

Perbandingan Asam Fenolat dan Total Fenolik Kopi Arabika Bogor dari Pengolahan Pascapanen dan Tingkat Sangrai Berbeda

Comparison of Phenolic Acids and Total Phenolic in Bogor Arabica Coffee Subjected to Varied Postharvest and Roasting

Muhammad Reza¹⁾, Dian Herawati^{1,2)*}, Feri Kusnandar^{1,2)}

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

²⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB University, Bogor

Abstract. Coffee is rich in phenolic compounds, which can be evaluated by the total phenolic or specific individual phenolics. The composition and concentration of phenolics in coffee are affected by various factors, including postharvest and roasting. This study aimed to compare the ratio of phenolic acid (measured as chlorogenic acid) to total phenolic in Bogor arabica coffee, considering different postharvest treatments and roasting levels. The coffee samples were treated with different postharvest (dry, wet, and honey) and roasting processes (light and dark). Green coffee bean was used as a control. The roasting process involved heating the coffee at temperatures ranging from 147.9 to 178.8°C for light roasting, and 190.2 to 200°C for dark roasting (10 minutes each). The color of the coffee beans, concentration of phenolic acid in the coffee extract, and total phenolic in the coffee extract were analyzed using a colorimeter, HPLC, and spectrophotometer respectively. The results showed that roasting significantly intensified the dark color of Bogor arabica coffee. Among the phenolic acids, the 5-CQA isomer emerged as the most dominant and was also the most susceptible to degradation during roasting. As the roasting level increased, the concentration of phenolic acid consistently decreased. Interestingly, the total phenolic initially increased in light roasted coffee but decreased in dark roasted coffee. Green coffee beans exhibited the highest proportion of phenolic acid (83%), whereas dark roasted coffee had the lowest proportion (19%). Although light roasted coffee had the highest total phenolic, its phenolic acid concentration decreased significantly compared to green coffee beans.

Keywords: arabica coffee, phenolic acids, post-harvest treatments, roasting, total phenolic compounds

Abstrak. Kopi mengandung senyawa fenolik, yang dapat dianalisis dari kandungan total fenolik atau senyawa fenolik tertentu. Komposisi dan konsentrasi fenolik dalam kopi dipengaruhi oleh proses pascapanen dan tingkat pemanggangan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan rasio asam fenolat (diukur sebagai asam klorogenat) terhadap total kandungan fenolik dalam kopi arabika Bogor, dengan mempertimbangkan perlakuan pascapanen dan tingkat penyangraian yang berbeda. Sampel kopi diberikan perlakuan pascapanen (kering, basah, dan madu) dan penyangraian (ringan dan gelap). Proses penyangraian melibatkan pemanasan kopi pada suhu antara 147,9 hingga 178,8°C untuk penyangraian ringan, dan 190,2 hingga 200°C untuk penyangraian gelap (masing-masing selama 10 menit). Biji kopi hijau digunakan sebagai kontrol. Warna biji kopi, konsentrasi asam fenolik dalam ekstrak kopi, dan konsentrasi fenolik total dalam ekstrak kopi dianalisis dengan colorimeter, HPLC, dan spektrofotometer secara berturut-turut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyangraian secara signifikan memperkuat warna gelap kopi arabika Bogor. Di antara asam fenolat, isomer 5-CQA muncul sebagai yang paling dominan dan juga paling rentan terhadap degradasi selama penyangraian. Seiring dengan peningkatan tingkat penyangraian, konsentrasi asam fenolat secara konsisten menurun. Kandungan total fenolik pada awalnya meningkat pada kopi ringan namun kembali menurun pada kopi gelap. Biji kopi hijau memiliki proporsi asam fenolat tertinggi (83%), sedangkan kopi gelap memiliki proporsi terendah (19%). Meskipun kopi ringan memiliki kandungan total fenolik tertinggi, konsentrasi asam fenolatnya menurun secara signifikan dibandingkan dengan biji kopi hijau.

Kata kunci: asam fenolat, kopi arabika, penyangraian, perlakuan pascapanen, total fenolik

Aplikasi Praktis: Hasil studi ini dapat digunakan sebagai acuan dalam memilih jenis komponen fenolik yang perlu dianalisis untuk menentukan kandungannya dalam kopi. Untuk praktisi dalam usaha kopi, penelitian ini menginformasikan bahwa proses penyangraian ringan dapat menghasilkan kopi dengan kandungan total fenolik yang tinggi.

*Korespondensi: dian@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman penyegar yang favorit dikonsumsi oleh masyarakat di seluruh dunia, dan dimanfaatkan sebagai ingredien untuk beberapa jenis makanan dan minuman. Spesies kopi yang umum dikonsumsi adalah kopi arabika (*Coffea arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora*) (ICO 2020). Kedua spesies tersebut memiliki nilai ekonomi terbesar (Vignoli *et al.* 2011). Secara global, produksi kopi arabika sekitar 60%, sedangkan robusta 40% (ICO 2017).

