

## AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DARI FRAKSI TONGKOL JAGUNG (*Zea mays* L.) YANG DIINDUKSI OLEH Fe<sup>2+</sup> DAN CAHAYA UV-B

Rizky H. Mawardi<sup>1\*</sup>, Edi Suryanto<sup>2</sup> dan Sri Sudewi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

<sup>2</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sam Ratulangi Manado

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas anti UV-B dari fraksi pelarut tongkol jagung. Penelitian dimulai dengan mengekstraksi serbuk tongkol jagung menggunakan cara refluks selama dua jam dengan pelarut etanol 80%. Ekstrak kemudian dipartisi berturut-turut menggunakan pelarut n-heksan, etil asetat, butanol, dan aquades. Kemudian ditentukan pengaruh fraksi terhadap oksidasi lipid yang diinduksi dengan cahaya UV-B. Hasilnya menunjukkan bahwa fraksi etil asetat memiliki kandungan diena terkonjugasi terendah diikuti fraksi butanol, n-heksan dan aquades. Kandungan diena terkonjugasi berturut-turut adalah 21,89; 25,11; 42,94; dan 46,08 mmol/kg. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa fraksi etil asetat dapat berperan sebagai antioksidan dan anti UV-B lebih baik dibandingkan dengan fraksi lainnya.

Kata kunci: Tongkol jagung, antioksidan, anti UV-B, fraksi

### ABSTRACT

This research aims to study the anti UV-B activity from solvent fractions of corncobs. The study initiating by extracting the powder corn cobs using way reflux for two hours with 80% ethanol. Extract then partitioned using a series of solvent; n-hexane, ethyl acetate, butanol and distilled water. Then was determined the effect of fractions against lipid oxidation induced by UV-B light. The results showed that the ethyl acetate fraction showed the lowest content of conjugated diene followed fraction of butanol, n-hexane and distilled water. The content of conjugated diene was 21.89; 25.11; 42.94; and 46.08 mmol/kg, respectively. Based on this study, the fraction of ethyl acetate fraction could act as an antioxidant and anti UV-B better than the other fractions

Keywords: Corn cob, antioxidant, anti UV-B, fraction

### PENDAHULUAN

Sinar matahari merupakan energi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bentuk gelombang yang terdiri dari sinar gama, sinar X, sinar ultra violet (UV), sinar kasat mata, infra merah dan gelombang radio. Spektrum sinar matahari yang mencapai permukaan bumi dan berperan dalam fotobiologi adalah radiasi sinar UV, sinar tampak dan sinar infra merah. Radiasi sinar UV dapat dibagi menjadi UV-A (320-400 nm), UV-B (290-320 nm) dan UV-C (200-290 nm). Radiasi UV-C tidak mencapai permukaan bumi karena seluruhnya diserap oleh lapisan ozon. Lapisan ozon di permukaan bumi juga menghambat sekitar 95% sinar UV-B (Walker dkk., 2008).

Kaur dan Saraf (2009) mengemukakan bahwa dalam jumlah kecil, radiasi UV-B bermanfaat untuk sintesis vitamin D dalam

tubuh, tetapi paparan berlebihan sinar ini dapat menyebabkan kulit kemerahan/terbakar dan efek berbahaya sintesis radikal bebas yang memicu eritema dan katarak. Sinar UV-B juga dapat menyebabkan kerusakan fotokimia pada DNA sel sehingga memicu pertumbuhan kanker kulit.

Black (1990) menyatakan bahwa antioksidan memiliki potensi sebagai fotoprotektor, oleh karena itu, tanaman fenolik dapat digunakan dalam pencegahan generasi radikal bebas oksigen dan peroksidasi lipida yang diinduksi oleh cahaya UV. Cahaya UV dapat memacu pembentukan sejumlah senyawa reaktif atau radikal bebas pada kulit. Senyawa dengan kemampuan antioksidan atau penangkap radikal bebas dapat berkompetisi dengan molekul target dan mengurangi atau mengacaukan efek yang merugikan.

