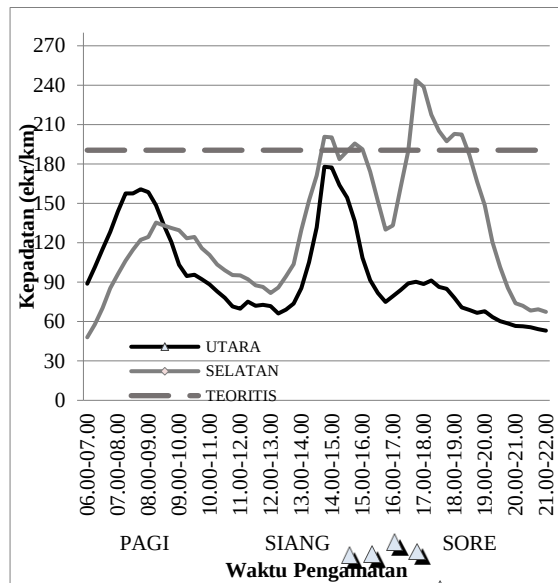
Tabel 3. Kecepatan Maksimum dan Minimum

Arah	Kecepatan (km/jam)	Rentang Waktu	Catatan
Selatan	58,3	6.00-7.00	Mak
	21,3	17.00-18.00	Min
Utara	49,7	12.30-13.30	Mak
	18,6	14.00-15.00	Min

Kepadatan

Kepadatan untuk Jalan Jenderal Sudirman untuk total empat lajur per arah, diperhitungkan dari volume dan kecepatan

lalu lintas. Fluktuasi kepadatan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kepadatan Jalan

Secara teoritis, kepadatan kendaraan berhubungan dengan jarak aman antar kendaraan dengan kecepatan operasional. Untuk Jalan Jenderal Sudirman dengan kecepatan minimum 30 km/jam dan jarak aman 15 meter, maka kepadatan teoritis untuk empat lajur adalah dikisaran 190 ekr/km. Kepadatan kendaraan maksimum dan minimum diringkas dalam Tabel 4.

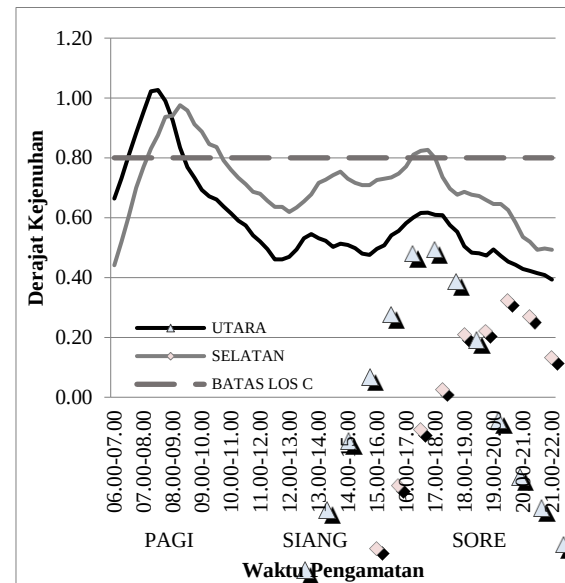
Tabel 4. Kepadatan Maksimum dan Minimum

Arah	Kepadatan (ekr/km)	Rentang Waktu	Catatan
Selatan	241	17.00-18.00	Mak.
	48	6.00-7.00	Min.
Utara	177	14.00-15.00	Mak.
	53	21.0-22.00	Min.

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan memberikan perbandingan antara volume lalu lintas dan

kapasitas jalan dengan fluktuasi yang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan tertinggi untuk arah Selatan sebesar 0,98 terjadi di pukul 8.15-9.15 dan untuk arah Utara dengan derajat kejenuhan mencapai 1 terjadi di pukul 7.30-8.30. Derajat kejenuhan terendah untuk arah Selatan dan Utara terjadi di pukul 21.00-22.00 WIB dengan derajat kejenuhan masing-masing sebesar 0,49 dan 0,39.

