

MODEL KINETIKA EKSTRAKSI FLAVONOID DARI BAYAM MERAH (*Alternanthera amoena voss*)

EXTRACTION KINETICS MODEL OF FLAVONOID FROM RED SPINACH (*Alternanthera amoena voss*)

Iriany, Irsa Septiawan*, Salwa Jody Gustia
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Pusat Unggulan Produk Natural Berbasis Teknologi
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia
*Email : irsa.septiawan@yahoo.com

Abstrak

Bayam merah (*Alternanthera amoena voss*) mengandung antara lain vitamin, protein, dan flavonoid. Flavonoid adalah senyawa polifenol yang diketahui memiliki sifat sebagai penangkap radikal bebas. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui laju kinetik perpindahan massa flavonoid dari bayam merah. Ekstraksi merupakan salah satu cara untuk mengambil flavonoid yang terkandung dalam bahan padatan dengan bantuan pelarut. Perpindahan massa pada ekstraksi padat cair terjadi secara difusi. Koefisien perpindahan massa (K_c) ditentukan untuk mengetahui laju perpindahan massa flavonoid dari padatan. Pada penelitian ini, diamati pengaruh temperatur terhadap ekstraksi flavonoid dari bayam merah dengan pelarut air. Ekstraksi dilakukan pada temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C. Penentuan kadar total flavonoid, koefisien perpindahan massa, dan aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometri FT-IR dan spektrofotometri UV-VIS. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu ekstraksi dan suhu ekstraksi meningkatkan perolehan kadar flavonoid dan rendemen ekstrak. Persamaan koefisien perpindahan massa pada penelitian ini adalah $K = 3078645 e^{45,0561/RT}$. Antioksidan pada bayam merah termasuk dalam golongan antioksidan yang sangat kuat.

Kata kunci : Antioksidan, bayam merah, ekstraksi, flavonoid, koefisien perpindahan massa

Abstract

Red spinach (*Alternanthera amoena voss*) contains vitamins, protein, and flavonoids. Flavonoid is polyphenol compounds having properties as a free radical catcher. The purpose of this research is to obtain the kinetic rate of flavonoid mass transfer from red spinach. Extraction is one of the way to take flavonoids contained in solids with the assist of solvents. Mass transfer in liquid solid extraction occurs by diffusion. The determination of mass transfer coefficient (K_c) is to conduct the rate of mass transfer of flavonoids from solids. In this study, the effect of temperature on the extraction of flavonoids from red spinach with water solvent is observed. The temperatures extraction in this research are of 50°C, 60°C, and 70°C respectively. Determination of total flavonoid, mass transfer coefficient, and antioxidant activity carried out using FT-IR Spectrophotometry and UV-VIS Spectrophotometry. This study concluded that the increase in extraction time and temperature will increase the total content of flavonoids and extract rendement. Mass transfer coefficient equation in this study is $K = 3078645 e^{45,0561/RT}$. Antioxidants in red spinach are included in the group of very strong antioxidants.

Keywords : Antioxidant, red spinach, extraction, flavonoid, mass transfer coefficient

Pendahuluan

Berkembangnya pengetahuan manusia dalam pembuatan berbagai bahan makanan dan bahan. Untuk mengurangi pemakaian bahan kimia sebagai dasar pembuatannya maka diperlukan bahan alami yang banyak mengandung nilai gizi dan vitamin, seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Salah satu sayur-sayuran yang mengandung banyak nilai gizi adalah bayam merah. Namun bayam merah kerap dimasak dengan suhu tinggi yang menyebabkan senyawa antioksidan yang terkandung di dalam bayam merah dapat rusak.

Bayam merah (*Alternanthera amoena voss*) mengandung antara lain vitamin, protein,

karbohidrat, mineral, zat besi, magnesium, mangan, kalium, kalsium, dan flavonoid. Vitamin yang terkandung dalam bayam merah adalah vitamin A, vitamin C, dan vitamin E. Kandungan senyawa flavonoid pada bayam merah lebih tinggi dibandingkan dengan bayam hijau. Adanya kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid pada bayam merah dapat dijadikan sebagai sumber antioksidan yang dapat menghambat radikal bebas [26].