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan pengujian mengenai aktivitas antioksidan dari

\* Korespondensi :

Telpon: +62 812-4444-5376

E-mail: rizkyhmawardi@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.9.1.2016.13906>

tongkol jagung (*Zea mays* L.) oleh Saleh (2012) melaporkan bahwa ekstrak dari tongkol jagung memiliki aktivitas penangkal radikal bebas, telah dilakukan juga pengujian mengenai aktivitas anti UV-B ekstrak fenolik dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) oleh Lumempouw (2012) melaporkan bahwa tongkol jagung memiliki kandungan senyawa fenolik yang dapat berpotensi sebagai anti UV-B. Pada penelitian tongkol jagung lainnya juga telah dilakukan penelitian tentang aktivitas penangkal radikal hidroksil fraksi flavonoid dari limbah tongkol jagung pada tikus wistar oleh Maanari (2014) dan penelitian tentang perbandingan aktivitas antioksidan dari tongkol jagung segar dan kering dengan metode refluks oleh Saryana (2014). Sehingga menarik peneliti untuk melakukan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas anti UV-B dari fraksi pelarut tongkol jagung.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan alat

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung manis varietas hibrida yang dibeli di pasar Bersehati Manado, minyak yang dimurnikan untuk pembuatan emulsi adalah minyak jagung. Bahan kimia yang digunakan antara lain: etanol 80%, n-heksan (teknis), etil asetat (teknis), butanol (teknis), larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 2%, reagen Folin-ciocalteu 50%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ammonium molybdat, silica gel, arang aktif, tween 20, eritrosin, dan  $\text{FeSO}_4$ . Alat yang digunakan yaitu alat-alat gelas *pyrex*, mikropipet, spatula, vorteks, kertas saring, aluminium foil, rotary evaporator, corong pisah, spektrofotometer uv-vis, timbangan analitik, alat penggiling, waterbath, oven, lampu UV B 200 Exoterra (50 watt).

### Preparasi sampel

Tongkol jagung di potong sampai kecil-kecil kemudian dikeringkan selama 3 minggu kemudian dihaluskan dengan cara *diblender*.

### Ekstraksi tongkol jagung

Ekstraksi tongkol jagung dilakukan secara refluks menggunakan pelarut etanol 80 %. Sebanyak 200 g tongkol jagung dimasukkan dalam labu distilat, ditambahkan pelarut etanol 1500 mL hingga sampel terendam semuanya, lalu dipanaskan selama 2 jam pada suhu 78-90°C. Filtrat disaring lalu diuapkan untuk menghilangkan pelarutnya dengan menggunakan

*rotary evaporator*, lalu dioven sampai kering sehingga diperoleh ekstrak tongkol jagung.

### Fraksinasi dengan pelarut

Sebanyak 5 g ekstrak kental dilarutkan dalam 50 mL akuades. Larutan selanjutnya dipartisi dengan menambahkan 100 mL n-heksan, dikocok dalam corong pisah dan didiamkan selama 10-15 menit hingga terdapat dua lapisan (akuades pada lapisan bawah dan n-heksan pada lapisan atas). Ambil lapisan n-heksan lakukan beberapa kali sampai lapisan n-heksan menjadi bening. Lapisan air kemudian difraksinasi kembali dengan cara yang sama menggunakan pelarut etil asetat, butanol dan air. Hasil fraksinasi dari n-heksan, etil asetat, butanol dan air diuapkan pelarutnya menggunakan *water bath*.

### Pemurnian minyak jagung

Minyak jagung dimurnikan menggunakan metode kromatografi kolom. Dimasukkan gelas wol ke bagian dasar kolom. Kemudian dimasukkan silica gel dan arang aktif ke dalam kolom dengan perbandingan 3:1. Kolom dijenuhkan dengan pelarut n-heksan sebanyak 100 mL. Minyak jagung sebanyak 10 g dilarutkan ke dalam 50 mL n-heksan kemudian dialirkan ke dalam kolom. Hasil dari kolom dievaporasi sehingga mendapatkan minyak murni. Diukur kandungan tokoferol, diena terkonjugasi, betakaroten, klorofil serta aktivitas antioksidan dari minyak jagung sebelum dan sesudah dikromatografi kolom.

