

# Aktivitas Antioksidan Makaroni Beras Hitam dan Kacang-Kacangan Berpigmen Metode *Cold Extrusion*

Antioxidant Activity of Black Rice Macaroni and Pigmented Beans using Cold Extrusion Method

**Rinda Kusumawati, Nurheni Sri Palupi\*, Slamet Budijanto**

Program Studi Ilmu Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Dramaga, Kabupaten Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia  
Penulis korespondensi: Nurheni Sri Palupi, Email: hnpalupi@yahoo.com

Submisi: 12 Mei 2020; Revisi: 22 Maret 2021; Diterima: 9 April 2021

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi antioksidan dari makaroni beras hitam dan kacang-kacangan berpigmen sebagai pangan fungsional. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 ulangan. Parameter yang dianalisis meliputi total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan metode DPPH, aktivitas antioksidan metode FRAP, kualitas masak makaroni, dan uji organoleptik. Data hasil diolah menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%, apabila terdapat perbedaan akan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Hasil uji organoleptik berupa uji hedonik diolah menggunakan uji *Kruskal-Wallis*, apabila terdapat perbedaan akan dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata  $\pm$  standar deviasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk makaroni setelah dilakukan proses perebusan menjadi makaroni matang, terjadi penurunan total fenolik, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan metode FRAP dari masing-masing makaroni kombinasi. Sedangkan aktivitas antioksidan metode DPPH dari makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang merah, kacang hijau, atau kacang tolo menunjukkan peningkatan setelah perebusan. Berdasarkan hasil penelitian masing-masing makaroni kombinasi memiliki karakteristik kualitas masak yang berbeda dilihat dari parameter pengembangan volume, peningkatan berat, dan *cooking loss*. Berdasarkan uji organoleptik makaroni matang kombinasi beras hitam dengan kacang merah, kacang hijau, atau kacang tolo tidak berbeda secara signifikan ditinjau dari parameter warna, kelembaban, tingkat kekerasan, kekenyalan, kelembutan di mulut, rasa, dan penerimaan keseluruhan.

**Kata kunci:** Antioksidan; beras hitam; makaroni; kacang berpigmen

## ABSTRACT

This study aims to determine the potential of the antioxidant obtained from black rice macaroni and pigmented beans as a functional food. A completely randomized design was used with 2 replications, and the parameters analyzed include total phenolic and flavonoids content, cooking quality, organoleptic tests as well as the antioxidant activity of DPPH and FRAP methods. Subsequently, the data collected were processed using analysis of variance (ANOVA) with a significance level of 5% and then continued with Duncan's multiple range test (DMRT) when there are differences. The organoleptic evaluation in the form of the hedonic test was assessed using the Kruskal-Wallis

test and continued with the Mann-Whitney test when there are differences. The results showed that the boiling of black rice raw macaroni and pigmented beans led to a decrease in the total phenolic and flavonoid content as well as the FRAP method's antioxidant activity of each combination. Meanwhile, combining black rice macaroni with red kidney beans, mung beans, or cowpeas increased the DPPH antioxidant activity after boiling. Each combination showed different cooking quality characteristics based on the parameter of volume development, weight increase, and cooking loss. The organoleptic test showed that the combination had no significant effect on the color, moistness, firmness, stickiness, tenderness, taste, and overall acceptance.

**Keywords:** Antioxidant; black rice, macaroni, pigmented beans

## PENDAHULUAN

Antioksidan eksogen dari bahan pangan penting dikonsumsi sebagai asupan antioksidan tambahan demi memenuhi kebutuhan tubuh dalam menangkap radikal bebas berlebih. Antioksidan pangan dapat diperoleh dari bahan pangan tinggi antioksidan seperti beras hitam dan kacang berpigmen. Kedua bahan pangan ini memiliki pigmen warna di kulit terluar yang menandakan bahwa bahan pangan tersebut mengandung komponen antioksidan. Beras hitam dan kacang berpigmen berpotensi sebagai antioksidan pangan, sehingga dalam penelitian ini dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional. Beras hitam dan kacang berpigmen pada penelitian ini diolah menjadi produk makaroni. Makaroni dipilih karena memiliki keunggulan antara lain memiliki daya tarik sensoris, fleksibilitas, kemudahan persiapan, biaya murah, citra gizi yang kuat, serta stabilitas penyimpanan kering yang sangat baik (Kumari dan Sangeetha, 2013).

Beras hitam dan kacang berpigmen dipilih sebagai bahan baku pembuatan makaroni. Beras hitam mengandung pigmen antosianin pada bagian bekatul beras. Bekatul beras hitam juga mengandung senyawa fenolat, flavonoid, serta aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan bekatul beras putih (Zhang dkk., 2010). Total phenolic contents of black rice bran samples ranged from 2086 to 7043, from 221.2 to 382.7, and from 2365 to 7367 mg of gallic acid equiv/100 g of dry weight (DW). Beras hitam dikombinasikan dengan kacang berpigmen karena dapat berkontribusi memberikan kandungan antioksidan dalam makaroni. Kacang berpigmen dalam penelitian ini terdiri dari kedelai hitam, kacang merah, kacang hijau, dan kacang tolo. Kacang berpigmen memiliki efek antioksidan secara umum lebih banyak dengan jumlah polifenol lebih tinggi dibandingkan kacang tidak berpigmen (Ombra dkk., 2016).

Antioksidan dari bahan baku diharapkan tetap terjaga selama proses pengolahan, sehingga dipilih metode ekstrusi dingin (*cold extrusion*). Ekstrusi digunakan untuk membuat pasta dengan cara adonan dimasukkan ke dalam cetakan berulir, kemudian

makaroni terbentuk sesuai dye yang dipasang di ujung ulir. Ekstrusi dingin diharapkan dapat meminimalisir antioksidan yang hilang selama proses ekstrusi. Ekstrusi dingin terjadi pada suhu rendah sekitar 35-50 °C (Robin dan Palzer, 2015).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi antioksidan pangan dari makaroni beras hitam dan kacang berpigmen sebagai pangan fungsional. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh makaroni hasil kombinasi terbaik dari beras hitam dan kacang berpigmen dilihat dari komponen bioaktif, kandungan antioksidan, kualitas pemasakan, serta sifat organoleptik makaroni.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Baku dan Kimia

Bahan baku pembuatan makaroni adalah beras hitam Varietas Cempo Ireng diperoleh dari Kelompok Tani Bintang Raya Bara, Kampung Nanggung, Desa Bangun Raya, Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor. Bahan baku lain yaitu kacang-kacangan berpigmen (kacang merah, kedelai hitam, kacang hijau, dan kacang tolo) diperoleh dari Pasar Anyar Kota Bogor. Bahan pendukung yang digunakan adalah tepung tapioka Merk Pak Tani dan air. Bahan kimia untuk analisis antara lain etanol p.a., *Folin-Ciocalteu*, natrium karbonat,  $AlCl_3$ , asam askorbat, TCA,  $FeCl_3$ ,  $Na_2HPO_4$  dan  $NaH_2PO_4$  (Merck Company, Darmstadt, Jerman). Asam galat, kuersetin, asam askorbat, dan DPPH (Sigma-Aldrich Company Ltd., Gillingham, Inggris). *Potassium ferricyanide* (Kanto Chemical Co. Inc., Tokyo, Jepang).

