

EKSTRAKSI FLAVONOID DARI BAYAM MERAH (*Alternanthera Amoena Voss*)

Salwa Jody Gustia^{1*}, Irsa Septiawan, Iriany¹

¹Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

*Email: gustiasalwa02@gmail.com

Abstrak

Bayam merah (*Alternanthera Amoena Voss*) mengandung senyawa antioksidan seperti betalain, karatenoid, vitamin C dan flavonoid. Senyawa antioksidan berfungsi untuk menetralkan radikal bebas didalam tubuh, sehingga tubuh terlindungi dari penyakit degeneratif. Pengambilan senyawa flavonoid pada bayam merah dilakukan dengan proses ekstraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan koefisien perpindahan massa (Kc) pada proses ekstraksi bayam merah, mengkaji hubungan antara kecepatan pengadukan dengan koefisien perpindahan massa, serta aktivitas antioksidan dari flavonoid yang diperoleh. Hubungan nilai Kc dengan kecepatan pengadukan dinyatakan dalam persamaan bilangan tak berdimensi Sherwood (Sh). Bayam merah yang sudah dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm diekstraksi dengan menggunakan pelarut aquadest dalam bejana berpengaduk pada suhu tetap yaitu 60°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm. Setiap 5 menit cuplikan sampel diambil dan diukur kadar total flavonoidnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Proses ekstraksi berhenti ketika telah terjadi kondisi setimbang. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai Kc meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan, dan persamaan bilangan tak berdimensi sherwood pada proses ekstraksi flavonoid dari bayam merah adalah $Sh = 240,6154Re^{0,6195}$.

Kata Kunci: antioksidan, bilangan sherwood, koefisien perpindahan massa

Abstract

*Red spinach (*Alternanthera Amoena Voss*) contains antioxidant compounds such as betalain, karatenoid, vitamin C and flavonoids. Antioxidant compounds serve to neutralize free radicals in the body, so that the body is protected from degenerative diseases. The separation of flavonoid compounds from red spinach is carried out by using extraction process. This study aims to obtain mass transfer coefficient (Kc) in red spinach extraction process and study the relationship between agitation speed with mass transfer coefficient, and antioxidant activity of the flavonoids obtained. The relationship of Kc and agitation speed is expressed in an equation of Sherwood Number (Sh). Red spinach that had been cut to the square sized (1 x 1 cm) was extracted by using aquadest in an agitated vessel at a temperature of 60°C and agitation speed of 100 rpm, 200 rpm and 300 rpm. Every 5 minutes sample was taken and its total flavonoid was measured using a UV-VIS spectrophotometer at 415 nm. The extraction process terminated after the equilibrium condition had been reached. The conclusion obtained from this study is the value of Kc increases along with the increasing of agitation speed and equation of sherwood number (Sh) for this extraction is $Sh = 240,6154Re^{0,6195}$.*

Keywords: antioxydant, sherwood number, mass transfer coefficient

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sebagian besar penduduknya bertumpu pada bidang pertanian. Bumi Indonesia yang subur ini mampu memproduksi beraneka ragam tanaman yang bermanfaat seperti tanaman pangan, tanaman obat-

obatan dan tanaman industri (Hardjono dan Yamrewav, 2004).

Senyawa-senyawa sintetik yang mempunyai aktivitas antioksidan seperti senyawa antioksidan sintetik butylated hydroxyl toluen (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA) dan tert-butyl hydroxy quinone (TBHQ) dibatasi penggunaannya karena bersifat

karsinogenik (Erawati, 2012). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan senyawa antioksidan alami. Salah satu tumbuhan yang mengandung senyawa antioksidan adalah bayam merah.

Bayam merah mengandung vitamin, protein, karbohidrat, lemak, mineral, zat besi, magnesium, mangan, kalium, dan kalsium. Vitamin yang terkandung dalam bayam merah adalah vitamin A, C, dan E (Syaifuddin, 2015). Bayam merah juga mengandung komponen antioksidan, antara lain: betalain, karotenoid, vitamin C, flavonoid, dan polifenol (Wiyasihati dan Wigati, 2016).