### Oksidasi lipid dengan cahaya UV-B

Uji aktivitas antioksidan dalam sistem emulsi dilakukan dengan metode Huang *et al.* (1996) dengan sedikit modifikasi. Dibuat emulsi (o/w) 10 persen. Sebanyak 2 mL minyak jagung yang sudah dimurnikan ditambah 0,2 mL tween 20 dan distirer selama 1 menit, lalu ditambahkan 1,8 mL aquades sambil terus distirer kemudian setiap 2 menit ditambahkan 4 mL aquades sebanyak 4 kali penambahan sehingga total stirrer 9 menit. Ditimbang 2 mg fraksi kemudian ditambahkan 9,5 mL emulsi dan 0,5 mL eritrosin 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Sampel tersebut dioksidasi dengan lampu UV-B. Analisis hidroperoksida diena terkonjugasi dilakukan setelah 24 jam penyinaran. Pengukuran nilai hidroperoksida diena terkonjugasi dimulai dengan memipet sampel emulsi 30  $\mu\text{L}$ . Sampel tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi 5 mL etanol 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:  $b = 1 \text{ cm}$ ,  $\epsilon = 26\,000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  untuk linoleat hidroperoksida (Frankel dkk., 1994).

### Uji penyerapan UV dan kemampuan mengkelat $\text{Fe}^{2+}$

Sebanyak 1 mL fraksi tongkol jagung ditambahkan ke dalam  $\text{FeSO}_4$  1mM dengan perbandingan  $\text{FeSO}_4$  yang berbeda-beda (1:1, 1:2 dan 1:3). Absorpsi spektra dibaca pada panjang gelombang 200 nm sampai 400 nm (Chen dan Ahn, 1998).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ekstraksi

Proses refluks 200 g serbuk tongkol jagung dengan menggunakan pelarut 1500 mL etanol 80% menghasilkan ekstrak sebanyak 8,781 g dengan warna coklat tua, sehingga menghasilkan rendemen sebesar 4,39%. Refluks merupakan metode ekstraksi dengan bantuan panas. Hal yang sangat berpengaruh terhadap ekstraksi menggunakan refluks adalah adanya penambahan pemanasan dan pelarut yang digunakan akan tetap dalam keadaan segar karena adanya penguapan kembali pelarut yang terendam pada bahan. Menurut (Miller, 1975) pemanasan pada proses refluks dapat membantu menghancurkan membran-membran sel dari sampel, sehingga pelarut dapat lebih mudah masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif. Zat aktif akan larut dan karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dengan yang diluar sel, maka larutan yang terpekat didesak ke luar.

### Fraksinasi

Sebanyak 5 g ekstrak difraksinasi dengan cara partisi cair-cair menggunakan pelarut n-heksan, etil asetat, butanol, dan aquades. Hal ini dimaksudkan agar metabolit sekunder yang terekstraksi dalam etanol 80% dapat dikelompokkan menjadi lebih spesifik sesuai kepolaran masing-masing metabolit sekunder. Rendemen ekstrak yang didapat dari proses fraksinasi 5 g ekstrak awal tongkol jagung dengan menggunakan pelarut n-heksan, etil asetat, butanol, akuades dan etanol dapat dilihat dalam Tabel 1.

Senyawa organik dari bagian tanaman mempunyai afinitas yang berbeda-beda terhadap

sifat polaritas pelarut yang digunakan, oleh sebab itu untuk mengambil senyawa-senyawa fenolik yang terkandung dalam jaringan tanaman sebaiknya digunakan pelarut yang berbeda-beda tingkat polaritasnya.

Tabel 1. Rendemen fraksi tongkol jagung

Fraksi	Massa (g)	Rendemen (%)	Warna
FH	0,529	10,576	Coklat muda
FEA	2,107	42,136	Orange
FB	1,207	24,150	Coklat tua
FA	1,118	22,360	Coklat muda

Keterangan: FH (fraksi hesana), FEA (fraksi etil asetat, FB (fraksi butanol) dan FA (fraksi air)

Untuk pelarut n-heksan yaitu pelarut yang non polar digunakan untuk melarutkan senyawa-senyawa non polar seperti minyak, karotenoid, steroid dan triterpenoid. Sedangkan untuk pelarut semipolar seperti etil asetat dan butanol menurut Markham (1988) dapat melarutkan senyawa flavonoid aglikon, sedangkan flavonoid glikosida dan glikosida lainnya lebih mudah larut dalam air.

