

# AKTIVITAS PENANGKAL RADIKAL BEBAS DAN PENSTABIL OKSIGEN SINGLET DARI EKSTRAK BIJI JAGUNG MANADO KUNING (*Zea mays L.*)

Mutiara G. Waworuntu<sup>1</sup>, Edi Suryanto<sup>1</sup> dan Lidya I. Momuat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Universitas Sam Ratulangi Manado

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas penangkal radikal bebas, dan penstabil singlet oksigen dari ekstrak biji jagung Manado kuning dengan berbagai ekstrak. Ekstrak fenolik bebas dibuat dengan teknik maserasi selama 24 jam dengan pelarut etano 80%. Residu dari sisa ekstraksi, diambil 1g dihidrolisis dengan HCl untuk mendapatkan ekstrak fenolik terikat. Ekstrak asam ferulat diambil 0,5 mL dari ekstrak fenolik bebas. Dan untuk ekstrak karotenoid didegesti dengan pelarut etanol:petroleum eter pada suhu 75oC selama 5 menit. Selanjutnya, ditentukan kandungan total fenolik, aktivitas penangkal radikal bebas, dan aktivitas penstabil oksigen singlet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak fenolik terikat memiliki nilai total fenolik dan aktivitas antioksidan yang paling tinggi. Sedangkan untuk penstabil oksigen singlet ekstrak karotenoid mempunyai aktivitas penstabil oksigen yang lebih baik dari pada ekstrak lainnya.

Kata kunci: Biji jagung, penangkal radikal bebas, fenolik, penstabil oksigen singlet

## ABSTRACT

The aim of study was to determine the free-radical scavengers activity, and singlet oxygen quenching of various extracts Manado yellow corn kernels. Free phenolic extract were prepared by maseration technique for 24 hours with 80 % ethanol. 1 g Residual of extraction, hydrolyzed with HCl to obtain a bound phenolic extract. For the ferulic acid extract is taken of 0.5 mL from the free phenolic extract. And the carotenoid extract digested with ethanol: petroleum ether at temperature 75OC for 5 minutes. And then, determined of total phenolic content, free-radical sccevengers, and singlet oxygen quenching activity. Results of the research shows that bound phenolic extract has the highest total phenolic and antioxidant values. As for the singlet oxygen stabilizer carotenoid extract has better oxygen stabilizer activity than other extracts.

Keywords: Corn kernels, free-radical scavengers, phenolic, singlet oxygen quenching

## PENDAHULUAN

Pangan merupakan komoditas yang strategis, karena fungsinya untuk memenuhi kebutuhan pokok manusia. Hasil pangan yang baik adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kuliatas hidup. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki berbagai jenis tanaman pangan, salah satunya adalah jagung. Menurut penelitian Bacchetti dkk. (2013), biji jagung mengandung senyawa karotenoid (zeaxantin) yang melimpah dalam konsentrasi berkisar antara 176-218 mg/100 g,  $\beta$ -karoten 27-39 mg/100g, dan lutein berkisar 23-49 mg/ 100 g.

Sulawesi Utara memiliki varietas jagung lokal yang unggul salah satunya yaitu jagung Manado kuning. Jenis jagung Manado kuning masih kurang digunakan sebagai bahan pangan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki tekstur yang keras, dan biasanya di

jadikan sebagai pakan untuk hewan ternak. Padahal jagung Manado kuning memiliki kandungan total fenolik, aktivitas antioksidan, dan juga memiliki kandungan total karotenoid tinggi yang baik untuk tubuh (Landeng dkk., 2017).

