

PENGARUH KECEPATAN PUTARAN PENGADUK TERHADAP KONSENTRASI POLIFENOL, k_{ca} , DAN De PADA EKSTRAKSI POLIFENOL DARI KULIT APEL MALANG

Eni Budiwati¹, Asha Tridayana²

1)Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo 57102 Telp (0271) 717417

2)Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo 57102 Telp (0271) 717417
Email : eni.budiwati@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi polifenol dari kulit apel malang di dalam tangki berpengaduk dengan menggunakan metanol-HCl 1% sebagai pelarut. Di samping itu, penelitian ini juga menentukan nilai koefisien transfer massa volumetris (k_{ca}) dan divisivitas efektif (De) serta mengevaluasi korelasi antara kecepatan putaran pengaduk terhadap konsentrasi polifenol, k_{ca} dan De .

Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu persiapan bahan baku, proses ekstraksi, dan analisis hasil. Pada persiapan bahan baku dilakukan proses pelayuan kulit apel selama 24 jam, pembレンダーan dan pengayakan. Pada proses ekstraksi di dalam tangki berpengaduk variasi yang dilakukan adalah kecepatan putaran pengaduk (300, 400, 500, 600 dan 750 rpm). Untuk setiap kecepatan pengadukan dilakukan pada suhu 70°C selama 4 jam. Sampel diambil setiap selang 30 menit sebanyak 1 mL. Penentuan konsentrasi polifenol yang dihasilkan dari proses ekstraksi dilakukan dengan pengambilan 1 mL sampel setiap selang 30 menit menggunakan spektrofotometer.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan pengadukan pada ekstraksi polifenol dari kulit apel menggunakan pelarut metanol-HCl 1% berpengaruh signifikan pada koefisien transfer massa volumetris (k_{ca}) dan tidak berpengaruh besar pada nilai difusivitas efektif (De). Nilai k_{ca} tertinggi 0,010354/menit pada ekstraksi dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Nilai De relatif konstan pada berbagai kecepatan putaran pengaduk yaitu antara 1,57 sampai 1,58 cm^2 /menit. Kecepatan putaran pengaduk juga mempengaruhi konsentrasi polifenol di dalam pelarut, konsentrasi tertinggi 0,087934 mg/cm^3 diperoleh saat kecepatan pengadukan 500 rpm.

Kata kunci: ekstraksi; kecepatan putaran pengaduk; kulit apel malang; polifenol; tangki berpengaduk

Pendahuluan

Salah satu penghasil apel terbesar di Indonesia yaitu Jawa Timur, sehingga selama ini Jawa Timur dikenal sebagai sentra produksi apel. Perkembangan tanaman apel di Jawa Timur terkonsentrasi di Kabupaten Malang, dimana produksi per tahun sebesar 1.025.700 ton apel dengan jumlah pohon yang menghasilkan 1.409.927 pohon. Selain di Kabupaten Malang, terdapat daerah penghasil apel di Jawa Timur yaitu Kota Batu dengan luas lahan 2.015 ha menghasilkan produk pertahun sebesar 20.167 ton apel dan Kabupaten Pasuruan dengan luas lahan 1.591 ha dapat menghasilkan produk pertahun sebesar 63 ton apel (Redaksi BPM Jatim, 2009). Produksi apel di Indonesia yang melimpah secara tidak langsung menimbulkan limbah yang dihasilkan dari apel segar sampai dengan pengolahannya seperti pembuatan kripik apel, jus apel, dan selai apel. Di Malang, pengolahan apel menjadi kripik apel menghasilkan limbah sebesar 2 ton per hari berupa kulit apel dan bonggolnya. Namun, pemanfaatan limbah kulit apel tersebut masih terbatas dengan mengolahnya kembali menjadi cuka apel, atau diambil oleh peternak di sekitar untuk makanan ternak dan ada juga yang hanya dibuang begitu saja (Hidayat dkk., 2009). Selain di Indonesia, jutaan ton limbah kulit apel dihasilkan dari produksi buah apel kalengan di New York State setiap tahunnya (Wolfe dan Liu, 2003).

