



Peningkatan cita rasa kopi robusta terdekafeinasi melalui fermentasi ulang menggunakan mucilage tiruan

Februadi Bastian^{1*}, Heppy Love Sinaga², Adiansyah Syarifuddin³, Amiruddin Hambali³

¹Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

²Balai Besar Pelatihan Pertanian Batangkaluku, Gowa, Indonesia

³Pendidikan Teknologi Pertanian, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

Article history

Diterima:

20 Januari 2023

Diperbaiki:

27 Juni 2023

Disetujui:

1 Juli 2023

Keyword

Coffee flavor;

Decaffeination;

Imitative mucilage;

Robusta coffee;

Re-fermentation;

ABSTRACT

Some consumers prefer coffee's flavor but not caffeine's adverse effects. Therefore, a decaffeination method is used to reduce the amount of caffeine in coffee. However, decaffeination can decrease the flavor of the coffee. Accordingly, this study aimed to examine the influence of re-fermentation utilizing imitative mucilage from sweet potato and passion fruit pulp on the taste of decaffeinated coffee. The study's Robusta coffee green bean samples were treated: non-decaffeination and re-fermentation; non-decaffeination and re-fermentation; decaffeination and fermentation; and fermentation and decaffeination. Each sample was roasted and evaluated for flavor using the cupping test, and tests to green beans were also conducted for total acid, total dissolved solids, pH, phenolic, and volatile compounds. The results of this study indicate that decaffeination can reduce the taste of robusta coffee, as seen from the decreased cupping test results. However, decaffeinated coffee beans re-fermented with imitative mucilage exhibited increased cupping test values, total phenols, and volatile compounds. The decaffeination and further fermentation treatments decreased the total acid and dissolved solids. In contrast, the re-fermentation treatment impacted the increase in pH, total phenolic, and volatile compounds.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : februadi@unhas.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v18i3.18556

PENDAHULUAN

Kopi terkenal dengan kandungan kafein yang merupakan senyawa *methylxanthine alkaloid*. Kafein merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang berfungsi sebagai pestisida alami pada tanaman (Hackett 2010). Kafein mengikat reseptor adenosin di otak. Kafein tidak memperlambat aktivitas sel otak atau saraf otak manusia, melainkan menghambat adenosin berfungsi (Farah 2009). Dampaknya aktivitas otak meningkat dan mengeluarkan hormon epinefrin. Hormon epinefrin akan memacu meningkatkan detak jantung, tekanan darah, dan menambah penyaluran darah ke otot (Gebeyehu 2015).

Sebagian orang ingin menikmati kopi dengan cita rasanya, namun tidak menginginkan efek samping dari kafein. Bagi sebagian orang, sejumlah kecil kafein dapat menyebabkan keresahan, kerisauan, insomnia, dan masalah *gastrointestinal* sehingga kopi terdekafeinasi menjadi pilihan untuk mengatasi masalah tersebut (Arya and Rao 2007; Caprioli et al. 2015). Permintaan kopi terdekafeinasi meningkat seiring dengan kesadaran akan pentingnya kesehatan dan gaya hidup sehat (Sinaga et al. 2021). Pada Penelitian Farah (2009), permasalahan pada produk kopi terdekafeinasi, yaitu selalu menghasilkan produk yang cita rasanya berkurang. Hal ini disebabkan karena selama proses dekafeinasi banyak senyawa prekursor flavor utamanya senyawa asam klorogenat dan trigonelline yang ikut terekstrak bersama dengan pelarut (Farah 2009).

Pada pengolahan basah dan pengolahan *honey coffee*, biji kopi dan *mucilage* difermentasi selama 24 jam. Selama proses tersebut terjadi fermentasi spontan yang mendegradasi *mucilage* menjadi beberapa senyawa asam organik, alkohol, maupun gula yang akan masuk ke dalam biji kopi sehingga dapat meningkatkan cita rasanya setelah kopi di sangrai (Peñuela-Martínez et al. 2018; Elhalis et al. 2020). Komponen *mucilage* kopi terdiri dari senyawa polisakarida, 30% merupakan pektin, 8% selulosa, 18% polisakarida non-selulosa (Pereira et al. 2017). Arabinosa dan glukosa merupakan komponen utama dari polisakarida non selulosa yang terdapat pada *mucilage* kopi, selain itu juga terdapat galaktosa, xilosa, rhamnosa, dan fruktosa (Avallone et al. 2000).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kembali cita rasa dari kopi robusta yang telah terdekafeinasi yaitu dengan melakukan fermentasi spontan dengan penambahan *mucilage* (lendir) tiruan pada biji kopi yang telah terdekafeinasi. Penggunaan *mucilage* tiruan digunakan karena keterbatasan untuk mendapatkan *mucilage* alami dari biji kopi.

Metode penambahan *mucilage* tiruan ini meniru proses fermentasi pada pengolahan proses basah dan *honey coffee* pada pengolahan kopi setelah panen, dimana pada kedua proses ini memanfaatkan hasil dari degradasi *mucilage* alami biji kopi melalui proses fermentasi spontan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan fermentasi ulang dengan menambahkan *mucilage* tiruan yang dibuat dari ubi jalar ungu dan pulp markisa pada biji kopi yang telah terdekafeinasi. Ubi jalar ungu dan pulp markisa mengandung pati, pektin, selulosa dan polisakarida non-selulosa lainnya khususnya gula sederhana, dan kombinasi keduanya mirip dengan komposisi *mucilage* tiruan pada kopi (Sinaga et al. 2021). Proses fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan untuk meningkatkan cita rasa kopi yang terdekafeinasi belum pernah dilakukan sebelumnya, dan diharapkan proses ini dapat dijadikan acuan untuk meningkatkan cita rasa kopi terdekafeinasi yang mengalami penurunan. Tujuan utama dari penelitian yaitu untuk meningkatkan cita rasa kopi terdekafeinasi melalui proses fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan dari ubi jalar ungu dan pulp markisa.

METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *green bean* kopi robusta yang diolah dengan metode *natural* (proses kering) yang berasal dari Kab. Gowa Sulawesi Selatan; ubi jalar ungu dan markisa ungu yang telah matang berasal dari Malino, Kab. Gowa Sulawesi Selatan; phenolphthalein (p.a., CAS No: 77-09-8, Sigma-Aldrich); NaOH (reagen grade, 97%, *powder*, CAS No: 1310-73-2, Sigma-Aldrich); asam galat (p.a., CAS No: 149-91-7, Sigma-Aldrich); Folin-Ciocalteu (reagen, 2M, MDL no: MFCD00132625, Sigma-Aldrich); sodium karbonat (*powder*, 99,5%, CAS no: 497-19-8, Sigma-Aldrich); dan alfa amilase (*Bacillus* sp., 500 units/mg protein, Sigma-Aldrich); karbon aktif

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: biuret, GCMS-QP2010 Plus Shimadzu, Spectrophotometer (Shimadzu SP 3000), pH meter (Oaklon), Hotplate (dLab), Oven Blower (Memmert)

Proses dekafeinasi kopi robusta (Sinaga et al. 2021)

Green bean kopi robusta Bawakaraeng sebanyak 300 g ditambahkan akuades 900 ml kemudian direbus selama 2 jam pada suhu 80°C menggunakan hotplate (merk dLab) yang bertujuan untuk menambah lebar pori-pori kopi sehingga mudah mengekstrak kafein. Pada proses ini akan mengeluarkan sebagian prekursor pembentuk aroma pada kopi. Setelah itu, *green bean* dipisahkan dari air rebusan menggunakan saringan dan dikeringkan menggunakan oven blower (Memmert) hingga kadar air 25-30%. Ekstrak hasil perebusan diperoleh sebanyak 600 mL ditambahkan karbon aktif sebanyak 10 % dan diaduk selama 1 jam dalam suhu ruang sehingga didapatkan air jenuh bebas kafein. *Green bean* kopi yang sudah mencapai kadar air 25-30%, dimasukkan ke dalam air jenuh bebas kafein dan dilakukan proses perebusan selama 3 jam pada suhu 75°C. Setelah itu, *green bean* dikeringkan hingga kadar air <12%. Proses ini dapat menurunkan kafein pada kopi robusta hingga 60 % karena sebagian kafein yang keluar dari biji kemudian terjebak dalam karbon aktif.

Proses fermentasi ulang menggunakan mucilage tiruan pada kopi terdekafeinasi maupun tanpa proses dekafeinasi

Ubi jalar ungu ditimbang sebanyak 100 g kemudian ditambahkan air 1800 ml dan ditambahkan 0,28 ml enzim alfa-amilase (*Bacillus sp.*, 500 units/mg protein, Sigma-Aldrich). Setelah bahan tercampur dipanaskan hingga suhu 80 °C untuk mengaktifkan enzim alfa-amilase. Setelah itu didinginkan hingga suhu ruang, kemudian ditambahkan 100 g pulp markisa yang sudah dihaluskan menggunakan blender dan diaduk hingga rata.

Mucilage tiruan kemudian ditambahkan ke dalam *green bean* dengan ratio perbandingan *mucilage* tiruan : *green bean* terdekafeinasi/tanpa dekafeinasi yaitu 1:10. Campuran ini kemudian di fermentasi spontan dengan kondisi aerob pada suhu ruang. kemudian *green bean* dikeringkan menggunakan oven (memmert) hingga kadar air <12%.

Prosedur Analisa Cupping Test (SCAA 2015)

Pengujian *cupping test* merupakan pengujian organoleptik cita rasa kopi yang dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (Puslitkoka) Jember oleh tiga orang panelis terlatih yang telah memperoleh sertifikat *Q-Grader* dari *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Persiapan *cupping test* dilakukan dengan menyangrai biji kopi dengan level medium menggunakan alat sangrai, kemudian kopi digiling. Kopi yang digunakan maksimal 30 menit setelah sangrai sebelum dilakukan proses *cupping* atau jika tidak memungkinkan kopi harus disimpan pada wadah kedap udara. Ukuran penggilingan harus sedikit lebih kasar dari standar penggilingan kopi pada umumnya dengan 70% hingga 75% melewati filter berukuran 20 mesh. Rasio optimum adalah 8,25 g kopi per 150 ml air. Setelah itu dilakukan penyeduhan. Air yang digunakan dalam keadaan *fresh* dan suhunya sekitar 93°C pada saat dituangkan ke kopi bubuk. Bubuk kopi didiamkan selama 3 - 5 menit sebelum di evaluasi. Atribut cita rasa yang dinilai meliputi *fragrance* (bau aroma kopi bubuk saat masih kering)/aroma (bau aroma saat diseduh), *flavor* (aroma dan kualitas rasa yang dirasakan), *aftertaste* (flavor yang tertinggal dimulut), *acidity* (keasaman), *body* (kekentalan), *uniformity* (konsistensi rasa dari tiap cangkir), *balance* (keseimbangan dari semua aspek), *clean cup* (kesan rasa umum), *sweetness* (rasa manis), dan *overall* (aspek penilaian keseluruhan). Nilai akhir *cupping test* kopi robusta dapat dikategorikan sebagai *outstanding* (90-100), *fine* (80-90), *Very good* (70-80), *average* (60-70), dan *fair* (40-50) (SCAA 2015).

Analisis Total Asam (Abdeltaif et al. 2018)

Sampel sebanyak lima gram dilarutkan dalam 100 mL akuades kemudian dimaserasi selama 1 jam. Sampel kemudian disaring menggunakan corong buchner dengan kertas saring whatman no 1. Sampel yang telah disaring kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda tera. Sampel kemudian dipipet sebanyak 5 mL dan ditetaskan 2-3 tetes indikator phenolphthalein 1 % lalu dititrasi dengan NaOH 0,1 N. Kadar Total asam dihitung dengan rumus: $((\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM Asam Sitrat} \times \text{Faktor Pengencer}) / (\text{Berat Sample (g)} \times 1000)) \times 100 \%$

Analisis total padatan terlarut (Sinaga et al. 2021)

Pengujian total padatan terlarut menggunakan alat *Total Dissolved Solid* (TDS) meter merk Atago (PAL-Coffee). Sebanyak 5 g sampel dilarutkan dalam 100 mL akuades dan disaring dengan filter vakum dan kertas saring whatmann no 1. Alat TDS meter terlebih dahulu dibilas dengan akuades kemudian dicelupkan ke dalam sampel hingga sensor *probe* terendam sepenuhnya dan hasil pengukuran dibaca pada skala yang tertera pada TDS meter.

Analisis pH

Sampel sebanyak 5 g dilarutkan dalam 100 mL akuades kemudian diekstrak selama 1 jam dan disaring menggunakan filter vakum dengan kertas saring whatman no. 1. Pengujian pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter (Merk Oaklon). pH meter terlebih dahulu dicuci dengan akuades lalu dibersihkan dengan tisu. Selanjutnya pH meter dikalibrasi dengan mencelupkan ujung katoda ke dalam larutan buffer dengan pH 4,7 dan 10. Lalu, ujung katoda dicelupkan ke dalam sampel dan hasil pengukuran dibaca pada skala yang tertera di pH meter.