Menurut Suryanto (2012), Tubuh manusia secara terus menerus mengalami proses oksidasi yang menghasilkan oksigen aktif dan radikal bebas. Reaksi oksidasi yang diinduksi oleh adanya cahaya atau disebut fotooksidasi. Fotooksidasi ini melibatkan oksigen singlet yang dihasilkan dari oksigen triplet (molekul oksigen yang ada di udara) dengan bantuan suatu zat yang berperan sebagai sensitiser. Reaksi oksidasi adalah proses alami yang terjadi di alam dan di dalam tubuh. Oleh karena itu, tubuh kita membutuhkan suatu senyawa yang dapat menghambat terjadinya oksidasi yaitu senyawa antioksidan yang banyak terdapat pada tumbuhan salah satunya adalah jagung. Efek antioksidan fenolik terutama

\* Korespondensi :

Telpon: +62 853-9856-6170

E-mail: mutiara.gabrieliaw@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.11.1.2018.27614>

disebabkan sifat-sifat reaksi reduksi-oksidasi dan merupakan hasil berbagai kemungkinan mekanisme seperti aktivitas penangkal (scavenging) radikal bebas, dan aktivitas penstabilan (quenching) oksigen singlet.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan alat

Bahan yang digunakan Jagung Manado kuning yang diperoleh dari daerah Tondagesan, Minahasa Selatan, Manado, aquades, etanol pro-analis, petroleum eter pro-analis, metanol pro-analis, Folin-Ciocalteu 50%, natrium karbonat, asam klorida, sodium hidroksida, etil asetat teknis, magnesium karbonat, sodium sulfat, lutein, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), tween 20, asam linoleat, eritrosin. Alat yang digunakan alat-alat gelas, vortex, kertas saring, aluminium foil, timbangan analitik, rotary evaporator, blender, ayakan 60 mesh, rak tabung, micro pipet, pipet ukur, oven, cawan porselin, desikator, sudip, batang pengaduk, botol vial, Spektrofotometer Uv-Vis (Shimadzu), lampu spiral, kotak cahaya.

### Preparasi sampel

Jagung Manado kuning yang diperoleh dari daerah Tondagesan, Minahasa Selatan diambil bijinya dibersihkan dengan air mengalir, dikering-anginkan kemudian dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh.

### Ekstraksi fenolik bebas

Sebanyak 5 g serbuk biji jagung Manado kuning diekstraksi dengan pelarut etanol 80% selama 24 jam. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat I. Setelah itu, residunya diekstraksi kembali dengan cara yang sama sehingga diperoleh filtrat II. Kedua filtrat digabungkan dan dievaporasi pada 40 °C sampai tersisa 10 mL dan dilarutkan kembali dengan akuades sampai volume menjadi 25 mL. Ekstrak yang diperoleh ditimbang dan disimpang pada suhu 5 °C sebelum dianalisis kandungan fitokimianya.

### Ekstraksi fenolik terikat

Setelah ekstraksi fenolik bebas, residu dihidrolisis dengan 20 mL NaOH 2 M diaduk dan diinkubasi pada suhu kamar selama 1 jam. Selanjutnya, campuran dinetralkan dengan HCl sampai pH 6 dan diekstraksi dengan tiga kali dengan etil asetat sampai bening. Fraksi etil asetat dievaporasi pada 40 °C dan dikeringkan dalam oven sehingga didapat ekstrak pekat. Ekstrak yang

diperoleh ditimbang dan disimpan pada suhu 5 °C sebelum dianalisis kandungan fitokimianya.

### Ekstraksi asam ferulat terkonjugasi terlarut

Ekstrak dari ekstraksi fenolik bebas pada prosedur 3.3.2 digunakan untuk ekstraksi asam ferulat terkonjugasi. Sebanyak 0,5 mL ekstrak fenolik bebas dihidrolisis dengan 20 mL NaOH 2 M dicampur menggunakan pengaduk magnet selama 1 jam dan larutan dinetralkan dengan HCl. lanjutnya diekstraksi dengan etil asetat sampai bening, fraksi etil asetat dievaporasi pada suhu 35 oC. Ekstrak asam ferulat terkonjugasi terlarut. Ekstrak yang diperoleh ditimbang dan disimpang pada suhu 5 oC sebelum dianalisis kandungan fitokimianya.

