



Aktivitas Antioksidan Teh Hijau dan Teh Hitam

Antioxidant Activity of Green Tea and Black Tea

Nadya Khadijah Wibowo¹, Marcellino Rudyanto¹, Djoko Agus Purwanto^{1*}

¹Departemen Ilmu Kefarmasian, Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya

*Corresponding author: djokoagus@ff.unair.ac.id

INFO ARTIKEL

Dikirim:
28 Oktober 2022

Direvisi:
19 November 2022

Diterima:
24 Desember 2022

Terbit *Online*:
31 Desember 2022

ABSTRAK

Teh adalah minuman terpopuler kedua setelah air putih di dunia. Konsumsi teh hitam di Indonesia lebih banyak dibandingkan teh hijau. Daun teh mengandung antioksidan yang dapat mencegah penyakit degeneratif seperti kanker. Teh hijau memiliki senyawa antioksidan total lebih banyak dibandingkan jenis teh lainnya. Antioksidan dalam teh terutama diperoleh dari senyawa katekin, sehingga semakin tinggi nilai total katekin maka aktivitas antioksidannya semakin besar. Berbeda dengan teh hitam yang mengalami proses fermentasi sebelum dikemas menjadi olahan teh, teh hijau tidak difermentasi. Ulasan ini menegaskan kembali aktivitas antioksidan teh hijau dibandingkan teh hitam berdasarkan total katekin dan nilai IC₅₀ DPPH. Aktivitas antioksidan teh hijau lebih besar dibandingkan teh hitam. Nilai total katekin pada teh hijau lebih besar dibandingkan teh hitam, sedangkan nilai IC₅₀ DPPH pada teh hijau lebih kecil dibandingkan teh hitam. Hasil tinjauan literatur ini merekomendasikan bahwa penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan berdasarkan potensi aktivitas teh hijau dan teh hitam.

Kata Kunci : Aktivitas Antioksidan, Teh Hijau, Teh Hitam

ABSTRACT

Tea is the second most popular drink after water in the world. Consumption of black tea in Indonesia is more than green tea. Tea leaves contain antioxidants that can prevent degenerative diseases such as cancer. Green tea has more total antioxidant compounds than other types of tea. Antioxidants in tea are mainly obtained from catechin compounds, so the higher the total catechin value, the greater the antioxidant activity. Unlike black tea which undergoes a fermentation process before being packaged into tea preparations, green tea is not fermented. This review reiterates the antioxidant activity of green tea compare to black tea based on the total catechin and IC₅₀ of DPPH values. The antioxidant activity of green tea was greater than black tea. The total value of catechins in green tea was greater than black tea, while the IC₅₀ DPPH value in green tea was smaller than black tea. Results of this literature review recommended that further research might be developed based on the potential activity of green and black teas.

Kata Kunci : Antioxidant Activity, Green Tea, Black Tea

PENDAHULUAN

Radikal bebas dapat berasal dari proses metabolisme esensial normal dalam tubuh manusia atau dari sumber eksternal seperti paparan sinar-X, ozon, merokok, polutan udara, dan bahan kimia industri. Radikal bebas yang terbentuk dari proses metabolisme dalam tubuh adalah ROS (*Reactive Oxygen Species*). Jika radikal bebas berada dalam jumlah yang besar dan jumlah antioksidan dalam tubuh tidak cukup untuk mengimbangnya, maka akan terjadi kondisi yang disebut stres oksidatif yang dikaitkan dengan berbagai penyakit. Radikal bebas akan menyerang lipid, protein, dan DNA, kemudian akan memicu sejumlah penyakit. Oleh karena itu, penerapan sumber antioksidan eksternal dapat membantu dalam mengatasi stres oksidatif (Lobo *et al.*, 2010).

Antioksidan adalah senyawa yang pada konsentrasi rendah dapat menunda atau mencegah oksidasi substrat. Sistem antioksidan bekerja dengan mencegah oksidasi dengan menstabilkan radikal bebas, sehingga dapat mengurangi stres oksidatif dan mencegah kerusakan dalam tubuh manusia. Antioksidan dapat berasal dari dalam dan asupan dari luar tubuh manusia. Contoh antioksidan yang sering dikonsumsi adalah vitamin C, vitamin E, karoten, glutathion, flavonoid, dan lain-lain (Santos-Sánchez *et al.*, 2019). Sebagai salah satu antioksidan, senyawa golongan flavonoid banyak ditemukan dalam tanaman teh atau *Camellia sinensis* L.