### Pemurnian dan uji kualitas minyak jagung

Pemurnian minyak jagung dilakukan dengan metode kromatografi kolom, hal ini bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa dalam minyak jagung yang dapat mengganggu pada pengujian fotooksidasi. Pada metode ini digunakan fasa diam silika gel dan arang aktif.

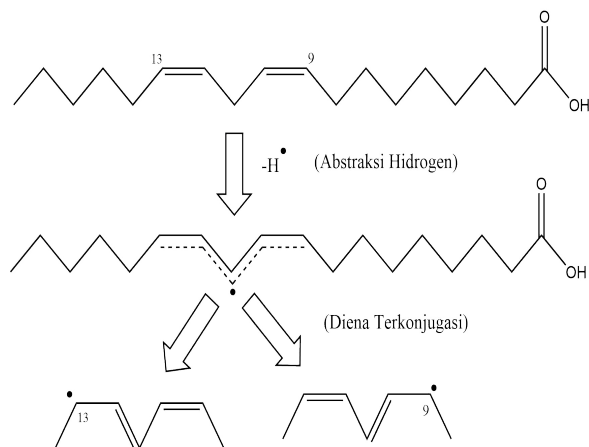
Tabel 2. Karakterisasi kimia minyak jagung sebelum dan sesudah dikromatografi kolom

Sifat kimia	Sebelum	Sesudah
Tokoferol (mg/L)	30,50	3,42
Antioksidan (%)	36,54	3,85
DTK (mmol/kg)	17,53	9,62
$\beta$ -karoten	-	-
Klorofil	-	-

Keterangan: DTK (diena terkonjugasi)

Silika gel dapat menebentuk ikatan hidrogen dipermukaannya karena pada permukaannya terdapat gugus hidroksi. Oleh karena itu silika gel bersifat sangat polar sedangkan fase gerak yang digunakan adalah n-heksan yang sifatnya non polar, sehingga pada saat campuran minyak dan n-heksan dimasukkan senyawa-senyawa yang bersifat polar akan

semakin tertahan difase stasioner dan senyawa-senyawa yang non polar akan terbawa keluar kolom. Arang aktif dikenal memiliki kemampuan mengadsorpsi zat terlarut terutama zat-zat organik karena adanya gugus-gugus aktif pada permukaan arang aktif seperti karboksilat dan hidroksil. Hasil karakterisasi kimia dari minyak jagung sebelum dan sesudah dikromatografi kolom dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa minyak jagung sebelum dimurnikan memiliki kandungan tokoferol dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada minyak jagung yang sudah diena terkonjugasi merupakan awal dalam proses oksidasi asam linoleat maupun asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated fatty acids*), dimana terjadinya pergeseran posisi sebuah ikatan rangkap. Struktur 1,4-pentadiena di dalam linoleate membuatnya menjadi sangat mudah mengalami oksidasi. Adanya ikatan gandapada asam lemak memperlemah ikatan C-H pada atom karbon yang dekat dengan ikatan ganda tersebut sehingga pelepasan H lebih mudah (Raharjo, 2006). Perpindahan hidrogen dari asam lemakjenuh memerlukan energi sekitar 100 kkal/mol. Energi yang diperlukan untuk penghilangan hidrogen pada atom karbon yang berbeda dari asam linoleat agak berbeda. Hidrogen pada posisi C11 dari asam linoleat paling mudah dihilangkan akibat adanya ikatan rangkap di dua sisinya danmemerlukan energi hanya sekitar 50 kkal/mol. Begitu hidrogen hilang, terbentuk intermediat radikal pentadienil antara C9 dan C12 dari asam linoleat (Min dan Boff, 2002). Karbon radikal cenderung stabil dengan adanya pengaturan kembali dan membentuk satu dari dua kemungkinan struktur diena terkonjugasi.