Selain menjadi minuman favorit karena efek stimulasi dan menyegarkan, kopi juga mendapatkan perhatian karena potensi pemanfaatannya untuk kesehatan (Bae *et al.* 2014). Biji kopi (*green coffee bean*) merupakan sumber antioksidan alami dari golongan fenolik (van der Werf *et al.* 2014). Sifat antioksidatif dari fenolik ini bermanfaat bagi tubuh manusia karena mampu melindungi organ dari pengaruh radikal bebas. Biji kopi mengandung berbagai macam senyawa fenolik yang menunjukkan kapasitas antioksidan seperti asam klorogenat, *caffeic*, *ferulic* dan *coumaric acid* (Liang dan Kitts 2015). Asam klorogenat merupakan komponen fenolik yang paling banyak ditemukan pada kopi. Bentuk utama dari asam klorogenat adalah asam 5-O-*caffeoylquinic acid* (5-CQA), yang terdiri dari asam kafeat teresterifikasi dengan asam kuintat (Jeszka-Skowron *et al.* 2016). Penelitian sebelumnya dapat mengidentifikasi delapan asam fenolat selain 5-CQA di dalam kopi, yaitu 3-CQA; 4-CQA; 3-O-*feruoylquinic acid* (3-FQA); 5-FQA; 3,4-diCQA; 3,5-diCQA; dan 4,5-diCQA (Fujioka dan Shibamoto 2008; Gawlik-Dziki *et al.* 2014; Mills *et al.* 2013).

Biji kopi yang terdapat di pasaran berasal dari proses pengolahan pasca panen yang berbeda, yaitu proses kering (*natural*), proses basah (*washed*), dan proses madu (*honey/pulped natural*). Perbedaan dari ketiga proses tersebut terletak pada penggunaan air, tahapan pengupasan kulit, dan keberadaan proses fermentasi, seperti yang dijelaskan oleh Yulianti *et al.* (2022). Pada proses kering, buah kopi langsung dijemur kemudian diikuti oleh pengupasan seluruh bagian kulit. Pada proses basah, daging buah (*pulp*) dikupas dengan mesin *pulper*, diikuti oleh proses fermentasi dan pencucian, penjemuran, dan pengelupasan sisa kulit. Proses *honey* adalah modifikasi dari proses *natural*, yaitu buah kopi dikupas bagian *pulp*-nya, kemudian dijemur dan dihilangkan sisa kulitnya. Proses pascapanen buah kopi yang berbeda ini menyebabkan perbedaan signifikan pada komposisi asam klorogenat biji kopi (Herawati *et al.* 2022; Yulianti *et al.* 2022).

Proses selanjutnya yang dilakukan pada biji kopi sebelum dikonsumsi adalah penyangraian (*roasting*). Penyangraian bertujuan untuk mengubah biji kopi yang masih berwarna hijau dan mentah menjadi biji kopi yang siap disangrai dan digiling. Penyangraian kopi dilakukan pada suhu tinggi (>190°C) yang dilakukan secara bertahap untuk menghasilkan warna kopi yang lebih gelap. Selama proses penyangraian, biji kopi mengalami reaksi Maillard yang menghasilkan senyawa kompleks seperti senyawa flavor (*pyrazine*, *pyridines*, *pyrroles*, dan lain-

lain) dan melanoidin yang memberikan cita rasa, aroma dan warna yang berbeda dari biji kopi (Hu *et al.* 2020). Proses penyangraian juga membantu untuk mengurangi kadar air biji kopi, sehingga memiliki umur simpan yang lama. Proses penyangraian menurunkan kandungan asam fenolat pada kopi (Vignoli *et al.* 2014). Kopi sangrai gelap memiliki kandungan asam fenolat yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kopi sangrai ringan karena kondisi kombinasi suhu yang lebih tinggi dan atau waktu yang lebih lama yang diterapkan pada sangrai gelap (Vignoli *et al.* 2011; Vignoli *et al.* 2014).