Kulit apel yang hanya dibuang atau digunakan untuk makanan ternak, mengandung bermacam-macam senyawa kimia atau yang lebih dikenal dengan istilah fitokimia. Salah satunya polifenol yang merupakan antioksidan yang dapat melawan radikal bebas yang berasal dari polusi atau lingkungan sekitar, mengurangi risiko penyakit jantung, pembuluh darah dan kanker. Selain itu, penelitian juga menyimpulkan polifenol dapat mengurangi risiko penyakit Alzheimer (Nuryanti, 2010). Polifenol dapat diperoleh dengan cara mengekstraksi kulit apel, sehingga dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan kadar polifenol tertinggi dengan memvariasikan variabel yang berpengaruh dan mendapatkan nilai koefisien transfer massa volumetris pada leaching kulit apel. Hal ini juga dilakukan sebagai upaya dalam memanfaatkan limbah kulit apel dan mengurangi resiko berbagai penyakit terutama kanker.

Apel (*Malus sylvestris* Mill)

Apel yang mempunyai nama latin *Malus sylvestris* Mill merupakan tanaman buah tahunan yang tumbuh di daerah dengan iklim sub tropis. Tanaman apel berasal dari daerah Asia Barat dan di Indonesia sendiri apel telah ditanam sejak tahun 1934 hingga saat ini (Bappenas, 2000). Berdasarkan sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman apel dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Bappenas, 2000) :

Divisio : Spermatophyta
 Subdivisio : Angiospermae
 Klas : Dicotyledonae
 Ordo : Rosales
 Famili : Rosaceae
 Genus : *Malus*
 Spesies : *Malus sylvestris* Mill

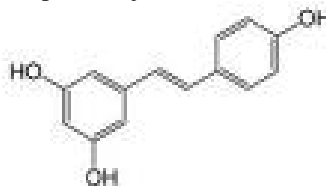
Apel mempunyai banyak manfaat karena mengandung berbagai jenis fitokimia yang diperlukan oleh tubuh. Fitokimia dalam 50 mg apel dengan kulitnya per milliliter (berat basah) dapat menghambat perkembangbiakan sel tumor sampai dengan 42%. Sedangkan kandungan fitokimia dalam 50 mg apel tanpa kulitnya per milliliter (berat basah) hanya dapat menghambat perkembangbiakan sel tumor sampai dengan 23%. Hal ini menunjukkan kandungan fitokimia kulit apel lebih banyak dibandingkan dengan daging buah apel (Liu, 2003).

Salah satu, fitokimia yang terkandung dalam apel dan kulitnya adalah polifenol dengan komponen utamanya procyanidins oligomer. Polifenol dari ekstrak apel dikenal dengan istilah applephenon yang diproduksi secara komersial dari apel mentah. Applephenon telah digunakan sebagai makanan aditif untuk mencegah oksidasi komponen dalam makanan (Akazome, 2004). Applephenon tersebut mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat dan berbagai fungsi fisiologis. Di Jepang, telah digunakan sebagai aditif dan gizi suplemen makanan (Shoji et al, 2004). Kulit apel memiliki kandungan senyawa fenolik dengan konsentrasi yang tinggi sehingga dapat membantu dalam pencegahan penyakit kronis seperti kanker (Wolfe dan Liu, 2003).

Polifenol

Fitokimia merupakan zat kimia alami yang terdapat di dalam tumbuhan dan dapat memberikan rasa, aroma atau warna pada tumbuhan tersebut. Sampai sekarang, sudah sekitar 30.000 jenis fitokimia yang ditemukan dan sekitar 10.000 terkandung di dalam makanan. Polifenol merupakan salah satu jenis fitokimia yang bersifat antioksidan aktif dengan kekuatan 100 kali lebih efektif dibandingkan dengan vitamin C dan 25 kali lebih tinggi dibanding vitamin E. Polifenol bermanfaat untuk mencegah radikal bebas yang merusak DNA. Polifenol membantu melawan pembentukan radikal bebas dalam tubuh sehingga dapat memperlambat penuaan sel (Yudhie, 2010). Rata-rata manusia bisa mengonsumsi polifenol kurang lebih sampai 23 mg per hari (Anonim, 2006).