### Ekstraksi karotenoid

Sebanyak 1 g serbuk biji jagung Manado kuning dicampur dengan 0,06 g kalsium karbonat dan diekstraksi dengan 10 mL etanol-petroleum eter (1:1) pada suhu 75 °C selama 5 menit. Selanjutnya, disentrifugasi selama 6 menit didapat supernatan dan residu. Hasil residu ulangi kembali dengan perlakuan yang sama. Supernatan yang didapat di buat dalam konsentrasi 1000 µg/mL dan dibaca absorbansinya pada λ 400-600 nm dengan spektrofotometer UV-Vis.

### Penentuan kandungan total fenolik

Kandungan total fenolik dari serbuk biji jagung Manado ditentukan menggunakan metode Jeong dkk. (2004). Sebanyak 0,1 mL larutan masing-masing ekstrak biji jagung 1000 µg/mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 0,1 mL reagen Folin Ciocalteu 50% dalam tabung reaksi dan kemudian campuran divortex selama 3 menit. Setelah interval waktu 3 menit, ditambahkan 2 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 %, kemudian campuran diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit. Selanjutnya dibaca dibaca absorbansinya pada λ 750 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasilnya diplotkan terhadap kurva standar asam galat yang dipersiapkan dengan cara yang sama.

### Penentuan kandungan total karotenoid

Kandungan total karotenoid dari berbagai ekstrak biji jagung Manado kuning. Dibuat masing-masing ekstrak dalam konsentrasi 500 µg/mL yang dilarutkan dalam pelarut petroleum eter kemudian discan pada panjang gelombang 400-600 nm dengan spetrofotometer Uv-Vis. Dibuat larutan baku lutein 10 µg/mL dilarutkan dalam etil asetat dan dideteksi pada panjang

gelombang 470 nm. Kemudian ditentukan larutan baku lutein dengan konsentrasi 2; 4; 6; 8 µg/mL. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum.

#### Penentuan penangkal radikal bebas DPPH

Penentuan aktivitas penangkal radikal bebas serbuk biji jagung manado kunig ditentukan dengan metode Burda & Oleszeck (2001). Sebanyak 0,5 mL masing-masing ekstrak 1000 µg/mL ditambahkan dengan 1,5 mL larutan DPPH dan divortex selama 2 menit. Berubahnya warna larutan dari ungu ke kuning menunjukkan efisiensi penangkal radikal bebas. Selanjutnya pada 5 menit terakhir menjelang 30 menit inkubasi, absorbansinya diukur pada panjang gelombang 517 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS.  $\alpha$ -tokoferol (VE) dengan konsentrasi 50 µg/mL digunakan sebagai sampel pembanding. Aktivitas penangkal radikal bebas (APRB) dihitung sebagai presentase berkurangnya warna DPPH dengan menggunakan persamaan:

$$\text{APRB (\%)} = \left(1 - \frac{\text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}}\right) \times 100\%$$

#### Penentuan aktivitas penstabil oksigen singlet dalam sistem emulsi

Dibuat stok emulsi dari 1,5 g asam linoleat ditambah 6 mL aquades, distirer selama 5 menit, lalu ditambah 2,5 g Tween-20 kemudian distirer kembali selama 10 menit. Diambil 1 g dari stok tersebut, dan ditambah 5 mL aquades distirer selama 2 menit, selanjutnya ditambah 5 mL aquades sebanyak 4 kali penambahan sehingga total stirer 10 menit. Pengaruh masing-masing ekstrak terhadap oksidasi oksigen singlet diuji dalam asam linoleat yang mengandung 5 µg/mL eritrosin dalam emulsi sebagai sensitiser.

