

KOMPOSISI SENYAWA FENOL DAN POTENSI ANTIOKSIDAN DARI KACANG-KACANGAN: REVIEW

Phenolic Composition and Antioxidant Potential of Legumes – A Review

Nurud Diniyah^{1,2)*}, Sang-Han Lee²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37 Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121, Indonesia

²⁾Department of Food Science and Biotechnology, Graduate School, Kyungpook National University,
Korea

Daehak-ro 80, Bukgu, Daegu, 41566 Republic of Korea

*Korespondensi Penulis: nurud.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

Legumes are good dietary source of bioactive phenolic compounds which play significant roles in many physiological as well as metabolic processes. Flavonoids, phenolic acids and condensed tannins are the main phenolic compounds that are provide in legume seeds. Majority of the phenolic compounds are serving in the legume seed coats. The majority of seed coat of legume seeds are phenolic acids and flavonoids (mainly catechins and procyanidins). Gallic and protocatechuic acids are common in kidney bean and mung bean. Almost 70% of total phenolic compounds in lentils and cranberry beans (seed coat) are catechins and procyanidins. The antioxidant activity of phenolic compounds is in lineal intercourse with their chemical structures such as number as well as position of the hydroxyl groups. Processing mostly conducts to the alleviation of phenolic compounds in legumes because of chemical rearrangements. Phenolic content also lessen due to leaching of water-soluble phenolic compounds into the cooking water. This review provides comprehensive information of phenolic compounds identified in grain legume seeds along with discussing their antioxidant.

Keywords: *antioxidant activity, legume seeds, phenolic compounds, processing*

PENDAHULUAN

Biji dari kacang-kacangan adalah bagian penting dari bahan pangan yang dikonsumsi oleh manusia karena kaya akan sumber protein, mineral, vitamin dan senyawa bioaktif (Magalhães *et al.*, 2017). Kacang-kacangan adalah sumber dari senyawa fenolik yang berperan dalam berbagai proses fisiologi dan metabolik pada manusia. Hampir sebagian besar senyawa fenolik terkonsentrasi di dalam biji kacang-kacangan (Diniyah *et al.*, 2020; Amarowicz & Shahidi, 2017). Senyawa ini berfungsi sebagai senyawa aktif dan penting dalam menentukan warna, rasa, dan flavor makanan. Senyawa ini menunjukkan kapasitas mengikat radikal bebas dan kemampuan untuk berinteraksi dengan protein.

Senyawa fenolik di dalam biji kacang-kacangan menjadi sumber baru

yang tepat sebagai pangan fungsional karena berperan sebagai metabolit reaktif dan berkaitan dengan aktivitas antioksidan (Aguilera *et al.*, 2011). Senyawa fenolik adalah senyawa yang memiliki gugus hidroksil dan paling banyak terdapat dalam tanaman. Senyawa ini memiliki keragaman struktural mulai dari fenol sederhana hingga kompleks maupun komponen yang terpolimerisasi. Polifenol memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya dan spektrum yang luas dengan kelarutan yang berbeda-beda, serta menunjukkan banyak fungsi biologis seperti perlindungan terhadap stres oksidatif dan penyakit degeneratif secara signifikan. Senyawa ini mungkin secara tidak langsung menunjukkan aktivasi sistem pertahanan endogen dengan proses modulasi signal seluler. Bioaktivitas (efek spesifik yang diproduksi dalam tubuh manusia setelah

terpapar senyawa bioaktif) dari senyawa fenolik menunjukkan pentingnya senyawa tersebut dalam produk makanan. Senyawa tersebut memiliki banyak manfaat kesehatan seperti antioksidan, antikarsinogenik, antimikrobia dan sebagainya (Balasundram *et al.*, 2006).

Alshikh *et al.* (2015) melaporkan bahwa senyawa fenolik yang terdapat dalam kacang-kacangan tidak hanya berkontribusi pada sifat organoleptik tetapi juga bermanfaat bagi kesehatan. Beberapa literatur juga menyebutkan bahwa informasi tentang senyawa fenolik termasuk aktivitas antioksidan maupun efek kesehatannya terdapat dalam biji kacang-kacangan (Singh *et al.*, 2017).

Oleh karena manfaat kacang-kacangan, ulasan (review) ini memberikan informasi kolektif komprehensif terhadap senyawa fenolik yang dilaporkan ada dalam biji kacang-kacangan seperti kacang babi (*Vicia faba*), buncis (*Phaseolus vulgaris* L.), kacang azuki (*Vigna angularis*), kacang arab (*Cicer arietinum*) dan kacang tunggak (*Vigna unguiculate*). Selain itu juga pada kacang komak (*Lablab purpureus*), koro pedang (*Canavalia ensiformis*), kacang gude (*Cajanus cajan*), kacang hijau (*Vigna radiata*), dan kedelai (*Glycine max*).