Polifenol memiliki tanda khas yaitu mempunyai banyak gugus fenol dalam molekulnya. Polifenol berperan dalam memberi warna pada suatu tumbuhan, seperti warna daun ketika musim gugur. Polifenol banyak ditemukan dalam buah-buahan, sayur-sayuran hijau seperti selada, kacang-kacangan, teh hijau, teh putih, anggur merah, anggur putih, minyak zaitun dan turunannya, coklat hitam, delima dan gandum. Kadar polifenol yang lebih tinggi dapat ditemukan pada kulit buah seperti pada anggur, apel, dan jeruk.

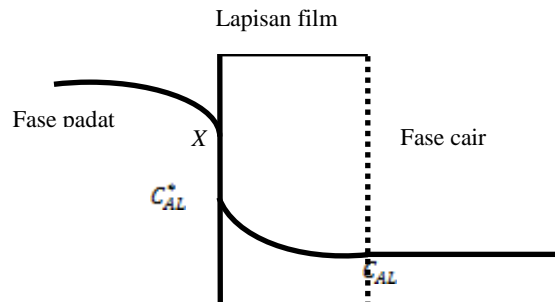


Gambar 1. Struktur Senyawa Polifenol

Ekstraksi Padat Cair (*Leaching*)

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. Proses pemisahan dengan cara ekstraksi dapat dibagi menjadi dua yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair atau disebut dengan leaching (Utami, 2009). Pada ekstraksi cair-cair, terjadi distribusi zat terlarut diantara dua pelarut yang tidak saling bercampur. Peristiwa ini melibatkan perpindahan zat terlarut dari dua pelarut yang tidak saling bercampur dan umumnya zat terlarut yang diekstrak tidak larut atau sedikit larut dalam suatu pelarut, tetapi mudah larut dalam pelarut yang lain (Nuryanti, 2010). Sedangkan 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 solven pengestraksi. Namun, apabila padatan hanya sedikit larut dalam pelarut maka ekstraksi berkelanjutan dapat dilakukan. (Utami, 2009).

Proses leaching sering digunakan dalam ekstraksi senyawa kimia yang terkandung dalam tumbuhan misalnya ekstraksi minyak dari kacang tanah, kacang kedelai, biji bunga matahari dan biji kapas yang menggunakan pelarut organik seperti heksana, aseton, dan eter. Di bidang farmasi, untuk mengekstrak bagian tanaman yang mengandung obat seperti akar, daun, dan batang (Geankoplis, 2003). Faktor penting yang mempengaruhi leaching antara lain (Coulson and Richardson, 2002): ukuran partikel, jenis pelarut, temperatur dan pengadukan. Pada proses ekstraksi zat terlarut (polifenol) dari fase padat (kulit apel) terdapat beberapa tahap yaitu, tahap difusi zat terlarut dari dalam padatan ke permukaan padatan, selanjutnya tahap kesetimbangan fase dan tahap perpindahan massa dari permukaan padatan ke pelarut (Sudarmi dan Siswanti, 2011). Proses perpindahan massa zat terlarut dari permukaan padatan ke pelarut dapat ditinjau menggunakan teori lapisan film:



Gambar 2. Transfer massa dari fase padat ke fase cair melalui lapisan film

Persamaan kecepatan difusi zat terlarut dalam padatan dapat dirumuskan sebagai berikut (Treyball, 1981) :

(1)

Kecepatan perpindahan massa zat terlarut dari permukaan padatan ke cairan didekati dengan persamaan:

(2)

Setelah waktu tertentu, konsentrasi zat terlarut di dalam padatan dan cairan akan mengalami kesetimbangan sehingga lama waktu ekstraksi sudah tidak mempengaruhi konsentrasi zat terlarut sehingga dapat didekati dengan persamaan Henry berikut (Brown, 1950) :