### Alat

Alat yang digunakan antara lain mesin untuk *cold extruder* menggunakan *multifunctional noodle modality machine* MS9 (Guangdong Henglian Food Machinery Co. Ltd., Guangdong, China), pengering kabinet (Enggining & Equipment GmbH 6072, Dreieich, Jerman), *shaker waterbath* GFL 1083 (Thermolab®, Burgwedel, Jerman), *centrifuge* 5810R (Eppendorf, Hamburg, Jerman), dan Genesys 150 UV-Visible

Spectrofotometer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA), serta peralatan laboratorium lainnya.

### Persiapan Sampel

Bahan baku pembuatan makaroni yaitu beras hitam dan kacang-kacangan berpigmen ditepungkan untuk menyeragamkan ukuran serta memudahkan pengolahan menjadi produk makaroni. Penepungan dilakukan menggunakan *hammer mill* (kacang) untuk memecah bagian biji, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *disc mill* (beras hitam dan kacang berpigmen). Tepung diayak hingga diperoleh ukuran 100 mesh. Tepung bahan baku disimpan pada suhu *freezer* -18 °C sampai dilakukan analisis.

### Pembuatan Makaroni

Makaroni diolah dari bahan baku beras hitam dan kacang-kacangan berpigmen dengan proporsi sebesar 32,5 : 55% (b/b). Proporsi diperoleh dari hasil formulasi terbaik melalui percobaan pendahuluan berdasarkan tekstur makaroni. Bahan tambahan yang digunakan untuk pembuatan makaroni yaitu tepung tapioka dengan proporsi 12,5% (b/b) dari jumlah total tepung. Penambahan air diberikan sebesar 50% (b/v) di luar jumlah total tepung. Keseluruhan bahan ditimbang sesuai takaran.

Tapioka dilarutkan dahulu ke dalam air. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam campuran tepung beras hitam dan kacang berpigmen pada masing-masing formulasi hingga membentuk adonan. Adonan kemudian dikukus menggunakan *steamer* pada suhu ±100 °C selama 15 menit. Adonan hasil pengukusan didiamkan selama ±20 menit dalam suhu ruang untuk menghilangkan uap panas setelah proses pengukusan. Adonan makaroni kemudian dicetak menggunakan *cold extruder* dengan *dye* makaroni pada suhu ≤55 °C (*cold extrusion*).

Makaroni yang telah dicetak kemudian dikeringkan menggunakan pengering kabinet selama ±4 jam pada suhu 50 °C. Sebelum dilakukan analisis pada produk makaroni, makaroni ditepungkan menjadi ukuran 100 mesh supaya seragam dengan ukuran sampel bahan baku. Makaroni disimpan pada suhu *freezer* -18 °C sampai dilakukan analisis.

### Ekstraksi Sampel

Ekstraksi sampel dilakukan berdasarkan metode Widyasaputra (2018). Sampel bahan baku atau makaroni mentah dengan ukuran 100 mesh dan makaroni matang setelah perebusan (waktu ±3 menit, suhu ±100 °C), ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam tabung *sentrifuge*. Etanol 70% ditambahkan sebanyak 10 mL ke dalam tabung *sentrifuse*, kemudian *vortex* selama ±1 menit. Perbandingan sampel dan pengestrak yaitu 1:10. Ekstraksi dilakukan menggunakan *shaker*

*waterbath* pada suhu ±55 °C selama 3,5 jam. Sampel *disentrifuge* pada 3000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam botol vial gelap dan digunakan sebagai sampel uji. Sampel uji disimpan pada suhu *refrigerator* sampai dilakukan analisis.

### Analisis Total Fenolik

Analisis total fenolik dilakukan berdasarkan metode Chen dkk. (2016) dengan modifikasi. Ekstrak sampel diambil sebanyak 0,1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelap berpenutup. *Folin-Ciocaltau* 50% sebanyak 0,1 mL ditambahkan ke dalam tabung, kemudian *vortex*. Setelah 8 menit, larutan natrium karbonat 2% sebanyak 2 mL dimasukkan, kemudian *vortex*. Inkubasi dilakukan selama 30 menit. Absorbansi sampel diukur pada λ= 750 nm menggunakan spektrofotometer. Senyawa fenolik dinyatakan sebagai *milligram gallic acid equivalent* (mg GAE)/g berat kering.

### Analisis Total Flavonoid

Analisis total flavonoid dilakukan berdasarkan metode Chahardehi dkk. (2010) dengan modifikasi. Ekstrak sampel diambil sebanyak 1,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelap berpenutup. Sampel direaksikan dengan AlCl<sub>3</sub> 2% sebanyak 1,5 mL, kemudian *vortex*. Inkubasi dilakukan selama 10 menit. Absorbansi sampel diukur pada λ= 415 nm. Total flavonoid dinyatakan sebagai *milligram quercetin equivalent* (mg QE)/g berat kering.

### Analisis Aktivitas Antioksidan 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH)

Analisis aktivitas antioksidan metode DPPH dilakukan berdasarkan metode Baba dan Malik (2015) dengan modifikasi. Ekstrak sampel sebanyak 0,2 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelap berpenutup. Sampel direaksikan dengan reagen DPPH 0,06 mmol sebanyak 3,8 mL, kemudian *vortex*. Inkubasi dilakukan selama 1 jam. Absorbansi diukur pada λ= 517 nm. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif. Hasil absorbansi dihitung berdasarkan Persamaan 1.

$$\% \text{ inhibisi DPPH} = \frac{\text{Absorbansi kontrol positif} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi kontrol positif}} \times 100 \quad (1)$$

Total antioksidan metode DPPH dinyatakan sebagai *milligram ascorbic acid equivalent* (mg AAE)/g berat kering.

### Analisis Aktivitas Antioksidan Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

Analisis FRAP berdasarkan metode Tejpal dkk. (2017) dengan modifikasi. Ekstrak sampel sebanyak

0,4 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelap berpenutup. Sampel ditambahkan 1 mL buffer fosfat 0,2 M (pH 6.6) dan 1 mL *potassium ferricyanide* [ $K_3Fe(CN_6)$ ] 1%, kemudian *vortex*. Inkubasi dilakukan selama 30 menit pada suhu 50 °C, setelah itu ditambahkan *trichloroacetic acid* (TCA) 10% sebanyak 1 mL, kemudian *vortex*. Sampel dipindahkan sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi lain, selanjutnya ditambahkan 1 mL *aquades* dan 0,2 mL 0,1%  $FeCl_3$ , kemudian *vortex*. Inkubasi dilakukan selama 10 menit. Absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda = 700$  nm. Antioksidan dalam sampel menggunakan uji FRAP dinyatakan sebagai *milligram ascorbic acid equivalent* (mg AAE)/g berat kering.