Antioksidan adalah molekul yang dapat menetralkan radikal bebas dengan menerima atau menyumbangkan elektron untuk mengeliminasi radikal bebas yang tidak

berpasangan [13]. Secara kimia senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron (elektrondonor). Salah satu contoh antioksidan adalah flavonoid.

Flavonoid adalah golongan senyawa polifenol yang diketahui memiliki sifat sebagai penangkap radikal bebas, penghambat enzim hidrolisis dan oksidatif, dan bekerja sebagai antiinflamasi [16]. Kadar total flavonoid dapat ditentukan dengan cara ekstraksi padat cair (*leaching*).

Ekstraksi padat cair atau *leaching* merupakan perpindahan difusi komponen terlarut dari padatan inert ke dalam pelarut [4]. Difusi adalah gerakan suatu kompone nmelalui suatu campuran karena suatu rangsangan fisika yang berlangsung dengan suatu kecepatan tertentu. Perpindahan massa secara difusi bergantung pada besarnya gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi cenderung menyebabkan terjadinya gerakan komponen itu ke arah yang menyamakan konsentrasi danmenghapuskan gradien. Koefisien perpindahan-massa (K_C) didefinisikan sebagai laju perpindahan massa per satuan luas per satuan beda konsentrasi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju ekstraksi adalah ukuran padatan, pelarut, temperatur, dan waktu kontak [25].

Penelitian-penelitian terdahulu tentang bayam merah hanya sebatas pengujian aktivitas antioksidan. Pengukuran kadar total flavonoid pada bayam merah serta hubungan suhu ekstraksi dengan koefisien perpindahan massa pada ekstraksi bayam merah belum pernah diteliti sebelumnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini ingin diketahui kadar total flavonoid dan hubungan suhu dengan nilai koefisien perpindahan massa pada ekstraksi bayam merah.

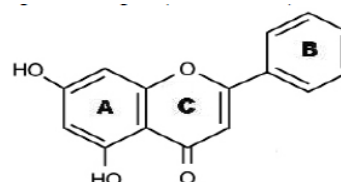
Teori

Bayam merah merupakan sayuran yang telah lama dikenal dan dibudidayakan secara luas oleh petani di seluruh wilayah Indonesia [26]. Bayam merah memiliki kandungan saponin, flavonoida, tanin, dan vitamin seperti vitamin C dan vitamin E [17].

Antioksidan merupakan molekul yang mampu memperlambat atau mencegah oksidasi dari molekul lain. Oksidasi adalah reaksi kimia yang mentransfer elektron dari substansi ke agen oksidasi. Reaksi oksidasi tersebut dapat menghasilkan radikal bebas, yang akan membentuk reaksi berantai yang dapat merusak sel. Antioksidan akan memutus reaksi berantai tersebut dan menghambat reaksi oksidasi [1].

Flavonoid terdiri dari kelompok gabungan *polyphenolic* yang memiliki struktur *benzopyrone* dan banyak terdapat di bagian-

bagian tumbuhan [24]. Telah diketahui bahwa aktifitas antioksidan dari tumbuhan karena adanya senyawa fenol [20]. Flavonoid mempunyai bioaktivitas sebagai antialergi, antitumor, antioksidan, estrogenik, dan insektisida [10]. Flavonoida merupakan senyawa yang dapat larut dalam pelarut polar seperti etanol (EtOH), metanol (MeOH), butanol (BuOH), aseton, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilformamida (DMF), air, dan lain-lain [15]. Gambar 1 menunjukkan struktur umum dari flavonoid.