Analisis Total Fenolik (Abdeltaif et al. 2018)

Asam galat (p.a., CAS No: 149-91-7, Sigma-Aldrich) ditimbang sebanyak 0,01 mg dalam 10 ml etanol 70% sehingga didapatkan larutan baku asam galat dengan konsentrasi 1.000 µg/ml. Larutan baku asam galat 1.000 µg/ml diencerkan hingga konsentrasi 400 µg/mL dalam etanol 70 % dan diuji dengan spektrofotometer uv-vis (Shimadzu SP 3000) pada rentang panjang gelombang 700-800 nm. Serapan panjang gelombang maksimal yang didapat yaitu panjang gelombang 782 nm. Kemudian dibuat larutan baku asam galat 1.000 µg/mL yang diencerkan dalam etanol hingga konsentrasi 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 µg/ml. Sebanyak 20 µL larutan asam galat ditambahkan 1,58 ml akuades dan 100 µl reagen *Folin-Ciocalteu*. Lalu, diinkubasi selama 5 menit dan ditambahkan 300 µl sodium karbonat 10%. Kemudian larutan diagitasi secara perlahan selama 10 menit dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu 20°C. Kurva standar diukur dengan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 782 nm.

Sampel bubuk kopi ditimbang sebanyak 25 g dan dilarutkan dalam 100 ml etanol 70% lalu dimaserasi selama 24 jam pada suhu ruang dan

dilakukan pengadukan setiap 1 jam sekali. Sampel kemudian disaring menggunakan filter vakum dengan kertas saring whatman no 1. Filtrat yang diperoleh kemudian dikeringkan menggunakan evaporator (merk Faithful) pada suhu 40°C. Ekstrak sampel kering yang diperoleh kemudian ditimbang sebanyak 10 mg dan dilarutkan dalam 10 ml etanol 70%. Sampel yang telah dilarutkan dipipet sebanyak 20 µl. setelah itu, ditambahkan 1,58 ml akuades dan 100 µl reagen *Folin-Ciocalteu*. Lalu, diinkubasi selama lima menit dan ditambahkan 300 µl sodium karbonat 10%. Kemudian larutan diagitasi secara perlahan selama 10 menit dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu 20°C. Sampel kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 782 nm.

Analisis Senyawa Volatil (Liu et al. 2017).

Ekstraksi *green bean* dengan SPME (*Solid Phase Microextraction*) dilakukan dengan menimbang *green bean* sebanyak 5 g kemudian digiling (100 mesh) dan ditempatkan pada vial berkapasitas 40 ml. Selanjutnya vial dipanaskan dengan penangas air pada suhu 60°C. Selama proses pemanasan pada penangas air komponen volatil *green bean* di ekstrak dengan SPME serat penyerap (absorben) yang digunakan adalah Polydimethylsilyloxane-divinilbenzena (PDMS-DVB) polimer (Supelco, USA).

Analisis komposisi komponen volatil dengan GC-MS menggunakan Instrumen GC-MS (GCMS-QP2010 Plus Shimadzu) yang dilengkapi dengan split-splitless injektor yang diatur pada suhu 260°C. Suhu detektor MS 200°C. Kolom RTX-50 (dengan diameter dalam 0,25 mm, panjang 30 m dan ketebalan 0,25 µm). Suhu detektor diprogram pada suhu awal 60 °C selama 3 menit kemudian dinaikkan sampai 220°C selama 20 menit dengan kecepatan 5 °C/menit. Helium digunakan sebagai gas pembawa dengan kecepatan 3 mL/menit.

Rancangan penelitian dan analisis data

Rancangan penelitian ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dua faktor. Faktor pertama dekafeinasi dengan dua taraf yaitu tanpa dekafeinasi (A1) dan dekafeinasi (A2). Faktor kedua adalah fermentasi ulang dengan dua taraf yaitu tanpa fermentasi ulang (B1) dan terfermentasi ulang (B2).

Penelitian ini dilakukan 3 kali ulangan. Parameter yang diuji adalah nilai *cupping test*, nilai total asam, padatan terlarut, pH, total fenol.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), dan apabila ditemukan perbedaan pada sampel maka dilakukan uji lanjut duncan menggunakan aplikasi SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cupping Test

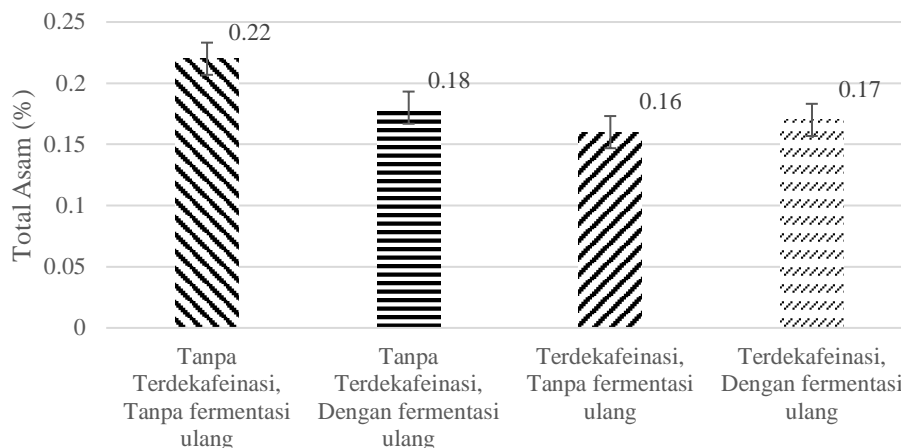
Hasil pengujian *cupping test* menunjukkan bahwa biji kopi yang tanpa proses dekafeinasi dan tidak dilakukan fermentasi ulang menunjukkan nilai 81,25 (*fine*), namun setelah dilakukan fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan justru menurunkan nilai *cupping test* menjadi 78,5 (*very good*). Fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan terlihat menurunkan skor 0,25 – 0,75 dari cita rasa kopi khususnya pada karakter *fragrance*, *flavor*, *aftertaste*, *body* dan *balance* (Farah 2009). Penurunan tertinggi terdapat pada penurunan karakteristik *flavor*. Penurunan nilai *fragrance* pada kopi tanpa dekafeinasi yang difermentasi ulang disebabkan karena panelis (*cupper*) mendeteksi aroma khas kopi yang tertutupi oleh sisa *mucilage* yang terpengang selama proses penyangraian, sedangkan penurunan nilai *fragrance* pada kopi yang

didekafeinasi karena selama proses dekafeinasi prekursor aroma ikut terlarut. Peningkatan *fragrance* kemudian naik lagi setelah kopi yang didekafeinasi di fermentasi ulang karena pemecahan gula dari karbohidrat pada *mucilage* tiruan masuk ke dalam biji kopi dan menghasilkan *flavor caramel* setelah di *roasting*.

Perlakuan fermentasi ulang terhadap biji kopi yang tidak terdekafeinasi dapat meningkatkan nilai perbandingan *salt/acid*, dan *bitter/sweet* sebesar 0,25. Nilai *sweet* yang dirasakan oleh panelis menurun lebih dipengaruhi oleh proses fermentasi ulang karena masuknya gula sederhana yang dihasilkan selama proses fermentasi. Perlakuan pada kopi robusta yang hanya terdekafeinasi tanpa dilakukan fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan terlihat penurunan nilai *cupping test* yang cukup tinggi dibandingkan dengan kopi robusta yang tidak didekafeinasi dan tanpa fermentasi ulang. Terjadi penurunan skor *cupping test* sebesar 4,75 yaitu dari 81,25 (*fine*) turun menjadi 76,5 (*very good*). Penurunan skor juga terjadi pada *fragrance*, *flavor*, *aftertaste*, *body*, dan *balance*. Hal ini diduga senyawa prekursor pembentuk aroma kopi ikut terlarut selama proses dekafeinasi.