Teh mengandung senyawa golongan flavonoid, yaitu flavanol yang berfungsi sebagai antioksidan. Senyawa flavanol dengan sifat antioksidan yang paling banyak ditemukan dalam teh hijau adalah katekin, yang utama dalam daun teh adalah *epicatechin* (EC), *epicatechin gallate* (ECG), *epigallocatechin* (EGC), dan *epigallocatechin gallate* (EGCG). *Epigallocatechin* merupakan senyawa katekin dengan jumlah paling melimpah dan aktif, sehingga sering digunakan sebagai indikator kualitas produk teh hijau (Ananingsih *et al.*, 2013).

Proses produksi daun teh dapat mempengaruhi kadar antioksidan, misalnya proses pemanasan yang dapat menurunkan kadar antioksidan. Berdasarkan proses produksinya, teh dibagi menjadi teh hitam, teh hijau, teh oolong. Teh hijau diproses tanpa fermentasi, teh oolong diproses semifermentasi, dan teh hitam sepenuhnya difermentasi. Disebutkan bahwa teh hijau memiliki total senyawa antioksidan yang lebih banyak

dibandingkan teh jenis lainnya (Kosińska & Andlauer, 2014).

Teh merupakan minuman terpopuler kedua setelah air putih di dunia (Rohdiana, 2015). Menurut Setjen Pertanian tahun 2014, konsumsi teh di Indonesia mencapai 0,61 kg perkapita. Konsumsi teh hitam di Indonesia lebih banyak dibandingkan teh hijau. Konsumsi teh hitam dilakukan untuk relaksasi dan dilakukan oleh konsumen yang percaya akan khasiatnya (Nugraha *et al.*, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Indonesia cenderung mengkonsumsi teh untuk rasa nikmat dan penghilang dahaga tanpa mengetahui khasiatnya. Kajian literatur ini bertujuan untuk membandingkan khasiat teh hitam dan teh hijau, sehingga menjadi landasan ilmiah bagi masyarakat dalam mengkonsumsinya.

Aktivitas antioksidan teh hitam dan teh hijau dibandingkan berdasarkan total katekin dan nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration*) yang didapat dari metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Total katekin dihitung dari jumlah seluruh senyawa katekin yang terdapat dalam daun teh. Senyawa katekin merupakan senyawa dengan sifat antioksidan yang paling banyak ditemukan dalam teh, sehingga semakin tinggi nilai total katekin, maka aktivitas antioksidannya juga semakin besar. Nilai IC_{50} menunjukkan konsentrasi sampel yang diperlukan untuk meredam 50% radikal bebas DPPH. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai IC_{50} , maka aktivitas antioksidan semakin besar (Santos-Sánchez *et al.*, 2019).

Asal dan karakteristik tanaman teh

Tanaman teh (*Camellia sinensis* L.) merupakan tanaman yang berasal dari negara Cina. Tanaman ini dapat tumbuh terutama di daerah tropis dan subtropis seperti Cina, India, Sri Lanka, dan Jepang. Tanaman teh juga dibudidayakan di beberapa Negara Afrika dan Amerika Selatan (Senanayake, 2013). Tinggi tanaman teh jenis ini dapat mencapai sekitar 3 meter, memiliki banyak cabang dan pertumbuhan cabangnya di dekat permukaan tanah. Ujung daunnya runcing pendek, dan ukuran daunnya sekitar 9 cm, berwarna hijau gelap. Teh juga merupakan minuman terpopuler kedua setelah air putih di dunia (Rohdiana, 2015).

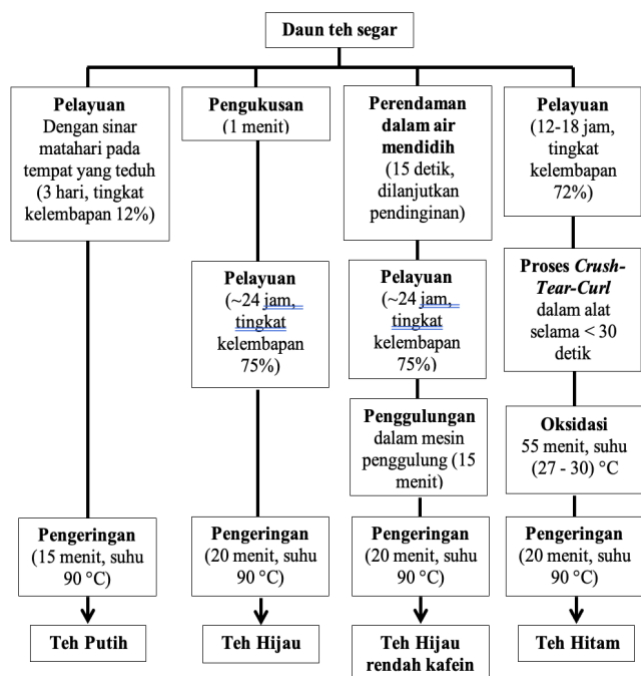
Menurut USDA *Plants Database* (2017), tanaman teh (*Camellia sinensis* L.) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivision : Spermatophyta