### Analisis Cooking Quality

Kualitas masak dianalisis berdasarkan metode Özyurt dkk. (2015) dengan modifikasi. Air sebanyak 75 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker, kemudian dipanaskan hingga suhu  $\pm 100$  °C. Sampel makaroni sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam air. Pemasakan makaroni dilakukan dengan cara perebusan selama  $\pm 3$  menit menjadi makaroni matang, selanjutnya ditiriskan selama  $\pm 2$  menit. Makaroni kemudian dianalisis *cooking loss*, peningkatan berat, dan pengembangan volume. *Cooking loss* dianalisis berdasarkan sisa air residu pemasakan makaroni yang telah dikeringkan dalam oven pada 105 °C selama 36 jam. Pengembangan volume diukur dengan mengisi 60 mL air dalam 100 mL gelas ukur. Makaroni mentah dan makaroni matang sebanyak masing-masing 5 g secara bergantian dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah diisi air, selanjutnya dihitung selisih volume. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah Persamaan 2-4.

$$\text{Peningkatan berat (\%)} = \frac{\text{berat makaroni matang (g)} - \text{berat makaroni mentah (g)}}{\text{berat makaroni mentah (g)}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{sisa residu kering air pemasakan (g)}}{\text{berat makaroni mentah (g)}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Peningkatan Volume (\%)} = \frac{\text{volume makaroni matang (mL)} - \text{volume makaroni mentah (mL)}}{\text{volume makaroni mentah (mL)}} \times 100 \quad (4)$$

### Uji Organoleptik

Uji organoleptik makaroni dilakukan berdasarkan metode Shehry (2017). Makaroni matang diuji berdasarkan parameter kenampakan, warna, aroma, kelembaban, tingkat kekerasan, kekenyalan, kelembutan di mulut, rasa, serta penerimaan keseluruhan. Pengujian organoleptik terhadap makaroni matang dilakukan menggunakan uji hedonik (tingkat kesukaan) oleh panelis tidak terlatih sebanyak 70 orang. Sampel

makaroni matang tiap formulasi disajikan pada sebuah wadah uji berbeda, masing-masing wadah berisi 4 buah makaroni. Panelis diminta untuk memberikan penilaian tingkat kesukaan terhadap produk makaroni dengan cara dilihat, dipegang, dikunyah, maupun dirasakan dalam mulut. Tiap pengujian satu sampel ke sampel lain, panelis harus menetralkan rasa dengan cara meminum air mineral yang telah disediakan. Uji organoleptik hedonik dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap kombinasi makaroni dari beras hitam dengan kacang berpigmen berdasarkan nilai sangat tidak suka (1), tidak suka (2), agak tidak suka (3), netral (4) agak suka (5), suka (6), dan sangat suka (7).

### Analisis Statistik

Data hasil uji berupa total fenolik, total flavonoid, aktivitas antioksidan metode DPPH, aktivitas antioksidan metode FRAP, dan analisis *cooking quality* dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan sidik ragam *analysis of varians* (ANOVA). Apabila terdapat pengaruh nyata pada perlakuan, maka dilakukan uji lanjut *Duncan's multiple range test* (DMRT) dengan taraf nyata 5%. Data hasil uji organoleptik diolah menggunakan analisis nonparametrik berupa uji *Kruskal-Wallis*. Apabila terdapat perbedaan nyata pada perlakuan, maka dilakukan uji lanjut *Mann Whitney*. Keseluruhan data penelitian diolah menggunakan *software IBM SPSS Statistics 23*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Antioksidan Bahan Baku

Makaroni pada penelitian ini diolah dari bahan baku dengan kandungan antioksidan tinggi. Indikasi awal antioksidan tinggi dapat dilihat dari warna yang terdapat di kulit luarnya. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa ada hubungan antara warna bahan pangan dengan kapasitas antioksidan yang sejajar dengan kandungan antioksidannya (Cömert dkk., 2020). Beras hitam dan kacang berpigmen dipilih menjadi bahan baku pembuatan makaroni karena menurut beberapa penelitian sebelumnya telah terbukti mengandung komponen bioaktif dan antioksidan. Bahan baku perlu diuji untuk memastikan lebih lanjut adanya kandungan senyawa bioaktif dan antioksidan sebagai bahan baku makaroni. Hasil analisis bahan baku pada pembuatan makaroni berdasarkan komponen bioaktif dan kandungan antioksidan disajikan pada Tabel 1.

Beras hitam mengandung total fenolik, total flavonoid, serta aktivitas antioksidan metode DPPH dan FRAP paling tinggi dibandingkan bahan baku lain. Kedelai hitam merupakan bahan baku golongan kacang berpigmen yang mengandung total fenolik tertinggi.

Tabel 1. Hasil analisis bahan baku pembuatan makaroni

Parameter	Beras hitam	Kacang merah	Kedelai hitam	Kacang hijau	Kacang tolo
Total fenolik (mg GAE/g BK)	3,10±0,02 <sup>d</sup>	1,08±0,03 <sup>b</sup>	2,16±0,05 <sup>c</sup>	0,97±0,03 <sup>a</sup>	0,99±0,03 <sup>a</sup>
Total flavonoid (mg QE/g BK)	0,41±0,01 <sup>e</sup>	0,08±0,00 <sup>a</sup>	0,16±0,00 <sup>c</sup>	0,22±0,00 <sup>d</sup>	0,15±0,01 <sup>b</sup>
Antioksidan DPPH (mg AAE/g BK)	3,12±0,01 <sup>d</sup>	1,13±0,06 <sup>b</sup>	1,35±0,02 <sup>c</sup>	1,13±0,06 <sup>b</sup>	1,02±0,03 <sup>a</sup>
Antioksidan FRAP (mg AAE/g BK)	2,16±0,01 <sup>e</sup>	0,85±0,01 <sup>c</sup>	1,29±0,06 <sup>d</sup>	0,27±0,01 <sup>a</sup>	0,75±0,04 <sup>b</sup>

Keterangan: Data merupakan nilai rata-rata±SD. Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p>0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan.

Beras hitam dan kedelai hitam memiliki lapisan kulit terluar berwarna hitam yang diketahui mengandung antosianin (Jun dkk., 2012; Esteves dkk., 2017). Antosianin merupakan senyawa fenolik yang dianggap berkontribusi besar dihitung sebagai total fenolik. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa kulit biji kacang berwarna lebih gelap memiliki komponen fenolik lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kacang berwarna kulit biji lebih cerah (Chutipanyaporn dkk., 2014).