Tabel 1 Pengaruh perlakuan green bean tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang; tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang; dekafeinasi tanpa fermentasi; dan dekafeinasi terfermentasi terhadap nilai cupping test

Karakteristik	Perlakuan			
	Tanpa Terdekafeinasi		Terdekafeinasi	
	Tanpa fermentasi ulang	Dengan fermentasi ulang	Tanpa fermentasi ulang	Dengan fermentasi ulang
<i>Fragrance</i> /Aroma	8	7,5	7	7,75
<i>Flavor</i>	8	7,25	7	7,75
<i>Aftertaste</i>	7,5	7	7	7,75
<i>Salt/Acid</i>	7,25	7,5	7,5	7,5
<i>Bitter/Sweet</i>	7,25	7,5	7,5	7,5
<i>Mouthfeel/Body</i>	8	7,5	6,75	8
<i>Uniform Cups</i>	10	10	10	10
<i>Balance</i>	7,5	7,25	7	7,5
<i>Clean Cups</i>	10	10	10	10
<i>Overall</i>	7,5	7	6,75	7,75
<i>Taints-Faults</i>	0	0	0	0
Total Nilai	81,25	78,5	76,5	81,75
<i>Keterangan</i>	<i>Brown Sugar, Caramelly, Vanila, Spicy, Chocolatey</i>	<i>Brown Sugar, Spicy-Chili, Thin Mouthfeel, Flat</i>	<i>Caramelly, Nutty-Peanut, Spicy</i>	<i>Caremelly, Nutty, Vanila, Cereally, Corn Roasted</i>



Gambar 1 Pengaruh perlakuan green bean kopi robusta tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang; tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang; dekafeinasi tanpa fermentasi; dan dekafeinasi terfermentasi terhadap total asam

Aftertaste atau rasa yang tertinggal di mulut dan kerongkongan setelah minuman kopi ditelan berhubungan dengan tingkat keasaman, kopi yang memiliki *aftertaste* yang rendah diakibatkan oleh tingkat keasaman yang tinggi (Poltronieri and Rossi 2016). Peningkatan *aftertaste* pada kopi setelah proses dekafeinasi disebabkan terjadi penurunan asam klorogenik pada biji kopi (Sinaga et al. 2021). Perlakuan fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan terlihat dapat meningkatkan nilai *aftertaste* pada biji kopi yang telah terdekafeinasi yaitu dari 7 menjadi 7,75. Selain itu, peningkatan tertinggi terdapat pada karakteristik *body* kopi. Setelah di dekafeinasi, nilai karakteristik *body* kopi menurun dari 8 menjadi 6,75; setelah dilakukan fermentasi ulang nilai *body* kopi meningkat menjadi 8 kembali.

Pada perlakuan kopi robusta terdekafeinasi yang difermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan terjadi peningkatan nilai *cupping test* tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya yaitu 81,75. Nilai ini mendekati nilai *cupping test* kopi tanpa dekafeinasi dan tanpa fermentasi ulang, dan skornya lebih tinggi 0,5. Dapat dilihat pada tabel 1 bahwa perlakuan fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan pada kopi yang terdekafeinasi dapat mengembalikan nilai cita rasa yang dilihat dari nilai *cupping test*.

Total asam

Senyawa asam dalam kopi memiliki peran dalam pembentukan aroma dan cita rasa yang khas pada kopi. Jenis asam organik utama yang terdapat pada *green bean* kopi adalah asam format, asam oksalat, asam laktat, asam asetat dan asam sitrat. Kopi robusta mengandung asam organik sekitar 0,5-3,5 % (Flavio et al. 2016). Pengujian total

asam menggunakan metode titrasi asam basa. Hasil pengujian total asam berdasarkan pengaruh perlakuan dekafeinasi dan fermentasi ulang dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa total asam menurun pada biji kopi yang diberi perlakuan dekafeinasi. Hasil analisa sidik ragam pada pengaruh biji kopi yang diberi perlakuan dekafeinasi menunjukkan pengaruh nyata terhadap total asam *green bean* kopi. Penurunan total asam disebabkan beberapa asam organik larut selama proses perebusan pada perlakuan dekafeinasi dan fermentasi ulang. Jenis asam organik yang terdapat pada biji kopi adalah asam organik rantai pendek yang dapat larut dalam air sehingga selama proses perebusan pada proses dekafeinasi menyebabkan penurunan total asam. Meskipun dilakukan perendaman kembali pada air jenuh, namun tidak semua senyawa yang telah larut tersebut dapat masuk kembali ke dalam biji, sehingga terjadi penurunan total asam.

Kandungan total asam pada sampel yang difermentasi ulang juga diduga mempengaruhi jumlah total asam pada sampel. Total asam yang terdapat dalam markisa sekitar 136,24–500,29 mg/g. Jenis asam organik yang terdapat dalam markisa diantaranya adalah asam sitrat, asam malat, laktat, malonat, suksinat dan asam askorbat (Ramaiya et al. 2019). Selain itu peningkatan asam juga diduga karena penambahan ubi jalar ungu dan pulp markisa yang memiliki kandungan gula (glukosa, fruktosa dan sukrosa) sehingga selama fermentasi gula akan dirombak oleh mikroorganisme membentuk alkohol dan asam-asam organik (Junior et al. 2021).