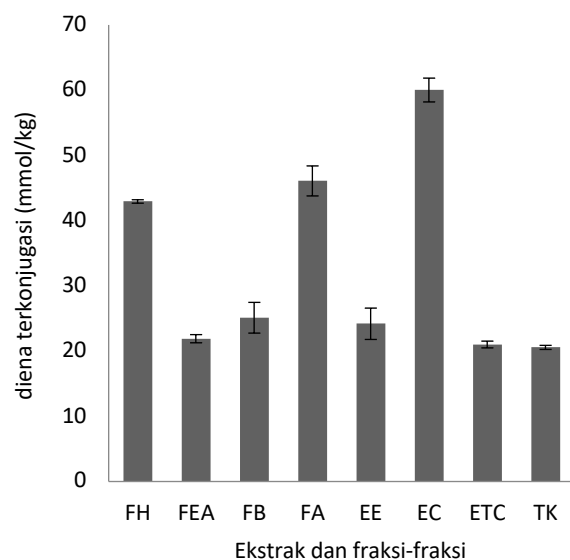


Gambar 1. Pembentukan diena terkonjugasi dari asam linoleat (Yin dkk., 1992).

dimurnikan. Hal ini menunjukkan bahwa permurnian minyak jagung menggunakan metode kromatografi kolom dapat mengurangi kandungan fenolik dan aktivitas penangkal radikal dari minyak jagung.

#### Oksidasi lipid dengan cahaya UV-B

Pada sistem emulsi, aktivitas antioksidan diukur dengan metode diena terkonjugasi. Metode ini prinsipnya adalah mengukur hidroperoksida diena terkonjugasi dari emulsi (o/w) 10 persen yang sudah diinduksi cahaya UV-B selama 24 jam. *Conjugated diene* atau Kandungan diena terkonjugasi dalam emulsi dengan fraksi pelarut tongkol jagung konsentrasi 200 µg/mL dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kandungan diena terkonjugasi dari fraksi n-heksan (FH) fraksi etil asetat (FEA), fraksi butanol (FB), fraksi akuades (FA), ekstrak etanol (EE) emulsi cahaya (EC), emulsi tanpa cahaya (ETC) dan Tokoferol (TK).

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa kandungan diena terkonjugasi terendah ditunjukkan oleh kontrol positif tokoferol yaitu 20,56 mmol/kg. Sedangkan pada fraksi tongkol jagung, fraksi etil asetat adalah ekstrak yang paling sedikit mengalami kerusakan asam linoleate dengan kandungan diena terkonjugasi 21,89 mmol/kg. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi etil asetat mampu melindungi lipid yang terdapat pada sistem emulsi. Diikuti dengan ekstrak etanol (24,19 mmol/kg), fraksi butanol (25,11 mmol/kg), fraksi heksan dan fraksi aquades (46,08 mmol/kg). Pada pengujian ini, fraksi butanol dan ekstrak etanol hampir memiliki aktivitas yang sama. Hal ini disebabkan fraksi