Pola perubahan asam fenolat sebagai pengaruh penyangraian dan perbandingannya dengan total fenolik menarik untuk dipelajari karena asam fenolat yang terdegradasi menjadi turunannya sangat mungkin terhitung sebagai total fenolik. Perbandingan asam fenolat dan total fenolik kopi yang berasal dari pascapanen yang berbeda belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kandungan asam fenolat (diukur sebagai asam klorogenat) dan total fenolik pada kopi arabika dengan perlakuan pascapanen dan tingkat penyangraian yang berbeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi kopi arabika sebagai sumber senyawa fenolik baik sebagai individu asam fenolat maupun sebagai total fenolik dan pengaruhnya terhadap kualitas kopi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Kopi yang digunakan merupakan biji kopi dari tiga pengolahan yang berbeda (*honey*, *washed*, dan *natural*) yang disuplai oleh Kemenady Coffee & Roasters. Kemenady Coffee & Roasters mendapatkan biji kopi dari mitra petani di Bogor. Bahan kimia untuk analisis yang digunakan adalah standar asam fenolat (5-Caffeoylquinic acid (CQA), 4-CQA, dan 3-CQA) (Merck, Darmstadt, Jerman), standar asam galat (Merck, Darmstadt, Jerman), air HPLC (Merck, Darmstadt, Jerman), metanol HPLC (Merck, Darmstadt, Jerman), asam format (Merck, Darmstadt, Jerman), dan pereaksi fenolik (Folin Ciocalteu) (Merck, Darmstadt, Jerman). Bahan-bahan kimia lain yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan dengan spesifikasi untuk analisis (*analytical grade*).

Persiapan sampel (Herawati *et al.* 2022)

Biji kopi disangrai dengan mesin penyangraian (IKRI, Jember, Indonesia). Biji kopi disangrai dengan dua tingkat penyangraian (ringan dan gelap). Suhu awal penyangraian 147,9°C dan suhu akhir penyangraian 178,8°C dengan waktu selama 10 menit untuk sangrai ringan dan suhu awal penyangrai 190,2°C dan suhu akhir penyangraian 200°C dengan waktu selama 10 menit untuk sangrai gelap. Biji kopi hijau juga disiapkan sebagai kontrol. Sebanyak 15 g kopi digiling dengan penggiling kopi (HL 600N; Indonesia), diayak dan dikemas dengan kemasan plastik sebelum disimpan di dalam lemari pendingin (10°C) paling lama satu bulan. Bubuk kopi yang digunakan untuk analisis adalah yang lolos

siever 20 mesh. Kopi diseduh dengan cara menambahkan 100 mL air mendidih ke dalam 5 g kopi bubuk (5 g eq./100 mL seduhan kopi) (Herawati *et al.* 2019b). Kemudian, sampel dipanaskan hingga 95°C, diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 menit, didinginkan, diaduk kembali di dalam wadah es selama 2 menit dan disaring dengan kertas saring (Whatman No. 1; Merck, Darmstadt, Jerman). Hasil seduhan kopi ini selanjutnya disebut sebagai ekstrak kopi. Seduhan biji kopi hijau (tanpa proses penyangraian) juga disiapkan dan digunakan sebagai kontrol. Padatan terlarut seduhan kopi dianalisis dengan menggunakan refraktometer. Nilai padatan terlarut berupa % brix dikonversi menjadi 100 g padatan terlarut.

Analisis warna (Herawati *et al.* 2019b)

Atribut warna dari sampel kopi diukur dengan colorimeter (CIE Color Scale Hunter Lab, MiniScan EZ; Virginia, USA). Instrumen distandarisasi dengan keramik putih standar warna untuk Hunter Lab (MSEZ1919: X=80,55, Y=85,69, dan Z=92,21). Parameter warna yang diukur adalah L*, a*, dan b*.

Analisis asam fenolat (Herawati *et al.* 2019a)

Kandungan asam fenolat (diukur sebagai tiga komponen dari kelompok asam klorogenat) dianalisis dengan HPLC (Shimadzu LC-20AD, Jepang) dengan mengacu kepada metode yang dikembangkan oleh Herawati *et al.* (2019a). Sebanyak 20 µL ekstrak kopi diinjeksikan ke dalam instrumen HPLC. Asam fenolat diseparasi dengan menggunakan kolom Zorbak C18 (4,6x150 mm, 5 µm; Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, USA). Fase gerak menggunakan LC metanol (A) dan asam format 0,05% (B) dengan laju alir 1,0 mL/menit. Program gradien di-set 5% A (0 menit), 90% A (0-30 menit), 90% A (30-35 menit), 5% A (35-40 menit), dan 5% A (40-50) menit. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 320 nm dengan menggunakan detektor UV-Vis (Shimadzu Corp., Kyoto, Jepang). Kurva standar yang digunakan adalah asam klorogenat (3-CQA, 4-CQA, dan 5-CQA) dengan konsentrasi 16-500 mg/L (6 titik). Konsentrasi 3-CQA, 4-CQA, dan 5-CQA dinyatakan dalam satuan g/100 g padatan terlarut. Asam fenolat/klorogenat lain dihitung dari *peak* selain 3-CQA, 4-CQA, dan 5-CQA yang terdeteksi pada panjang gelombang 320 nm yang merupakan panjang gelombang untuk asam klorogenat. Kurva standar yang digunakan untuk menghitung asam klorogenat lain ini adalah kurva standar 5-CQA yang merupakan asam klorogenat terbanyak pada seduhan kopi.