SENYAWA FENOLIK

Senyawa fenolik adalah metabolit sekunder bioaktif yang terdistribusi secara luas di tanaman terutama disintesis oleh asam sikamat, pentosa fosfat dan jalur fenilpropanoid (Balasundram *et al.*, 2006). Secara struktural, senyawa fenolik mencakup sejumlah senyawa yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil dan dapat bervariasi dari molekul sederhana hingga polimer kompleks (Haminiuk *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2015). Senyawa fenolik dibagi menjadi subkelompok asam fenolat, flavonoid, tanin, dan stilben berdasarkan jumlah gugus fenolik hidroksil yang melekat dan elemen struktural yang menghubungkan cincin benzen (Singh *et al.*, 2016). Senyawa

fenolik ini mempengaruhi sifat sensoris makanan dan utamanya tanin berkontribusi pada *astringency* dalam makanan (Landete, 2012; Singh *et al.*, 2016). Kelompok yang termasuk flavonoid adalah flavonol, flavon, flavanol, flavanon, antosianidin, dan isoflavon. Tanin terjadi dalam kompleks dengan polisakarida, protein, dan alkaloid dan dibagi lagi menjadi tanin terhidrolisis dan terkondensasi. Beberapa senyawa ini larut dalam air (asam fenolik dan flavonoid), sementara beberapa tidak larut (beberapa tanin terkondensasi). Flavonoid (60%) dan asam fenolik (30%) merupakan senyawa fenolik yang terdapat dalam makanan kita (Haminiuk *et al.*, 2012).

Kacang-kacangan utamanya mengandung asam fenolat, flavonoid dan tanin yang terkondensasi (Amarowicz & Pegg, 2008). Senyawa-senyawa ini didistribusikan secara berbeda dalam kulit biji (terutama flavonoid) dan kotiledon (terutama mengandung asam non-flavonoid seperti asam hidroksisinamat dan hidroksibenzoat) (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Kacang berwarna (*Pinto*) memiliki lebih banyak senyawa fenolik daripada kacang tidak berwarna (*Cannellini*) (Aguilera *et al.*, 2011). Senyawa fenolik yang terdapat dalam biji kacang-kacangan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Varietas berpigmen pada kacang tertentu cenderung mengandung senyawa fenolik yang lebih tinggi (seperti antosianin) daripada varietas yang berpigmen lebih sedikit (Choung *et al.*, 2003; Dueñas *et al.*, 2006). Aguilera *et al.* (2010) melaporkan bahwa 35 senyawa fenolik dalam lentil termasuk katekin serta prosianidin (69%), flavonol (17%), flavon, flavanon (5%), hidroksibenzoat (5%), dan asam hidroksisinamat (4%). Luthria & Pastor-Corrales (2006) telah memisahkan serta mengkuantifikasi asam fenolik dalam 15 varietas kacang kering menggunakan HPLC. Para penulis ini mengidentifikasi asam *p*-kumarat, asam sinapat, dan asam ferulat (paling banyak) di semua varietas, sementara asam kafeat diidentifikasi hanya dalam dua varietas kacang hitam.

Tabel 1. Kandungan total fenol dan polifenol pada berbagai macam biji kacang-kacangan dan kulitnya

Jenis kacang-kacangan	Kandungan total fenol	Teknik yang digunakan	Identifikasi komponen utama	Referensi
(i) Biji kering Varietas biji komersil	19,1 – 48,3 mg/100 g BK	HPLC-DAD	<i>p</i> -asam kumarat, asam ferulat dan asam sinapat	(Luthria & Pastor-Corrales, 2006)
Mantel/kulit biji	146 – 5798 mg GAE/100 g BK	Folin-Ciocalteu, HPLC	Sianidin-3-glukosida, sianidin-3-galaktosida, malvidin-glukosida, peonidin-3-glukosida, kaemferol, kuersetin, rutin, asam galat	(Gan <i>et al.</i> , 2016)
Kacang buncis	2,4 – 13,5 μ mol trolox/g BK	Folin-Ciocalteu, HPLC	Asam galat, asam vanilat, asam protokatekin, katekin, epikatekin, <i>p</i> -asam kumarat, asam ferulat, rutin, kuersetin	(Wang <i>et al.</i> , 2016)
Kacang hijau <i>Pinto</i>	26,7 \pm 1,4 mg GAE/g ekstrak	Folin-Ciocalteu	-	(Zhao <i>et al.</i> , 2014)
Kacang merah (hitam)	33,4 \pm 3,0 mg GAE/g ekstrak			
Kacang merah (merah)	32,9 \pm 0,1 mg GAE/g ekstrak			
Adzuki	27,1 \pm 3,0 mg GAE/g ekstrak			
	90 – 189 mg/g ekstrak kasar dan fraksi	Folin-Ciocalteu, HPLC-MS	Hidrosisinamat, prosianidin, galat, flavonol, dihidroflavonol dan dihidrokalkon	(Amarowicz & Pegg, 2008)
Varietas kacang merah	0,25 – 35,11 mg GAE/g BK	Folin-Ciocalteu, HPLC, UPLC-DAD-MS	Asam pelargonodin, katekin, trans-asam ferulat, asam galat, prosianidin, epikatekin, apigenin, miristin 3-ramnosida, luteolin 7-glukosida	(Kan <i>et al.</i> , 2016)
(ii) Lentil Varietas lentil (mantel dan kotiledon)	-	HPLC-MS	Asam protokatekin, katekin, asam trans-ferulat, asam galat, prosianidin, epikatekin, apigenin, miristin 3-ramnosida, luteolin 7-glukosida	(Dueñas <i>et al.</i> , 2006)
Kultivar lentil hijau	5,0 – 7,0 mg GAE/g BK	Folin-Ciocalteu, HPLC-MS	Asam dihidroksibenzoat, katekin, glukosida, asam siringat, asam trans- <i>p</i> -kumarat, kaemferol 3-rutinosida, kaemferol 3-glukosida, luteolin 3-7-diglukosida	(Zhang <i>et al.</i> , 2015)