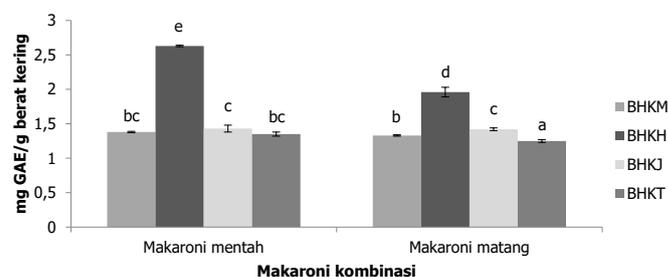
Kacang berpigmen dengan total flavonoid tertinggi dimiliki oleh kacang hijau. Kandungan total flavonoid menunjukkan perbedaan dibandingkan total fenolik. Flavonoid adalah bagian dari senyawa fenolik. Namun, belum tentu bahan dengan kandungan senyawa fenolik lebih tinggi memiliki total flavonoid lebih tinggi juga, bisa jadi bahan tersebut memiliki kandungan lain selain golongan flavonoid. Penelitian lain menunjukkan hasil sama bahwa dari beberapa kacang yang diteliti, kacang hijau memiliki kandungan flavonoid paling tinggi dibandingkan kacang buncis, kacang kapri, kacang merah, kacang panjang, kacang kedelai, kacang gude, dan kacang tunggak (Arinanti, 2018).

Aktivitas antioksidan metode DPPH dan FRAP dalam bahan baku menunjukkan aktivitas antioksidan relatif sama. Kedelai hitam menjadi kacang berpigmen dengan antioksidan tertinggi apabila dibandingkan dengan kacang berpigmen lain. Hasil penelitian menunjukkan korelasi lurus antara urutan aktivitas antioksidan metode FRAP dengan nilai total fenolik bahan baku. Urutan berdasarkan nilai tertinggi yaitu beras hitam, kedelai hitam, kacang merah, kacang tolo, dan kacang hijau.

### Total Fenolik Makaroni

Total fenolik penting diketahui untuk memerkirakan jumlah kandungan senyawa bioaktif dalam bahan pangan yang berpotensi sebagai agen antioksidan. Senyawa fenolik dapat mendonorkan elektron atau atom  $H^+$  kepada senyawa radikal untuk membentuk senyawa baru yang sifatnya menjadi lebih stabil dan tidak reaktif (Dhianawaty dan Ruslin, 2015). Total

fenolik makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kacang-kacangan berpigmen mengalami perubahan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Total fenolik produk makaroni dari beras hitam dan kacang merah (BHKM), beras hitam dan kedelai hitam (BHKH), beras hitam dan kacang hijau (BHKJ), dan beras hitam dan kacang tolo (BHKT). Data merupakan nilai rata-rata±SD. Angka yang ditampilkan dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p>0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan.

Makaroni mentah kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam memiliki nilai total fenolik paling tinggi ( $2,63±0,01$  mg GAE/g berat kering) dan berbeda signifikan ( $p>0,05$ ) dibandingkan makaroni dari beras hitam dengan kombinasi kacang lain. Hasil total fenolik makaroni mentah menunjukkan kesamaan apabila dibandingkan bahan baku kacangnya. Bahan baku kedelai hitam memiliki total fenolik paling tinggi dibandingkan kacang lain, sehingga makaroni beras hitam dengan kombinasi kedelai hitam memiliki total fenolik paling tinggi pada makaroni mentah dibandingkan makaroni mentah kombinasi lain.

Pengolahan bahan baku menjadi produk macaroni menggunakan proses *cold extrusion*. Proses ini berfungsi untuk mencetak bentuk makaroni, sehingga terbentuk produk macaroni yang siap dilanjutkan ke proses pengeringan. *Cold extrusion* pada pembuatan makaroni memanfaatkan suhu  $\leq 50$  °C. Hal ini

memungkinkan penurunan total fenolik pada bahan baku dapat diminimalisir selama proses pencetakan makaroni, sehingga total fenolik yang didapatkan pada makaroni mentah hampir sama seperti pada total fenolik bahan bakunya. Apabila dibandingkan dengan bahan baku beras hitam, makaroni mentah memiliki total fenolik lebih rendah. Namun, apabila dibandingkan dengan bahan baku masing-masing kacangnya, makaroni mentah memiliki total fenolik lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena porsi bahan baku beras hitam untuk pembuatan makaroni lebih sedikit dibandingkan bahan baku kacang berpigmen pada masing-masing formulasi. Selain itu, komponen bioaktif seperti senyawa fenolik pada bahan baku yang sensitif terhadap panas suhu  $\leq 50$  °C dapat mengalami penurunan selama proses *cold extrusion*, sehingga terlihat pada makaroni mentah (setelah pencetakan menggunakan metode *cold extrusion*) mengalami penurunan total fenolik dibandingkan total fenolik bahan bakunya.

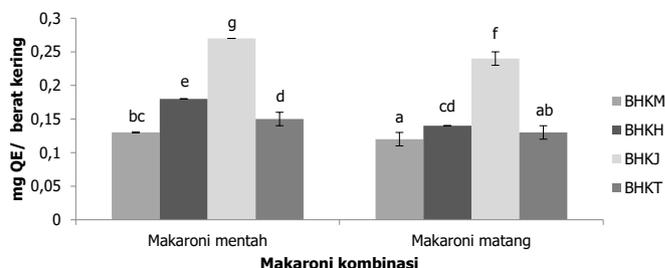
Hasil yang sama juga diperoleh dari makaroni matang, yaitu setelah dilakukan proses pemasakan dengan cara perebusan selama 3 menit pada suhu  $\pm 100$  °C. Makaroni hasil kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam masih memiliki nilai total fenolik tertinggi dibandingkan dengan makaroni kombinasi lain, namun terjadi penurunan total fenolik paling banyak setelah dilakukan proses perebusan (25,48%). Penurunan terbesar urutan kedua dialami oleh makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang merah (1,04%). Bahan baku berupa beras hitam, kedelai hitam, maupun kacang merah mengandung antosianin. Antosianin memiliki bersifat larut air, sehingga dapat ikut larut dan hilang selama proses perebusan. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa varietas kacang kaya antosianin sangat sensitif terhadap panas dan dapat berubah menjadi *chalcone* tidak berwarna saat dipanaskan (Mastura dkk., 2017).

Makaroni kombinasi lain juga mengalami penurunan total fenolik setelah dilakukan proses perebusan. Penurunan senyawa fenolik dikaitkan dengan hilangnya senyawa fenolik larut air yang larut dalam air rebusan serta terjadinya pemecahan senyawa tersebut selama memasak (Preti dkk., 2017).