KESIMPULAN

Hasil pengamatan dan perhitungan keadaan lalu lintas pada Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta Pusat menunjukkan bahwa dengan jumlah empat lajur untuk arah Selatan dan Utara, jalan tersebut dapat menampung paling tidak sebanyak 6345 ekr/jam. Volume kendaraan yang menggunakan Jalan Jenderal Sudirman memiliki fluktuasi dengan volume tertinggi sebesar 6643 ekr/jam pada jam 7.30-8.30

untuk arah Utara. Karena volume ini melebihi kapasitas jalan, maka dapat disimpulkan terjadi kemacetan lalu lintas karena jumlah pengguna jalan melebihi jumlah yang dapat ditampung oleh jalan. Volume kendaraan menurun setelah pukul 8.30 dan kembali meningkat dengan volume tertinggi sebesar 5244 ekr/jam untuk arah Selatan pada pukul 16.30-17.30. Pada jam ini, volume masih dibawah kapasitas jalan, tapi sudah melewati rekomendasi PKJI 2014 tentang 80% dari kapasitas, hingga dapat disimpulkan keadaan lalu lintas mulai tersendat. Karena jumlah volume cukup tinggi pada saat diberlakukannya Sistem GaGe, pengambilan data kali ini belum dapat mengambil kesimpulan apakah Sistem GaGe berhasil mengurangi kemacetan. Pada umumnya, kecepatan kendaraan pada Jalan Jenderal Sudirman lebih tinggi dari kecepatan minimum untuk jalan arteri sekunder. Pada arah Selatan, kecepatan mendekati 30 km/jam terjadi di antara pukul 13.30 hingga 20.00. Pada arah Utara, kecepatan mendekati 30 km/jam terjadi di antara pukul 13.30-16.00. Dapat disimpulkan pada jam ini terjadi perlambatan laju kendaraan tetapi belum tentu berkorelasi dengan kemacetan karena volume kendaraan di jam tersebut tidak mendekati kapasitas. Perlambatan kendaraan ini dapat disebabkan oleh

banyaknya kendaraan yang melambat untuk masuk ke dalam gedung ataupun transportasi umum yang menaik dan/atau menurunkan penumpang. Berdasarkan perhitungan dari data volume dan kecepatan, maka kepadatan tertinggi sebesar 241 ekr/km ada pada sore hari di arah Selatan. Sedangkan untuk derajat kejenuhan, volume jalan mendekati 80% kapasitas jalan pada pukul 7.30-10.30 dan 16.00-18.00 untuk arah Selatan, pada arah Utara, hal ini terjadi pada pukul 6.30-9.00.

SARAN

Berdasarkan pembahasan ini, maka saran yang dapat diberikan adalah menambah jumlah data untuk dapat lebih merepresentasikan keadaan lalu lintas baik pada hari kerja lainnya ataupun pada hari Sabtu dan Minggu. Diperlukan waktu dan proses administrasi yang cukup panjang untuk pengurusan ijin pemasangan alat. Data historis lalu lintas juga dapat memperdalam penelitian karena dapat digunakan untuk membandingkan efek dari penerapan pemberlakuan kebijakan lalu lintas yang berbeda. Kerja sama dengan Dinas Perhubungan dan Pemerintah Daerah dapat mendukung pengambilan data dan pengolahan data historis yang lebih lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada

Universitas Pelita Harapan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, dan Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Sains dan Teknologi yang telah mendukung berjalannya penelitian dengan memberikan dana dan kesempatan, serta memfasilitasi dengan skema penelitian/tugas akhir dengan kontrak nomor P-071-FaST/III/2019.