Jenis kacang-kacangan	Kandungan total fenol	Teknik yang digunakan	Identifikasi komponen utama	Referensi
(iii) Kacang arab				
Varietas kacang arab	0,98 mg GAE/g BK	Folin-Ciocalteu	-	(Xu <i>et al.</i> , 2007)
Kultivar kacang arab	147 dan 183 GAE/g BK	Folin-Ciocalteu	Asam galat, asam klorogenat, katekin, kuersetin, asam ferulat	(Fratianni <i>et al.</i> , 2014)
(iv) Kacang tunggak				
Varietas kulit biji hitam	-	HPLC-DAD-MS, NMR spektroskopi	Delpinidin-3- <i>O</i> -galaktosida, delpinidin-3- <i>O</i> -glukosida, sianidin -3- <i>O</i> -galaktosida	(Ha <i>et al.</i> , 2010)
Kacang tunggak hitam komersial	107,3 mg GAE/100 g BK	Folin-Ciocalteu, HPLC-PDA	Asam galat, asam protokatekin, asam <i>p</i> -hidroksibenzoat, asam kumarat, asam ferulat	(Gutiérrez-Urbe <i>et al.</i> , 2011)
Varietas kacang tunggak	-	UPLC	Komponen proantosianidin	(Ojwang <i>et al.</i> , 2013)
(v) Kacang gude				
Biji kacang gude	786,0 – 1212,0 mg GAE/kg BK	Folin-Denis	-	(Ferreira <i>et al.</i> , 2004)

Keterangan: GAE = *Gallic acid equivalents*, CE = *catechin equivalents*, TAE = *tannic acid equivalents*, BK = berat kering

PENGARUH PENGOLAHAN

Perubahan senyawa fenolik selama pemrosesan dapat mengubah kandungan gizi kacang-kacangan. Penggilingan, penghilangan kulit ari, perendaman, perkecambahan, pemasakan, dan fermentasi adalah proses yang biasa dilakukan pada kacang-kacangan sebelum dikonsumsi. Proses perkecambahan memodifikasi komposisi fenolik kacang, polong, dan lentil tergantung pada kondisi perkecambahan (López-Amorós *et al.*, 2006). Pada kondisi perkecambahan yang sama, penurunan aktivitas dan fungsi antioksidan terjadi pada lentil sedangkan pada polong dan kacang menunjukkan adanya peningkatan aktivitas dan fungsi antioksidan. Bartolomé *et al.* (1997) melaporkan bahwa perkecambahan tidak mengubah tingkat senyawa fenolik, sedangkan fermentasi meningkatkan kandungan beberapa senyawa fenolik secara individu. Peningkatan kadar asam

protokatekin (1,10 dari 0,36 µg/g), asam *p*-hidroksibenzoat (7,39 dari 1,48 µg/g) dan katekin (17,53 dari 7,31 µg/g) dilaporkan ada dalam lentil yang difermentasi dibandingkan lentil mentah. Kandungan total fenolik (TPC) pada biji kacang arab terfermentasi (1,69 mg katekin/g BK) lebih tinggi dibandingkan dengan perkecambahan (0,99 mg katekin/g BK) dan kacang arab mentah (0,54 mg katekin/g BK) (Fernandez-Orozco *et al.*, 2009).

Pemasakan dan perkecambahan membawa perubahan penting dalam senyawa bioaktif dari biji kacang-kacangan. Jumlah senyawa fenolik meningkat selama perkecambahan dan menurun selama proses pemasakan. Perendaman, perebusan dan pengukusan secara signifikan mempengaruhi TPC (total fenolik) dan aktivitas antioksidan dalam kacang polong hijau, polong kuning, kacang arab dan lentil (Xu & Chang, 2008). Perendaman menghilangkan 2-12% TPC

pada kacang polong dan kacang arab, sedangkan pada lentil sebesar 9-38%. Pengukusan menunjukkan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perlakuan perebusan diantaranya yaitu menghasilkan retensi TPC dan aktivitas antioksidan yang lebih besar dalam kacang-kacangan. Asam fenolik pada kacang kering tidak berubah secara signifikan selama perendaman semalam, sedangkan setelah pemasakan, 83% asam fenolik masih dapat dipertahankan dalam 15 sampel kacang kering (Luthria & Pastor-Corrales, 2006). TPC tetap stabil selama delapan (8) hari perkecambahan pada kacang merah (Dueñas *et al.*, 2015). Aguilera *et al.* (2010) melaporkan bahwa perkecambahan menurunkan kandungan antosianin dan flavan-3-ol dan dikompensasi dengan kandungan flavonol dan flavanon yang lebih tinggi pada kecambah kacang merah. Perendaman pada lentil meningkatkan kandungan asam dihidroksibenzoat dari 3,68 µg/g (lentil mentah) menjadi 39,20 µg/g dan setelah pemasakan serta proses dehidrasi, lentil mengandung senyawa fenolik 31,69 µg/g. Peningkatan kadar asam hidroksibenzoat mungkin disebabkan oleh pemecahan senyawa fenolik yang tidak larut dan gangguan dinding sel selama proses. Perkecambahan kacang gude meningkatkan TPC dan aktivitas antioksidan masing-masing sebesar 30% dan 63% (Uchegbu & Ishiwu, 2016).