Division : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Subclass : Dilleniidae
 Order : Theales
 Family : Theaceae
 Genus : *Camellia* L.
 Species : *Camellia sinensis* (L.) Kuntze

Jenis teh berdasarkan pengolahannya

Daun teh setelah dipetik, diolah dengan berbagai cara (Gambar 1) dan menghasilkan karakteristik yang berbeda-beda, baik dari organoleptis, maupun kandungan senyawa aktifnya.



Gambar 1. Proses pengolahan daun teh (Carloni, *et al.*, 2013)

Teh hitam

Pengolahan teh hitam secara tradisional terdiri dari empat tahap, yaitu pelayuan, penggulungan, oksidasi, dan pengeringan. Selama proses pelayuan yang dilakukan selama 12 – 18 jam, daun teh sebagian kehilangan kelembabannya dengan tingkat kelembapan berkurang dari ~70 – 80 % menjadi 60 – 70 %, dan daun teh menjadi lembek, sehingga dapat dipelintir atau digulung tanpa kerusakan pada proses penggulungan. (Deb & Pou, 2016). Proses oksidasi dilakukan pada suhu 24 – 27 °C selama 60 menit. Proses ini dilakukan oleh enzim oksidasi polifenol yang berada dalam daun teh. Selama proses tersebut, daun teh berubah warna menjadi coklat kehitaman (Pou, *et al.*, 2019). Selain itu, proses ini juga mengoksidasi senyawa katekin menjadi teafavin dan tearubigin yang memiliki sifat antioksidan yang lebih rendah

(Kosińska & Andlauer, 2014). Terakhir adalah tahap pengeringan yang dilakukan pada suhu 120 °C selama 120 menit hingga tingkat kelembapannya menjadi 3 – 4 % (Carloni, *et al.*, 2013).

Teh hijau

Daun teh yang baru dipetik diproses dengan tahapan pelayuan selama 8 – 10 jam, pemanasan pada suhu 100 °C, penggulungan daun, dan proses pengeringan. Tahap pelayuan berfungsi untuk melunakkan daun sehingga dapat digulung dengan mudah (Rahman, 2020). Tahap pemanasan, baik dengan uap ataupun panas kering, bertujuan untuk menonaktifkan enzim polifenol oksidase yang tahan panas sehingga diharapkan tidak terjadi proses oksidasi. Hal ini membuat teh hijau memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dari jenis lainnya. (Senanayake, 2013). Tahap penggulungan berfungsi untuk melepaskan minyak pada teh, Tahap pengeringan bertujuan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme (Kosińska & Andlauer, 2014).

Antioksidan

Antioksidan adalah molekul yang cukup stabil untuk menyumbangkan elektron ke radikal bebas dan menetralkan radikal bebas sehingga dapat mengurangi kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Antioksidan bertindak sebagai penangkap radikal, donor hidrogen, donor elektron, pengurai peroksida, dan agen pengkelat logam dalam intraseluler dan ekstraseluler untuk mendetoksifikasi ROS. (Lobo *et al.*, 2010). Antioksidan berfungsi sebagai molekul yang melindungi target biologis dari kerusakan oksidatif (Halliwell, 2010).

Macam-macam antioksidan

Antioksidan dibagi menjadi dua macam berdasarkan sumbernya, yaitu antioksidan endogen dan eksogen. Antioksidan endogen adalah antioksidan yang berasal dan diproduksi dari dalam tubuh manusia. Contohnya adalah enzim Superoksida Dismutase (SOD) dan Glutation Peroksidase (GPx). Antioksidan eksogen adalah antioksidan yang berasal dari luar tubuh manusia. Antioksidan eksogen dibagi lagi menjadi dua, yaitu antioksidan sintesis, dan antioksidan alami. Antioksidan sintesis adalah antioksidan yang berasal dari sintesis senyawa kimia. Contohnya adalah Butylated Hidroxyanisole (BHA), Butylated Hidroxytoluene (BHT), dan Propyl Gallate (Parwata, 2016). Antioksidan alami adalah antioksidan yang berasal dari bahan alam. Contohnya adalah

vitamin (vitamin C dan vitamin E), herbal dan rempah-rempah (thyme, lada, kayu manis, pala, cengkeh, rosemary, dan oregano), dan ekstrak tumbuhan (teh dan biji anggur) (Sindhi *et al.*, 2013).