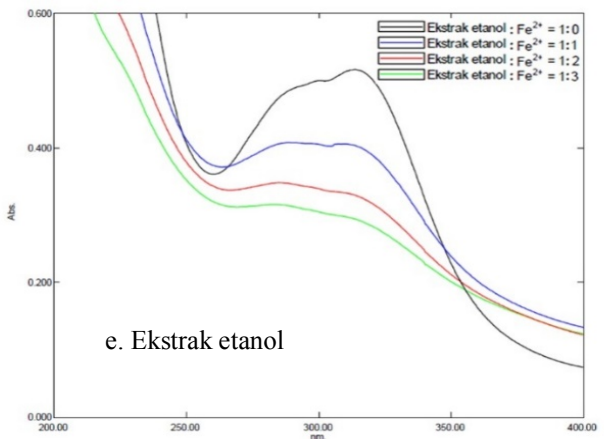
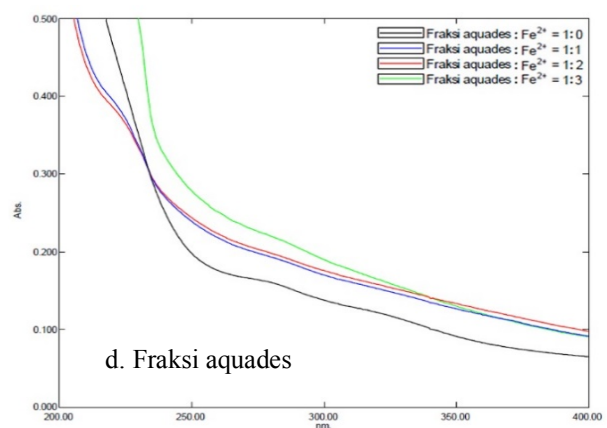
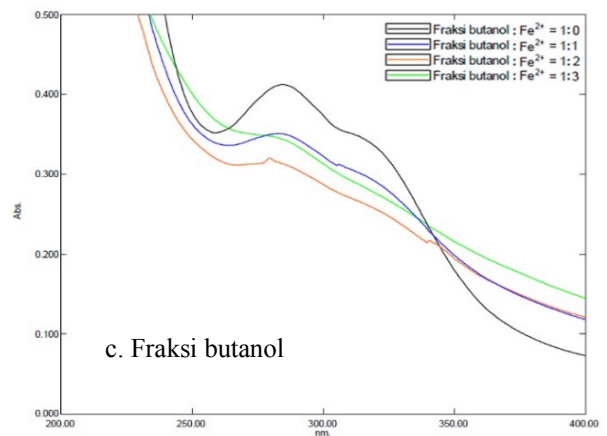
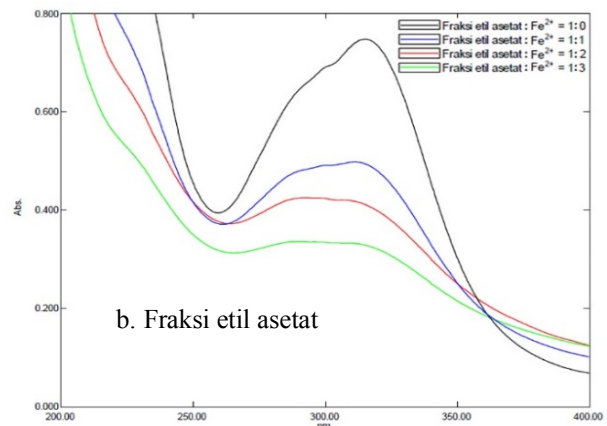
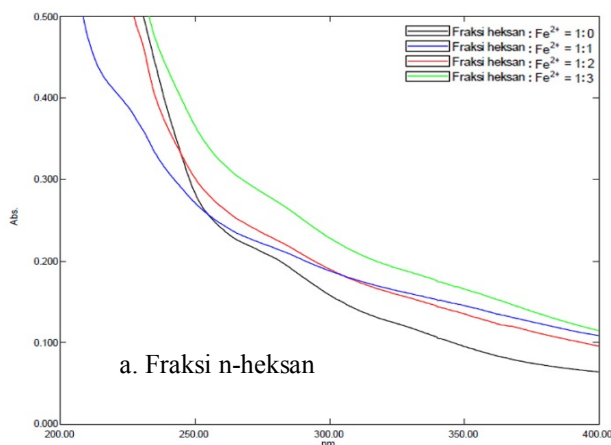
butanol lebih bersifat nonpolar dibandingkan ekstrak etanol. Sehingga kelarutannya lebih baik dalam minyak yang menjadi komponen pembentuk emulsi medium uji. Dalam sistem emulsi minyak dalam air (O/W), antioksidan lipofilik yang bersifat cukup aktif padapermukaan akan berada pada droplet emulsi dan terorientasi pada interfasa minyak-air sehingga akan menghambat minyak dari oksidasi, sedangkan antioksidan hidrofilik lebih larut dalam fasa air (fasa kontinu) sehingga tidak dapat melindungi minyak dalam droplet (Fatimah, 2008).