Efek ekstrak terhadap penstabil oksigen singlet terhadap asam linoleat menggunakan konsentrasi 500 µg/mL. Sampel dari campuran tersebut diambil sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam botol serum berukuran 10 mL yang dilengkapi dengan penutup karet dan aluminium foil. Analisis penstabil oksigen singlet dimulai dengan memipet sampel emulsi 30 µL. Sampel tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi 3 mL methanol absolut. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 234 nm. Setelah

diketahui absorbansi, dengan rumus Lambert-Beer ( $A = \epsilon bc$ ) maka dapat dicari konsentrasi hidroperoksida diena terkonjugasi karena diketahui:  $\epsilon = 26\ 000\ \text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  untuk linoleat hidroperoksida (Frankel dkk., 1994),  $b = 1\ \text{cm}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ekstraksi

Proses ekstraksi dilakukan dengan berbagai cara. Proses ekstraksi ini berdasarkan pada kemampuan pelarut organik untuk menembus dinding sel dan masuk dalam rongga sel yang mengandung zat aktif. Ekstraksi maserasi merupakan proses ekstraksi dengan cara dingin. Maserasi adalah cara ekstraksi yang sederhana. Maserasi merupakan proses merendam bahan simplisia yang telah dihaluskan dengan menstrum sampai meresap dan melunakkan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan terlarut (Anonim, 2002). Pada proses maserasi, sampel mengalami pemecahan dinding sel dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut atau terjadi proses difusi. Etanol adalah pelarut yang bersifat universal yaitu dapat melarutkan senyawa polar maupun senyawa nonpolar. Penggunaan etanol sebagai cairan penyari biasanya dicampur dengan pelarut lain, terutama campuran dengan air (Voight, 1995). Pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan proses ekstraksi. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi adalah pelarut polar yaitu etanol, selain bersifat polar etanol juga memiliki gugus  $\text{C}_2\text{H}_5$  yang relatif berperan sebagai senyawa non polar, dengan adanya sifat dan gugus tersebut membuat etanol hampir dapat melarutkan semua produk metabolit sekunder.

Tabel 1. Rendemen masing-masing ekstrak

Sampel	Massa (g)	Rendemen (%)
EFB	1,0281	10,128
EFT	0,0045	0,45
EAF	0,0881	17,62

Keterangan: Ekstrak fenolik bebas (EFB), ekstrak fenolik terikat dan ekstrak asam ferulat (EAF)

**Penentuan total fenolik dari berbagai ekstrak**

Hasil kandungan fenolik dari ekstrak fenolik bebas, fenolik terikat, asam ferulat, dan karotenoid dengan 1000 µg/ml ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan total fenolik

Sampel	Kandungan total fenolik (µg/mL)
EFB	49,37±0,01 <sup>a</sup>
EFT	74,90±0,01 <sup>b</sup>
EAF	9,49±0,02 <sup>c</sup>
EK	5,92±0,02 <sup>d</sup>

Keterangan: Ekstrak fenolik bebas (EFB), ekstrak fenolik terikat, ekstrak asam ferulat (EAF) dan ekstrak karotenoid

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa kandungan fenolik tertinggi terdapat pada EFT sebesar 74,90 µg/mL, diikuti EFB 49,37 µg/mL, EAF 9,49 µg/mL, dan yang terakhir yaitu EK 5,92 µg/mL. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata kandungan total fenolik pada masing-masing ekstrak ( $p \leq 0,05$ ). Berdasarkan uji lanjut Duncan diketahui bahwa masing-masing ekstrak memiliki perbedaan nyata terhadap kandungan total fenolik. EFT mempunyai nilai yang paling tinggi, yang berbeda nyata dengan EFB, EAF, dan EK. Hal ini sesuai dengan penelitian Parra dkk., (2007) yang menunjukkan bahwa senyawa fenolik terikat lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan fenolik bebas. Saat dilakukan proses hidrolisis dari residu hasil ekstrak (ekstrak fenolik terikat) ternyata masih banyak kandungan senyawa fenolik yang terkandung dalam residu tersebut. Karena menurut Adom & Liu (2002) pengujian fitokimia biasanya dalam bentuk ikatan bebas, larut, dan tak larut. Dan kebanyakan adalah bentuk ikatan tak larut karena terikat oleh dinding sel. Berarti saat dilakukan proses ekstraksi fenolik bebas tidak banyak senyawa fenolik yang larut, ini bisa saja karena pengaruh dari penambahan air yang menyebabkan hanya sedikit senyawa fenolik yang larut didalamnya. Proses ekstraksi dan juga pemilihan pelarut berpengaruh terhadap kandungan dari senyawa fenolik. Untuk ekstrak asam ferulat yang asalnya dari 0,5 mL fenolik bebas yang telah dihidrolisis ternyata masih memiliki senyawa fenolik walaupun dalam jumlah yang kecil. Sedangkan ekstrak karotenoid yang memiliki nilai yang rendah, karena ekstrak ini tidak melalui proses pemekatan saat dilakukan