Kacang-kacangan dengan kandungan fenolik bebas yang tinggi dan flavonoid di dalam kulit biji lebih rentan kehilangan senyawa ini selama perendaman dan perkecambahan (Gutiérrez-Urbe *et al.*, 2011). TPC dan aktivitas antioksidan menurun 80% dalam lentil dan 30% dalam kacang polong kuning oleh pelepasan kulit biji, 22-42% lentil dengan cara direndam, dan 16-41% lentil, kacang arab dan kacang polong dengan cara pemasakan (Han & Baik, 2008). Perendaman biji *Cannellini* (95%) dan *Pinto* (81%) mengurangi kadar hidroksibenzoat (Aguilera *et al.*, 2011).

Dehidrasi kacang *Cannellini* dan *Pinto* yang direndam dan dimasak dalam waktu pendek memperbaiki kadar asam hidroksibenzoat dibandingkan dengan perendaman dan pemasakan saja tanpa dehidrasi. Hidroksisinamat hilang karena pencucian dan pemasakan dengan menggunakan air atau hancur selama pemrosesan pada lentil (Aguilera *et al.*, 2010). Perendaman mengurangi senyawa ini hingga 42,7%, sedangkan perendaman, pemasakan dan dehidrasi menunjukkan penurunan terendah (16,5%) dalam biji *Cannellini* (Aguilera *et al.*, 2011). Senyawa fenolik lainnya (katekin dan prosianidin, flavonol dan dihidro flavonol, flavon dan flavanon) dalam lentil secara signifikan berkurang dengan cara perendaman, pemasakan dan dehidrasi (Aguilera *et al.*, 2010). Katekin dan prosianidin benar-benar hilang karena dehidrasi, sedangkan perendaman menunjukkan 85% dan perendaman bersama dengan pemasakan menunjukkan 67% penurunan pada kacang *Pinto* (Aguilera *et al.*, 2011).

Flavonol dan dihidroflavonol secara drastis berkurang (67%) dalam lentil setelah proses (Aguilera *et al.*, 2010). Perlakuan dengan enzim pada tepung lentil (fitase, α-galactosidase, tanase) dalam fermentor yang diaduk dapat menurunkan kandungan senyawa hidrosinamat dan proantosianidin (Dueñas *et al.*, 2007). Proses panas pada lentil dapat melepaskan beberapa flavonol dari bentuk terikat sehingga dapat meningkat dibandingkan sampel yang direndam. Kadar kaemferol dirutinosida, kaemferol asetilglukosida, dan kaemferol 3-glukosida meningkat setelah pemasakan pada sampel yang direndam. Kadar flavon dan flavanon menurun karena pencucian dan kerusakan oleh panas/oksidatif (Aguilera *et al.*, 2010).

Pemanasan kering, pemanasan dengan otoklaf dan perendaman diikuti dengan pemanasan menggunakan otoklaf memberikan efek terhadap TPC dan aktivitas antioksidan dalam kacang polong dan kacang arab (Nithiyantham *et al.*,

2012). Pemanasan kering terbukti bermanfaat karena menyebabkan hilangnya TPC dan aktivitas antioksidan yang lebih kecil pada kacang arab dan kacang polong. Perendaman, pemasakan dan dehidrasi menyebabkan penurunan kadar flavonol dan flavanon dalam kacang (Aguilera *et al.*, 2010). Pengurangan senyawa fenolik yang diamati selama pemasakan mungkin disebabkan oleh rusaknya senyawa-senyawa ini serta penataan ulang secara kimia seperti pengikatan senyawa fenolik dengan bahan organik lainnya. Selain itu, hal ini mungkin disebabkan oleh peluruhan senyawa fenolik yang larut air ke dalam air selama pemasakan sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Namun, kondisi proses pemasakan di mana senyawa fenolik tidak hilang secara signifikan dapat dikembangkan di masa depan (López-Martínez *et al.*, 2017).