DAFTAR PUSTAKA

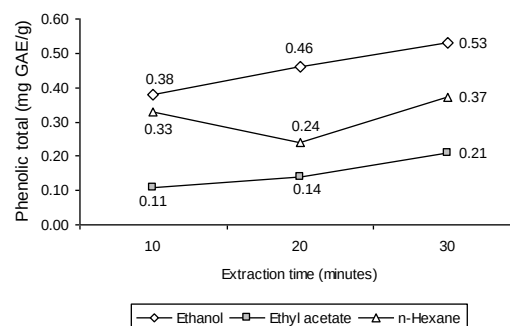
- Antara. (2018). *Dishub Target Tuntaskan Kemacetan Lalu Lintas di Jakarta Pusat*. Retrieved November 24, 2018 from <https://www.inews.id/news/megapolitan/2019-dishub-target-tuntaskan-kemacetan-lalu-lintas-di-jakarta-pusat>
- Bisnis News. (2021). *Jaga Jarak Aman Antar Kendaraan di Jalan Tol, Ini Rekomendasi Jasa Marga Kendaraan*. Retrieved April 6, 2022 from [https://bisnisnews.id/detail/berita/jaga-jarak-aman-antar-kendaraan-di-jalan-tol-ini-rekomendasi-jasa-marga#:~:text=Sesuai%20aturan%20Kementerian%20Perhubungan%20\(Kemenhub,meter%2C%20dan%20ideanya%2070%20meter](https://bisnisnews.id/detail/berita/jaga-jarak-aman-antar-kendaraan-di-jalan-tol-ini-rekomendasi-jasa-marga#:~:text=Sesuai%20aturan%20Kementerian%20Perhubungan%20(Kemenhub,meter%2C%20dan%20ideanya%2070%20meter)
- Daftar Jalan Arteri Sekunder di DKI Tahun 2014. (2015). Retrieved January 14, 2019 from <https://data.jakarta.go.id/dataset/daftar-jalan-arteri-primer-di-dki-jakarta/resource/3d6f2fe6-e895-4d1d-a84f-66388ad978aa>
- Direktorat Jendral Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Fricker, J. D., & Whitford, R. K. (2004). *Fundamentals of Transportation Engineering; A Multimodal Approach*. Pearson Prentice Hall.
- Indonesian Highway Capacity Manual NO. 09/T/BNKT/ 1993 Directorate General of Highways Ministry of Public Works.
- Jasa Marga Tollroad Operator. (2018). *Jaga Jarak Aman Kendaraan*. Retrieved April 6, 2022 from <https://www.jmto.co.id/berita/1757/jaga-jarak-aman-kendaraan>
- Mannering, F. L., & Washburn, S. S. (2012). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis* Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Mochtar, M.Z., & Hino, Y. (2006). Principal Issues to Improve the Urban Transport Problems in Jakarta. *Memoirs of the Faculty of Engineering*, Osaka City University 47, 31-38. <https://core.ac.uk/download/pdf/35261927.pdf>
- Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 155 Tahun 2018 Tentang Pembatasan Lalu Lintas Dengan Sistem Ganjil-Genap*. Sekretaris Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- Traffic Infratech Magazine. (2020). *MetroCount Overcoming Road Challenges in India*. Retrieved April 5, 2022 from <https://www.trafficinfratech.com/metrocount-overcoming-road-challenges-in-india/>

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

FaST- Jurnal Sains dan Teknologi

Jurnal Sains dan Teknologi merupakan salah satu wadah publikasi ilmiah untuk berbagai bidang ilmu dan teknologi. Pedoman penulisan ini dibuat untuk keseragaman format penulisan dan kemudahan penulis dalam proses penerbitan naskah di jurnal ini.

1. Naskah / artikel yang dimuat adalah artikel asli dari hasil penelitian, ulasan ilmiah (Review), atau komunikasi singkat yang belum pernah diterbitkan dalam media masa lainnya. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar / lokakarya agar diberi keterangan yang lengkap.
2. Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia, diketik menggunakan program MS-word dengan format .docx dan dikirimkan dalam bentuk *soft copy* (CD atau DVD atau flashdisc) kepada Redaksi Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UPH, Lippo Karawaci Tangerang 15811, atau dalam bentuk *soft copy* dikirim lewat email ke redaksi selambat-lambatnya 1 bulan sebelum waktu penerbitan.
3. Ketentuan standar pengetikan naskah:
 - a. Ukuran kertas: A4 (21x 29,7 cm) dan *margin* : *top* 2,5 cm, *bottom* 2,5 cm, *left* 2,5 cm, *right* 2,5 cm, dan jarak antar kolom 1,0 cm.
 - b. Jenis huruf Times New Roman 12, dengan jarak ketik 1.5 spasi, kecuali untuk Abstract dan Daftar Pustaka dibuat 1 spasi, namun jarak antar pustaka dalam Daftar Pustaka 1.5 spasi.
 - c. Jumlah halaman maksimal 20 halaman
 - d. Gambar diberi nomor serta judul pada posisi bawah gambar. Keterangan gambar (*legend*) ditaruh di bagian bawah gambar (lihat contoh).