Analisis total fenolik (Yadav *et al.* 2020)

Kadar total fenolik dari kopi yang sudah diseduh diukur dengan cara mereaksikan seduhan kopi dengan Folin-Ciocalteu's *phenol reagent* dan larutan Na₂CO₃ 20% lalu diukur spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-2450, Tokyo, Japan) dengan mengacu pada metode sebelumnya (Yadav *et al.* 2020). Sebanyak 100 µL ekstrak kopi dilarutkan dengan 400 µL metanol. Larutan sampel ditambah dengan Folin-Ciocalteu's *phenol reagent* 10% sebanyak 2.5 mL dan larutan Na₂CO₃ 7.5% sebanyak 2.5 mL, kemudian divorteks, dan diinkubasi pada suhu 45°C selama 45 menit. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 765 nm. Larutan asam galat (0–1 mg/mL) digunakan untuk membuat kurva standar ($r^2 = 0,997$) pada panjang gelombang yang sama. Kandungan total fenolik dinyatakan sebagai ekivalen g asam galat/100 g padatan terlarut (g GAE/100 g padatan terlarut).

Analisis statistik

Analisis asam fenolat pada perlakuan pasca panen yang berbeda dan tingkat sangrai yang berbeda dianalisis dengan *one-way analysis of variance* (ANOVA) (SPSS Statistic 22; IBM Corp., New York, USA). Analisis dilanjutkan dengan Duncan's *test* jika terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Selain itu, data yang diperoleh juga dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan program Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil warna kopi sangrai

Perlakuan penyangraian kopi yang berbeda menghasilkan profil warna yang berbeda sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Semakin tinggi intensitas proses penyangraian, maka nilai L* semakin rendah untuk semua sampel kopi dari tiga pengolahan yang berbeda. Nilai L* dari biji kopi menunjukkan tingkat kecerahan kopi. Semakin tinggi nilai L maka kopi semakin cerah dan sebaliknya semakin rendah nilai L maka kopi semakin gelap. Penyangraian kopi pada penelitian ini dilakukan pada suhu awal 147,9°C dan suhu akhir 178,8°C untuk kopi sangrai ringan dan suhu awal 190,2°C dan suhu akhir 200°C untuk kopi sangrai gelap (masing-masing dipanaskan selama 10 menit). Perlakuan pemanasan ini bertujuan untuk memfasilitasi terjadinya reaksi Maillard. Ketika suhu kopi mencapai sekitar 154°C, reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino bereaksi cepat dan menghasilkan melanoidin yang membuat kopi berwarna gelap (Hu *et al.* 2020).

Tabel 1. Nilai L*, a*, dan b* kopi arabika dengan perlakuan pascapanen dan penyangraian yang berbeda

Sampel	Tingkat Penyangraian	L*	a*	b*
Honey	Biji kopi hijau	49,98±0,02	4,12±0,01	21,09±0,02
	Sangrai ringan	26,36±0,01	7,31±0,05	9,23±0,03
	Sangrai gelap	22,36±0,01	2,88±0,01	2,17±0,02
Washed	Biji kopi hijau	41,67±0,02	2,96±0,02	16,77±0,01
	Sangrai ringan	24,81±0,01	5,32±0,01	6,12±0,02
	Sangrai gelap	21,60±0,02	4,78±0,01	4,10±0,02
Natural	Biji kopi hijau	45,50±0,07	4,39±0,00	20,21±0,03
	Sangrai ringan	26,06±0,01	7,95±0,02	10,21±0,04
	Sangrai gelap	23,28±0,05	3,01±0,01	2,17±0,01

Pembentukan melanoidin selama penyangraian kopi terjadi secara konsisten, yaitu terus mengalami peningkatan selama penyangraian berlangsung (Herawati *et al.* 2019b; Vignoli *et al.* 2014). Oleh karena itu, biji kopi yang semula berwarna hijau/keabuan berubah menjadi kuning, coklat, kemudian coklat kehitaman yang semakin gelap dengan semakin lamanya waktu penyangraian. Tingkat kecerahan kopi sangrai gelap yang dihasilkan dari penelitian ini berkurang lebih dari 50% jika dibandingkan dengan biji kopinya.

Penurunan intensitas warna juga terjadi pada nilai b^* atau indeks warna kuning jika $+b^*$. Nilai b^* secara berurutan adalah biji kopi > sangrai ringan > sangrai gelap. Kopi sangrai gelap memiliki intensitas warna kuning yang paling rendah jika dibandingkan dengan sangrai ringan ataupun biji kopi. Sementara itu, nilai a^* (indeks warna kemerahan) mengalami peningkatan pada biji kopi sangrai ringan, namun menurun kembali pada kopi sangrai gelap. Hasil analisis mengindikasikan bahwa nilai L^* dan nilai b^* dapat digunakan sebagai parameter pembeda warna kopi dari tingkat penyangraian berbeda. Namun demikian, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parameter yang lebih banyak digunakan untuk menentukan tingkat penyangraian adalah nilai L^* (Herawati *et al.* 2019b; Schouten *et al.* 2021).