Mekanisme kerja antioksidan

Terdapat dua prinsip utama dalam mekanisme Antioksidan. Pertama adalah mekanisme pemutusan rantai di mana antioksidan primer akan mendonasikan sebuah elektron ke radikal bebas yang ada dalam sistem. Mekanisme kedua adalah melibatkan penghilangan ROS / pemrakarsa ROS (antioksidan sekunder) dengan memadamkan katalis pemrakarsa rantai. Antioksidan dapat memberikan efeknya pada sistem biologis dengan mekanisme yang berbeda termasuk donasi elektron, *chelating agent*, co-antioksidan, atau dengan regulasi ekspresi gen (Lobo *et al.*, 2010).

Kandungan senyawa aktif dalam teh

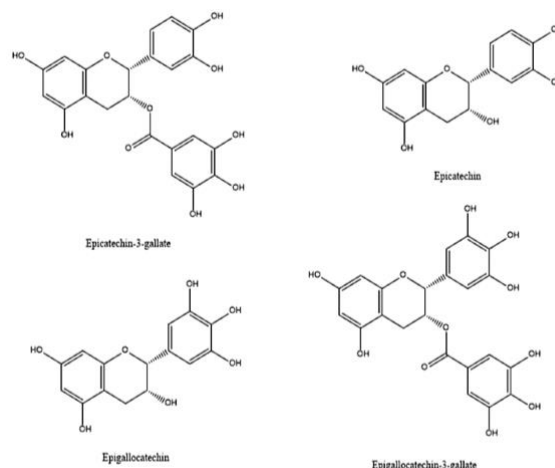
Beberapa senyawa aktif yang kita temukan dalam seduhan daun teh hijau kering sangat beragam (Rady *et al.*, 2018) didominasi oleh polifenol (Tabel 1). Senyawa nutrasetikal utama dalam teh hijau adalah katekin. Katekin memiliki struktur dasar flavanol dari golongan flavonoid. Selain itu, daun teh mengandung polifenol lain seperti asam galat, kuersetin, kaempferol, mirisetin dan glikosida.

Tabel 1. Senyawa dalam seduhan daun teh hijau

No.	Kelompok Molekul	Komponen	Kandungan (%)
1.	Polifenol	Katekin	30 – 42
		Flavonol (Kaempferol, Kuersetin, dan Mirisetin)	5 – 10
2.	Asam organik	Asam Galat	0,5
		Asam Folat	0,5
		Asam organik lain	4 – 5
3.	Metilsantin	Kafein, Teobromin, Teofilin	7 – 10
4.	Mineral	Aluminium, Magnesium, Besi, Kalium, Fosfor, Zink, Natrium	6 – 8
5.	Senyawa Volatil		0,02 – 1

Katekin merupakan senyawa dengan aktivitas antioksidan yang paling efektif dibanding polifenol lainnya. Senyawa katekin yang utama dalam daun teh adalah EC, ECG, EGC, dan EGCG (Gambar 2). Senyawa EGCG merupakan senyawa katekin dengan jumlah paling melimpah dan aktif, biasanya digunakan sebagai indikator kualitas (Ananingsih *et al.*, 2013). Senyawa

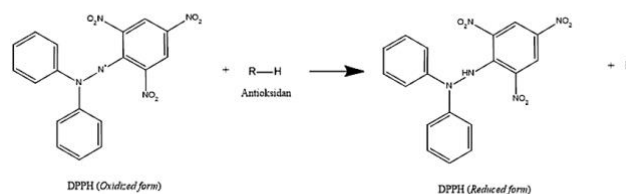
golongan katekin merupakan antioksidan fenolik dengan sifat donor elektron yang luar biasa dan penangkap radikal yang efektif dari ROS (Senanayake, 2013).



Gambar 2. Senyawa katekin dalam teh hijau

Penentuan aktivitas antioksidan

Penentuan aktivitas antioksidan teh hijau dan hitam dapat dilakukan dengan DPPH dan menentukan nilai IC₅₀. Metode DPPH merupakan radikal bebas yang stabil karena elektron pi dari sistem aromatik yang ada dalam molekul dapat mengkompensasi kekurangan elektron (Santos-Sánchez *et al.*, 2019). Molekul DPPH memiliki elektron cadangan yang terdelokalisasi di atas molekul secara keseluruhan, sehingga molekulnya tidak mengalami dimerisasi. Delokalisasi elektron menimbulkan warna ungu tua yang ditandai dengan pita serapan dalam larutan etanol yang berpusat pada sekitar 517 nm. Ketika larutan DPPH dicampur dengan substrat yang dapat mendonasikan atom hidrogen, seperti antioksidan, maka DPPH akan tereduksi yang ditandai hilangnya warna violet (Gambar 3).