Antioksidan merupakan molekul yang mampu memperlambat atau mencegah oksidasi dari molekul lain (Hamid, dkk., 2010). Salah satu jenis antioksidan yang terkandung dalam bayam merah adalah flavonoid.

Flavonoid terdiri dari kelompok gabungan *polyphenolic* yang memiliki struktur *benzopyrone* dan banyak terdapat di bagian-bagian tumbuhan (Kumar dan Pandey, 2013). Flavonoid merupakan senyawa yang umumnya terdapat pada tumbuhan berpembuluh. Flavonoid terdapat dalam tumbuhan sebagai glikosida dan aglikon flavonoid. Biasanya dalam menganalisis flavonoid, yang diperiksa adalah aglikon dalam ekstrak tumbuhan yang sudah dihidrolisis (Lia, 2012). Agar bisa mendapatkan senyawa flavonoid pada bayam merah, perlu dilakukan suatu metode proses pemisahan yaitu ekstraksi.

Penelitian tentang aktivitas antioksidan dari bayam merah sudah pernah dilakukan, tetapi pengukuran kadar total flavonoid serta koefisien perpindahan massa belum pernah diteliti sebelumnya. Padahal data koefisien perpindahan massa sangat diperlukan untuk keperluan perancangan alat ekstraksi. Oleh karena itu, pada penelitian ini ingin diketahui kadar total flavonoid serta nilai koefisien perpindahan massa pada proses ekstraksi flavonoid pada bayam merah yang dinyatakan dalam bilangan Sherwood.

2. TEORI

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak larut dengan pelarut cair (Erawati, 2012). Mekanisme proses ekstraksi dimulai dari perpindahan solven dari larutan ke permukaan solid (adsorpsi), diikuti dengan difusi solven ke dalam solid dan pelarutan solut oleh solven, kemudian difusi ikatan solut-solven ke permukaan solid, dan desorpsi campuran solut-solven dari permukaan solid ke dalam badan pelarut (Pramudono, dkk., 2008). Proses *leaching* sering digunakan untuk mengekstrak bagian tanaman yang mengandung obat seperti akar, daun, dan batang (Coulson dan Richardson, 2002). Faktor penting yang mempengaruhi ekstraksi padat-cair antara lain ukuran partikel, jenis pelarut, temperatur dan pengadukan (Geankoplis, 2003). Pengadukan salah satu faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi sehingga pada penelitian ini ingin diketahui bagaimana pengaruh pengadukan terhadap kadar total flavonoid yang didapat.

Perpindahan massa fasa cair-cair maupun padat-cair merupakan suatu fenomena penting dalam proses ekstraksi. Salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan perpindahan massa adalah koefisien perpindahan massa (Yulianto dkk., 2009).

Perpindahan massa pada ekstraksi padat cair terjadi secara difusi. Difusi yaitu gerakan suatu komponen melalui suatu campuran karena suatu rangsangan fisika yang berlangsung dengan suatu kecepatan tertentu. Pada awal proses konsentrasi umpan dan pelarut berada pada keadaan tidak setimbang yang mengakibatkan gaya dorong (*driving force*) terjadinya difusi hingga keduanya mencapai keadaan setimbang (Suhartono dkk., 2005).

Menurut Cussler, jumlah dari perpindahan massa nya sebanding dengan perbedaan konsentrasi dan luas area permukaan.

$$N_A = K_C \cdot A \cdot (C_{AS} - C_A) \quad (1)$$

Pada proses ekstraksi padat-cair laju perpindahan massa (\bar{N}_A) zat terlarut ke pelarut dengan volume V dengan menggunakan suatu koefisien perpindahan massa di mana C_{AS} adalah konsentrasi jenuh dan C_A adalah konsentrasi pada waktu tertentu (Suhartono dkk., 2005) dapat ditentukan dengan Persamaan :

$$\frac{V d(C_A)}{dt} = \bar{N}_A = A K_C (C_{AS} - C_A) \quad (2)$$

dengan mengintegrasikan dari $t = 0$ dan $C_A = 0$ sampai $t = t$ dan $C_A = C_A$,

$$\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{d(C_A)}{dt} = \frac{A K_C}{V} \int_0^t dt \quad (3)$$

diperoleh :

$$\ln \frac{C_{AS} - C_A}{C_{AS} - C_{A0}} = - \left(\frac{K_C A}{V} \right) t \quad (4)$$