Kadar asam fenolat

Komposisi asam fenolat kopi arabika Bogor disajikan pada Tabel 2. Penyangraian berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap kadar asam fenolat kopi yang diolah dengan tiga jenis pascapanen berbeda (*honey*, *washed*, dan *natural*). Penyangraian ringan menurunkan asam fenolat 5-CQA secara drastis, dan penurunan ini semakin besar pada kopi sangrai gelap. Pola penurunan 5-CQA yang konsisten ditemukan pada semua jenis perlakuan pascapanen. Senyawa 5-CQA merupakan senyawa asam fenolat terbanyak pada kopi arabika. Penelitian yang dilakukan oleh Herawati *et al.* (2019b) menunjukkan bahwa 5-CQA yang merupakan jenis asam fenolat yang dominan pada kopi robusta dan berkontribusi sebanyak 68% terhadap total fenolik. Selain itu, penurunannya yang mencapai rata-rata 89% pada kopi sangrai gelap dari ketiga jenis pascapanen menunjukkan bahwa senyawa tersebut paling

sensitif terhadap kerusakan selama pe-nyangraian. Penurunan 5-CQA yang sangat signifikan selama penyangraian kopi arabika juga dilaporkan oleh Vignoli *et al.* (2014).

Kandungan 4-CQA dan 3-CQA meningkat secara signifikan ($p < 0.05$) pada kopi dengan penyangraian ringan, baik untuk jenis *honey*, *washed* dan *natural* (Tabel 2). Senyawa 5-CQA, 4-CQA dan 3-CQA merupakan senyawa isomer yang memiliki rumus kimia yang sama dengan sedikit perbedaan penempatan satu gugus hidroksil pada strukturnya (Herawati *et al.* 2019a). Menurunnya senyawa 5-CQA yang diikuti oleh meningkatnya senyawa 4-CQA dan 3-CQA diduga karena terjadinya isomerisasi 5-CQA menjadi dua senyawa isomernya tersebut. Pada kasus tertentu, 5-CQA mengalami isomerisasi menjadi 4-CQA dan 3-CQA, sebelum kemudian berubah menjadi klorogenat laktone (Farah *et al.*, 2005). Perubahan ini dapat disebabkan oleh reaksi asam fenolat lain (selain 5-CQA, 4-CQA dan 3-CQA) yang jumlahnya jauh lebih kecil dari 5-CQA juga mengalami penurunan yang signifikan pada kopi yang disangrai ringan maupun sangrai gelap untuk semua pascapanen ($p < 0.05$).

Proporsi asam fenolat terhadap total fenolik

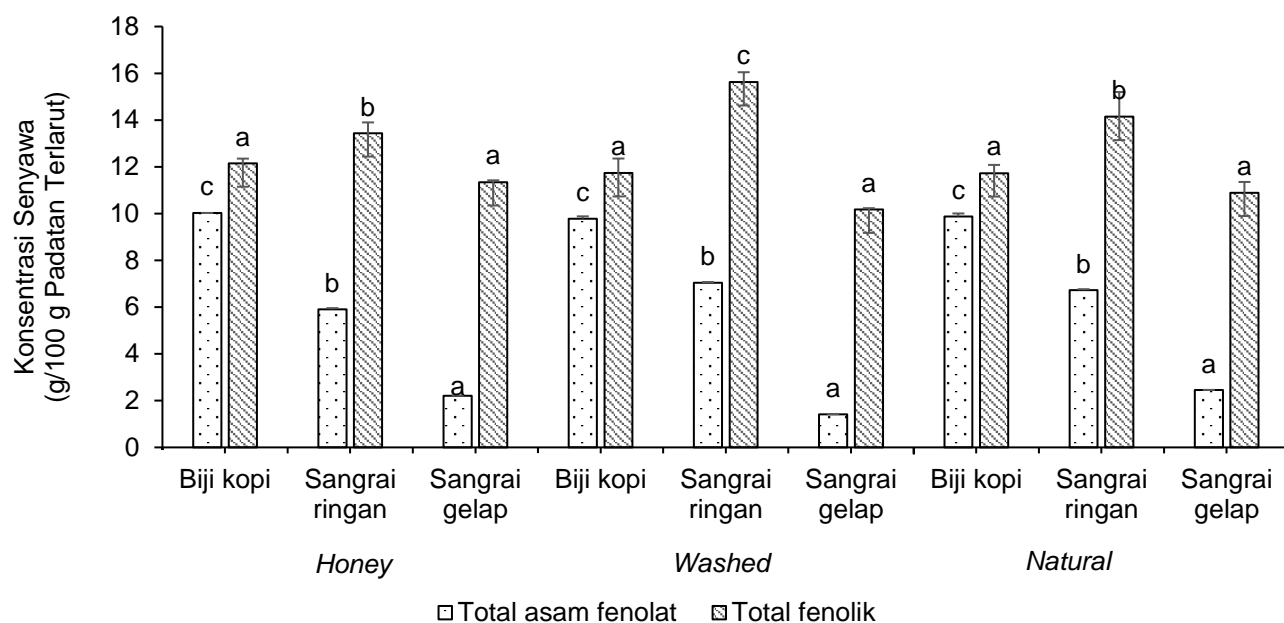
Total asam fenolat dan total asam klorogenat/fenolat kopi arabika dengan tiga jenis pascapanen dan dua tingkat penyangraian disajikan pada Gambar 1. Total fenolik kopi arabika untuk semua sampel selalu lebih besar dari asam fenolat yang diukur sebagai asam klorogenat. Hal ini dimungkinkan karena asam fenolat merupakan bagian dari total fenolik yang terdapat dalam biji kopi. Rata-rata proporsi total asam fenolat terhadap total fenolik untuk biji kopi, sangrai ringan, dan sangrai gelap secara berturut-turut adalah 83, 46, dan 19% (Tabel 3).