Gambar 3. Reaksi DPPH dengan antioksidan

Untuk penentuan aktivitas antioksidan teh hijau dan hitam dilakukan penyiapan ekstrak sampel dari seduhan teh dalam air, diambil sebanyak 0,2 mL, diencerkan dengan metanol dan 2 mL larutan DPPH (0,5 mM) ditambahkan. Setelah 30

menit, absorbansi diukur pada 517 nm. Persentase penangkapan radikal DPPH dihitung menggunakan persamaan seperti yang diberikan di bawah ini:

$$\% \text{ Inhibisi radikal DPPH} = ([A_{br} - A_{ar}] / A_{br}) \times 100$$

Nilai A_{br} adalah absorbansi sebelum reaksi dan A_{ar} adalah absorbansi setelah reaksi berlangsung. Metode DPPH merupakan metode yang efisien, karena analisisnya dapat dilakukan dengan cepat dan sederhana, serta cocok untuk sampel dengan panjang gelombang yang tidak mendekati 517 nm (Alam *et al.*, 2013). Kemudian aktivitas antioksidan sampel akan dianalisis dengan nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration*). Nilai IC_{50} menunjukkan konsentrasi sampel yang diperlukan untuk meredam 50% radikal bebas DPPH. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai IC_{50} , maka aktivitas antioksidan semakin besar (Santos-Sánchez *et al.*, 2019).

Beberapa hasil penelitian yang telah dilaporkan menunjukkan bahwa kadar katekin total dalam teh hijau dan hitam bervariasi (Tabel 2), sehingga aktivitas antioksidannya juga bervariasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil uji antara lain pelarut yang digunakan. Ning, *et al.*, (2016) menggunakan metanol 70% sebagai pelarut, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Carloni *et al.*, (2013) menggunakan air sebagai pelarut. Lingkungan tumbuh tanaman teh, pelarut yang digunakan, serta temperatur dan waktu ekstraksi daun teh juga perlu diperhatikan. Lingkungan tumbuh tanaman teh meliputi nutrisi tanah, cahaya, temperatur, dan kelembaban. Beberapa penelitian hanya memasukkan EGCG, EGC, ECG, dan EC. Teh hijau dan hitam pada penelitian dengan sampel dari China (Zhang, *et al.*, 2011) memiliki nilai total katekin sebesar $66,38 \pm 35,87$ (mg/g) dan $7,79 \pm 1,78$ (mg/g), sedang pada penelitian dengan sampel dari

Kenya (Yashin, *et al.*, 2011) memiliki nilai total katekin sebesar 14,93 (mg/g) dan 3,07 (mg/g).

Tabel 3 menunjukkan perbedaan nilai total katekin dari teh hijau yang diseduh dalam suhu 60 °C selama 30 menit dengan pelarut yang berbeda.

Tabel 3. Kadar total katekin dalam seduhan teh hijau dengan berbagai pelarut

No.	Pelarut	Total Katekin (mg/g)
1.	Metanol	91,406
2.	Air	32,197
3.	Asetonitril	22,608
4.	Etanol	14,271
5.	Heksana	2,823

Faktor lingkungan tumbuh tanaman teh meliputi nutrisi tanah, cahaya, temperatur, dan kelembaban, akan mempengaruhi produksi jumlah senyawa-senyawa polifenol yang memberikan kontribusi terbesar atas aktivitas antioksidan daun teh. Akibatnya, nilai IC_{50} teh yang didapat akan berbeda-beda. Selain itu, jenis pelarut yang digunakan serta suhu dan waktu ekstraksi dalam penelitian juga akan menyebabkan perbedaan jumlah senyawa antioksidan yang diekstraksi, sehingga akan menyebabkan perbedaan pada nilai IC_{50} . Aktivitas antioksidan teh didapatkan dari banyak senyawa didalamnya, seperti vitamin C, asam fenolat, katekin, flavonol, serta senyawa polifenol lainnya dalam teh. Terdapat sekitar 36% senyawa polifenol dari seluruh berat kering daun teh (Vuong, *et al.*, 2010). Senyawa polifenol dalam teh didominasi oleh senyawa katekin, yaitu sekitar 13,5 – 31 % dari seluruh berat kering daun teh (Utami, 2018).