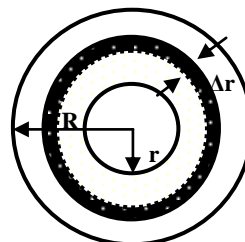
(3)

Keterangan:

- X = konsentrasi zat terlarut dalam padatan mg solut/g padatan
- C_A = konsentrasi zat terlarut dalam padatan mg solut/ cm^3 padatan
- C_{AL} = kadar zat terlarut dalam pelarut, mg solut/ cm^3 pelarut
- C_{AL}^* = kadar zat terlarut pada permukaan antar fase padat-cair yang seimbang dengan kadar zat terlarut pada permukaan padatan, mg solut/ cm^3 pelarut
- D_e = difusivitas efektif, cm^2 /menit
- H = konstanta Henry, g padatan/ cm^3 pelarut
- k_{Ca} = koefisien transfer massa zat terlarut dari permukaan padatan ke cairan, 1/menit
- N_A = kecepatan difusi zat terlarut dalam padatan, mg solut/ (menit. cm^3)
- R = jari-jari, cm

Penyusunan Model Matematis

Padatan yang digunakan terlebih dahulu dihancurkan dan diayak sehingga didapatkan butiran padatan dengan ukuran tertentu. Dalam menyusun model matematis, diambil beberapa anggapan yaitu butiran padatan dianggap berbentuk bola dengan jari-jari yang ukurannya seragam dan difusi berjalan searah dan mengontrol yaitu dari padatan ke permukaan padatan.



Gambar 3. Elemen volum pada butiran

$$\frac{\partial^2 X}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial X}{\partial r} = \frac{1}{D_e} \frac{\partial X_i}{\partial t} \quad (4)$$

Pada model matematis ini mengambil anggapan bahwa pengadukan yang terjadi berlangsung sempurna sehingga konsentrasi di dalam padatan mula-mula dan di dalam cairan sama. Persamaan matematis yang digunakan yaitu :

- Initial conditions (IC) :
Jika $t = 0$, semua posisi r , $X = X_0$
- Boundary conditions (BC) :
Jika $t > 0$, pada posisi $r = 0$

$$N_A = -D_e \frac{\partial C_A}{\partial r} = k_c \alpha (C_{AL}^* - C_{AL}) \quad (5)$$

Neraca massa zat terlarut (A) dalam pelarut.

$$k_c \alpha (C_{AL}^* - C_{AL}) = \frac{\partial C_{AL}}{\partial t} \quad (6)$$

Penyelesaian Numeris

Model matematis yang akan diselesaikan menggunakan penyelesaian numeris yaitu persamaan (3), (4), dan (6). Diperoleh persamaan:

- Untuk suku $i = 2$ sampai $i = N-1$:

$$\frac{dX_i}{dt} = D_e \left(\left(\frac{1}{\Delta r^2} + \frac{1}{r \Delta r} \right) X_{i+1} - \frac{2}{\Delta r^2} X_i + \left(\frac{1}{\Delta r^2} - \frac{1}{r \Delta r} \right) X_{i-1} \right) \quad (7)$$

$$\frac{dC_{AL}}{dt} = k_c \alpha (HX_i - C_{AL}) \quad (8)$$

- Untuk $i=1$ maka digunakan kondisi batas pada $r = 0$

$$\frac{dX_1}{dt} = \left(\frac{2D_e}{\Delta r^2} \right) (X_2 - X_1) \quad (9)$$

$$\frac{dC_{AL}}{dt} = k_c \alpha (HX_1 - C_{AL}) \quad (10)$$

- Untuk $i=N$ maka digunakan kondisi batas pada $r=R$

$$\frac{dX_N}{dt} = D_e \left(\left(\frac{1}{\Delta r^2} + \frac{1}{r \Delta r} \right) \left(\frac{-2\Delta r k_c \alpha}{D_e} (HX_N - C_{ALN}) \right) - \frac{2}{\Delta r^2} X_N + \left(\frac{2}{\Delta r^2} \right) X_{N-1} \right) \quad (11)$$

$$\frac{dC_{ALN}}{dt} = k_c \alpha (HX_N - C_{ALN}) \quad (12)$$

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Menentukan nilai $k_c \alpha$ dan D_e dari proses ekstraksi polifenol dari kulit apel
- Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran pengaduk terhadap konsentrasi polifenol yang terekstrak, $k_c \alpha$ dan D_e .