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

Aktivitas antioksidan senyawa fenolik secara langsung berhubungan dengan struktur kimia seperti derajat glikosilasi dan jumlah serta posisi gugus hidroksil yang terkait dengan gugus fungsional karboksil (Aguilera *et al.*, 2011; Balasundram *et al.*, 2006). Senyawa-senyawa ini memberikan kontribusi penting bagi aktivitas antioksidan karena memiliki aktivitas dalam mengikat radikal serta mengkelat logam. Radikal bebas dan ion logam memiliki efek berbahaya pada sistem biologis. Senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk menyumbangkan atom hidrogen atau elektron ke radikal bebas untuk membentuk zat antara yang stabil. Senyawa ini mengikat radikal bebas, menguraikan produk oksidasi dan mengkelat ion logam. Aktivitas antioksidan dari berbagai macam kacang-kacangan ditunjukkan pada **Tabel 2**. Total aktivitas antioksidan (TAA) dari ekstrak kacang parang, kacang babi, kacang adzuki, kacang merah, buncis, lentil merah dan lentil hijau dilaporkan adalah berturut-turut 0,88; 0,58; 1,76; 1,49; 0,30; 0,68 dan 0,75 μmol

Trolox/mg (Amarowicz *et al.*, 2004). Nilai ORAC dari kultivar lentil berkisar dari 59,55 hingga 95,19 $\mu\text{mol TE/g}$; kultivar kedelai dari 35,1 hingga 131,3 $\mu\text{mol TE/g}$; varietas kacang tunggak berkisar dari 13,30 hingga 92,73 $\mu\text{mol TE/g}$; kultivar kacang polong kuning dari 3,26 hingga 12,80 $\mu\text{mol TE/g}$ dan kacang polong hijau dari 1,73 hingga 9,95 $\mu\text{mol TE/g}$ (Xu *et al.*, 2007).

Nilai TAA dilaporkan dari ekstrak kasar, fraksi fenolik dari berat molekul rendah dan fraksi tannin dari kacang adzuki adalah 1,76; 1,40 dan 4,17 $\mu\text{mol trolox/mg}$ (Amarowicz & Pegg, 2008) dan untuk lentil merah berturut-turut yaitu 0,68, 0,33 and 5,85 $\mu\text{mol trolox/mg}$ (Amarowicz *et al.*, 2009). Perkecambahan dan fermentasi selanjutnya dapat memperbaiki sifat antioksidan biji kacang-kacangan karena peningkatan TPC (Fernandez-Orozco *et al.*, 2009). Dalam penelitian ini, terlihat bahwa fraksi tannin dari kacang adzuki dan lentil merah menunjukkan aktivitas antiradikal yang tinggi dibandingkan dengan ekstrak kasar dan fraksi fenolik dengan berat molekul rendah. Potensi antioksidan yang tinggi dari beberapa biji polong-polongan bermanfaat dalam produksi makanan sehat. Kacang polong hijau memiliki nilai TAA 0,75; 0,33 dan 6,09 untuk ekstrak kasar dan dua fraksi (Amarowicz *et al.*, 2010). Kacang polong dengan warna kulit hitam dan merah menunjukkan 30-31 kali lipat potensi antioksidan-nya dibandingkan yang berwarna *beige* dan krem (Segev *et al.*, 2010). Aktivitas pengikatan radikal bebas DPPH (uji DPPH) untuk kulit biji, inti mentah dan kotiledon dari enam jenis kacang berkisar dari 25,8 hingga 28,8; 10,8 hingga 28,9 dan 1,50 hingga 2,72 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)/g}$ secara berturut-turut (Attree *et al.*, 2015). Nilai FRAP (*Ferric-reducing antioxidant power*) untuk kulit biji (*seed coat*), inti mentah (*raw kernels*) dan kotiledon dari enam jenis kacang berturut-turut berkisar dari 626,3 hingga 1111,3; 19,4 hingga 62,3 dan 2,04

Tabel 2. Aktivitas antioksidan berbagai macam biji kacang-kacangan dan kulitnya

Biji/kulit biji	Aktivitas antioksidan	Referensi
(i) Biji kering		
Kacang buncis (ekstrak kasar)	0,583 mmol TE/g	(Amarowicz & Shahidi, 2017)
Black bean	5,9 μ mol Trolox/g	(Wang <i>et al.</i> , 2016)
Kacang jogo	5,2 μ mol Trolox/g	
Kacang hijau	3,7 μ mol Trolox/g	
Kedelai	3,2 μ mol Trolox/g	
Kulit koro pedang merah	699 μ mol TE/g	(Gan <i>et al.</i> , 2016)
Kulit kacang Pinto	237 μ mol TE/g	
Kulit kacang adzuki	95,3 μ mol TE/g	
Kulit koro komak hitam	55,5 μ mol TE/g	
Kulit kacang jogo (26 kultivar)	4,00 – 491,33 μ mol Trolox/g	(Kan <i>et al.</i> , 2016)
Kacang hijau	304 U/g	(Zhao <i>et al.</i> , 2014)
Kacang faba (13 genotip, biji utuh)	2,15 – 28,60%	(Chaieb <i>et al.</i> , 2011)
Kacang adzuki (ekstrak kasar)	1,76 μ mol Trolox/mg	(Amarowicz & Pegg, 2008)
(ii) Lentil		
Kultivar lentil:		
Senyawa fenol bebas	0,01 – 0,48 μ mol TE/g	(Alshikh <i>et al.</i> , 2015)
	0,07 – 0,44 μ mol TE/g	
Varietas kacang tunggak	2,2 – 6,3 mg/g	(Ojwang <i>et al.</i> , 2013)
Tepung kacang tunggak	2,13 mg CE/g	(Sreerama <i>et al.</i> , 2012)

Keterangan: U = unit kapasitas total antioksidan (jumlah antioksidan yang dibutuhkan untuk meningkatkan absorbansi 0,01 dalam 1 mL reaksi cairan pada 37°C), TE = Trolox equivalent

hingga 4,15 μ mol Fe²⁺/g (Attree *et al.*, 2015). Kulit biji kacang kaya akan senyawa fenolik dan memiliki kontribusi 88,2 hingga 95,8% dari total kapasitas antioksidan pada jenis kacang ini.