Dengan mengalurkan $\ln \frac{C_{AS} - C_A}{C_{AS} - C_{A0}}$ pada sumbu y dan t pada sumbu x, maka K_C sebagai koefisien perpindahan zat terlarut (A) ke pelarut (B) yang diam dapat ditentukan (Suhartono dkk., 2005).

Pada persamaan 4 , diasumsikan bahwa luas permukaan padatan dalam bentuk potongan dan dihitung menggunakan persamaan :

$$A = p \times l \quad (5)$$

Variabel-variabel yang mungkin mempengaruhi koefisien transfer massa pada ekstraksi padat-cair pada bejana berpengaduk adalah : ρ , μ , D_s , dp , N , db , diameter dan tinggi *baffle*. Sedangkan dalam penelitian ini variabel yang diperhatikan hanya ρ , μ , D_s , dp , N sedangkan diameter butir (db) diambil konstan, dan tidak digunakan *baffle* sebagai parameter, sehingga bila dinyatakan dalam bilangan tak berdimensi dengan memakai sistem MLT (Budi dan Sasongko, 2009) :

$$Kc = K \cdot \rho^{c1} \cdot \mu^{c2} \cdot Ds^{c3} \cdot dp^{c4} \cdot N^{c5} \quad (6)$$

Setelah dilakukan analisis dimensi, secara umum dapat dirumuskan bahwa hubungan koefisien transfer massa dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut (Budi dan Sasongko, 2009).

$$\left(\frac{Kc \cdot dp}{Ds}\right) = A \cdot \left(\frac{\rho \cdot N \cdot Dp^2}{\mu}\right)^B \cdot \left(\frac{\mu}{\phi \cdot Ds}\right)^C \quad (7)$$

$$Sh = A \cdot Re^B \cdot Sc^C \quad (8)$$

dimana untuk difusivitas (Ds) dihitung menggunakan persamaan 9 (Geankoplis, 2003):

$$D_s = \frac{9,4 \times 10^{-15} T}{\mu(M_A)^{\frac{1}{3}}} \quad (9)$$

Bilangan Reynold, bilangan Schmidt dan bilangan Sherwood sering dipakai dalam menghubungkan data percobaan perpindahan massa. Data percobaan koefisien perpindahan massa yang didapat dengan menggunakan banyak variasi seperti jenis fluida, perbedaan kecepatan, dan perbedaan geometri dapat dihubungkan dengan menggunakan bilangan tak berdimensi (Suhartono dkk., 2005). Asumsi bahan yang digunakan mempunyai sifat-sifat yang seragam dan sifat cairan tidak berubah selama proses, maka untuk harga bilangan Schmidt yang tetap. Persamaannya sebagai berikut (Budi dan Sasongko, 2009):

$$Sh = A \cdot Re^B \quad (10)$$

$$\ln Sh = \ln A + B \ln Re \quad (11)$$

Dimana A dan B merupakan koefisien. Persamaan 10 dilinearkan menjadi persamaan 11, sehingga nilai A dapat dihitung dari *intercept*, sedangkan nilai B dapat dihitung dari slopenya.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain cutter, neraca analitik, beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, motor pengaduk, termometer, hot plate, kertas saring, oven. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bayam merah, aquadest, kuersetin, DPPH (1,1-difenil-1-pikril-hidrazil), aluminium klorida (AlCl₃), Na-asetat, dan metanol.