Tabel 2. Kandungan total katekin dalam teh

No	Pustaka	Total Katekin (mg/g)	
		Teh Hijau	Teh Hitam
1.	Bhagwat, <i>et al.</i> , 2003	1,32	0,34
2.	Karori, <i>et al.</i> , 2007	100,4	30,7
3.	Wang, <i>et al.</i> , 2011	$105,85 \pm 35,69$	$10,18 \pm 6,68$
4.	Yashin, <i>et al.</i> , 2011	14,93	3,07
5.	Zhang, <i>et al.</i> , 2011	$66,38 \pm 35,87$	$7,79 \pm 1,78$
6.	Yang & Liu, 2012	$24,4 \pm 0,9$	$13,9 \pm 0,8$
7.	Carloni, <i>et al.</i> , 2013	$1,94 \pm 0,57$	$0,24 \pm 0,06$
8.	Yi, <i>et al.</i> , 2015	112,72	7,22
9.	Ning, <i>et al.</i> , 2016	101,4	13,6

Tabel 4. Daya antioksidan teh hijau dan hitam dinyatakan sebagai IC_{50}

No	Pustaka	IC_{50} DPPH (μ g/mL)	
		Teh Hijau	Teh Hitam
1.	Anissi, <i>et al.</i> , 2014	31,8	153,1
2.	Enko & Gliszczynska-Świgło, 2015	$6,5 \pm 0,34$	$13,59 \pm 0,58$
3.	Leslie & Gunawan, 2019	58,61	137,6
4.	Parajuli, <i>et al.</i> , 2020	45,15	51,88
5.	Zaiyar & Marliza, 2020	10,804	25,79

Kandungan komponen dalam teh hijau yang lebih besar dari pada teh hitam adalah katekin, flavonol, dan asam fenolat, kandungan yang sama besarnya adalah asam organik, kafein, teobromin, teofilin, mineral, dan vitamin, sedangkan kandungan yang lebih kecil adalah polifenol lain (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan komponen senyawa dalam teh hijau dan hitam

No.	Komponen	Kandungan (%)	
		Teh Hijau	Teh Hitam
1.	Katekin	10 – 30	3 – 10
2.	Flavonol	2	1
3.	Asam fenolat	2	1
4.	Polifenol lain	3 – 6	3 – 10
5.	Teaflavin	0	2 – 6
6.	Tearubigin	0	10 – 20
7.	Asam organik	2	2
8.	Kafein, Teobromin, Teofilin	3 – 6	3 – 6
9.	Mineral dan Vitamin	10 – 13	10 – 13

Senyawa katekin dalam teh hitam lebih sedikit dibandingkan teh hijau dan teh hijau tidak memiliki senyawa teaflavin dan tearubigin. Hal ini disebabkan karena senyawa katekin dalam teh hitam terdegradasi menjadi senyawa katekin yang lain (tearubigin dan teaflavin) dengan aktivitas antioksidan yang lebih lemah akibat proses fermentasi. Sedang komposisi katekin dengan aktivitas antioksidan yang lebih kuat dalam teh hijau tidak terpengaruh akibat peniadaan proses fermentasi. Akibatnya, aktivitas antioksidan total pada teh hijau lebih besar daripada teh hitam.

KESIMPULAN

Nilai total katekin berkorelasi dengan aktivitas antioksidan total baik dalam teh hijau maupun teh hitam. Selanjutnya, dari data-data yang disajikan, dapat diketahui bahwa nilai total katekin teh hijau lebih besar dibandingkan teh hitam dan nilai IC_{50} DPPH teh hijau lebih kecil dibandingkan teh hitam. Berdasarkan kajian literatur, aktivitas antioksidan teh hijau lebih besar dibandingkan teh hitam. Diharapkan kajian literatur ini dapat menjadi informasi ilmiah terkait aktivitas antioksidan teh hijau dan teh hitam, serta dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan teh yang berkhasiat bagi kesehatan masyarakat Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. N., Bristi, N. J., and Rafiquzzaman, M., 2013. Review on In Vivo and In Vitro Methods Evaluation of Antioxidant Activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, Vol. 21 No. 2, pp. 143-152.
- Ananingsih, V. K., Sharma, A., and Zhou, W., 2013. Green Tea Catechins During Food Processing and Storage: A Review on Stability and Detection. *Food Research International*, Vol. 50 No. 2, pp. 469-479.
- Anissi, J., El Hassouni, M., Ouardaoui, A., and Sendide, K., 2014. A Comparative Study of The Antioxidant Scavenging Activity of Green Tea, Black Tea and Coffee Extracts: A Kinetic Approach. *Food Chemistry*, Vol. 150, pp. 438-447.
- Brieger, K., Schiavone, S., Miller, F. J., and Krause, K. H., 2012. Reactive Oxygen Species: From Health to Disease. *Swiss Medical Weekly*, Vol. 142, p. w13659.
- Bhagwat, S., Beecher, G. R., Haytowitz, D. B., Holden, J. M., Dwyer, J., Peterson, J., Gebhardt, S.E., Eldridge, A.L., Agarwal, S., and Balentine, D. A., 2003. Flavonoid Composition of Tea: Comparison of Black and Green Teas. *USDA Agricultural Research Service*.
- Carlioni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customo, C., Kay, A., and Damiani, E., 2013. Antioxidant Activity of White, Green and Black Tea Obtained From The Same Tea Cultivar. *Food Research International*, Vol. 53 No. 2, pp. 900-908.
- Deb, S. and Jolvis Pou, K. R. 2016. A Review of Withering in The Processing of Black Tea. *Journal of Biosystems Engineering*, Vol. 41 No. 4, pp. 365-372.
- Enko, J., and Gliszczynska-Świgło, A., 2015. Influence of The Interactions Between Tea (*Camellia sinensis*) Extracts and Ascorbic Acid on Their Antioxidant Activity: Analysis With Interaction Indexes and Isobolograms. *Food Additives & Contaminants: Part A*, Vol. 32 No. 8, pp. 1234-1242.