Gambar 1. Rumus Struktur Umum Flavonoid

Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan dari bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. ekstraksi padat cair atau *leaching* merupakan transfer difusi komponen terlarut dari padatan inert ke dalam pelarutnya. Proses ini bersifat fisik karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan semula tanpa mengalami perubahan kimiawi. Ekstraksi dari bahan padat dapat dilakukan jika bahan yang diinginkan dapat larut dalam pelarut pengekstraksi [4]. Proses *leaching* sering digunakan untuk mengekstrak bagian tanaman yang mengandung obat seperti akar, daun, dan batang [12]. Faktor penting yang mempengaruhi *leaching* antara lain ukuran partikel, jenis pelarut, temperatur dan pengadukan [2].

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. Perpindahan massa secara difusi bergantung pada besarnya gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi cenderung menyebabkan terjadinya gerakan komponen itu ke arah yang menyamakan konsentrasi dan menghapuskan gradien. Pada proses ekstraksi padat-cair laju perpindahan massa zat (N_A) terlarut ke pelarut dengan volume V dapat dihubungkan dengan suatu koefisien perpindahan massa (K_C), luas permukaan (A), dan perbedaan konsentrasi (C_{AS} dan C_A), dimana C_{AS} adalah konsentrasi jenuh dan C_A adalah

konsentrasi pada waktu tertentu [5]. Persamaan laju perpindahan massa (N_A) dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

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

Persamaan 1 dapat ditulis ulang menjadi Persamaan 2.

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

Persamaan 2 diintegrasikan dengan syarat batas dari $t = 0$ dan $C_A = 0$ sampai $t = t$ dan $C_A = C_A$ sehingga diperoleh Persamaan 3.

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

$$\ln \frac{C_{AS} - C_A}{C_{AS} - C_{A0}} = -\left(\frac{K_C A}{V}\right) t \quad (3)$$

Dengan membuat grafik hubungan $\ln \frac{C_{AS} - C_A}{C_{AS} - C_{A0}}$ pada sumbu y dan t pada sumbu x, maka K_C sebagai koefisien perpindahan zat terlarut (A) ke pelarut (B) yang diam dapat ditentukan. Hubungan nilai koefisien perpindahan massa dengan suhu dapat dilihat pada persamaan Arrhenius [22].

$$K = A e^{E_a/RT} \quad (4)$$

Linierisasi Persamaan 4 menjadi Persamaan 5 dan diasumsikan bahwa nilai $K = K_C$

$$\ln K_C = \ln A - E_a/RT \quad (5)$$

Dari Persamaan 5 dibuat grafik hubungan antara $\ln K_C$ dan $1/T$, sehingga nilai A dapat dihitung dari *intercept* dan nilai E_a dari slope.

Bahan dan Metode

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan gelas, motor pengaduk, *hot plate*, dan termometer dan alat yang digunakan untuk analisis adalah spektrofotometri UV-Visibel spektrofotometri FT-IR.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bayam merah, *aquadest*, kuersetin, DPPH (1,1-difenil-1-pikril-hidrazil), aluminium klorida ($AlCl_3$), Na-asetat, dan metanol.

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 50°C, 60°C, dan 70°C pada kecepatan pengadukan 300 rpm. Setiap 5 menit sampel diambil sebanyak 10 ml dan ekstraksi dibiarkan sampai keadaan setimbang (konsentrasi ekstrak telah konstan). Setelah keadaan setimbang tercapai, *hot plate* dimatikan dan 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.

Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif meliputi penentuan aktivitas antioksidan metode DPPH [6] dan karakteristik FTIR flavonoid bayam merah. Analisa kuantitatif meliputi perhitungan rendemen dan kadar flavonoid. Rendemen dihitung dengan persamaan 6:

$$\text{Rendemen} = (M_2 / M_1) \times 100\% \quad (6)$$

Dimana M_1 adalah berat bahan baku awal dan M_2 adalah berat ekstrak yang didapat. Analisis kuantitatif dilakukan menggunakan spektrofotometer *uv-visible*. Ekstrak yang telah diencerkan dimasukkan ke spektrofotometer, lalu skala absorbansinya dibaca pada panjang gelombang 415 nm, dan dicatat. Konsentrasi flavonoid dihitung dengan grafik kuersetin standar absorbansi vs konsentrasi. Untuk perhitungan koefisien perpindahan massa dilakukan sampling tiap 5 menit.