3.2 Prosedur Ekstraksi Bayam Merah

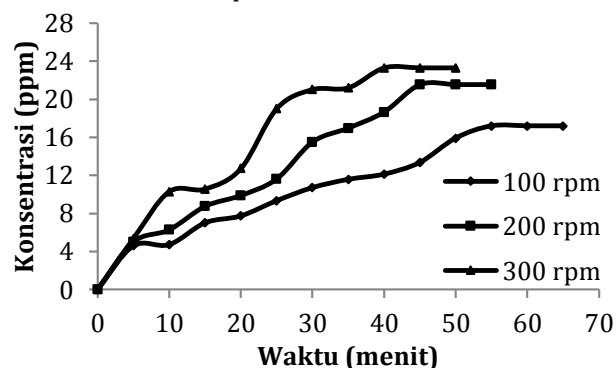
Sebanyak 25 gram daun bayam merah dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan ditambahkan pelarut air sebanyak 500 ml. Motor pengaduk dinyalakan lalu diekstraksi pada suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm. Setiap 5 menit sampel diambil sebanyak 10 ml dan ekstraksi dilakukan sampai keadaan setimbang (konsentrasi ekstrak telah konstan). Hasil ekstraksi dituang ke dalam *beaker glass* dan disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh merupakan ekstrak dan

residu yang tertahan di kertas saring dibuang. Dihitung konsentrasi flavonoid pada filtrat dengan analisa pada spektrofotometri UV-Visibel pada panjang gelombang 415 nm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Kadar Total Flavonoid

Gambar 1 menunjukkan hubungan waktu ekstraksi terhadap konsentrasi flavonoid pada kecepatan pengadukan 100 rpm, 200 rpm dan 300 rpm. Gambar 1 menunjukkan semakin lama waktu ekstraksi maka semakin tinggi kadar total flavonoid yang didapat. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa dalam waktu tertentu konsentrasi solute dalam solvent tidak bertambah dengan bertambahnya waktu, karena kesetimbangan padat-cair telah tercapai.



Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Flavonoid terhadap Waktu Ekstraksi dengan Variasi Suhu Ekstraksi

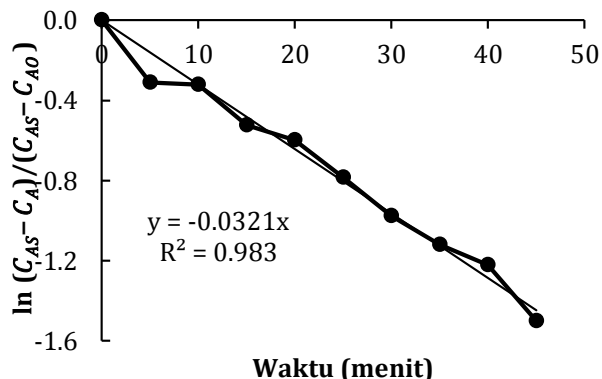
Semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan, waktu kontak antara sampel dan pelarut semakin lama sehingga jumlah senyawa yang terekstraksi semakin banyak. Kondisi ini akan terus berlanjut hingga tercapai kondisi kesetimbangan antara konsentrasi senyawa di dalam bahan baku dengan konsentrasi senyawa dalam pelarut (Anggoro, 2015).

4.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kadar Total Flavonoid

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan semakin tinggi kadar total flavonoid yang didapat, dan waktu kesetimbangan semakin rendah. Hal ini disebabkan kenaikan kecepatan putar pengaduk akan meningkatkan turbulensi dalam larutan sehingga akan mengakibatkan menipisnya lapisan film sampel. Menipisnya lapisan film sampel, mengakibatkan solute yang berpindah dari permukaan padatan ke solvent bertambah banyak (Faleh dan Setia 2009). Pengadukan juga dapat memperluas bidang kontak dengan meningkatnya kecepatan pengadukan sehingga meningkatkan homogenitas dari suatu campuran (Barkat dkk., 2013).