Konsentrasi antioksidan yang terdapat pada antar permukaan minyak-air turut pula mempengaruhi efektivitas antioksidan. Menurut Huang dkk. (1996) aktivitas antioksidan dalam sistem emulsi melibatkan afinitas antioksidan pada antar permukaan minyak-air. Semakin tinggi konsentrasi antioksidan pada antar permukaan minyak-air maka aktivitasnya melindungi minyak terhadap oksidasi akan menjadi lebih baik.

Eritrosin pada emulsi berfungsi sebagai inisiator terjadinya oksidasi. Eritrosin merupakan sensitiser yang dapat menyerap energi cahaya dan mentransfer kelebihan energinya ke oksigen triplet membentuk oksigen singlet sehingga dapat menyebabkan oksigen singlet bereaksi dengan ikatan rangkap yang kaya elektron seperti pada asam lemak tak jenuh dalam hal ini asam linoleat sehingga menyebabkan asam linoleat lebih mudah untuk teroksidasi.

### Uji penyerapan UV dan kemampuan mengkelat $Fe^{2+}$

Kemampuan mengkelat  $Fe^{2+}$  diuji dengan cara mereaksikan sampel dengan larutan  $FeSO_4$  1mM dengan perbandingan  $FeSO_4$  yang berbeda-beda. Fraksi heksan, fraksi butanol, fraksi aquades dan ekstrak etanol dibuat konsentrasi 50  $\mu g/mL$  sedangkan fraksi etil asetat konsentrasi 25  $\mu g/mL$ .



Gambar 3. Spektra penyerapan UV dan kemampuan mengkelat  $Fe^{2+}$  dari fraksi pelarut

Gambar 3. menunjukkan spektra penyerapan UV dan kemampuan mengkelat  $\text{Fe}^{2+}$  dari berbagai raksi pelarut. Kemampuan mengkelat fraksi dapat dilihat dari pergeseran panjang gelombang batokromatik dan penurunan absorpsi ketika direaksikan dengan  $\text{FeSO}_4$ . Dapat dilihat dari hasil pada Gambar 3, spektra UV fraksi etil asetat menunjukkan bahwa pada fraksi etil asetat terdapat senyawa yang memiliki absorpsi kuat pada panjang gelombang 315 nm, ketika larutan fraksi etil asetat ditambahkan larutan  $\text{FeSO}_4$  maka atom H dari gugus hidroksil pada senyawa fenolik akan berikatan dengan  $\text{SO}_4^{2-}$  membentuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan ion  $\text{Fe}^{2+}$  akan berikatan dengan atom O pada senyawa fenolik. Karena adanya perubahan struktur pada senyawa fenolik maka menyebabkan penurunan absorpsi yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Dapat dilihat bahwa fraksi etil asetat dapat mengkelat ion  $\text{Fe}^{2+}$  baik pada perbandingan 1:1, 1:2 maupun 1:3. Ekstrak etanol juga dapat mengkelat ion  $\text{Fe}^{2+}$  baik pada perbandingan 1:1, 1:2 maupun 1:3, hal ini disebabkan karena didalam ekstrak etanol terdapat senyawa yang dimiliki oleh fraksi etil asetat, hal ini dapat dilihat dari spektra UV ekstrak etanol yang mirip dengan spektra UV yang dimiliki oleh fraksi etil asetat, yang membedakan adalah senyawa yang dimiliki fraksi etil asetat lebih murni. Fraksi butanol dapat mengkelat  $\text{Fe}^{2+}$  pada perbandingan 1:1 dan 1:2 sedangkan pada 1:3 fraksi butanol sudah tidak dapat mengkelat  $\text{Fe}^{2+}$ . Hal ini menunjukkan bahwa gugus hidroksil pada senyawa fenolik fraksi butanol tidak sebanyak gugus hidroksil yang ada pada senyawa fenolik fraksi etil asetat dan ekstrak etanol. Untuk fraksi n-heksan dan fraksi aquades tidak dapat mengkelat  $\text{Fe}^{2+}$ . Brown dkk. (1998) menyatakan bahwa senyawa flavonoid dapat berinteraksi dengan ion logam besi dan tembaga dengan membentuk kelat. Menurut Markham (1988), Posisi *o*-dihidroksi dan adanya gugus hidroksi dan keton yang bertetangga dapat membentuk kompleks dengan beberapa logam.