digesti langsung di buat dalam konsentrasi yang sama dengan ekstrak lainnya.

**Penentuan total karotenoid**

Hasil analisis kandungan total karotenoid terhadap ekstrak biji jagung Manado kuning pada tabel 3. Kandungan total karotenoid ditentukan berdasarkan metode Oktavia dkk. (2016). Pengujian ini dibuat kurva standar lutein, karena penentuan total karotenoid lebih fokus untuk senyawa lutein. Data absorbansinya dihitung dengan menggunakan persamaan regresi linier  $y = 0,0374x + 0,0131$  dengan  $r = 0,9399$ .

Tabel 3. Kandungan total karotenoid dari ekstrak 500 µg/mL biji jagung Manado kuning

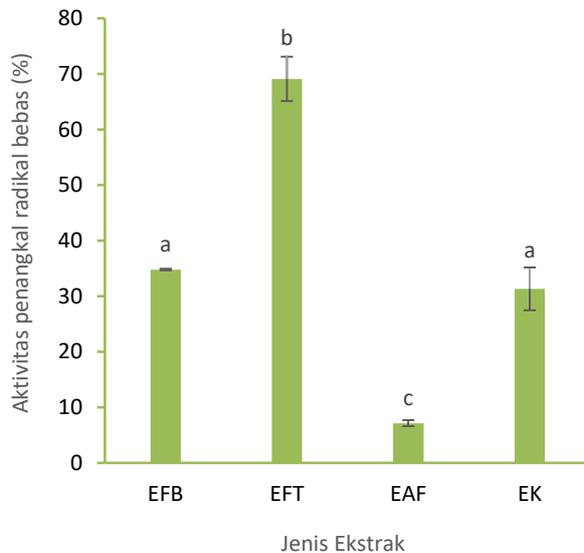
Sampel	Total karotenoid (µg/mL)
EFB	0,76±0,02 <sup>a</sup>
EFT	1,04±0,03 <sup>a</sup>
EAF	0,51±0,01 <sup>a</sup>
EK	2,43±0,03 <sup>b</sup>

Berdasarkan data pada Tabel 3, diketahui bahwa ekstrak karotenoid memiliki nilai kandungan total karotenoid yang paling tinggi diikuti dengan ekstrak fenolik terikat, fenolik bebas dan terakhir ekstrak asam ferulat. Hal dikarenakan ekstrak karotenoid sendiri dikhususkan untuk mendapatkan kandungan karotenoid yaitu senyawa lutein. Penentuan senyawa lutein, dideteksi pada panjang gelombang 470 nm dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis.