Setelah melalui proses penyangraian, asam klorogenat pada biji kopi secara konsisten mengalami penurunan dibandingkan biji hijau, sangrai ringan dan sangrai gelap untuk biji kopi dari proses pascapanen berbeda. Penurunan total asam fenolat mencapai rata-rata 45 dan 77% untuk sangrai ringan dan sangrai gelap. Penurunan asam fenolat/asamklorogenat yang signifikan sesuai dengan tingkat penyangraian kopi arabika juga dilaporkan oleh Cortés-Macías *et al.* (2022).

Tabel 2. Kandungan asam fenolat (dinyatakan sebagai komponen asam klorogenat), dan asam fenolat lain dari kopi arabika dengan perlakuan pascapanen dan penyangraian yang berbeda

Komponen	Honey			Washed			Natural		
	Biji Kopi Hijau	Sangrai Ringan	Sangrai Gelap	Biji Kopi Hijau	Sangrai Ringan	Sangrai Gelap	Biji Kopi Hijau	Sangrai Ringan	Sangrai Gelap
3-CQA (g/100 g padatan terlarut)	0,61±0,01 ^b	1,16±0,05 ^c	0,43±0,00 ^a	0,52±0,01 ^b	1,34±0,02 ^c	0,27±0,01 ^a	0,55±0,02 ^b	1,18±0,03 ^c	0,48±0,01 ^a
4-CQA (g/100 g padatan terlarut)	1,07±0,01 ^b	1,49±0,06 ^c	0,56±0,01 ^a	0,90±0,03 ^b	1,77±0,03 ^c	0,38±0,01 ^a	0,95±0,03 ^b	1,57±0,05 ^c	0,61±0,01 ^a
5-CQA (g/100 g padatan terlarut)	6,48±0,22 ^c	2,40±0,09 ^b	0,73±0,01 ^a	6,38±0,17 ^c	2,90±0,04 ^b	0,49±0,02 ^a	6,12±0,22 ^c	2,84±0,08 ^b	0,85±0,02 ^a
Asam fenolat Lain*	1,86±0,15 ^c	0,85±0,04 ^b	0,49±0,01 ^a	1,98±0,01 ^c	1,02±0,02 ^b	0,27±0,09 ^a	2,26±0,15 ^c	1,13±0,07 ^b	0,51±0,01 ^a

Keterangan: Nilai yang tertera pada tabel adalah rata-rata dan standar deviasi dari tiga ulangan. Huruf yang berbeda pada baris yang sama dan jenis pasca panen yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). *Asam klorogenat lain dihitung dari semua peak selain 3-CQA, 4-CQA, dan 5-CQA dengan menggunakan kurva standar 5-CQA



Keterangan: Nilai adalah rata-rata dan standar error dari tiga ulangan. Huruf yang berbeda untuk kelompok senyawa yang sama memiliki perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Pengolahan data terpisah antar pengolahan

Gambar 1. Konsentrasi total asam fenolat dan total fenolik kopi arabika dengan perlakuan pascapanen dan penyangraian

Tabel 3. Proporsi total asam fenolat terhadap total fenolik dari kopi arabica Bogor dengan perlakuan pascapanen dan penyangraian yang berbeda

Sampel	Proporsi (%)	
Biji kopi hijau	Honey	82
	Washed	83
	Natural	84
Sangrai ringan	Rataan	83
	Honey	44
	Washed	45
Sangrai gelap	Natural	48
	Rataan	46
	Honey	19
	Washed	14
	Natural	22
	Rataan	19

Penurunan asam fenolat selama penyangraian terjadi melalui beberapa mekanisme diantaranya melalui reaksi hidrolisis ikatan ester pada asam klorogenat, reaksi konjugasi hasil hidrolisis klorogenat dengan asam amino, reaksi Maillard dan dehidrasi pada struktur asam klorogenat (Moreira *et al.* 2017; Rodrigues dan Bragagnolo 2013).