## KESIMPULAN

Fraksi etil asetat tongkol jagung memiliki aktivitas anti UV-B lebih efektif dibandingkan dengan fraksi butanol, ekstrak etanol, fraksi heksan dan fraksi aquades. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan fraksi dalam melindungi lipid pada sistem emulsi yang induksi dengan cahaya UV-B.

## DAFTAR PUSTAKA

- Black, H.S. 1990. Antioxidant dan carotenoids as potential photoprotectants dalam Nicholas, J.L dan Nadim, A S. 1996. Sunscreens Development, Evaluation and Regulatory Aspects. Marcel Dekker Inc. New York.
- Brown, J.E., Khodr, H., Hider, R.C. & Rice-Evans, C. 1998. Structural dependence of flavonoid interactions with  $\text{Cu}^{2+}$  ions: implication for their antioxidant properties. *Biochemical Journal*. 330(3): 1173-1178.
- Chen, X & Ahn, D. 1998. Antioxidant activities of six natural phenolics against lipid oxidation induced by  $\text{Fe}^{2+}$  or ultraviolet light. *Journal of the American Oil Chemist Society*. 75(12): 1717-1721.
- Fatimah, F. 2008. Pengaruh pH terhadap stabilitas oksidatif dan efektivitas antioksidan dalam sistem emulsi. *Chemistry Progress*. 1(2): 89-93.
- Frankel, E.N., Huang, S.W., Kanner J. & German, J.B. 1994. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils vs emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42(5), 1054-1059.
- Harborne, J.B. 1987. Uji fitokimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Ho, T.Y. 2001. Sunscreens: is looking at sun protection factor enough?. *Dermatology & Venerology Bulletin*. 9(3): 100-108
- Huang, S.W., E.N. Frankel, K. Schwarz, R. Aesbach & J.B. German. 1996. Antioxidant activity of camosic acid and methyl camosate in bulk oils and oil-in-water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44(10): 2951-2956.
- Katiyar, S., Elmets, C.A. & Katiyar, S.K. 2007. Green tea and skin cancer: Photoimmunology, angiogenesis and DNA repair. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 18(5), 287-296.
- Kaur, C. D & S. Saraf. 2009. In vitro sun protection factor determination of herbal oils used in cosmetics. *Pharmacognosy Research*. 2(1), 22-23.
- Lumempouw L.I, E. Suryanto, J.E. Paendong. 2012. Aktivitas anti UV-B ekstrak fenolik dari tongkol jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal MIPA UNSRAT online*. 1(1), 1-4
- Maanari, C.P, E. Suryanto, J. Pontoh. 2014. Aktivitas penangkal radikal hidroksil fraksi flavonoid dari limbah tongkol jagung pada

- tikus wistar. *Jurnal MIPA UNSRAT online*. 3(2), 134-138
- Markham, K.R. 1988. Cara mengidentifikasi flavonoida. Terjemahan Padmawinata, K. ITB Press, Bandung.
- Raharjo, S. 2006. Kerusakan oksidatif Pada Makanan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Saleh, L., Suryanto, E. & Yudistira, A. 2012. Aktivitas antioksidan dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays* L.). *Pharmacon*. 1(2), 20-24
- Saryana, R.V., Suryanto E. & Sangi, M. 2014. Perbandingan aktivitas antioksidan dari tongkol jagung (*Zea mays* L.) segar dan kering dengan metode refluks. *Jurnal MIPA UNSRAT online*. 3(2), 92-96.
- Suryanto, E. 2012. Fitokimia antioksidan. Putra MediaNusantara. Surabaya
- Walker, S.L., Hawk, J.L.M. & Young, A.R. 2008. Acute and chronic collagenase degraded collagen in vitro. *The American Journal of Pathology*. 158(2), 931-42.