- Halliwell, B., 2011. Free Radicals and Antioxidants—Quo Vadis? *Trends in Pharmacological Sciences*, Vol. 32 No.3, pp. 125-130.
- Karori, S. M., Wachira, F. N., Wanyoko, J. K., and Ngure, R. M., 2007. Antioxidant Capacity of Different Types of Tea Products. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 6 No. 19, pp. 2287-2296.
- Kementerian Pertanian. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016 (Teh)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian.
- Kosińska, A., and Andlauer, W., 2014. *Antioxidant Capacity of Tea: Effect of Processing and Storage*. In Processing and Impact on Antioxidants in Beverages. Academic Press, pp. 109-120.
- Krumova, K., and Cosa, G., 2016. Overview of Reactive Oxygen Species. *Singlet Oxygen: Applications in Biosciences and Nanosciences*, Vol. 1, pp. 1-21.
- Lagouge, M., and Larsson, N. G., 2013. The Role of Mitochondrial DNA Mutations And Free Radicals in Disease and Ageing. *Journal of Internal Medicine*, Vol. 273 No. 6, pp. 529-543.
- Leslie, P. J., dan Gunawan, S., 2019. Uji Fitokimia dan Perbandingan Efek Antioksidan Pada Daun Teh Hijau, Teh Hitam, dan Teh Putih (*Camellia sinensis*) Dengan Metode DPPH (2, 2-Difenil-1-Pikrilhidrazil). *Tarumanagara Medical Journal*, Vol. 1 No. 2, pp. 383-388.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., and Chandra, N., 2010. Free Radicals, Antioxidants and Functional Foods: Impact on Human Health. *Pharmacognosy Reviews*, Vol. 4, p. 118.
- Molan, A. L., De, S., and Meagher, L., 2009. Antioxidant Activity and Polyphenol Content of Green Tea Flavan-3-ols and Oligomeric Proanthocyanidins. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Vol. 60 No. 6, pp. 497-506.
- Ning, J., Li, D., Luo, X., Ding, D., Song, Y., Zhang, Z., and Wan, X., 2016. Stepwise Identification of Six Tea (*Camellia sinensis* (L.)) Categories Based on Catechins, Caffeine, and Theanine Contents Combined With Fisher Discriminant Analysis. *Food Analytical Methods*, Vol. 9 No. 11, pp. 3242-3250.
- Nugraha, A., Sumarwan, U. and Simanjuntak, M., 2017. Faktor Determinan Preferensi dan Perilaku. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, Vol. 14 No.3, p. 198.
- Nugraha, A., Sumarwan, U. and Simanjuntak, M., 2017. Faktor Determinan Preferensi dan Perilaku. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, Vol. 14 No.3, p. 198.
- Nur, S., Aisyah, A. N., Fadri, A., Sapra, A., and Sami, F. J., 2021. Comparative Study of Catechin Levels From Green Tea, Oolong Tea and Black Tea Product With Various Treatments. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, Vol. 14, No. 1, pp. 01-010.
- Parajuli, A., Yadav, K. C., Khatri, B. B., and Shiwakoti, L. D., 2020. Phytochemicals and Quality of Green and Black Teas From Different Clones of Tea Plant. *Journal of Food Quality*, Vol. 2020, pp. 1-13.
- Parwata, I M. O. A., 2016. *Antioksidan*. Denpasar: Penerbit Universitas Udayana.
- Peoples, J. N., Saraf, A., Ghazal, N., Pham, T. T., and Kwong, J. Q., 2019. Mitochondrial Dysfunction and Oxidative Stress in Heart Disease. *Experimental & Molecular Medicine*, Vol. 51 No. 12, pp. 1-13.
- Pou, K. J., Paul, S. K., and Malakar, S., 2019. *Industrial Processing of CTC Black Tea*. In Caffeinated and Cocoa Based Beverages. Woodhead Publishing, pp. 131-162.
- Rady, I., Mohamed, H., Rady, M., Siddiqui, I. A., and Mukhtar, H., 2018. Cancer Preventive and Therapeutic Effects of EGCG, The Major Polyphenol in Green Tea. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 5 No. 1, pp. 1-23.
- Rahman, A. P., 2020. *Pengaruh Penambahan Vitamin C Terhadap Kadar (-)-Epigallocatechin Gallate (EGCG) dan Aktivitas Antioksidan Pada Seduhan Teh Hijau*. Tesis. Universitas Airlangga.