Asam fenolat mengalami penurunan yang nyata ($p < 0,05$) selama penyangraian, namun total fenolik tidak menunjukkan kecenderungan yang sama. Gambar 1 menunjukkan bahwa total fenolik meningkat secara signifikan dari biji kopi hijau menjadi kopi sangrai ringan. Kenaikan ini dapat disebabkan oleh banyaknya turunan fenolik yang terbentuk saat penyangraian (van der Werf *et al.* 2014) dan turunan fenolik yang memiliki gugus hidroksil akan ikut terkuantifikasi sebagai total fenolik (Herawati *et al.* 2019b). Total fenolik kembali menurun pada kopi sangrai gelap. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya perubahan turunan senyawa fenolik yang diproduksi pada penyangraian ringan menjadi CO_2 (Wang dan Lim 2017), sehingga tidak dapat terkuantifi-

kasi sebagai total fenolik. Hal ini sejalan dengan penelitian Hećimović *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa kandungan senyawa polifenol tertinggi pada tingkat penyangraian ringan dan sedang (medium). Menurut Hu *et al.* (2020), nilai CGA pada kopi berkorelasi negatif terhadap *body* dan *balance* kopi. Penurunan nilai CGA selama proses penyangraian akan meningkatkan *body* dan *balance* pada kopi.

Penurunan senyawa fenolat yang signifikan yang tidak diikuti dengan penurunan fenolik menyebabkan proporsi asam fenolat terhadap fenolik semakin kecil dengan semakin meningkatnya tingkat penyangraian. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa fenolik yang terukur pada kopi sangrai ringan dan sangrai gelap adalah turunan atau degradasi dari asam fenolat. Studi ini juga menunjukkan bahwa analisis individu asam fenolat tetap penting dilakukan untuk mengetahui konsentrasi asam fenolat *native* yang terdapat pada sampel kopi. Sementara itu, analisis fenolik dapat digunakan untuk mengestimasi asam fenolat dan turunannya yang terdapat pada sampel kopi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini, maka dapat diketahui bahwa semakin tinggi tingkat penyangraian, kandungan asam klorogenat mengalami penurunan, namun total fenolik tidak mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun asam klorogenat menurun, namun hasil degradasinya adalah turunan senyawa fenolik yang diduga masih memiliki sifat antioksidan. Hal ini perlu dibuktikan dengan melakukan penelitian lebih lanjut.