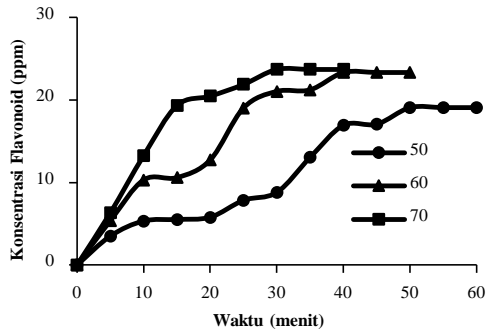
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Kadar Total Flavonoid

Gambar 2 menunjukkan hubungan waktu ekstraksi terhadap konsentrasi flavonoid pada suhu ekstraksi 50°C, 60°C, dan 70°C. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi maka konsentrasi flavonoid yang diperoleh semakin meningkat dan dalam waktu tertentu konsentrasi flavonoid dalam pelarut air tidak bertambah seiring dengan bertambahnya waktu yang disebabkan kesetimbangan padat-cair pada ekstraksi telah tercapai.

Hal ini disebabkan karena semakin lama proses ekstraksi, maka kontak antara *solvent* dengan *solute* akan semakin lama sehingga proses pelarutan *solute* oleh *solvent* akan terus terjadi sampai *solvent* jenuh dengan *solute* [21]. Setelah waktu tertentu, konsentrasi zat terlarut di dalam padatan dan cairan akan mengalami kesetimbangan sehingga pertambahan waktu

ekstraksi seterusnya sudah tidak mempengaruhi konsentrasi zat terlarut [8].



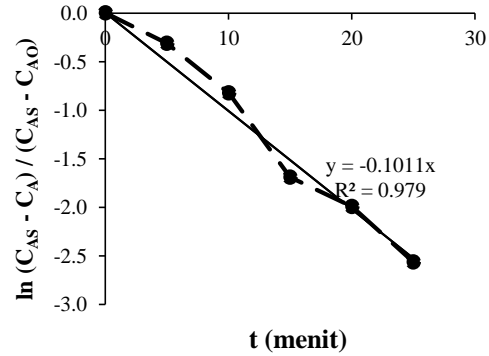
Gambar 2. Hubungan Konsentrasi Flavonoid terhadap Waktu Ekstraksi dengan Variasi Suhu Ekstraksi

Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Kadar Total Flavonoid

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu ekstraksi maka semakin tinggi kadar total flavonoid yang didapat, dan waktu kesetimbangan semakin sedikit. Hal ini disebabkan penggunaan suhu tinggi untuk melakukan ekstraksi meningkatkan kelarutan dari *solute*. Suhu tinggi mampu melepaskan senyawa *solute* yang terikat disebabkan oleh rusaknya unsur – unsur sel, menyebabkan semakin banyak senyawa yang dapat terekstrak [3].