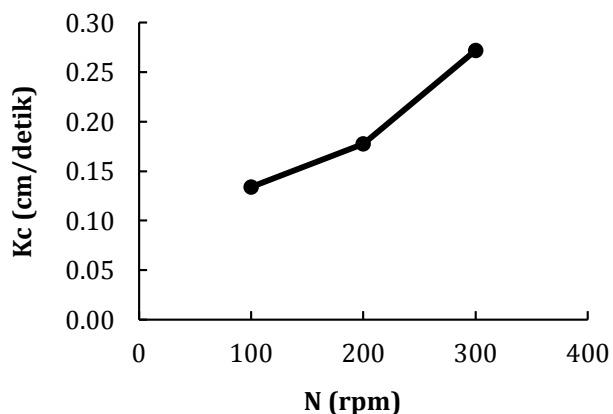
4.3 Koefisien Perpindahan Massa

Gambar 2 menunjukkan hubungan $\ln \frac{C_{AS}-C_A}{C_{AS}-C_{AO}}$ dengan waktu, dimana sumbu y adalah konsentrasi sedangkan pada sumbu x adalah waktu. Nilai Kc diperoleh dari slope persamaan 4, yaitu $\left(\frac{KcA}{V}\right)$.



Gambar 2. Hubungan $\ln \frac{C_{AS}-C_A}{C_{AS}-C_{AO}}$ dengan Waktu pada Kecepatan Pengadukan 100 rpm

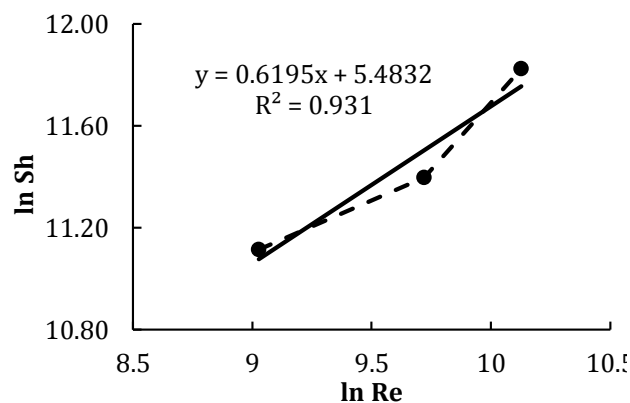
Hubungan antara Koefisien Perpindahan massa (Kc) dengan kecepatan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai Kc semakin besar dengan meningkatnya kecepatan pengadukan. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm nilai Kc nya adalah 0,13375 cm/detik. Pada kecepatan 200 rpm nilai Kc nya adalah 0,1775 cm/detik. Pada kecepatan pengadukan 300 rpm nilai Kc nya adalah 0,271 cm/detik. Kecepatan putar pengaduk yang semakin besar menyebabkan turbulensi yang dihasilkan akan semakin besar sehingga tahanan difusinya menjadi semakin kecil, dan transfer massa dari cairan ke padatan semakin besar (Budi dan Sasongko, 2009; Coulson and Richardson, 2002).



Gambar 3. Hubungan Koefisien Perpindahan Massa dengan Kecepatan Pengadukan

Persamaan bilangan tak berdimensi yang didapat, menunjukkan bahwa Bilangan Sherwood (Sh) berbanding lurus dengan Bilangan Reynold (Re). Bilangan Sh menyatakan besarnya Kc pada rapat massa, difusifitas dan diameter pengaduk tertentu.

Untuk harga bilangan Schmidt yang tetap, hubungan antara Kc dengan kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk umumnya digunakan dalam bentuk seperti Persamaan 10.



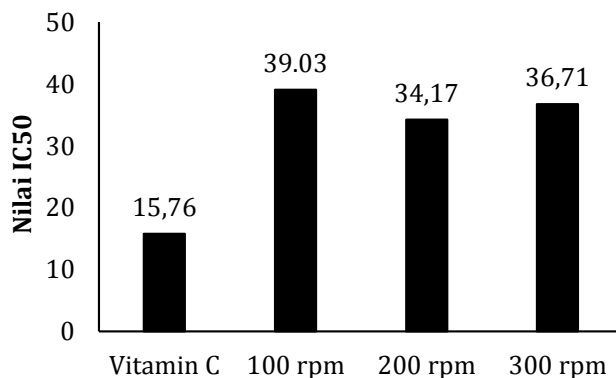
Gambar 4 Hubungan $\ln Sh$ dengan $\ln Re$

Dari hasil penelitian ini didapatkan Persamaan hubungan antara Sh dengan Re untuk sistem ekstraksi flavonoid dalam bayam merah dengan pelarut *aquadest* untuk proses batch, pada suhu 60°C, yaitu : $Sh = 240,6154Re^{0,6195}$ untuk kisaran harga bilangan Reynold 8333-25000.