Total padatan terlarut

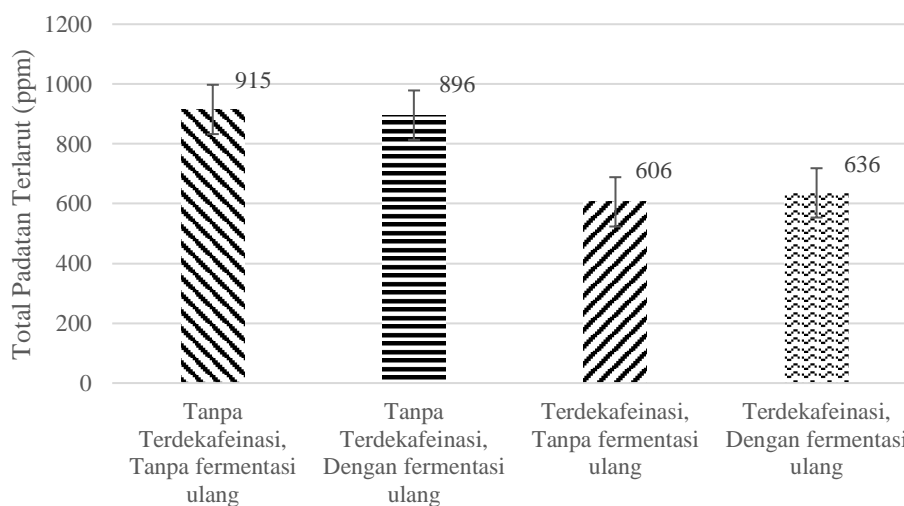
Total padatan terlarut menurun setelah perlakuan dekafeinasi. Hasil analisa sidik ragam pada pengaruh faktor dekafeinasi menunjukkan pengaruh nyata terhadap total padatan terlarut *green bean* kopi yang diberi perlakuan. Penurunan total padatan terlarut disebabkan banyaknya senyawa kafein dan beberapa senyawa lainnya seperti senyawa polifenol, asam, dan mineral yang ikut keluar dari biji kopi selama proses dekafeinasi yang menyebabkan total padatan *green bean* kopi yang dihasilkan juga ikut menurun, meskipun dilakukan perendaman ulang, namun tidak semua senyawa padatan larut dapat masuk kembali ke dalam biji kopi. Ketika proses dekafeinasi khususnya kafein dan asam klorogenat banyak terperangkap dalam karbon aktif maka total padatan terlarut kopi juga akan ikut mengalami penurunan. Kopi yang didekafeinasi memiliki padatan yang lebih sedikit daripada kopi tanpa dekafeinasi karena adanya penghilangan kafein tetapi perbedaan tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan (Sinaga *et al.* 2021). Total padatan terlarut dari kopi dekafeinasi yaitu 1,2% sedangkan total padatan terlarut kopi tanpa dekafeinasi 1,44%. Komponen padatan terlarut meliputi zat organik dan anorganik seperti kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik dan lainnya, gula, senyawa asam dan garam. Padatan terlarut merupakan garam mineral yang larut dalam air karena memiliki hubungan antara konduktivitas listrik. Sehingga, semakin tinggi jumlah garam dalam sampel maka nilai total

padatan terlarut juga akan semakin besar (Flavio *et al.* 2016).

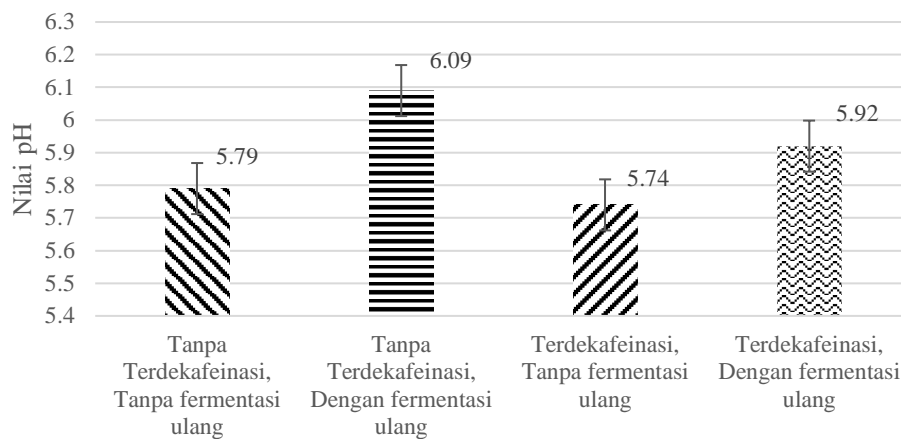
Gambar 2 menunjukkan bahwa total padatan terlarut menurun setelah perlakuan dekafeinasi. Penurunan total padatan terlarut pada sampel tidak signifikan terhadap *green bean* kopi yang diberi perlakuan fermentasi ulang baik pada kopi yang tidak terdekafeinasi maupun yang terdekafeinasi. Perlakuan dekafeinasi dapat menurunkan total padatan terlarut. Pada perlakuan fermentasi ulang pada kopi terdekafeinasi terjadi peningkatan total padatan terlarut, hal ini disebabkan selama proses fermentasi pada mucilage tiruan akan karbohidrat dirombak oleh mikroorganisme membentuk karbohidrat rantai pendek dan gula yang dapat diserap oleh biji kopi. Secara umum dapat dilihat bahwa pengaruh dekafeinasi lebih dominan untuk menurunkan total padatan terlarut pada *green bean* kopi robusta dibandingkan perlakuan fermentasi ulang.

Nilai pH

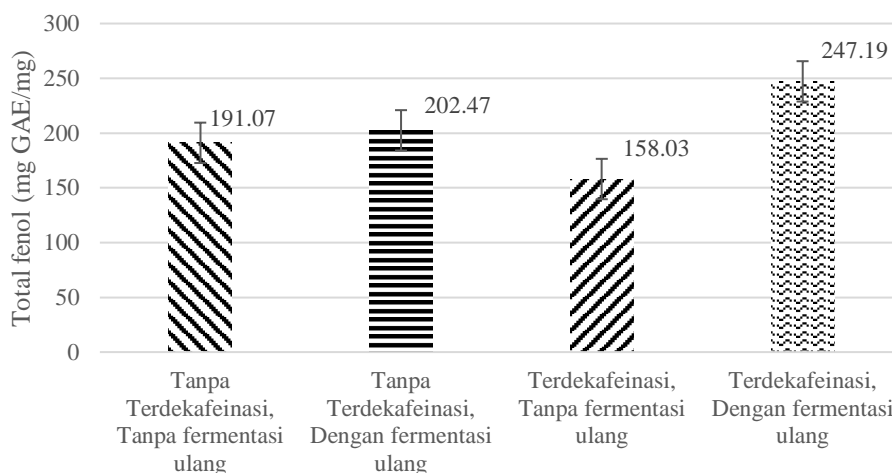
pH awal biji kopi tanpa dekafeinasi dan tanpa fermentasi yaitu 5,79. Nilai pH ini tidak signifikan berbeda dengan perlakuan kopi terdekafeinasi tanpa fermentasi (5,92). Nilai pH kopi tanpa dekafeinasi terfermentasi (6,09) tidak signifikan dengan nilai pH kopi dekafeinasi terfermentasi (5,92). Proses fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan dapat meningkatkan nilai pH. Pengaruh perlakuan dekafeinasi dan fermentasi ulang pada biji *green bean* kopi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Pengaruh perlakuan *green bean* kopi robusta tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang; tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang; dekafeinasi tanpa fermentasi; dan dekafeinasi terfermentasi terhadap total padatan terlarut



Gambar 3 Pengaruh perlakuan green bean tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang; tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang; dekafeinasi tanpa fermentasi; dan dekafeinasi terfermentasi terhadap nilai pH



Gambar 4 Pengaruh perlakuan green bean tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang; tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang; dekafeinasi tanpa fermentasi; dan dekafeinasi terfermentasi terhadap nilai total fenol

Perlakuan tanpa dekafeinasi menunjukkan pH lebih tinggi dibandingkan dengan dekafeinasi. Hasil tersebut tidak memberikan korelasi terhadap total asam yang diperoleh, sebab pada dasarnya nilai pH memiliki korelasi terhadap nilai total asam yaitu semakin tinggi nilai total asam maka nilai pH akan semakin rendah (Kasim *et al.* 2020). Namun hasil yang diperoleh pada total asam tanpa dekafeinasi memiliki total asam tinggi, begitupun pada nilai pH yang diperoleh mendekati nilai pH netral.