- e. Tabel diberi nomor dan judul pada posisi atas tabel, dengan bentuk Tabel lajur, hanya judul tabel dan penutup yang diberi garis seperti contoh berikut.

Tabel 1. Judul

No	.....	.....	.....
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....

Keterangan :

- f. Penggunaan istilah asing yang belum lazim digunakan dalam bahasa Indonesia dicetak miring (*Italic*)
- g. Judul tulisan dan judul bab ditulis huruf besar dan diletakkan pada bagian tengah dari lebar naskah. Judul sub-bab diletakkan pada pinggir kiri naskah.
4. Organisasi /Sistematika penulisan:
 - a. Untuk naskah laporan hasil penelitian, cara penyusunan naskahnya sebagai berikut : **Judul** (Huruf cetak, bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris), **Nama penulis** (diberi nomor *superscript*) dan lembaga dan alamat (berdasar nomor *superscript*), **Korespondensi** (alamat

- email), **Abstrak** dan **Kata kunci**, **Abstract** dan **Key word** (bahasa Inggris), **Pendahuluan**, **Bahan dan Metode**, **Hasil dan Pembahasan**, **Kesimpulan**, **Saran (bila ada)**, **Daftar Pustaka**, dan **Ucapan Terima Kasih** (bila ada). Tabel dan grafik hendaknya dimasukkan dalam naskah dan diberi nomor.
- b. Untuk naskah karya ilmiah lainnya organisasi penulisannya diserahkan pada penulis tetapi tetap diberi abstrak dalam bahasa Indonesia dan Inggris.
- c. Judul Naskah, penulis, dan Abstrak dibuat satu kolom, sedangkan isi naskah dibuat dua kolom. Gambar dan Tabel dapat dibuat satu atau dua kolom tergantung pada besar kecilnya.
5. **Kepustakaan**
Pustaka yang disitasi dalam naskah berdasarkan pada pengarang atau penulisnya. Pustaka minimal 60% berasal dari jurnal. Semua pustaka yang disitasi dalam naskah harus terdaftar pada akhir naskah dan disusun secara alfabetik menggunakan sistem *Harvard* sbb:
- Daftar pustaka disusun secara urutan alfabetik (A-Z) berdasarkan nama penulis, diikuti tahun penerbitan, judul, dan sumber publikasinya. Jika terdapat 2 atau lebih artikel dengan penulis yang sama pada tahun yang sama, maka tambahkan huruf a,b,c,dst. setelah tahun.
 - Nama penulis didahului nama famili/nama terakhir diikuti huruf pertama nama kecil / nama pertama, baik untuk penulis pertama, kedua, dan seterusnya.
- Judul karangan untuk buku ditulis dengan huruf besar pada setiap awal kata yang bukan kata sambung, sedangkan untuk jurnal hanya pada awal kalimat.
 - Sumber publikasi untuk buku ditulis Penerbit, untuk Jurnal ditulis Volume (nomor), halaman, untuk bab dalam buku ditulis In nama editor (Eds), Judul buku, (pp. halaman). penerbit, untuk Prosiding ditulis In Nama editor (Eds), Nama prosiding, (pp. halaman). Penyelenggara Seminar, untuk Laporan ditulis Lembaga pembuat laporan, untuk Thesis ditulis [Undergraduate / Doctoral/... Thesis, Universitas, Kota], untuk internet ditulis Retrieved Bulan tanggal, tahun, alamat web
 - Sitasi dalam teks: Satu penulis ditulis Nama famili, tahun; Dua penulis ditulis Nama famili & Nama famili, tahun; lebih dari dua penulis ditulis Nama famili penulis pertama *et al.*, tahun. Jika lebih dari satu Pustaka memiliki nama famili yang sama namun berbeda nama depan, maka sitasi dalam teks juga mencantumkan inisial dari nama depan penulis tersebut.
6. Redaksi berhak melakukan editing tanpa merubah isi dan makna tulisan. Apabila pada waktu editing terdapat ketidakjelasan isi dan makna pada tulisan, maka tulisan akan dikembalikan kepada penulis untuk diperbaiki. Hasil perbaikan harap segera dikirim kepada redaksi sesuai waktu yang telah ditetapkan.