Lentil menunjukkan nilai kapasitas penyerapan radikal oksigen (ORAC) yang tinggi (66,97 μ mol TE/g BK) karena jumlah senyawa fenoliknya yang signifikan (terutama flavonoid) yang ada dalam kulit biji (Aguilera *et al.*, 2010). Kultivar lentil dengan tingkat katekin, epikatekin dan TFC tinggi memiliki sifat antioksidan tinggi (Xu & Chang, 2010). Kapasitas antioksidan kacang berwarna (*Pinto*) lebih tinggi dari kacang yang tidak berwarna (*Cannellini*) dan mungkin disebabkan oleh adanya katekin dan prosianidin dalam kacang berwarna (Aguilera *et al.*, 2011). Aktivitas antioksidan dari kulit biji dari biji yang

berwarna gelap lebih tinggi (125,28-287,87 μ mol TE/g) dibandingkan kulit biji yang tidak gelap (2,11-10,09 μ mol TE/g) pada biji *cranberry* disebabkan karena perbedaan tingkat senyawa fenolik bebas dan terkonjugasi (Chen *et al.*, 2015). Nilai ORAC dari kacang *Pinto* dan *Cannellini* dilaporkan berturut-turut adalah 96,2 dan 38,2 μ mol TE/g. Perendaman, pemasakan, dan dehidrasi menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan pada kacang *Pinto* dan *Cannellini* dan perubahannya lebih terlihat jika kacang *Pinto* kehilangan katekin, prosianidin dan flavonol. Peluruhan fenol yang larut air, reaksi oksidatif dan kehilangan padatan selama proses menurunkan aktivitas antioksidan dari kacang-kacangan (Aguilera *et al.*, 2011).

Nilai FRAP kulit biji dan kotiledon dari 13 genotif kacang faba dilaporkan

dalam kisaran 0,273-0,931 dan 0,158-0,766 mmol/g dan aktivitas pengikatan DPPH dilaporkan dalam kisaran 19,67-32,76 dan 1,24-11,97% (Chaieb *et al.*, 2011). Kulit biji dari 15 kultivar kacang-kacangan menunjukkan aktivitas antioksidan dalam kisaran 185,2 hingga 233,9 mmol TE/g (Mojica *et al.*, 2015). Kulit biji dari kacang merah varietas putih dan hitam menunjukkan nilai antioksidan yang lebih rendah (4,00 $\mu\text{mol TE/g}$) dan lebih tinggi (491 $\mu\text{mol TE/g}$) diantara 26 kultivar kacang merah yang diuji (Kan *et al.*, 2016). Kulit kacang berpigmen (koro pedang merah dan hitam) memiliki potensi antioksidan tinggi dan jauh lebih tinggi daripada sebagian besar buah-buahan dan sayuran secara umum (Gan *et al.*, 2016). Flavonoid dan proantosianidin berada di kulit kacang yang berpigmen berkontribusi terutama untuk efek antioksidan. Wang *et al.* (2016) menentukan aktivitas TPC dan antioksidan dari beberapa kacang pilihan yang berasal dari Cina. Kapasitas antioksidan sangat bervariasi (3,2 hingga 5,9 $\mu\text{mol TE/g}$). Adanya korelasi positif dilaporkan antara aktivitas antioksidan dan TPC (Diniyah *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Kehadiran senyawa fenolik dalam biji kacang-kacangan bersama dengan aktivitas antioksidannya dapat menjadi agen yang cocok untuk pengembangan pangan fungsional sehingga dapat menjadi bagian dari pangan sehari-hari. Asupan antioksidan alami seperti senyawa fenolik merupakan bagian penting dari mekanisme pertahanan bagi manusia. Berkenaan dengan kegiatan-kegiatan ini, bersama dengan nilai gizi yang diketahui (terutama sebagai sumber protein), penting untuk mengaplikasikan kacang-kacangan dalam jumlah yang signifikan dalam makanan. Namun, masih ada celah dari literatur yang tersedia dan perlu lebih banyak penelitian yang melibatkan studi klinis sehingga dapat menciptakan hubungan kuat dalam hal pengembangan pedoman bagi diet manusia.