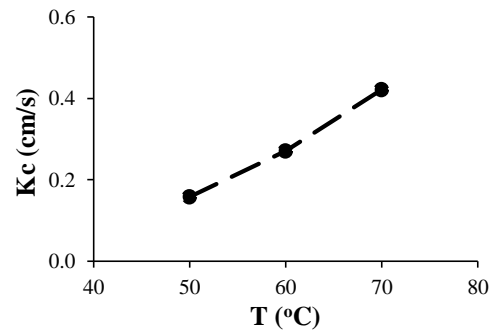
Koefisien Perpindahan Massa

Koefisien perpindahan massa dapat dihitung melalui hubungan konsentrasi dengan waktu yang dapat dinyatakan dengan Persamaan 3. Hubungan antara waktu ekstraksi dengan $\ln \frac{C_{AS}-C_A}{C_{AS}-C_{A0}}$ pada suhu ekstraksi 70°C dapat dilihat pada Gambar 3. Dengan membuat grafik hubungan antara $\ln \frac{C_{AS}-C_A}{C_{AS}-C_{A0}}$ pada sumbu y dan t pada sumbu x, maka koefisien perpindahan massa (K_c) sebagai koefisien perpindahan massa zat terlarut (A) ke pelarut (B) yang diam dapat dihitung dari slope pada Persamaan 3 yaitu $\left(\frac{K_c A}{V}\right)$, dimana A = luas permukaan dan V = volume pelarut. Koefisien perpindahan massa untuk ekstraksi pada suhu 50°C dan 60°C dapat dihitung menggunakan cara yang sama.



Gambar 3. Hubungan $\ln \frac{C_{AS}-C_A}{C_{AS}-C_{A0}}$ dengan Waktu Ekstraksi pada Suhu 70 °C

Hubungan antara suhu ekstraksi terhadap koefisien perpindahan massa (K_c) dapat dilihat pada Gambar 4. Pada suhu ekstraksi 50°C diperoleh nilai K_c sebesar 0,158 cm/s. Pada suhu ekstraksi 60°C diperoleh nilai K_c sebesar 0,270 cm/s. Pada suhu ekstraksi 70 °C diperoleh nilai K_c sebesar 0,420 cm/s.

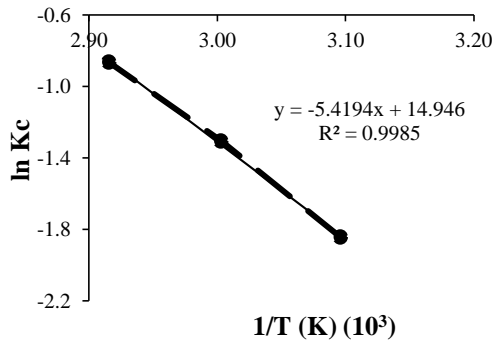


Gambar 4. Hubungan Koefisien Perpindahan Massa dengan Suhu Ekstraksi

Dari Gambar 4 terlihat bahwa nilai K_c semakin besar dengan meningkatnya suhu ekstraksi. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu ekstraksi maka semakin banyak senyawa yang dapat terekstrak. Hal ini menyebabkan koefisien perpindahan massa akan semakin meningkat. Dari Persamaan 3 dibuat grafik hubungan antara $\ln K_c$ dan $1/T$, sehingga nilai A dapat dihitung dari *intercept* dan nilai E_a dapat dihitung dari slope. Hubungan antara $\ln K_c$ dan $1/T$ dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari persamaan regresi linear dari Gambar 5 diperoleh nilai A sebesar 3.078.645 dan nilai E_a sebesar 45,0561 J/mol. Maka Persamaan 5 dapat ditulis menjadi

$$K = 3078645 e^{45,0561/RT} \quad (7)$$

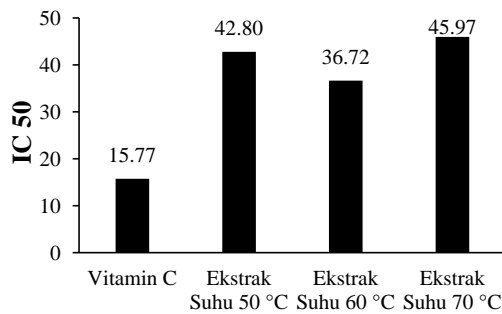


Gambar 5. Hubungan $\ln K_c$ dengan $1/T$

Dari persamaan 7 dapat dilihat bahwa diperlukan energi aktivasi minimum sebesar 45,0561 J/mol agar perpindahan massa dapat terjadi dengan faktor frekuensi sebesar 3.078.645.

Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Aktivitas Antioksidan

Gambar 6 menunjukkan hubungan aktivitas antioksidan dengan suhu ekstraksi, dimana pada suhu ekstraksi 50°C memiliki nilai aktivitas antioksidan sebesar 42,79%, kemudian pada suhu ekstraksi 60°C menurun menjadi 36,71%, dan pada suhu ekstraksi 70°C naik menjadi 45,97% dengan vitamin C sebagai kontrol positif atau pembanding.



Gambar 6. Hubungan Aktivitas Antioksidan pada Berbagai Suhu dengan Kecepatan Pengadukan 300 rpm

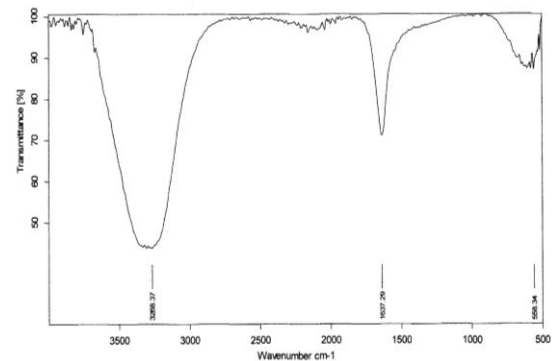
Vitamin C digunakan untuk mengetahui seberapa kuat potensi antioksidan yang ada pada ekstrak. Apabila % aktivitas antioksidan sampel sama atau mendekati nilai aktivitas antioksidan pembanding maka dapat dikatakan bahwa sampel berpotensi sebagai salah satu alternatif antioksidan [18]. Menurut penelitian yang dilakukan Scapin, dkk [9], hubungan temperatur dengan IC_{50} berbanding terbalik, dimana semakin tinggi temperatur maka nilai IC_{50} semakin rendah yang mengakibatkan aktivitas antioksidan semakin besar. Temperatur ekstraksi yang semakin tinggi akan meningkatkan

kelarutan *solute* sehingga kandungan senyawa antioksidan semakin tinggi [27]. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan fluktuasi, hal ini disebabkan karena terdapat senyawa pengganggu yang menghalangi proses penangkapan radikal bebas. Adanya senyawa protein dan ekstrak yang tidak murni dapat mengganggu proses penangkapan radikal bebas oleh senyawa fenolik atau flavonoid [7].

Nilai aktivitas antioksidan dapat dihitung berdasarkan nilai IC_{50} . Sampel yang bernilai $IC_{50} < 50$ 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 $IC_{50} > 150$ ppm [11]. Maka pada hasil penelitian ini, ketiga sampel pada suhu ekstraksi 50°C, 60°C, dan 70°C memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat.

Hasil Analisa Spektrum FT-IR

Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) flavonoid terhadap ekstraksi bayam merah bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa flavonoid yang terpadat dalam ekstraksi bayam merah. Karakteristik FTIR flavonoid terhadap ekstraksi bayam merah dapat dilihat pada Gambar 7.



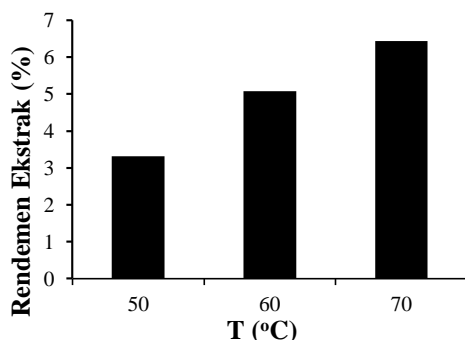
Gambar 7. Karakteristik FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) Flavonoid dari Ekstraksi Bayam Merah Suhu 60 °C dengan Kecepatan Pengadukan 300 rpm

Karakteristik FTIR di atas menunjukkan beberapa puncak serapan (*peak*) kunci yang dapat mengindikasikan suatu gugus sebagai ciri khusus dari suatu senyawa. Uji FTIR yang dilakukan pada ekstrak bayam merah diperoleh puncak serapan kunci pada bilangan gelombang 3268,37 cm^{-1} (gugus O-H), 1637,29 cm^{-1} (gugus C=C aromatik), dan 558,34 (gugus C-H aromatik) [23].