### Total Flavonoid Makaroni

Keberadaan flavonoid dalam suatu bahan pangan penting diketahui karena berhubungan dengan aktivitas antioksidan. Flavonoid dapat berperan sebagai antioksidan melalui beberapa mekanisme seperti menangkap *reactive oxygen species* (ROS) secara langsung, mengaktifkan enzim antioksidan, mengkelat

logam, mengurangi radikal  $\alpha$ -tocopheryl, menghambat oksidasi, mitigasi stres oksidatif karena *nitrite oxide*, dan meningkatkan level asam urat (Procházková dkk., 2011). Total flavonoid makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kacang-kacangan berpigmen mengalami perubahan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang ditampilkan pada Gambar 2.



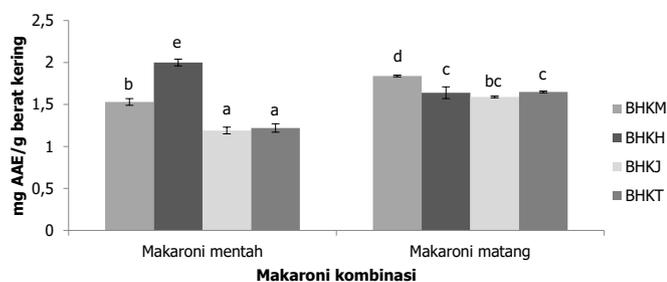
Gambar 2. Total flavonoid produk makaroni dari beras hitam dan kacang merah (BHKM), beras hitam dan kedelai hitam (BHKH), beras hitam dan kacang hijau (BHKJ), dan beras hitam dan kacang tolo (BHKT). Data merupakan nilai rata-rata  $\pm$ SD. Angka yang ditampilkan dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan.

Hasil penelitian menunjukkan total flavonoid makaroni mentah tertinggi dihasilkan dari makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang hijau yaitu sebesar  $0,27 \pm 0,00$  mg QE/g berat kering. Hasil ini berbeda signifikan ( $p > 0,05$ ) dibandingkan makaroni kombinasi lain. Total flavonoid masing-masing makaroni kombinasi mengalami penurunan setelah dilakukan proses pemasakan selama 3 menit pada suhu  $\pm 100$  °C. Flavonoid sensitif terhadap pemanasan, suhu 75 °C dapat langsung menghancurkan aktivitas enzim dan memblokir jalur sintesis flavonoid (Zhang dkk., 2019). Kehilangan flavonoid akibat proses perebusan juga dapat terjadi karena proses oksidasi, selain itu dapat disebabkan dari adanya efek gabungan antara degradasi termal dan kehilangan senyawa flavonoid yang larut dalam air rebusan (Wu dkk., 2019; Nurjanah dkk., 2019).

Makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang hijau masih memiliki nilai total flavonoid tertinggi setelah dilakukan proses pemasakan dibandingkan dengan makaroni kombinasi lain. Hasil menunjukkan tren yang sama apabila dibandingkan dengan bahan baku kacangnya, kacang hijau memiliki total flavonoid tertinggi dibandingkan kacang berpigmen lain. Penelitian sebelumnya menyatakan hal sama bahwa kacang hijau memiliki kandungan flavonoid lebih tinggi dibandingkan kacang lain, seperti kedelai dan kacang hitam (Xue dkk., 2016).

### Aktivitas Antioksidan 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) Radical Scavenging Activity Makaroni

Aktivitas antioksidan metode DPPH digunakan untuk menghitung antioksidan dengan kemampuan menangkap radikal bebas yang telah terbentuk. Prinsip pengukuran antioksidan menggunakan metode DPPH adalah radikal bebas DPPH akan menerima atom H<sup>+</sup> dari antioksidan senyawa uji. Semakin warna ungu dari larutan DPPH memudar, maka menandakan bahwa senyawa uji semakin tinggi antioksidan. Aktivitas antioksidan metode DPPH makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kacang-kacangan berpigmen mengalami perubahan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Aktivitas antioksidan 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity produk makaroni dari beras hitam dan kacang merah (BHKM), beras hitam dan kedelai hitam (BHKH), beras hitam dan kacang hijau (BHKJ), dan beras hitam dan kacang tolo (BHKT). Data merupakan nilai rata-rata $\pm$ SD. Angka yang ditampilkan dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan.

Makaroni mentah kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan makaroni beras hitam dengan kombinasi kacang berpigmen lain, yaitu sebesar  $2,00 \pm 0,04$  mg AAE/g berat kering. Aktivitas antioksidan makaroni mengalami peningkatan setelah dilakukan proses pemasakan menjadi makaroni matang, kecuali pada makaroni hasil kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam. Proses pengolahan menggunakan panas 100 °C dikaitkan dengan inaktivasi enzim polifenol oksidase (Pujimulyani dkk., 2010). Kondisi ini menguntungkan karena mengakibatkan proses oksidasi polifenol menjadi terhambat. Polifenol yang berpotensi sebagai antioksidan akan terlepas dari matriks bahan ketika dipanaskan, sehingga yang awalnya terikat menjadi bebas. Hal ini memungkinkan antioksidan yang terukur oleh metode DPPH menjadi meningkat setelah dilakukan proses perebusan.

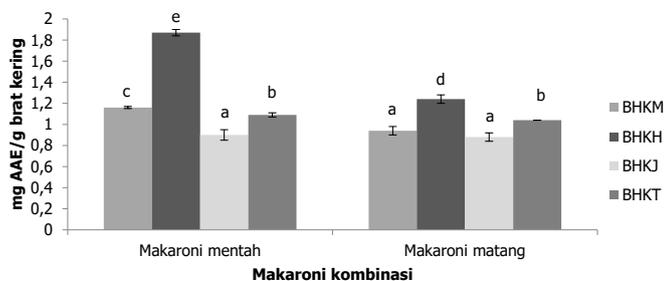
Makaroni dari beras hitam dengan kedelai hitam mengalami penurunan setelah proses perebusan. Hal ini disebabkan karena terjadi penurunan juga pada kandungan fenolik secara signifikan. Senyawa fenolik yang seharusnya berpotensi sebagai antioksidan menjadi berkurang selama proses perebusan. Selain itu, kedelai hitam memiliki antosianin yang berkontribusi besar menjadi senyawa antioksidan, senyawa ini bersifat larut air dan kemungkinan banyak yang hilang selama proses perebusan. Hal ini menjadi penyebab makaroni kombinasi beras hitam dan kedelai hitam mengalami penurunan aktivitas antioksidan metode DPPH setelah proses perebusan. Analisis aktivitas antioksidan pada produk makaroni juga perlu dianalisis dengan metode lain untuk membandingkan hasil kandungan antioksidan di dalamnya karena metode analisis DPPH memiliki kekurangan. Metode DPPH memiliki kekurangan yaitu hanya terbatas mengukur antioksidan yang larut pada pelarut organik seperti alkohol, kemampuannya terbatas dalam mengukur antioksidan yang larut air (Apak dkk., 2007).