Artinya nilai pH pada perlakuan tanpa dekafeinasi tidak teralu memiliki korelasi terhadap total asam *green bean* yang dihasilkan. Perbedaan hasil tersebut diduga dipengaruhi oleh total padatan terlarut pada *green bean* kopi, karena pH tidak hanya memiliki korelasi terhadap total asam saja akan tetapi nilai pH juga dipengaruhi oleh total padatan pada *green bean* kopi yang dihasilkan (Iyasele and Idiata 2015). Komponen

padatan terlarut meliputi zat organik dan anorganik seperti kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik dan lainnya, gula, senyawa asam dan garam (Nurhayati 2017). Berdasarkan pernyataan dari Iyasele and Idiata (2015), istilah TDS umumnya menggambarkan jumlah padatan termasuk garam mineral yang terlarut dalam air karena erat kaitannya dengan konduktivitas listrik. Sehingga, semakin tinggi jumlah garam dalam sampel maka nilai total padatan terlarut juga akan semakin besar. Selain itu, kadar gula akan memengaruhi total padatan terlarut.

Selain total padatan yang tinggi diduga mengandung banyak gula dan garam di dalamnya dengan beberapa senyawa asam yang telah hilang selama proses dekafeinasi sehingga diperoleh pH yang tinggi karena ion H^+ yang terionisasi dalam larutan lebih sedikit (Iyasele and Idiata 2015). Oleh sebab itu, pH juga memiliki korelasi terhadap total padatan terlarut yang dipengaruhi

oleh senyawa-senyawa yang larut dalam air. Sehingga, diduga semakin tinggi total padatan terlarut maka pH juga akan mengalami peningkatan.

Total Fenolik

Beberapa senyawa fenolik pada biji kopi yaitu asam kafeat, asam klorogenat, asam kumarat, asam ferulat dan asam sinapat (Narko *et al.* 2020). Senyawa fenolik yang didominasi pada biji *green bean* ataupun *roasted* kopi adalah asam klorogenat. Hasil pengujian total fenolik *green bean* kopi berdasarkan pengaruh perlakuan dekafeinasi dapat dilihat pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa total fenolik meningkat setelah proses fermentasi. Hasil analisis sidik ragam pada pengaruh faktor dekafeinasi menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap kandungan total fenolik *green bean* kopi yang diberi perlakuan. Peningkatan jumlah total fenolik juga diduga berasal dari *mucilage* tiruan khususnya dari bahan pulp markisa.

Perpindahan ini terjadi karena konsentrasi senyawa dalam *green bean* telah menurun setelah di dekafeinasi, sebab *green bean* kopi telah kehilangan beberapa senyawa lainnya seperti kafein dan asam klorogenat. Sehingga selama proses fermentasi ulang senyawa fenol akan berpindah ke dalam biji kopi

Hasil analisis sidik ragam pada pengaruh faktor fermentasi menunjukkan pengaruh nyata terhadap kandungan total fenolik *green bean* kopi yang diberi perlakuan. Nilai rata-rata total fenolik pada perlakuan tanpa fermentasi menunjukkan hasil kandungan total fenolik yang lebih rendah (174,68 mg GAE/g) dibandingkan dengan yang terfermentasi (224,83 mg GAE/g). Proses fermentasi yang digunakan mengacu pada metode *honey process* yang mempertahankan *mucilage* tiruan menempel pada biji kopi, selama proses pengeringan lapisan *mucilage* mengalami fermentasi secara alami yang menghasilkan senyawa yang berperan pada pembentukan *flavor* dan cita rasa. Oleh karena itu dengan adanya penambahan *mucilage* tiruan dari ubi jalar ungu dan pulp markisa terjadi fermentasi spontan karena tersedianya substrat (glukosa dan fruktosa) yang akan menghasilkan alkohol dan asam-asam organik, sehingga diduga selama fermentasi melibatkan berbagai macam mikroba yang dapat bermetabolisme menghasilkan senyawa fenolik melalui reaksi enzimatik (Haile and Kang 2019). Selain itu kandungan fenolik ubi jalar ungu sekitar

192.7-1159 mg GAE/100 g berdifusi ke dalam *green bean* kopi selama fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian (Wang *et al.* 2018), sebanyak 27 asam fenolik teridentifikasi pada ubi jalar ungu dan yang paling dominan adalah asam kuinat dan ferulat. Selain itu diduga fenolik yang terdapat pada pulp markisa juga ikut berdifusi ke dalam *green bean* kopi selama fermentasi. Menurut (Gadioli *et al.* 2018), asam fenolik yang berhasil diidentifikasi pada markisa yaitu asam caffeic, asam ellagic, asam galat dan asam ferulat.

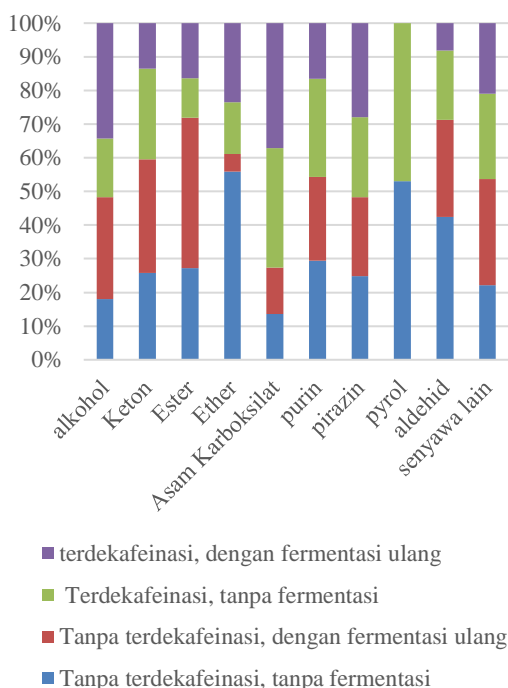
Senyawa Volatil

Senyawa volatil merupakan senyawa yang mudah menguap yang berpengaruh terhadap aroma *roasted* kopi antara lain aldehid, keton, alkohol dan ester. Sedangkan senyawa non volatil adalah senyawa yang berpengaruh terhadap mutu kopi antara lain asam klorogenat, kafein, trigonellin, karbohidrat dan protein (Sunarharum *et al.* 2014). Senyawa volatil dan non-volatil yang terbentuk selama proses pengolahan dan pemanggangan dari kopi akan mempengaruhi rasa dan aroma pada kopi (Sunarharum *et al.* 2014). Senyawa yang teridentifikasi pada kopi yang telah di sangrai terdiri dari golongan alkohol, keton, ester, ether, asam karboksilat, purin, pirazin, pyrol, aldehida, hidrokarbon beberapa senyawa lainnya. Golongan senyawa purin mengalami penurunan konsentrasi area setelah proses dekafeinasi. Sedangkan senyawa yang dominan muncul setelah proses fermentasi adalah dari senyawa alkohol, asam karboksilat dan ester.