Gugus - gugus fungsi seperti O-H, C-H alifatik, C-H aromatik, C=C aromatik, C-O alkohol, C=O dan C-O eter merupakan gugus fungsi yang dimiliki senyawa flavonoid [19]. Jadi, dapat diindikasikan bahwa terdapat senyawa flavonoid pada ekstrak bayam merah.

Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Rendemen Ekstrak

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa rendemen ekstrak yang dihasilkan untuk berbagai macam suhu ekstraksi cenderung meningkat dengan peningkatan suhu.



Gambar 8. Hubungan Rendemen Ekstrak dengan Suhu Ekstraksi

Ekstraksi pada suhu 70°C (6,44%) menghasilkan rendemen ekstrak yang lebih banyak dibandingkan dengan ekstraksi pada suhu 60°C (5,08%) dan pada suhu 50°C (3,32%). Hal ini disebabkan karena suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan perpindahan massa. Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan solubilitas pelarut dan dapat memperbesar pori padatan, sehingga pelarut masuk melalui pori – pori padatan dan melarutkan komponen padatan yang terjerap kemudian zat terlarut berdifusi keluar permukaan partikel padatan dan bergerak kelapisan film sekitar padatan, selanjutnya kelarutan [14].

Kesimpulan

Pada tiap variasi ekstraksi, konsentrasi flavonoid dan rendemen ekstrak meningkat seiring dengan bertambahnya suhu ekstraksi, dimana kadar total flavonoid tertinggi diperoleh pada ekstraksi suhu 70°C yaitu 23,72 ppm dengan nilai koefisien transfer perpindahan massa sebesar 0,420 cm/s. Persamaan koefisien perpindahan massa pada ekstraksi flavonoid dari bayam merah adalah $K = 3078645 e^{45,061/RT}$ dan aktivitas antioksidan dari ketiga variasi ekstraksi memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat.