4.4 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Aktivitas Antioksidan

Pada Gambar 5 menunjukkan hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap aktivitas antioksidan. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm sampel memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 39,03 µg/ml, pada kecepatan pengadukan 200 rpm memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 34,179 µg/ml, pada kecepatan pengadukan 300 rpm memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 36,71 µg/ml dan vitamin C produk murni memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 15,76 µg/ml. Aktivitas antioksidan yang dimiliki vitamin C lebih baik dibandingkan dengan ekstrak bayam merah, tetapi aktivitas antioksidannya tidak terlalu berbeda dengan aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh vitamin C sehingga ekstrak bayam merah potensial sebagai sumber antioksidan. Nilai aktivitas antioksidan dapat dihitung berdasarkan nilai IC₅₀. Sampel yang bernilai IC₅₀<50 ppm memiliki antioksidan yang sangat kuat, sampel yang bernilai 50-100 ppm memiliki aktivitas antioksidan yang kuat, sampel yang bernilai 101-150 ppm memiliki aktivitas antioksidan sedang, sedangkan aktivitas antioksidan lemah dengan IC₅₀> 150 ppm (Fidrianny, dkk., 2013). Berdasarkan informasi tersebut aktivitas antioksidan bayam merah tergolong sangat kuat karena memiliki nilai IC₅₀<50 ppm.

Kecepatan pengadukan selain dapat memperkecil ukuran partikel secara tidak langsung dapat menaikkan temperatur. Kenaikan suhu yang terjadi yang diakibatkan kenaikan kecepatan pengadukan dan lama pengadukan dimana molekul-molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah, dengan demikian viskositas cairan mengalami penurunan dengan kenaikan temperatur (Sari dan Lestari, 2015).

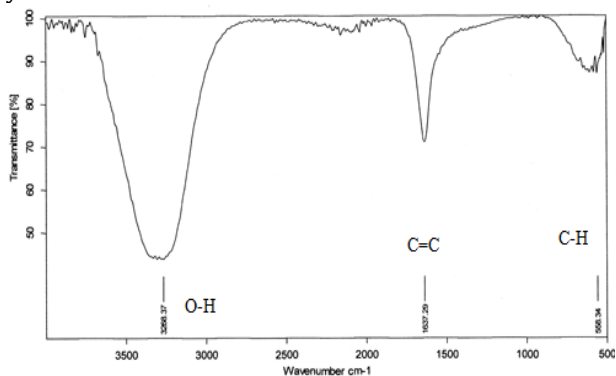


Gambar 5. hubungan kecepatan pengadukan terhadap aktivitas antioksidan

Pada proses ekstraksi ini suhu dikontrol 60°C sehingga hasil IC₅₀ yang didapat pada setiap variasi kecepatan tidak terlalu berbeda. Menurut Prasetyo, dkk (2015) kecepatan pengadukan tidak berpengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan.

4.5 Hasil Analisa Spektrum FT-IR

Karakterisasi flavonoid FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) terhadap ekstrak bayam merah dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan spektrum yang terkandung pada ekstrak bayam merah. Berikut Gambar 6 merupakan hasil FT-IR terhadap ekstrak bayam merah.