Golongan alkohol mengalami peningkatan setelah proses fermentasi. Beberapa kandungan alkohol menyebabkan aroma khas yang diinginkan seperti Cyclohexyl ethanol (floral), Benzeneethanol (floral/fruity). Golongan ester berkaitan dengan aroma fruity. Sedangkan kandungan asam bertambah setelah proses fermentasi.

Pada perlakuan tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang dan perlakuan tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang senyawa yang paling dominan terdapat pada senyawa purin yaitu kafein dengan konsentrasi area 23,61% dan 24,36% yang berkontribusi pada rasa pahit pada kopi. Titik didih kafein 178°C menyebabkan kafein ikut menguap karena suhu *injector* dan suhu *detector* yang diatur >200°C Perlakuan dekafeinasi tanpa fermentasi ulang senyawa yang dominan terdapat pada senyawa hidrokarbon yaitu Hexane,1-(isopropylidencyclopropyl) dengan konsentrasi

area 34,42%. Komponen hidrokarbon memberikan kontribusi aroma *green* dan *rose-like*. Perlakuan dekafeinasi terfermentasi ulang senyawa yang dominan terdapat pada senyawa asam yaitu 9-Octadecenoic acid dengan konsentrasi area 32,72% yang berkontribusi pada aroma *fatty* (Fauzi *et al.* 2019).



Gambar 5 Komposisi kelompok senyawa volatile yang terdeteksi pada masing-masing perlakuan

Perlakuan tanpa dekafeinasi tanpa fermentasi ulang jumlah senyawa volatil 25 (Alkohol:7, Keton:4, Ester:5, Eter:1, Asam Karboksilat:2, Purin:1, Pirazin:1, Pyrol:1, Aldehida:1, Senyawa lain:2), Perlakuan dekafeinasi tanpa fermentasi ulang jumlah senyawa volatil 24 (Alkohol:2, Keton:1, Ester:5, Asam Karboksilat:1, Purin:1, Pyrol:1, Aldehida:1, Hidrokarbon:7, Senyawa lain:5, Perlakuan tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang jumlah senyawa volatil 37 (Alkohol:5, Keton:6, Ester:11, Eter:1, Asam Karboksilat:3, Purin:1, Pirazin:1, Aldehida:3, Hidrokarbon:4, Senyawa lain:2, Perlakuan dekafeinasi terfermentasi ulang jumlah senyawa volatil 29 (Alkohol:5, Keton:3, Ester:7, Eter:3, Asam Karboksilat:5, Purin:1, Aldehida:1, Hidrokarbon:2, Senyawa lain:2).

Hilangnya senyawa volatil pada proses dekafeinasi disebabkan adanya perebusan sehingga selama perebusan terjadi pelepasan beberapa senyawa volatil (Saloko *et al.* 2019). Perlakuan fermentasi juga memengaruhi senyawa

volatil pada *green bean* kopi. Senyawa volatil yang hilang setelah perlakuan dekafeinasi fermentasi ulang dibandingkan dengan tanpa dekafeinasi terfermentasi ulang yaitu Alkohol (N-[1-(N,N-dimethylaminocarbonyl)-1-phenylbut-3-enyl, 1-Octadecanethiol 4-Tetradecanol), Keton (Diacetamide, 2,3-hexanediol, Cyclohexanol, 2-(2-propynyloxy)-, trans), Ester (Acetic acid, 2-phenylethyl ester, 2-Propenoic acid, octyl ester, 2(3H)-Furanone,5-acetyldihydro), Eter (Bis-[3-oxo-6'-diethylamino-spiro(phthalan-1,9'-xanth-2'-yl) ether), Asam Karboksilat (Hexadecanoic acid, 12-Hydroxy-dodecanoic acid), Pirazin (Tetramethylpyrazine), Aldehida (2 Methyl Pentanal, 2,2-Dideutero Octadecanal), Hidrokarbon (Ethylene-D4, Butane, 2,2-dimethyl, heptane, Dodecane,2-cyclohexyl) Senyawa lain (Benzenemethanamine, 4-methyl, 1-Phenyltetrazole).

Perlakuan dekafeinasi terfermentasi ulang beberapa senyawa volatil yang muncul yaitu Alkohol (1-Pentadecanol, Cyclohexyl ethanol dan 2,3,6,7-tetramethyl 10 (4methylphenylsulfonyloxy) 1,4,4.alpha., 5,8,8a.beta., 9.beta., 9a.beta., 10.alpha., 10a.alpha.-decahydroanthracen-9-ol), Keton (1,1-Difluoro-3-iodo-4,4-dimethylpentyl Phenyl Ketone, 3-Hexanone, 2-methyl dan 3-(2-phenylethyl) pentane-2,4-dione), Ester (Decanoic acid, methyl ester, Octanoic acid, 2-methyl, methyl ester, Decanoic acid, ethyl ester, L-Proline, ethyl ester, 5-Hydroxydodecanoic Acid Lactone dan 3-Carboxymethyl-3-ethyl-2-hydroxytetrahydropyran lactone), Eter (Benzene, [(2-propenyloxy)methyl], 5-Fluoro-2,2-dimethyl-4-propyl-5-trifluoromethyl-1,3-dioxane, 2,4,5-Trimethyl-1,3-dioxolane), Aldehid (Hexadecanal-2-methyl), Hidrokarbon (2-[(t-butyl)dimethylsilylthio), n-Nonacosane) dan Senyawa lain (Dimethyl Sulfoxide, 6-thiatriacyclo).