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquabides, HCl, kulit apel, metanol, Na_2CO_3 dan reagen Folin Ciocalteu

Ekstraksi polifenol dari kulit apel malang dijalankan dalam sebuah ekstraktor batch berpengaduk (beaker glass volume 1000 mL), dilengkapi dengan waterbath untuk menjaga suhu operasi. Selain itu juga dipasang termometer untuk memastikan bahwa suhu operasi sesuai dengan rancangan.

Prosedur Penelitian

10 gram kulit apel dilayukan selama 24 jam terlebih dahulu, lalu diblender dan diayak menggunakan screen dengan ukuran partikel 20 mesh. Setelah itu, kulit apel dicampur dengan metanol-HCl 1% (7 : 3) sebanyak 100 mL. Lalu campuran kulit apel dan pelarut dimasukkan ke dalam gelas beaker dan diekstraksi dengan variasi kecepatan pengadukan yaitu 300, 400, 500, 600 dan 700 rpm. Ekstraksi polifenol dari kulit apel untuk setiap kecepatan pengadukan dilakukan pada suhu 70°C selama 4 jam. Sampel diambil sebanyak 1 mL setiap selang 30 menit.

Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Penelitian dilakukan pada suhu 70°C, massa sampel 10 gram dengan diameter 20 mesh dalam waktu 4 jam. Sebagai pelarut digunakan metanol-HCl 1% (7 : 3)

Variabel Bebas

Kecepatan pengadukan yang digunakan antara lain 300, 400, 500, 600, dan 700 rpm.

Hasil dan Pembahasan

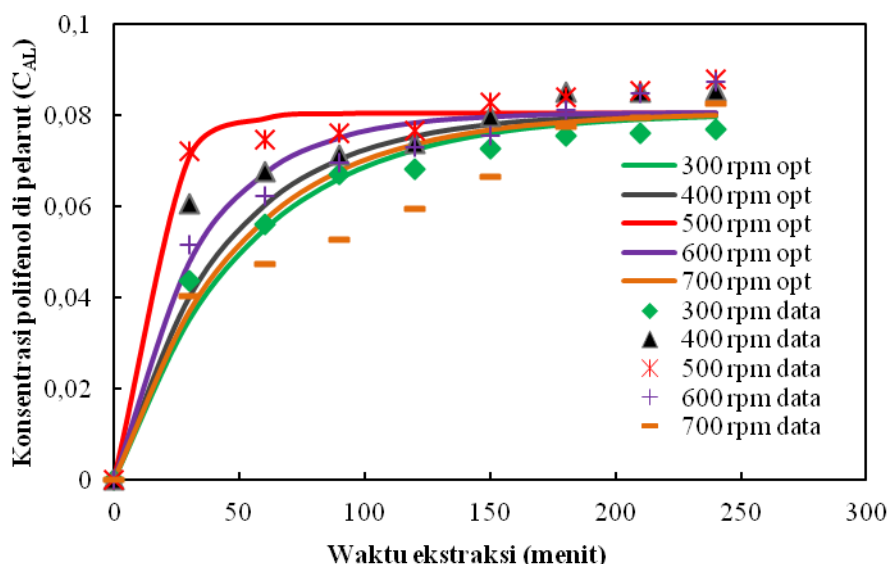
Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Konsentrasi Polifenol di dalam Pelarut