### Aktivitas Antioksidan Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Makaroni

Aktivitas antioksidan metode FRAP merupakan salah satu uji antioksidan yang digunakan untuk mengetahui kemampuan antioksidan dalam mereduksi elektron. Metode FRAP menggunakan TCA untuk mengendapkan kalium ferrosianida  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Antioksidan akan terukur berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan dalam pangan untuk mereduksi besi sianida kompleks ( $Fe^{3+}$ ) dari  $K_3[Fe(CN)_6]$  menjadi besi sianida ( $Fe^{2+}$ ). Penambahan  $FeCl_3$  akan membentuk kompleks berwarna hijau hingga biru sesuai kekuatan mereduksi dari senyawa uji (Maryam dkk., 2016). Aktivitas antioksidan metode FRAP makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kacang-kacangan berpigmen mengalami perubahan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang ditampilkan pada Gambar 4.

Makaroni mentah kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam memiliki aktivitas antioksidan metode FRAP paling tinggi dan menunjukkan perbedaan signifikan ( $p > 0,05$ ) dibandingkan makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang berpigmen lain. Aktivitas antioksidan metode FRAP menunjukkan penurunan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang dari masing-masing kombinasi makaroni.

Penurunan paling drastis dialami oleh makaroni kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam, namun makaroni kombinasi ini masih memiliki kandungan antioksidan tertinggi dibandingkan dengan makaroni kombinasi lain. Analisis antioksidan metode DPPH dan



Gambar 4. Aktivitas antioksidan *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) produk makaroni dari beras hitam dan kacang merah (BHKM), beras hitam dan kedelai hitam (BHKH), beras hitam dan kacang hijau (BHKJ), dan beras hitam dan kacang tolo (BHKT). Data merupakan nilai rata-rata $\pm$ SD. Angka yang ditampilkan dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p>0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan.

FRAP makaroni beras hitam dengan kedelai hitam menunjukkan hasil yang sama yaitu penurunan antioksidan dari makaroni mentah menjadi makaroni matang. Penurunan aktivitas antioksidan disebabkan karena panas tinggi dapat mendegradasi senyawa fenolik yang berperan sebagai agen antioksidan, selain itu bisa diikuti dengan senyawa bioaktif seperti polifenol yang hilang selama proses pemasakan (Noorlaila dkk., 2018).

Pada makaroni kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam dan makaroni kombinasi beras hitam dan kacang merah mengalami penurunan aktivitas antioksidan yang signifikan. Hal ini terjadi karena di dalam beras hitam, kedelai hitam, maupun kacang merah mengandung antosianin. Antosianin memiliki sifat larut air. Sifat antosianin yang larut air menyebabkan senyawa ini banyak yang hilang selama perebusan, sehingga menyebabkan aktivitas antioksidan yang terukur menjadi turun signifikan.

Metode FRAP hanya terbatas untuk mengukur antioksidan yang larut air, selain itu FRAP tidak

cukup responsif untuk mengukur antioksidan tipe tiol (mengandung  $-SH$ ) seperti glutation, dan tidak dapat mengukur karotenoid karena karotenoid tidak memiliki kemampuan dalam mereduksi besi (Apak dkk., 2007). Antioksidan yang larut air dari produk makaroni telah banyak yang hilang selama proses perebusan, sehingga sisa antioksidan larut air yang terukur dengan metode FRAP menjadi menurun. Hasil aktivitas antioksidan metode FRAP juga sejalan dengan nilai total fenolik yang menurun setelah dilakukan proses perebusan. Selain itu, penurunan aktivitas antioksidan metode FRAP berkaitan dengan kemampuan metode ini dalam mengukur antioksidan larut air, sehingga potensi antioksidan lain yang kurang larut air tidak terukur sempurna. Hal ini dapat menjadi penyebab perbedaan hasil aktivitas antioksidan metode FRAP pada makaroni matang yang mengalami penurunan aktivitas antioksidan dibandingkan makaroni mentah, sedangkan total antioksidan metode DPPH menunjukkan hasil sebaliknya.

### Cooking Quality Makaroni

Kualitas makaroni dapat dilihat berdasarkan kualitas pemasakan seperti pengembangan volume, penyerapan air, dan *cooking loss* atau kehilangan bahan ke dalam air rebusan selama proses pemasakan. Kualitas masak makaroni disajikan dalam Tabel 2.

Makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam mengalami pengembangan volume paling tinggi dibandingkan makaroni dari kombinasi lain. Pengembangan volume tinggi dapat terjadi karena makaroni mengalami penyerapan banyak air saat proses pemasakan. Air terserap ke dalam struktur makaroni kemudian menjadi berkembang dan mengalami pertambahan volume dan berat. Berbeda dengan sifat makaroni kombinasi beras hitam dan kacang merah. Makaroni ini mengalami *cooking loss* paling tinggi, namun karena kemampuan menyerap air lebih rendah, pengembangan volume menjadi tidak terlalu tinggi. Kemampuan produk makaroni dalam menyerap

Tabel 2. Kualitas masak produk makaroni

Parameter	Makaroni Kombinasi			
	Beras hitam dan kacang merah	Beras hitam dan kedelai hitam	Beras hitam dan kacang hijau	Beras hitam dan kacang tolo
Pengembangan volume (%)	5,14 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	6,41 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	4,77 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	5,02 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Peningkatan berat (%)	86,90 $\pm$ 2,11 <sup>a</sup>	99,80 $\pm$ 0,47 <sup>c</sup>	86,00 $\pm$ 3,24 <sup>a</sup>	93,66 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>
<i>Cooking loss</i> (%)	9,45 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	9,30 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	8,02 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	7,87 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>

Keterangan: Data merupakan nilai rata-rata $\pm$ SD. Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p>0,05$ ) berdasarkan uji lanjut Duncan

air dapat dikaitkan dengan peningkatan berat pada makaroni matang.

Makaroni diharapkan mengalami *cooking loss* rendah. *Cooking loss* dapat berpengaruh terhadap hilangnya komponen bahan yang berpotensi sebagai antioksidan. Makaroni dengan *cooking loss* semakin rendah, memungkinkan antioksidan dari bahan tidak banyak yang hilang. Kehilangan bahan selama proses pemasakan dapat terjadi akibat matriks bahan terbuka karena pemanasan, kemudian komponen di dalam bahan keluar dan ikut larut ke dalam air. Proses perebusan berhubungan langsung dengan panas yang dihasilkan air mendidih, kondisi ini menyebabkan dinding sel dan membran plasma bahan pangan cepat mengalami kerusakan, sehingga air rebusan masuk ke dinding sel bahan pangan yang kemudian melarutkan senyawa fenol ke dalam air pengolahan (Aisyah dkk., 2015). Hal ini menyebabkan komponen bioaktif larut air dalam makaroni menjadi berkurang setelah dilakukan proses perebusan.

### Uji Organoleptik

Penilaian organoleptik terhadap produk pangan baru penting dilakukan agar dapat dilakukan evaluasi untuk memperbaiki tekstur, cita rasa, serta penampilan dari suatu produk pangan. Uji hedonik dipilih untuk mengetahui penerimaan organoleptik dari produk makaroni. Hasil uji organoleptik hedonik dapat dilihat pada Tabel 3.