Gambar 6. Karakteristik FT-IR Flavonoid dari Ekstraksi Bayam Merah Suhu 60 °C dengan Kecepatan Pengadukan 300 rpm

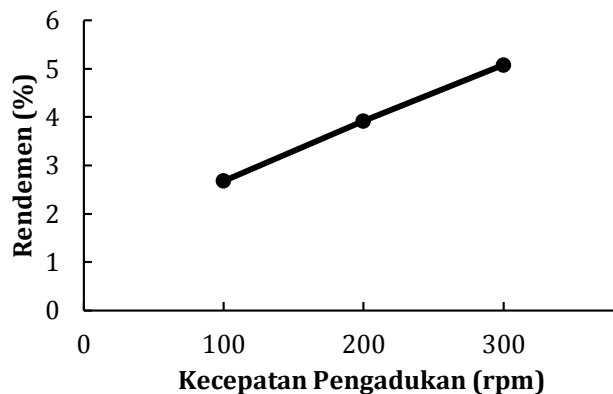
Tabel 1 Analisa Gugus Fungsi FT-IR (Silverstein etc., 2005)

Jenis Ikatan	Frekuensi Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Ekstrak Bayam Merah (cm ⁻¹)
C-H aromatik	500-800	558,34
C=C aromatik	1500-1900	1637,29
O-H	3200-3600	3268,37

Gugus-gugus fungsi seperti O-H, C-H aromatik, C=C aromatik, C-O alkohol, C=O dan C-O eter merupakan gugus fungsi yang dimiliki senyawa flavonoid (Ekawati dkk., 2017). Gugus-gugus fungsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Jadi, dapat disimpulkan bahwa senyawa flavonoid terdapat pada produk ekstraksi bayam merah.

4.5 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Rendemen

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap rendemen. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm rendemen yang diperoleh adalah 2,68%, kecepatan pengadukan 200 rpm rendemen yang diperoleh 3,92%, dan kecepatan pengadukan 300 rpm rendemen yang diperoleh 5,08%.



Gambar 7 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Rendemen

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukan maka semakin besar pula rendemen yang diperoleh. Pengadukan bertujuan untuk memperbanyak kontak antara bahan dengan pelarut dan mendapatkan derajat homogenitas yang tinggi. Semakin cepat putaran pengaduk maka semakin besar perpindahan massa yang terjadi pada waktu tertentu dan semakin sering kontak bahan dengan pelarut maka hasil yang diperoleh akan semakin meningkat (Dewi, dkk., 2010).

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diambil kesimpulan bahwa nilai Kc semakin besar pada tiap kenaikan kecepatan pengadukan. Hubungan antara bilangan Sherwood (Sh) dan bilangan Reynold (Re) untuk sistem ekstraksi flavonoid dalam bayam merah dengan pelarut *aquadest* untuk proses batch, pada suhu 60°C, adalah: $Sh = 240,6154Re^{0,6195}$

Flavonoid yang terkandung dalam ekstrak bayam merah memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong sangat kuat karena memiliki nilai IC₅₀ < 50 µg/ml. Rendemen yang diperoleh semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, D., Ekstraksi Multi Tahap Kurkumin dari Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb.) Menggunakan Pelarut Etanol, Skripsi, program Sarjana Fakultas Teknik USU, Medan, 2015.
- Barkat A. K., Naveed A., Khan H. M. S, Waseem K., Mahmood T., Rasul A., Iqbal M., and Khan H., Development, characterization and antioxidant activity of polysorbate based O/W emulsion containing polyphenols derived from Hippophae