Daftar Pustaka

- [1]. A. A. Hamid, O. O. Aiyelaagbe, L. A. Usman, O. M. Ameen, and A. Lawal, Antioxidants: Its Medicinal and Pharmacological Applications, African Journal of Pure and Applied Chemistry, (2010), 4(8), 142-151.
- [2]. C.J. Geankoplis, Transport Processes and Separation Process Principles, Prentice Hall PTR : New Jersey, 2003.
- [3]. D. Wazir, S. Ahmad, R. Muse, M. Mahwood, dan M. Y. Shukor, Antioxidant Activities of Different Parts of Gnetum gnemon L, Journal Plant Biochem, (2011), 20(7), 234 - 240.
- [4]. E. Budiati dan A. Tridayana, Pengaruh Kecepatan Putaran Pengaduk terhadap Konsentrasi Polifenol, K_a, dan D_e pada Ekstraksi Polifenol dari Kulit Apel Malang, Simposim Nasional RAOI, XII (2013), 82 - 88.
- [5]. E. L. Cussler, Diffusion, Mass Transfer in Fluid Systems, Cambridge University Press : New York, 1984.
- [6]. F. Conforti, S. Sosa, M. Marrelli, F. Menichini, G. A. Statti, D. Uzunov, A. Tubaro, F. Menichini, and R. D. Loggia, In Vivo Anti-inflammatory and In Vitro Antioxidant Activities of Mediterranean Dietary Plants, Journal of Ethnopharmacology 116, (2007), 144 - 151.
- [7]. F. Diantika, S. M. Sutan, dan R. Yulianingsih, Pengaruh Lama Ekstraksi dan Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Ekstraksi Antioksidan Biji Kakao (Theobroma cacao L.), Jurnal Teknologi Pertanian, (2014), 15(3), 159 - 164.
- [8]. G.G. Brown, Unit Operation, Manila: Webster School and Office Supplier, 1950.
- [9]. G. Scapin, M. M. Schmidt, R. C. Prestes, dan C. S. Sosa, Phenolic Compounds, Flavonoids, and Antioxidant of Chia Seed Extract (Salvia hispanica) Obtained by Different Extraction Conditions, International Food Research Journal, (2016), 23(6), 2341 - 2346.
- [10]. H. S. Bashir, A. M. Mohammed, A. S. Magsoud, A. M. Shaoub, Journal and Identification of Two Flavonoids from Acacia Nilotica (Leguminosae) Leaves, Journal of Forest Products & Industries, (2014), 3(5), 211-215.
- [11]. I. Fidrianny, I. Rahmayani, K. 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.
- [12]. J. M. Coulson, and J. F. Richardson, Chemical Engineering Particle Technology and Separation Process, (2). Edisi ke - 5 Butterworth Heinemann : New York, 2002.
- [13]. J. M. Lu, P. H. Lin, Q. Yao, and C. Chen, Chemical and Molecular Mechanisms of Antioxidants : Experimental Approaches and Model Systems, J. Cell. Mol. Med, (2009), 14(4), 840 – 860.
- [14]. Jayanudin, A. Z. Lestari, dan F. Nurbayanti, Pengaruh Suhu dan Rasio Pelarut Ekstraksi terhadap Rendemen dan Viskositas Natrium Alginat dari Rumpun Laut Cokelat (*Sargassum* sp), Jurnal Integrasi Proses, (2014), 5(1), 51 - 55.
- [15]. K.R. Markham. Cara Mengidentifikasi Flavonoid. Terjemahan Kosasi Padmawinata. (ITB Press : Bandung, 1998).
- [16]. K. Sayuti dan R. Yenrina, Antioksidan, Alami dan Sintetik, Andalas University Press, 2015.
- [17]. L. Lingga, Cerdas Memilih Sayuran, Penerbit PT AgroMedia Pustaka : Jakarta, 2010.
- [18]. L. N. Wachidah, Uji Aktivitas Antioksidan Serta Penentuan Kandungan Fenolat dan Flavonoid Total dari Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume), Skripsi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah : Jakarta, 2013.
- [19]. M. A. Ekawati, I. W. Suirta, dan S. R. Santi, Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid pada Daun Sembukan (*Paedaria foetida* L) Serta Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan, Jurnal Kimia, (2017), 11(1), 43-48.
- [20]. M. Haris, Penentuan Kadar Flavonoid Total dan Aktivitas Antioksidan dari Daun Dewa (*Gynura pseudochina* [Lour] DC) dengan Spektrofotometer UV-VISIBEL, Skripsi, Fakultas Farmasi, Universitas Andalas : Padang, 2011.
- [21]. Maulida dan Naufal, Ekstraksi Antioksidan (Likopen) Dari Buah Tomat Dengan Menggunakan Solven Campuran, n-heksana, Aseton dan Etanol, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro : Semarang, 2010.
- [22]. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering. Edisi ke - 3, : John Wiley & Sons : New York, 1999.
- [23]. R. M. Silverstein, F. X. Webster, dan D. J. Kiemle, Spectrometric Identification of Organic Compounds, Edisi ke-7, United States of America : John & Wiley, Inc. 1976.
- [24]. S. Kumar and A. K. Pandey, Chemistry and Biological Activities of Flavonoids : An Overview, The Scientific World Journal, 2013.
- [25]. J. Suhartono, D. S. Pertiwi, A. Faslah, dan Y. F. Saputra, Penentuan Koefisien Perpindahan Massa pada Dekafeinasi Kopi dengan Pelarut Methylene Chloride, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, 2005.
- [26]. Syaifuddin, Uji Aktivitas Antioksidan Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) Segar dan Rebus dengan Metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), Skripsi, Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Walisongo : Semarang, 2015.
- [27]. Z. Zekovic, A. Cvetanovic, B. Pavlic, J. Svarc-Gajic, dan M. Radojkovic, Optimization of the Polyphenolics Extraction from Chamomile Ligulate Flowers Using Response Surface Methodology, International Journal of Plant Research, (2014), 4(2), 43 - 50.