Kenampakan dan warna makaroni dari kombinasi beras hitam dengan kacang merah, kacang hijau, atau kacang tolo relatif memperoleh penilaian hampir sama yaitu agak suka, sedangkan untuk makaroni beras hitam dan kedelai hitam (BHKH) mendapat penilaian agak tidak suka karena memiliki kenampakan agak pucat. Kondisi ini dikarenakan pigmen warna ungu dari kedua bahan baku yaitu beras hitam dan kedelai hitam banyak terlarut dalam air saat proses perebusan, sehingga terlihat lebih pucat dibandingkan makaroni kombinasi lain. Warna keunguan dari antosianin bersifat tidak stabil pada suhu tinggi. Perlakuan panas maksimum suhu 35 °C dapat mengurangi total antosianin (Kho dkk., 2017).

Penilaian terhadap aroma makaroni terbaik diperoleh dari makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang merah, hasil ini tidak berbeda nyata dengan makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang tolo dan kacang hijau. Kacang memiliki aroma identik dengan bau langu (*beany flavor*). Bau langu kurang disukai sehingga perlu direduksi. Bau langu pada pembuatan makaroni ini direduksi ketika proses pengukusan dengan suhu  $\pm 100$  °C.

Secara tekstur, makaroni BHKH agak rapuh setelah dilakukan proses pemasakan. Makaroni ini juga memiliki presentase penyerapan air tertinggi, sehingga ikatan antar bahan dari bahan baku menjadi renggang dan menyebabkan tekstur menjadi lebih rapuh. Kondisi ini juga berkaitan dengan parameter kelembaban, makaroni

Tabel 3. Hasil uji hedonik makaroni dari beras hitam dan kacang-kacangan berpigmen

Parameter	Makaroni Kombinasi			
	Beras hitam dan kacang merah	Beras hitam dan kedelai hitam	Beras hitam dan kacang hijau	Beras hitam dan kacang tolo
Penampakan	4,59 $\pm$ 1,59 <sup>bc</sup>	3,46 $\pm$ 1,62 <sup>a</sup>	5,13 $\pm$ 1,28 <sup>c</sup>	4,54 $\pm$ 1,50 <sup>b</sup>
Warna	4,87 $\pm$ 1,28 <sup>b</sup>	3,29 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	5,11 $\pm$ 1,07 <sup>b</sup>	4,73 $\pm$ 1,41 <sup>b</sup>
Aroma	4,74 $\pm$ 1,32 <sup>b</sup>	4,20 $\pm$ 1,44 <sup>a</sup>	4,46 $\pm$ 1,66 <sup>ab</sup>	4,56 $\pm$ 1,51 <sup>ab</sup>
Kelembaban	4,43 $\pm$ 1,49 <sup>b</sup>	3,36 $\pm$ 1,48 <sup>a</sup>	4,53 $\pm$ 1,41 <sup>b</sup>	4,50 $\pm$ 1,54 <sup>b</sup>
Tingkat Kekerasan	4,61 $\pm$ 1,64 <sup>b</sup>	3,39 $\pm$ 1,64 <sup>a</sup>	4,57 $\pm$ 1,39 <sup>b</sup>	4,53 $\pm$ 1,73 <sup>b</sup>
Kekenyalan	4,50 $\pm$ 1,59 <sup>b</sup>	3,40 $\pm$ 1,65 <sup>a</sup>	4,41 $\pm$ 1,62 <sup>b</sup>	4,61 $\pm$ 1,74 <sup>b</sup>
Kelembutan di mulut	4,36 $\pm$ 1,49 <sup>b</sup>	3,37 $\pm$ 1,60 <sup>a</sup>	4,24 $\pm$ 1,49 <sup>b</sup>	4,47 $\pm$ 1,59 <sup>b</sup>
Rasa	4,19 $\pm$ 1,39 <sup>b</sup>	2,84 $\pm$ 1,55 <sup>a</sup>	4,06 $\pm$ 1,48 <sup>b</sup>	4,19 $\pm$ 1,62 <sup>b</sup>
Penerimaan keseluruhan	4,53 $\pm$ 1,37 <sup>b</sup>	3,30 $\pm$ 1,42 <sup>a</sup>	4,60 $\pm$ 1,42 <sup>b</sup>	4,46 $\pm$ 1,45 <sup>b</sup>

Keterangan:

Sangat tidak suka (1), tidak suka (2), agak tidak suka (3), netral (4), agak suka (5), suka (6), sangat suka (7). Data merupakan nilai rata-rata $\pm$ SD. Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ ) berdasarkan uji lanjut *Mann Whitney*.

BHKH kurang disukai karena tampak menyerap banyak air. Kondisi ikatan antar bahan yang renggang juga menyebabkan tingkat kekerasan menjadi lebih lunak. Selain itu, kekenyalan menjadi berkurang karena ikatan antar bahan terisi oleh air, sehingga tidak terasa kenyal. Kemudian berdasarkan parameter kelembutan di mulut, makaroni BHKH terlalu lunak dan banyak air, sehingga menjadi terasa lengket dan kurang lembut di mulut. Rasa dari makaroni BHKH menjadi lebih hambar karena kehilangan sebagian bahan dari bahan baku setelah banyak yang larut selama proses perebusan, kemudian terganti dengan penyerapan air dengan presentase tertinggi.

## KESIMPULAN

Apabila dibandingkan dengan bahan baku beras hitam, makaroni mentah memiliki kandungan yang lebih rendah pada masing-masing formulasi. Hal ini dapat terjadi karena bahan baku beras hitam yang digunakan pada masing-masing formulasi makaroni lebih sedikit dibandingkan dengan bahan baku kacang berpigmen. Metode *cold extrusion* pada pembuatan makaroni kombinasi beras hitam dan kacang berpigmen hanya dapat meminimalkan penurunan komponen bioaktif seperti total fenolik, total flavonoid, serta aktivitas antioksidan agar tidak terjadi penurunan lebih banyak dari bahan baku menjadi makaroni mentah. Aktivitas antioksidan makaroni kombinasi beras hitam dengan kacang berpigmen diperoleh hasil berbeda dari kedua metode uji yaitu metode DPPH dan FRAP. Aktivitas antioksidan metode DPPH dari makaroni meningkat setelah dilakukan proses perebusan menjadi makaroni matang, kecuali pada makaroni kombinasi beras hitam dengan kedelai hitam. Sedangkan aktivitas antioksidan metode FRAP dari semua makaroni kombinasi menurun setelah dilakukan proses perebusan menjadi makaroni matang. Makaroni matang terbaik dari kombinasi beras hitam dan kacang berpigmen diperoleh dari formulasi beras hitam dengan kedelai hitam karena mengandung total fenolik dan aktivitas antioksidan FRAP tertinggi dibandingkan dengan makaroni kombinasi lain, namun agak kurang disukai dari segi organoleptik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia (tahun 2019) sebagai pemberi dana penelitian ini (Hibah Penelitian Tesis Magister).