KESIMPULAN

Penyangraian meningkatkan warna gelap dan menurunkan warna kuning kopi arabika Bogor secara signifikan, baik jenis *honey*, basah dan kering. Asam fenolat dari isomer 5-CQA adalah asam fenolat terbanyak pada kopi Bogor dan paling sensitif terhadap kerusakan selama penyangraian. Asam fenolat biji kopi > kopi sangrai ringan > kopi sangrai gelap, sedangkan total fenolik biji kopi sangrai ringan > biji kopi > kopi sangrai gelap. Kopi dari pascapanen yang berbeda memiliki pola perubahan asam fenolat dan total fenolik yang sama pada tiga tingkat penyangraian. Proporsi asam fenolat terhadap total fenolik menurun dengan meningkatnya tingkat penyangraian. Kopi arabika dari pasacapanen dan penyangraian berbeda merupakan sumber total fenolik meskipun dengan komposisi senyawa yang berbeda. Penelitian ini belum mencakup pengaruh penanganan pasca panen dan penyangraian terhadap mutu fisikokimia dan sensori dari biji kopi yang dihasilkan. Penelitian yang terkait ini akan menjadi fokus pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemendikbudristek atas dukungan biaya penelitian dengan skema Penelitian Kerjasama Dalam Negeri (No. 102/E5/PG.02.00.PL/2023 and; 18760/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2023, 19 Juni, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Bae JH, Park JH, Im SS, Song DK. 2014. Coffee and health. *Integr Med Res* 3(4): 189–191. DOI: 10.1016/j.imr.2014.08.002.
- Cortés-Macías ET, López CF, Gentile P, Girón-Hernández J, López AF. 2022. Impact of post-harvest treatments on physicochemical and sensory characteristics of coffee beans in Huila, Colombia. *Post-harvest Biol Technol* 187: 111852. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2022.111852.
- Farah A, de Paulis T, Trugo LC, Martin PR. 2005. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *J Agric Food Chem* 53(5): 1505–1513. DOI: 10.1021/jf048701t.
- Fujioka K, Shibamoto T. 2008. Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chem* 106(1): 217–221. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.05.091.
- Gawlik-Dziki U, Świeca M, Dziki D, Kowalska I, Pecio Ł, Durak A, Seczyk Ł. 2014. Lipoxygenase inhibitors and antioxidants from green coffee-mechanism of action in the light of potential bioaccessibility. *Food Res Int* 61: 48–55. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.05.002.
- Hečimović I, Belščak-Cvitanović A, Horžić D, Komes D. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem* 129(3): 991–1000. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.05.059.
- Herawati D, Giriwono PE, Dewi FNA, Kashiwagi T, Andarwulan N. 2019a. Three major compounds showing significant antioxidative, α -glucosidase inhibition, and antiglycation activities in Robusta coffee brew. *Int J Food Prop* 22(1): 994–1010. DOI: 10.1080/10942912.2019.1622562.
- Herawati D, Giriwono PE, Dewi FNA, Kashiwagi T, Andarwulan N. 2019b. Critical roasting level determines bioactive content and antioxidant activity of Robusta coffee beans. *Food Sci Biotechnol* 28: 7–14. DOI: 10.1007/s10068-018-0442-x.
- Herawati D, Loisanjaya MO, Kamal RH, Adawiyah DR, Andarwulan N. 2022. Profile of bioactive compounds, aromas, and cup quality of Excelsa coffee (*Coffea liberica* var. *dewevrei*) prepared from diverse postharvest processes. *Int J Food Sci* 2022: 2365603. DOI: 10.1155/2022/2365603.
- Hu G, Peng X, Gao Y, Huang Y, Li X, Su H, Qiu M. 2020. Effect of roasting degree of coffee beans on sensory evaluation: Research from the perspective of major chemical ingredients. *Food Chem* 331: 127329. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127329.
- [ICO] International Coffee Organization. 2017. ICO-World coffee production-International Coffee Organization. <https://www.ico.org/prices/po-production.pdf>. [20 Februari 2018].
- [ICO] International Coffee Organization. 2020. ICO-Coffee production by exporting country-International Coffee Organization. <https://www.ico.org/prices/po-production.pdf>. [9 Februari 2020].
- Jeszka-Skowron M, Stanisz E, De Peña MP. 2016. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *LWT-Food Sci Technol* 73: 243–250. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.06.018.
- Liang N, Kitts DD. 2015. Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. *Nutrients* 8(1): 16. DOI: 10.3390/nu8010016.
- Mills CE, Oruna-Concha MJ, Mottram DS, Gibson GR, Spencer JPE. 2013. The effect of processing on chlorogenic acid content of commercially available coffee. *Food Chem* 141(4): 3335–3340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.014.
- Moreira ASP, Nunes FM, Simões C, Maciel E, Domingues P, Domingues MRM, Coimbra MA. 2017. Transglycosylation reactions, a main mechanism of phenolics incorporation in coffee melanoidins: Inhibition by Maillard reaction. *Food Chem* 227: 422–431. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.107.

- Rodrigues NP, Bragagnolo N. 2013. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC-DAD-MSⁿ. *J Food Compos Anal* 32(2): 105–115. DOI: 10.1016/j.jfca.2013.09.002.
- Schouten MA, Tappi S, Angeloni S, Cortese M, Caprioli G, Vittori S, Romani S. 2021. Acrylamide formation and antioxidant activity in coffee during roasting – A systematic study. *Food Chem* 343: 128514. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128514.
- van der Werf R, Marcic C, Khalil A, Sigrist S, Marchioni E. 2014. ABTS radical scavenging capacity in green and roasted coffee extracts. *LWT-Food Sci Tech* 58(1): 77–85. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.053.
- Vignoli JA, Bassoli DG, Benassi MT. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chem* 124(3): 863–868. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.008.
- Vignoli JA, Viegas MC, Bassoli DG, Benassi MT. 2014. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. *Food Res Int* 61: 279–285. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.06.006.
- Wang X, Lim, LT 2017. Investigation of CO₂ precursors in roasted coffee. *Food Chem* 219: 185–192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.095.
- Yadav KC, Parajuli A, Khatri BB, Shiwakoti LD. 2020. Phytochemicals and quality of green and black teas from different clones of tea plant. *J Food Qual* 2020: 8874271. DOI: 10.1155/2020/8874271.
- Yulianti Y, Andarwulan N, Adawiyah DR, Herawati D, Indrasti D. 2022. Physicochemical characteristics and bioactive compound profiles of Arabica Kalosi Enrekang with different postharvest processing. *Food Sci Technol Campinas* 42: 67622. DOI: 10.1590/fst.67622.

JMP-03-23-06-Naskah diterima untuk ditelaah pada 3 Maret 2023. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 27 Agustus 2023. Versi Online: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>