JUDUL PENELITIAN(dalam Bahasa Indonesia) (TNR 12)
[JUDUL PENELITIAN] (dalam Bahasa Inggris) (1 spasi)

Penulis^{1*}, Penulis², Penulis³

^{1,2}Departemen terkait, Nama Institusi, alamat; ³----- dst

*Korespondensi penulis: alamat email (1 spasi)

ABSTRACT

(dalam Bahasa Inggris)

Article are written in A4 size (21x 29.7 cm) and margins: top 2.5 cm, bottom 2.5 cm, left 2.5 cm, right 2.5 cm, and distance between columns 1.0 cm. Abstracts are written in English using Times New Roman 12 Point Spaces 1. Abstract contains the essence of the article, consisting of introduction, goals, methods, results and discussion, and conclusions. Abstract references are not permitted. Abstracts are written in one paragraph and must not exceed 300 words. The final part of the abstract is included 3-5 keywords and sort alphabetically each word / phrase. (spase 1, max 300 words)

Keywords :;;; (max 5 words, sort alphabetically , italic)

ABSTRAK

(dalam Bahasa Indonesia)

Penulisan artikel ditulis de ngan ukuran A4 (21x 29,7 cm) dan margin : top 2,5 cm, bottom 2,5 cm, left 2.5 cm, right 2,5 cm, dan jarak antar kolom 1,0 cm. Abstrak ditulis dengan bahasa Indonesia, menggunakan Times New Roman 12 Point Spasi 1. Abstrak memuat intisari artikel, berisi pengantar, tujuan, metode, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan. Abstrak tidak diperkenankan terdapat rujukan pustaka. Abstrak ditulis dalam bentuk satu paragraf dan tidak boleh melebihi 300 kata. Bagian akhir abstrak dicantumkan 3–5 kata kunci dan urutkan sesuai abjad tiap kata/frasa. (spasi 1, maksimal 300 kata)

Kata kunci :;;; (maksimal 5 kata, urutkan berdasar abjad)

PENDAHULUAN

(Spasi 1.5) Pendahuluan/pengantar berisi uraian tentang apa penelitian Anda dan mengapa penelitian itu dilakukan. Uraian ini didukung dengan kajian pustaka yang berupa data-data dari sumber lain, penelitian sejenis, atau penelitian sebelumnya. Juga dimasukan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

(spasi 1.5) Bagian ini berisi penjelasan bahan dan alat (instrumen) yang digunakan. Bahan yang digunakan jelaskan spesifikasinya. Alat-alat yang sudah umum digunakan tidak perlu diperinci, namun yang harus dicantumkan adalah alat uji, yaitu disebutkan spesifikasinya seperti merk, tipe dan lain-lain.

Metode Penelitian

Metode harus dijelaskan selengkap mungkin agar peneliti lain dapat melakukan verifikasi. Metode analisis

parameter yang bersifat spesifik harus dicantumkan, kecuali yang bersifat umum cukup diberikan acuannya (referensi). Cara analisis data (bila ada) perlu dicantumkan.(Spasi 1,5)

Percobaan 1

Percobaan 2

----- dst

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan 1

Hasil berisi paparan temuan penelitian. Data yang disajikan adalah data yang sudah diolah dan siap dibaca untuk menjawab tujuan penelitian (bukan data mentah), selain itu untuk memperjelas dapat diberikan ilustrasi berupa gambar dan tabel. Namun, hasil yang telah dijelaskan dengan tabel atau ilustrasi tidak perlu dipaparkan dalam uraian teks secara terperinci. Paparan hasil ditulis dalam bentuk paragraf, tidak dalam bentuk pembagian per subbab/poin.-----

Hasil dan Pembahasan 2

Persamaan matematis,
dikemukakan

dengan jelas dan diketik menggunakan program untuk formula, misalnya Equation atau Math Type. Angka desimal, ditandai dengan koma (,) untuk bahasa Indonesia dan titik (.) untuk bahasa Inggris. Tabel dan gambar harus dicantumkan, kemudian secara berurutan diberi nomor dan diacu berurutan dalam naskah, judul ditulis dengan singkat dan jelas.