**Aktivitas penangkal radikal bebas**

Metode yang digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan adalah metode serapan radikal 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) karena merupakan metode yang sederhana, cepat, mudah, dan menggunakan sampel dalam jumlah yang sedikit dengan waktu yang singkat (Hanani, 2005). Selain itu metode ini terbukti akurat dan praktis (Pratimasari, 2009). Senyawa DPPH merupakan sebuah molekul yang mengandung senyawa radikal bebas nitrogen yang tidak stabil yang dapat mengikat ion hidrogen sehingga digunakan untuk pengujian aktivitas antioksidan. Adanya senyawa antioksidan dari sampel mengakibatkan perubahan warna pada larutan DPPH dalam metanol yang semula berwarna violet pekat menjadi kuning pucat (Permana, 2003). Ketika larutan DPPH dicampur dengan suatu senyawa yang dapat mendonasikan atom hidrogen, maka DPPH

berubah menjadi bentuk tereduksi (1,1-difenil-2-pikrihidrazin) dengan kehilangan warna violet menjadi warna kuning. Perubahan warna kuning ini menghasilkan senyawa bukan radikal (1,1-difenil-2-pikrihidrazin) dan radikal (A.) (Suryanto, 2012).



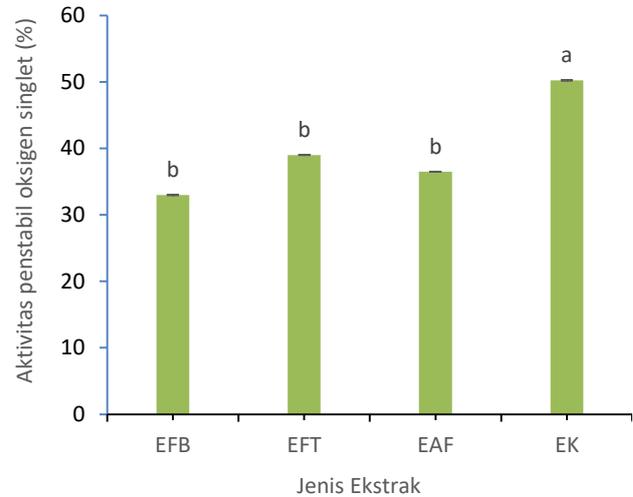
Keterangan: Ekstrak fenolik bebas (EFB), ekstrak fenolik terikat (EFT), ekstrak asam ferulat (EAF) dan ekstrak karotenoid (EK).

Hasil dari aktivitas penangkal radikal bebas pada gambar 1 menunjukkan bahwa ekstrak fenolik terikat memiliki nilai yang paling tinggi dengan presentase sebesar (69,08%), yang berbeda cukup jauh dengan ekstrak fenolik bebas sebesar (34,77%), ekstrak karotenoid (31,30%), dan yang terakhir yaitu ekstrak asam ferulat (7,14%). Hasil ini berbanding lurus dengan nilai dari kandungan total fenolik, hal ini dikarenakan bahwa senyawa antioksidan tersusun atas senyawa fenolik. Saat nilai total fenolik tinggi mempunyai peluang memiliki nilai penangkal radikal yang tinggi, begitu juga sebaliknya.

#### Aktivitas penstabil oksigen singlet

Penstabil oksigen singlet pada asam linoleat merupakan metode untuk menentukan terjadinya oksidasi yang melibatkan cahaya. Pada pengujian fotooksidasi terhadap asam linoleat menggunakan eritrosin sebagai sensitizer yang dapat mentransfer energi terhadap oksigen pada keadaan triplet menjadi singlet. Gambar 2 menunjukkan kandungan diena terkonjugasi dalam emulis dari ekstrak biji jagung Manado kuning dengan konsentrasi 500 µg/mL. Gambar 2 menunjukkan bahwa ekstrak karotenoid memiliki nilai aktivitas penstabil oksigen singlet yang paling tinggi. Hal

ini menunjukkan bahwa EK memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk melindungi lipid yang terdapat pada sistem emulsi saat dilakukan fotooksidasi. Selanjutnya, diikuti dengan EFK, EFB, dan EAF.



Gambar 2. Aktivitas Penstabil Oksigen Singlet dari berbagai ekstrak biji jagung Manado kuning. Keterangan: ekstrak fenolik bebas (EFB), ekstrak fenolik terikat (EFT), ekstrak asam ferulat (EAF) dan ekstrak karotenoid (EK).