- Rohdiana, D., 2015. Teh: Proses, Karakteristik dan Komponen Fungsionalnya. *Food Review Indonesia*, Vol. 10 No. 8, pp. 34–37.
- Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C., and Hernández-Carlos, B., 2019. *Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism*. In: E. Shalaby, eds. *Antioxidant Ch.2*. London: IntechOpen.
- Sekretariat Jendral Kementrian Pertanian. 2015. *Outlook Teh*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Pertanian.
- Senanayake, S. P. J. N., 2013. Green Tea Extract: Chemistry, Antioxidant Properties and Food Applications—A Review. *Journal of Functional Foods*, Vol. 5 No. 4, pp. 1529-1541.
- Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., and Dhaka, N., 2013. Potential Applications of Antioxidants – A Review. *Journal of Pharmacy Research*, Vol. 7, p. 828–835.
- Wang, K., Liu, F., Liu, Z., Huang, J., Xu, Z., Li, Y., Chen, J., Gong, Y., and Yang, X., 2011. Comparison of Catechins and Volatile Compounds Among Different Types of Tea Using High Performance Liquid Chromatograph and Gas Chromatograph Mass Spectrometer. *International Journal of Food Science & Technology*, Vol. 46 No. 7, pp. 1406-1412.
- Yang, J., and Liu, R. H., 2013. The Phenolic Profiles and Antioxidant Activity in Different Types of Tea. *International Journal of Food Science & Technology*, Vol. 48 No.1, pp. 163-171.
- Yashin, A. Y., Nemzer, B. V., Combet Aspray, E., and Yashin, Y. I., 2015. Determination of The Chemical Composition of Tea by Chromatographic Methods: A Review. *Journal of Food Research*, Vol. 4 No. 3, pp. 56-87.
- Yashin, A., Yashin, Y., and Nemzer, B., 2011. Determination of Antioxidant Activity in Tea Extracts, and Their Total Antioxidant Content. *American Journal of Biomedical Sciences*, Vol. 3 No. 4, pp. 322-335.
- Yi, T., Zhu, L., Peng, W. L., He, X. C., Chen, H. L., Li, J., Yu, T., Liang, Z. T., Zhao, Z. Z., and Chen, H. B., 2015. Comparison of Ten Major Constituents in Seven Types of Processed Tea Using HPLC-DAD-MS Followed by Principal Component and Hierarchical Cluster Analysis. *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 62 No. 1, pp. 194-201.
- Yumeina, D. and Adil, S., 2021. *The Effect of Soaking Sago Starch in Acetate Acids on The Whiteness Degree of Sago Flour*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, Vol. 807 No. 3, p. 032006.
- Zaiyar, A. S., and Marliza, H., 2020. Comparison of Antioxican Tea Potential (*Camellia sinensis*) Between Green Tea and Black Tea in Datingradical DPPH (2, 2 Diphenyl-1-Picrylhydrazyl). *Solid State Technology*, Vol. 63 No. 6, pp. 1179-1189.
- Zhang, H., Tang, B., and Row, K., 2014. Extraction of Catechin Compounds From Green Tea With A New Green Solvent. *Chemical Research in Chinese Universities*, Vol. 30 No. 1, pp. 37-41.
- Zhang, L., Li, N., Ma, Z. Z., and Tu, P. F., 2011. Comparison of The Chemical Constituents of Aged Pu-erh Tea, Ripened Pu-erh Tea, and Other Teas Using HPLC-DAD-ESI-MSⁿ. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 59 No. 16, pp. 8754-8760.