Pada proses ekstraksi, pengadukan mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap konsentrasi polifenol yang dihasilkan. Pengadukan yang dilakukan di dalam tangki dapat menghasilkan distribusi komponen yang lebih merata dan proses ekstraksi dapat berlangsung lebih baik. Hasil yang diperoleh dari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi polifenol dalam pelarut metanol-HCl 1% pada berbagai waktu disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pengaruh Kecepatan Putaran Pengaduk terhadap Konsentrasi Polifenol

No	Waktu (menit)	Konsentrasi Polifenol di dalam Pelarut Metanol- HCl 1% (mg/cm^3 pelarut)				
		300 rpm	400 rpm	500 rpm	600 rpm	700 rpm
1.	30	0,0437	0,0606	0,0722	0,0516	0,0405
2.	60	0,0560	0,0676	0,0748	0,0623	0,0473
3.	90	0,0672	0,0712	0,0760	0,0697	0,0529
4.	120	0,0682	0,0739	0,0768	0,0729	0,0595
5.	150	0,0728	0,0799	0,0829	0,0756	0,0665
6.	180	0,0757	0,0851	0,0839	0,0812	0,0776
7.	210	0,0761	0,0852	0,0854	0,0849	0,0796
8.	240	0,0769	0,0854	0,0879	0,0875	0,0825

Kenaikan konsentrasi polifenol sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran pengadukan. Konsentrasi polifenol tertinggi sebesar $0,087934 \text{ mg}/\text{cm}^3$ pelarut diperoleh saat ekstraksi dengan kecepatan putaran pengaduk 500 rpm pada waktu 240 menit karena distribusi komponen kulit apel di dalam pelarut metanol-HCl 1% lebih merata dan bertambahnya waktu juga meningkatkan konsentrasi yang dihasilkan sehingga konsentrasi polifenol yang terekstrak maksimal. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Samun (2008) mengenai ekstraksi zat warna alami dari rimpang kunyit pada tangki berpengaduk dengan variasi kecepatan pengadukan 200, 400, 600, 800 dan 1000 rpm, didapatkan konsentrasi tertinggi sebesar $0,005951 \text{ g}$ zat warna/mL aquades saat kecepatan pengadukan 1000 rpm. Namun, saat putaran pengaduk 600 dan 700 rpm terjadi penurunan konsentrasi polifenol. Hal ini disebabkan pengadukan yang terlalu cepat justru mengakibatkan terbentuknya vorteks dan menurunkan turbulensi saat ekstraksi berlangsung. Penurunan turbulensi yang terjadi menyebabkan distribusi komponen zat terlarut kurang merata sehingga proses ekstraksi yang dilakukan kurang efektif. Konsentrasi polifenol pada berbagai kecepatan pengadukan juga dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



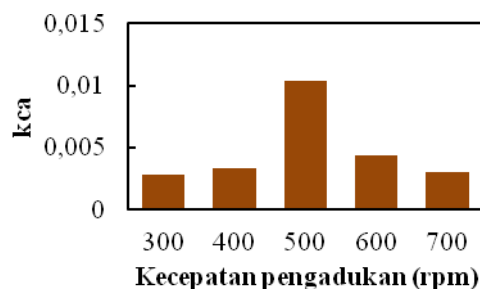
Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi polifenol di dalam pelarut dengan waktu ekstraksi pada berbagai kecepatan putaran pengaduk

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Koefisien Transfer Massa Volumetris (k_{ca})

Tabel 2. Data Pengaruh Kecepatan Putaran Pengaduk terhadap Koefisien Transfer Massa Volumetris (k_{ca})

No.	Kecepatan putaran pengaduk (rpm)	k_{ca} (1/menit)	Kesalahan relatif (%)
1.	300	0,002800	$1,2573 \times 10^{-4}$
2.	400	0,003363	$5,7142 \times 10^{-4}$
3.	500	0,010354	$1,5880 \times 10^{-4}$
4.	600	0,004369	$1,156 \times 10^{-4}$
5.	700	0,003000	$6,3974 \times 10^{-4}$