Fermentasi ulang dapat meningkatkan cita rasa pada *green bean* kopi yang telah dekafeinasi. Hal ini diperjelas oleh penelitian yang dilakukan oleh Harada (2019), bahwa dengan melakukan fermentasi kembali pada biji kopi dapat meningkatkan karakteristik aroma dan kandungan senyawa volatil yang terdapat pada kopi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dekafeinasi dapat menurunkan cita rasa pada kopi robusta yang terlihat dari hasil *cupping test* yang

menurun. Namun, biji kopi yang terdekafeinasi yang diberi perlakuan fermentasi ulang menggunakan *mucilage* tiruan terjadi peningkatan nilai cupping test, total fenol, dan senyawa volatil. Perlakuan dekafeinasi dan fermentasi lanjut dapat menurunkan total asam dan padatan terlarut, sedangkan peningkatan total fenolik signifikan pada perlakuan dekafeinasi dan fermentasi ulang. Perlakuan fermentasi ulang pada kopi terdekafeinasi juga meningkatkan perubahan senyawa volatil pada kelompok alkohol, asam karboksilat,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi pada skim Penelitian Terapan Hibah Penelitian Kompetitif Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeltarif, S.A., Sirelkhatim, K.A., Hassan, A.B. 2018. Estimation of phenolic and flavonoid compounds and antioxidant activity of spent coffee and black tea (Processing) waste for potential recovery and reuse in Sudan. *Recycling* 3. <https://doi.org/10.3390/recycling3020027>
- Arya, M., Rao, L.J.M. 2007. An impression of coffee carbohydrates. *Crit Rev Food Sci Nutr* 47, 51–67. <https://doi.org/10.1080/10408390600550315>
- Avallone, S., Guiraud, J.P., Guyot, B., Olguin, E., Brillouet, J.M. 2000. Polysaccharide constituents of coffee-bean mucilage. *J Food Sci* 65, 1308–1311. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10602.x>
- Junior, D. B, Carvalho Guarçoni, R., de Cássia Soares da Silva, M., Gomes Reis Veloso, T., Catarina Megumi Kasuya, M., Catarina da Silva Oliveira, E., Maria Rodrigues da Luz, J., Rizzo Moreira, T., Grancieri Debona, D., Louzada Pereira, L. 2021. Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration. *Food Chem* 342, 128296. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128296>
- Caprioli, G., Cortese, M., Sagratini, G., Vittori, S. 2015. The influence of different types of preparation (espresso and brew) on coffee aroma and main bioactive constituents. *Int J Food Sci Nutr* 00, 1–9. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1064871>
- Elhalis, H., Cox, J., Zhao, J. 2020. Ecological diversity, evolution and metabolism of microbial communities in the wet fermentation of Australian coffee beans. *Int J Food Microbiol* 321, 108544. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108544>
- Farah, A. 2009. Coffee as a speciality and functional beverage, *Functional and Speciality Beverage Technology*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845695569.3370>
- Fauzi, M., Novijanto, N., Rarasati, D.P. 2019. Karakteristik Organoleptik Dan Fisikokimia Kopi Jahe Celup Pada Variasi Tingkat Penyangraian Dan Konsentrasi Bubuk Jahe. *Jurnal Agroteknologi* 13, 1. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i01.8370>
- Flavio, M.B., Luisa, P.F., Fabiana, C.R., Jos eacute, H.S.T., Gerson, S.G., Terezinha, J.G.S. 2016. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. *Afr J Agric Res* 11, 709–717. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.10569>
- Gadioli, I.L., Costa, A.M., Cerrados, E., District, F. 2018. A systematic review on phenolic compounds in Passiflora plants: Exploring biodiversity for food, nutrition, and popular medicine. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58, 785–807. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1224805>
- Hackett, P.H. 2010. Caffeine at high altitude: Java at base camp. *High Alt Med Biol* 11, 13–17. <https://doi.org/10.1089/ham.2009.1077>
- Haile, M., Kang, W.H. 2019. The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. *J Food Qual* 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- Harada, H. 2019. Volatile Compounds Changes in Unfermented Robusta Coffee by Re-Fermentation Using Commercial Kefir. *Nutrition & Food Science International Journal* 8. <https://doi.org/10.19080/nfsij.2019.08.555745>

- Iyasele, J. ., J, David Idiata, D. 2015. Investigation of the Relationship between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids for Mono-Valent, Di-Valent and Tri-Valent Metal Compounds. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 3(1), 40–48. www.researchpublish.com
- Kasim, S., Liong, S., Lullung, A. 2020. Penurunan Kadar Asam dalam Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dari Desa Rantebua Kabupaten Toraja Utara dengan Teknik Pemanasan [Reduce Acid Levels in Robusta Coffee (*Coffea canephora*) from Rantebua Village , North Toraja District by Heating Techniques. *Jurnal Riset Kimia* 6, 118–125.
- Liu, M., Liu, J., He, C., Song, H., Liu, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Guo, J., Yang, H., Su, X. 2017. Characterization and comparison of key aroma-active compounds of cocoa liquors from five different areas. *Int J Food Prop* 20, 2396–2408. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1238929>
- Narko, T., Wibowo, M.S., Damayanti, S., Wibowo, I. 2020. Effect of kombucha culture on caffeine and chlorogenic acid content in fermentation of robusta green coffee beans (*Coffea canephora* l.). *Rasayan Journal of Chemistry* 13, 1181–1186. <https://doi.org/10.31788/RJC.2020.1325675>
- Nurhayati, N. 2017. Karakteristik Sensori Kopi Celup Dan Kopi Instan Varietas Robusta Dan Arabika. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 17(2), 80–85. <https://doi.org/10.25047/jii.v17i2.547>
- Peñuela-Martínez, A.E., Zapata-Zapata, A.D., Durango-Restrepo, D.L. 2018. Performance of different fermentation methods and the effect on coffee quality (*coffea arabica* l.). *Coffee Sci* 13, 465–476. <https://doi.org/10.25186/cs.v13i4.1486>
- Poltronieri, P., Rossi, F. 2016. Challenges in Specialty Coffee Processing and Quality Assurance. *Challenges* 7, 19. <https://doi.org/10.3390/challe7020019>
- Ramaiya, S.D., Bujang, J.B., Zakaria, M.H., Saupi, N. 2019. Nutritional, mineral and organic acid composition of passion fruit (*Passiflora* species). *Food Res* 3, 231–240. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(3\).233](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(3).233)
- Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, Rinjani, M.A. 2019. The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea robusta*) using Gene Café roaster. *AIP Conf Proc* 2199. <https://doi.org/10.1063/1.5141310>
- [SCAA]. Specialty Coffee Association of America. 2015. SCAA Protocols Cupping Specialty Coffee, Specialty Coffee Association of America.
- Sinaga, H.L.R., Bastian, F., Syarifuddin, A. 2021. Effect of decaffeination and re-fermentation on level of caffeine, chlorogenic acid and total acid in green bean robusta coffee. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 807. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022069>
- Sunarharum, W.B., Williams, D.J., Smyth, H.E. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International* 62, 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Gebeyehu, B. T. 2015. Determination of Caffeine Content and Antioxidant Activity of Coffee. *American Journal of Applied Chemistry* 3, 69. <https://doi.org/10.11648/j.ajac.20150302.16>
- Pereira, G V.d.M., Soccol, V.T., Brar, S.K., Neto, E., Soccol, C.R. 2017. Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57, 2775–2788. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>
- Wang, A., Li, R., Ren, L., Gao, X., Zhang, Y., Ma, Z., Ma, D., Luo, Y. 2018. A comparative metabolomics study of flavonoids in sweet potato with different flesh colors (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Food Chem* 260, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.125>