Hal lain yang perlu dilakukan adalah pengetahuan yang lebih baik tentang bioavailabilitas dari senyawa fenolik dalam kacang-kacangan yang penting bagi efek kesehatan. Selain itu, sebagian besar penelitian yang dilakukan dalam polong-polongan didasarkan pada identifikasi aglikon yang bukan metabolit esensial yang ada dalam darah karena konjugasi usus dan menyebar ke hati. Lebih banyak uji klinis dan studi epidemiologis yang harus dilakukan untuk analisis mendalam tentang peran senyawa fenolik dalam kesehatan kita. Selain itu, efek pengolahan dan metode pemasakan mempengaruhi kandungan dan senyawa fenolik alami dalam kacang-kacangan yang ada di bidang ini sehingga membutuhkan penelitian lebih lanjut. Kacang-kacangan banyak tersedia dan relatif murah dibandingkan makanan lainnya, serta aman dikonsumsi. Oleh karena itu lembaga akademik dan pemerintah dapat dengan mudah berinvestasi dalam studi yang melibatkan tanaman ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera, Y., Dueñas, M., Estrella, I., Hernández, T., Benitez, V., Esteban, R. M., and Martín-Cabrejas, M.A. 2010. Evaluation of phenolic profile and antioxidant properties of Pardina lentil as affected by industrial dehydration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (18): 10101-10108.
- Aguilera, Y., Estrella, I., Benitez, V., Esteban, R.M., and Martín-Cabrejas, M.A. 2011. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. *Food Research International*, 44 (3): 774-780.
- Alshikh, N., de Camargo, A.C., and Shahidi, F. 2015. Phenolics of selected lentil cultivars: Antioxidant activities and inhibition of low-density lipoprotein and DNA damage. *Journal of Functional Foods*, 18: 1022-1038.

- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernández, T., Dueñas, M., Troszyńska, A., Kosińska, A., and Pegg, R.B. 2009. Antioxidant activity of a red lentil extract and its fractions. *International Journal of Molecular Sciences*, 10 (12): 5513-5527.
- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernández, T., Robredo, S., Troszyńska, A., Kosińska, A., and Pegg, R.B. 2010. Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 121 (3): 705-711.
- Amarowicz, R., and Pegg, R.B. (2008). Legumes as a source of natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110 (10): 865-878.
- Amarowicz, R., and Shahidi, F. 2017. Antioxidant activity of broad bean seed extract and its phenolic composition. *Journal of Functional Foods*, 38: 656-662.
- Amarowicz, R., Troszynka, A., Ko-Pikielna, N., and Shahidi, F. 2004. Polyphenolics extracts from legume seeds. *Reproduction*, 11: 278-286.
- Attree, R., Du, B., and Xu, B. 2015. Distribution of phenolic compounds in seed coat and cotyledon, and their contribution to antioxidant capacities of red and black seed coat peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Industrial Crops and Products*, 67: 448-456.
- Balasundram, N., Sundram, K., and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99 (1): 191-203.
- Bartolomé, B., Estrella, I., and Hernandez, T. 1997. Changes in phenolic compounds in lentils (*Lens culinaris*) during germination and fermentation. *Zeitschrift Für Lebensmitteluntersuchung Und-Forschung A*, 205 (4): 290-294.
- Chaieb, N., González, J.L., López-Mesas, M., Bouslama, M., and Valiente, M. 2011. Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia. *Food Research International*, 44 (4): 970-977.
- Chen, P.X., Bozzo, G.G., Freixas-Coutin, J.A., Marcone, M.F., Pauls, P.K., Tang, Y., Zhang, B., Liu, R., and Tsao, R. 2015. Free and conjugated phenolic compounds and their antioxidant activities in regular and non-darkening cranberry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. *Journal of Functional Foods*, 18: 1047-1056.
- Choung, M., Choi, B., An, Y., Chu, Y., and Cho, Y. 2003. Anthocyanidin profile of Korean cultivated kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (24): 7040-7043.
- Diniyah, N., Badrul Alam, M., and Lee, S.H. 2020. Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 13 (5): 5208-5217.
- Dueñas, M., Hernández, T., and Estrella, I. 2006. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. *Food Chemistry*, 98 (1): 95-103.
- Dueñas, M., Hernández, T., and Estrella, I. 2007. Changes in the content of bioactive polyphenolic compounds of lentils by the action of exogenous enzymes. Effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 101 (1): 90-97.
- Dueñas, Montserrat, Martínez-Villaluenga, C., Limón, R.I., Peñas, E., and Frias, J. 2015. Effect of germination and elicitation on phenolic composition and bioactivity of kidney beans. *Food Research International*, 70: 55-63.

- Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Muñoz, R., Piskula, M., Kozłowska, H., & Vidal-Valverde, C. 2009. Evaluation of bioprocess to improve the antioxidant properties of chickpeas. *LWT - Food Science and Technology*, 42 (4): 885-892.
- Ferreira, E., Nogueira, A., Souza, G., and Batista, L. 2004. Effect of drying method and length of storage on tannin and total phenol concentrations in pigeon pea seeds. *Food Chemistry*, 86 (1): 17-23.
- Fratianni, F., Cardinale, F., Cozzolino, A., Granese, T., Albanese, D., Di Matteo, M., Zaccardelli, M., Coppola, R., and Nazzaro, F. 2014. Polyphenol composition and antioxidant activity of different grass pea (*Lathyrus sativus*), lentils (*Lens culinaris*), and chickpea (*Cicer arietinum*) ecotypes of the Campania region (Southern Italy). *Journal of Functional Foods*, 7 (1): 551-557.
- Gan, R.Y., Deng, Z.Q., Yan, A.X., Shah, N.P., Lui, W.Y., Chan, C.L., and Corke, H. 2016. Pigmented edible bean coats as natural sources of polyphenols with antioxidant and antibacterial effects. *LWT - Food Science and Technology*, 73: 168-177.
- Gutiérrez-Urbe, J.A., Romo-Lopez, I., and Serna-Saldívar, S.O. 2011. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. *Journal of Functional Foods*, 3 (4): 290-297.
- Ha, T.J., Lee, M.H., Jeong, Y.N., Lee, J.H., Han, S.I., Park, C.H., Pae, S.B., Hwang, C.D., Baek, I.Y., and Park, K.Y. 2010. Anthocyanins in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata*]. *Food Science and Biotechnology*, 19 (3): 821-826.
- Haminiuk, C., Maciel, G., Plato-Oviedo, M., and Peralta, R. 2012. Phenolic compounds in fruits - An overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 47 (10): 2023-2044.
- Han, H., and Baik, B. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens Culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 43 (11): 1971-1978.
- Kan, L., Nie, S., Hu, J., Liu, Z., and Xie, M. 2016. Antioxidant activities and anthocyanins composition of seed coats from twenty-six kidney bean cultivars. *Journal of Functional Foods*, 26: 622-631.
- Landete, J. 2012. Updated knowledge about polyphenols: Functions, bioavailability, metabolism, and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52 (10): 936-948.
- López-Amorós, M.L., Hernández, T., and Estrella, I. 2006. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (4): 277-283.
- López-Martínez, L.X., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E.P., and Heredia, J.B. 2017. Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38: 624-634.
- Luthria, D.L., and Pastor-Corrales, M.A. 2006. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (2-3): 205-211.
- Magalhães, S.C.Q., Taveira, M., Cabrita, A.R. J., Fonseca, A.J.M., Valentão, P., and Andrade, P.B. 2017. European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles. *Food Chemistry*, 215: 177-184.
- Mojica, L., Meyer, A., Berhow, M.A., and de Mejía, E. G. 2015. Bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) have similar high antioxidant capacity, in vitro inhibition of α -amylase and α -glucosidase while diverse phenolic composition and concentration. *Food Research International*, 69: 38-48.

- Nithiyantham, S., Selvakumar, S., and Siddhuraju, P. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27 (1): 52-60.
- Ojwang, L.O., Yang, L., Dykes, L., and Awika, J. 2013. Proanthocyanidin profile of cowpea (*Vigna unguiculata*) reveals catechin-O-glucoside as the dominant compound. *Food Chemistry*, 139 (1-4): 35-43.
- Segev, A., Badani, H., Kapulnik, Y., Shomer, I., Oren-Shamir, M., and Galili, S. 2010. Determination of polyphenols, flavonoids, and antioxidant capacity in colored chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Science*, 75 (2): 2-6.
- Shahidi, F., and Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. *Journal of Functional Foods*, 18: 82-897.
- Singh, B., Singh, J.P., Kaur, A., and Singh, N. 2017. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, 101 (June): 1-16.
- Singh, J.P., Kaur, A., Shevkani, K., and Singh, N. 2015. Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free eggless rice muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 50 (5): 1190-1197.
- Singh, J.P., Kaur, A., Singh, N., Nim, L., Shevkani, K., Kaur, H., and Arora, D.S. 2016. In vitro antioxidant and antimicrobial properties of jambolan (*Syzygium cumini*) fruit polyphenols. *LWT*, 65 (January): 1025-1030.
- Sreerama, Y.N., Sashikala, V.B., and Pratapa, V.M. 2012. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. *Food Chemistry*, 133 (1): 156-162.
- Uchegbu, N.N., and Ishiwu, C.N. 2016. Germinated pigeon pea (*Cajanus cajan*): a novel diet for lowering oxidative stress and hyperglycemia. *Food Science and Nutrition*, 4 (5): 772-777.
- Wang, Y.K., Zhang, X., Chen, G.L., Yu, J., Yang, L.Q., and Gao, Y.Q. 2016. Antioxidant property and their free, soluble conjugate and insoluble-bound phenolic contents in selected beans. *Journal of Functional Foods*, 24: 359-372.
- Xu, B.J., Yuan, S.H., and Chang, S.K.C. 2007. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, 72 (2).
- Xu, B., and Chang, S. 2008. Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, 110 (1): 1-13.
- Xu, B., and Chang, S.K.C. 2010. Phenolic substance characterization and chemical and cell-Based antioxidant activities of 11 lentils grown in the Northern United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (3): 1509-1517.
- Xu, B.J., Yuan, S., and Chang, S. 2007. Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, 72 (2): S167-177.

- Zhang, B., Deng, Z., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P.X., Liu, R., Liu, Q., and Tsao, R. 2015. Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chemistry*, 172: 862-872.
- Zhao, Y., Du, S.K., Wang, H., and Cai, M. 2014. In vitro antioxidant activity of extracts from common legumes. *Food Chemistry*, 152: 462-466.