- rhamnoides and Cassia fistula, Brazilian journal of Pharmaceutical Sciences, 2013, 49(4).
- Budi, F. S., dan Sasongko S. B., Koefisien Transfer Massa Pada Proses Ekstraksi Kayu Manis (Cinnamomum Burmanni), 2009, Vol 12, 232-238.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F., Chemical Engineering Particle Technology and Separation Process, (2), Edisi ke - 5 Butterworth Heinemann : New York, 2002.
- Dewi K. H., Silsia D., Susanti L., Markom M., dan Mendra H., Ekstraksi Teripang Pasir (Holothuria Scabra) sebagai Sumber Tertosteron pada Berbagai Kecepatan dan Lama Pengadukan, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia ISSN 1693 - 4393, Yogyakarta, 2010.
- Ekawati, M. A., Suirta W., dan Santi S. R., Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid pada Daun Sembukan (Paedaria foetida L) Serta Uji Aktivasnya Sebagai Antioksidan, Jurnal Kimia, 2107, hal 43-48.
- E. L Cussler. Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems, Cambridge University Press, 1984.
- Erawati, Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Garciniadaedalanthera Pierre Dengan Metode Dpph (1,1-Difenil Pikrilhidrazil) Dan Identifikasi Golongan Senyawa Kimia Dari Fraksi Paling Aktif, Skripsi, Program Sarjana Ekstensi Farmasi, Depok, 2012.
- Fidrianny, I. Rahmayani, K. and R. Wirasutisna. Antioxidant Capacities From Various Leaves Extracts of Four Varieties Mangoes Using DPPH, ABTS Assays, and Correlations With Total Phenolic, Flavonoid, Carotenoid, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, (2013), 5(4), 189 - 194.
- Geankoplis C. J., Transport Process and Separation Process Principle, Edisi Keempat, Pearson Education. New Jersey, 2003.
- Hamid A., Aiyelaagbe O. O., Usman L. A., Ameen O. M., and Lawal A., Antioxidants: Its Medicinal and Pharmacological Applications, African Journal of Pure and Applied Chemistry, (2010), 4(8), 142-151.
- Hardjono. A., dan Yamrewav, H., Ekstraksi Kukumin dari Kunyit, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, 2004, 1-7.
- Lia, P. I., Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Antidesma Neurocarpum Miq. Dengan Metode 1,1-difenil-2- pikrilhidrazil (DPPH) dan Identifikasi Golongan Senyawa Kimia dari Fraksi Teraktif, Skripsi, Program Studi Ekstensi Departemen Farmasi, Depok, 2012
- Kumar, S., and Pandey A. K., Chemistry and Biological Activities of Flavonoids : An Overview, The Scientific World Journal, 2013.
- Pramudono, B., Widioko, Septian A., dan Rustyawan W., Ekstraksi Kontinyu Dengan Simulasi Batch Tiga Tahap Aliran Lawan Arah: Pengambilan Minyak Biji Alpukat Menggunakan Pelarut N-Hexane Dan Iso Propil Alkohol, 2008, vol 12, 37-41
- Silverstein R. M., Webster F. X., dan Kiemle D. J., Spectrometric Identification of Organic Compound, John Wiley & Sons Inc. 2005.
- Suhartono J., Pertiwi D. S., Faslah A., dan Saputra Y. F., Penentuan Koefisien Perpindahan Massa pada Dekafeinasi Kopi dengan Pelarut Methylene Chloride, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, 2005.
- Prasetyo S., Salim A., dan Hudaya T., The Effect of F/S Ratio, Temperature, Particle Diameter, and Mixing Speed in the Dispersive Contact Batch Extraction of Phaleria Macrocarpa Fruit Using 70%-v Ethanol Solvent, Prosiding Seminar Teknik Kimia ISSN 1693-4393, Yogyakarta, 2015.
- Sari D. K., dan Lestari R. S. D. Pengaruh Waktu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Emusi Minyak Biji Matahari (Helianthus Annuus L.) dan Air, Jurnal Integrasi Proses, 2015, vol 5, 155-159.
- Syaifuddin, Uji Aktivitas Antioksidan Bayam Merah (alternanthera amoena voss.) Segar dan Rebus Dengan Metode DPPH (1,1 -diphenyl-2-picylhydrazyl), Skripsi, Pendidikan Biologi Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, 2015.
- Wiyasihati, S. I., dan Wigati K. W., Potensi Bayam Merah (Amaranthus tricolor L) sebagai Antioksidan pada Toksisitas Timbal yang Diinduksi pada Mencit, 2016, vol 48, 63-67.
- Yulianto, M. E., Arifan, F., and Hartati, I, Kajian Model Matematis Gaultherase Untuk Produksi Gaultherin Dari Gandapura, 2009, vol 5, 46-50