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan (*conflict of interest*) antar penulis atau dengan pihak lain

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Y., Rasdiansyah, & Muhaimin. (2015). Pengaruh pemanasan terhadap aktivitas antioksidan pada beberapa jenis sayuran. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 6(2), 29–32. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v6i2.2063>
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., Berker, K. I., Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496–1547. <https://doi.org/10.3390/12071496>
- Arinanti, M. (2018). Potensi senyawa antioksidan alami pada berbagai jenis kacang. *Ilmu Gizi Indonesia*, 01(02), 134–143.
- Baba, S. A., & Malik, S. A. (2015). Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science*, 9, 449–454. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.001>
- Chahardehi, A. M., Ibrahim, D., & Sulaiman, S. F. (2010). Antioxidant, antimicrobial activity and toxicity test of *Pilea microphylla*. *International Journal of Microbiology*, 2010, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2010/826830>
- Chen, H. H., Chang, H. C., Chen, Y. K., Hung, C. L., Lin, S. Y., & Chen, Y. S. (2016). An improved process for high nutrition of germinated brown rice production: Low-pressure plasma. *Food Chemistry*, 191, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.083>
- Chutipanyaporn, P., Kruawan, K., & Chupeerach, C. (2014). The effect of cooking process on antioxidant activities and total phenolic compounds of five colored beans. *Food and Applied Bioscience Journal*, 2(3), 183–191.
- Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 2, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.crfcs.2019.11.001>
- Dhianawaty, D., & Ruslin. (2015). Kandungan total polifenol dan aktivitas antioksidan dari ekstrak metanol akar *Imperata cylindrica* (L) Beauv. (alang-alang). *Majalah Kedokteran Bandung*, 47(1), 60–64. <https://doi.org/10.15395/mkb.v47n1.398>
- Esteves, T. C. F., Felberg, I., Calado, V. M. A., & Panizzi, M. C. C. (2017). Effect of black soymilk processing conditions

- on anthocyanins content. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 11(2), 56–60. <https://doi.org/10.9790/2402-1102015660>
- Jun, H.-I., Song, G.-S., Yang, E.-I., Youn, Y., & Kim, Y.-S. (2012). Antioxidant activities and phenolic compounds of pigmented rice bran extracts. *Journal of Food Science*, 77(7), C759–C764. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02763.x>
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, 61(1). <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Kumari P., V., & Sangeetha, N. (2013). Effect of processing techniques on the physical and nutritional properties of extruded product using multicereal composite mix. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 5(4), 8–16.
- Maryam, S., Baits, M., & Nadia, A. (2016). Pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera Lam.*) menggunakan metode FRAP (ferric reducing antioxidant power). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(2), 115–118. <https://doi.org/10.33096/jffi.v2i2.181>
- Mastura Y., H. M., Hasnah H., H., & Dang T.N., D. (2017). Total phenolic content and antioxidant capacity of beans: Organic vs inorganic. *International Food Research Journal*, 24(2), 510–517.
- Noorlaila, A., Suhadah, A. N., Noriham, N., & Hassan, N. H. (2018). Total anthocyanin content and antioxidant activities of pigmented black rice (*Oryza sativa L. Japonica*) subjected to soaking and boiling. *Jurnal Teknologi*, 80(3), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v80.11135>
- Nurjanah, N., Jacob, A. M., Asmara, D. A., & Hidayat, T. (2019). Phenol component of fresh and boiled sea grapes (*Caulerpa sp.*) from Tual, Maluku. *Food ScienTech Journal*, 1(1), 31–39. <https://doi.org/10.33512/fsj.v1i1.6244>
- Ombra, M. N., D’Acierno, A., Nazzaro, F., Riccardi, R., Spigno, P., Zaccardelli, M., Pane, C., Maione, M., Fratianni, F. (2016). Phenolic composition and antioxidant and antiproliferative activities of the extracts of twelve common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) endemic ecotypes of Southern Italy before and after cooking. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2016/1398298>
- Özyurt, G., Uslu, L., Yuvka, I., Gökdoğan, S., Atci, G., Ak, B., & Işık, O. (2015). Evaluation of the cooking quality characteristics of pasta enriched with spirulina platensis. *Journal of Food Quality*, 38(4), 268–272. <https://doi.org/10.1111/jfq.12142>
- Preti, R., Rapa, M., & Vinci, G. (2017). Effect of steaming and boiling on the antioxidant properties and biogenic amines content in green bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties of different colours. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/5329070>
- Procházková, D., Boušová, I., & Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82(4), 513–523. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.01.018>
- Pujimulyani, D., Raharjo, S., Marsono, Y., & Santoso, U. (2010). Aktivitas antioksidan dan kadar senyawa fenolik pada kunir putih (*Curcuma mangga Val.*) Segar dan Setelah Blanching. *agriTECH*, 30(2), 68–74. <https://doi.org/10.22146/agritech.9675>
- Robin, F., & Palzer, S. (2015). Texture of breakfast cereals and extruded products. In *Modifying Food Texture* (Vol. 1, pp. 203–235). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00010-3>
- Shehry, G. A. Al. (2017). Preparation and quality evaluation of pasta substituted with hull-less barley. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(January), 98–106.
- Tejpal, C. S., Vijayagopal, P., Elavarasan, K., Linga Prabu, D., Lekshmi, R. G. K., Asha, K. K., Anandan, R., Chatterjee N. S., Mathew, S. (2017). Antioxidant, functional properties and amino acid composition of pepsin-derived protein hydrolysates from whole tilapia waste as influenced by pre-processing ice storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4257–4267. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2897-9>
- Widyasaputra, R. (2018). Optimasi proses produksi beras hitam pratanak dengan metode permukaan respon. In *Tesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Wu, X., Zhao, Y., Haytowitz, D. B., Chen, P., & Pehrsson, P. R. (2019). Effects of domestic cooking on flavonoids in broccoli and calculation of retention factors. *Heliyon*, 5(3), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01310>
- Xue, Z., Wang, C., Zhai, L., Yu, W., Chang, H., Kou, X., & Zhou, F. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata L.*), soybean (*Glycine max L.*) and black bean (*Phaseolus vulgaris L.*) during the germination process. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 34(1), 68–78. <https://doi.org/10.17221/434/2015-CJFS>
- Zhang, M. W., Zhang, R. F., Zhang, F. X., & Liu, R. H. (2010). Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 7580–7587. <https://doi.org/10.1021/jf1007665>
- Zhang, X., Wang, X., Wang, M., Cao, J., Xiao, J., & Wang, Q. (2019). Effects of different pretreatments on flavonoids and antioxidant activity of *Dryopteris erythrosora* leave. *PLoS ONE*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200174>