Tabel dibuat dalam bentuk tabel terbuka (yaitu hanya terdapat garis horizontal di kepala tabel dan bagian akhir tabel. Ilustrasi berupa gambar meliputi foto, grafik, peta, dan bagan. Foto harus memiliki resolusi yang tinggi sehingga citra yang dihasilkan tajam dan jelas. Resolusi minimal 300 dpi atau lebih. Untuk gambar foto, hasil plot, dsb. Sebaiknya digambarkan dengan grayscale kecuali bila kondisi memang tidak memungkinkan digambar dengan grayscale, maka diperbolehkan berwarna.

Nama ilmiah; nama ilmiah ditulis sesuai kaidah penulisan ilmiah menurut ICZN untuk tata nama hewan, ICBN untuk tata nama tumbuhan, demikian juga untuk virus dan bakteri harus sesuai dengan tata nama virus dan bakteri. Satuan pengukuran secara kuantitatif menggunakan Satuan Internasional.

Hasil dan Pembahasan 3

----- dst

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ditulis secara ringkas dan jelas, dalam bentuk paragraf, bukan poin. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian.

SARAN

----- (Opsional)

UCAPAN TERIMA KASIH

(Opsional)

DAFTAR PUSTAKA

(Pustaka spasi 1,0; jumlah pustaka minimal 10 buah)

Jurnal

Singh, R., Shushni, M.A.M., & Belkheir, A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry* 8(3), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>

Buku / Monograph

Dalimartha, S. (2005). *Ramuan Tradisional untuk Pengobatan*

Diabetes Mellitus. Penerbit Penebar Swadaya.

Ranganna, S. (1986). *Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable products* (2nd ed.). Tata McGraw-Hill Pub. Co.Ltd.

Bab dalam Buku

Hart, R. J. (1998). Food Science and The Transport of Food. In Heap, R., Kierstan, M. and Ford, G. (Eds). *Food Transportation* (pp. 1-21). Thomson Science.

Prosiding

Nurbaeti, S.N., Sari, R., & Pratiwi, L. (2013). Comparison of antibacterial efectivity from Kesum (*Polygonum minus* Huds) methanol extract against methanol fraction. In Sagiman, S., Catur, S., and Zakiatulyaqin (Eds). *Proceeding 6th International Seminar of Indonesian Society for Microbiology* (pp. 30-36). Indonesian Society for Microbiology.

Internet

Food and Drug Administration (FAO). (2000). *Bad bug book – Aflatoxins*. Retrieved March 20, 2020, from <https://www.fda.gov/files/food/publications/Bad-Bug-Book-2nd-Edition-%28PDF%29.pdf>

Laporan

Dianitami, R. (2009). *Efek rumput laut Euchema sp. terhadap kadar glukosa darah dan jumlah trombosit tikus Wistar yang diinduksi aloksan*. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro. http://eprints.undip.ac.id/7761/1/ratna_dianitami.pdf

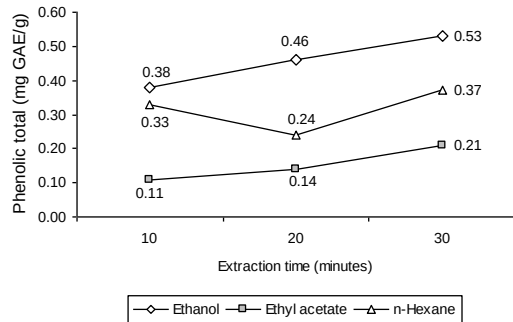
Skripsi/Thesis/Disertasi

Basyuni, M. (2008). *Studies on terpenoid biosynthesis of mangrove tree species* [Doctoral dissertation, Kagoshima University, Kagoshima].

Gambar dan Tabel :

- Gambar dan Tabel masuk dalam teks dan dibuat sbb:
- Jumlah Gambar dan Tabel maksimal 10.

Grafik



Gambar 1.

Tabel

Tabel 1.

No	.....	.....	.....
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....

Keterangan:.....