Ketiga ekstrak ini, memiliki kandungan diena terkonjugasi yang hampir sama. Kemampuan untuk melindungi lipid tertinggi yaitu pada EK, karena menurut Suryaningrum dkk. (2006), senyawa karotenoid dan klorofil termasuk golongan senyawa antioksidan potensial.  $\beta$ -karoten mampu menangkap oksigen singlet diduga melalui ikatan rangkap pada rantai karbonnya.  $\beta$ -karoten juga dapat bereaksi dengan radikal peroksil membentuk radikal karotenoid peroksil, kemudian berubah menjadi karotenoid peroksida (Winarsi, 2007). Karotenoid selain bertindak mengkuensing oksigen singlet, karotenoid juga antioksidan yang bertipe pematah reaksi berantai dengan cara mengurangi konsentrasi radikal peroksil melalui pengikatan radikal peroksil pada sistem karotenoid terkonjugasi (Burton, 1989). Tetapi, masing-masing ekstrak semuanya memiliki kemampuan untuk menghambat oksidasi yang disebabkan oleh cahaya.

#### KESIMPULAN

Ekstrak karotenoid dari biji jagung Manado kuning memiliki aktivitas antifotooksidasi yang lebih, daripada ekstrak asam ferulat, ekstrak fenolik bebas, dan ekstrak fenolik terikat.

Sebaliknya, ekstrak fenolik terikat memiliki aktivitas penangkal radikal bebas dan kadungan total fenolik yang tinggi dibandingkan ekstrak fenolik bebas, karotenoid dan asam ferulat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adom, K. Kafui., & Liu, H. Rui., 2002. Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(21), 6182-6187.
- Anonim. 2000. *Parameter standar umum ekstrak tumbuhan obat*. Departemen Kesehatan RI: Jakarta.
- Bacchetti, T. Masciangelo, S. Micheletti, A. & Ferretti, G. 2013. Carotenoids, phenolic compounds and antioxidant capacity of five local Italian corn (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Nutrition Food Science*. 3(6), 2-4.
- Burda, S.W. & Oleszek. 2001. Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 49(6), 2774-2779.
- Burton, G. W. 1989. Antioxidant action of carotenoids. *The Journal of Nutrition*. 119(1), 109-111.
- Frankel, E.N. & Neff, W.E. 1979. Analysis of autoxidised fats by gas chromatography-mass spectrometry. IV. Soybean oil methyl esters. *Lipids*. 14(1), 39-46.
- Jeong, S.M., Kim, S.Y., Kim, D.R., Jo, S.C., Nam, K.C., Ahn, D.U. & Lee, S.C. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(11), 3389-3393.
- Katja, G., Dewa. & Suryanto, E. 2009. Efek penstabil oksigen singlet ekstrak pewarna dari daun bayam terhadap fotooksidasi asam linoleat, protein dan vitamin C. *Chemistry Progress*. 2(2), 79-86.
- Landeng, P.J., Suryanto, E. & Momuat, L.I. 2017. Komposisi proksimat dan potensi antioksidan dari biji jagung Manado kuning (*Zea mays* L.). *Chemistry Progress*. 10(1), 36-44.
- Parra, L.D.C., Saldivar, S.O.S. & Liu, H.R. 2007. Effect of processing on the photochemical profile and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(10), 4177-4183.
- Suryaningrum, D., Wikanta, T. & Kristiana, H. 2006. Uji aktivitas antioksidan dari rumput laut *Halymenia harveyana* dan *Euclima cottonii*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 1(1), 51-63.
- Suryanto, E. 2012. *Fitokimia antioksidan*. Putra Nusantara Media, Surabaya.
- Voight, R. 1995. *Buku pelajaran teknologi farmasi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan alami dan radikal bebas: Potensi dan aplikasinya dalam kesehatan*. Kanisius, Yogyakarta.