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa kesalahan relatif yang dihasilkan cukup kecil, sehingga persamaan matematis yang digunakan cukup sesuai. Koefisien transfer massa volumetris pada ekstraksi polifenol sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran pengaduk, dimana semakin cepat putaran pengaduk maka koefisien transfer massa volumetris juga akan semakin meningkat, yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Hubungan antara koefisien transfer massa volumetris (k_{ca}) dengan kecepatan putaran pengaduk

Putaran pengaduk yang semakin cepat menyebabkan semakin banyak partikel yang saling bertumbukan. Hal ini dapat meningkatkan turbulensi saat ekstraksi berlangsung sehingga tebal lapisan film antara permukaan padatan dan cairan menjadi semakin tipis. Penurunan tebal lapisan film ini mengakibatkan luas permukaan transfer massa mengalami peningkatan (Mulyono dan Widodo, 2002). Nilai k_{ca} tertinggi diperoleh saat ekstraksi dengan kecepatan putaran pengaduk 500 rpm sebesar 0,010354/menit. Hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Samun (2008) mengenai ekstraksi zat warna alami dari rimpang kunyit pada tangki berpengaduk dengan variasi kecepatan pengadukan 200, 400, 600, 800 dan 1000 rpm, didapatkan nilai k_{ca} tertinggi sebesar 0,0061875/menit saat kecepatan pengadukan 1000 rpm.

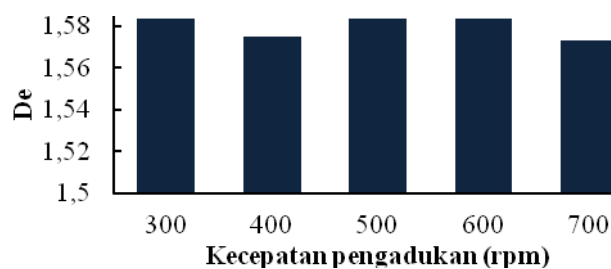
Faktor yang paling berperan dalam laju ekstraksi yaitu transfer massa zat terlarut polifenol dari permukaan padatan melintasi lapisan film menuju ke badan cairan. Dengan semakin tipisnya lapisan film, maka transfer massa zat terlarut menuju badan cairan akan semakin cepat karena jarak perpindahannya semakin kecil (Nur dkk., 2005). Namun, bertambahnya kecepatan putaran pengaduk tidak selalu diikuti dengan kenaikan nilai k_{ca} , seperti pada kecepatan putaran pengaduk 600 dan 700 rpm justru mengalami penurunan nilai k_{ca} . Hal ini dapat terjadi karena pengadukan yang terlalu cepat menyebabkan terbentuknya vorteks sehingga turbulensi menjadi berkurang dan proses transfer massa dari zat terlarut dalam padatan ke cairan tidak dapat berlangsung sempurna, sehingga koefisien transfer massa yang dihasilkan juga kecil (Yuniwati dan Purwanti, 2008).

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Difusivitas Efektif (De)

Nilai De yang dihasilkan juga didapatkan dari perhitungan menggunakan model matematis seperti pada perhitungan nilai k_{ca} , yang dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Difusivitas Efektif (De)

No.	Kecepatan pengadukan (rpm)	Difusivitas efektif ($cm^2/menit$)	Kesalahan relatif (%)
1.	300	1,5836	$1,2573 \times 10^{-4}$
2.	400	1,57531	$5,7142 \times 10^{-4}$
3.	500	1,58342	$1,5880 \times 10^{-4}$
4.	600	1,58343	$1,8156 \times 10^{-4}$
5.	700	1,57342	$6,3974 \times 10^{-4}$



Gambar 6. Hubungan antara difusivitas efektif (D_e) dengan kecepatan putaran pengaduk

Nilai D_e pada berbagai kecepatan pengadukan relatif tidak berubah yaitu antara 1,57 sampai 1,58 cm^2/menit . Data hasil perhitungan matematis D_e yang lebih rinci dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 6. Nilai D_e tidak mengalami perubahan signifikan seperti pada nilai k_{ca} karena kecepatan putaran pengaduk yang dilakukan tidak memperbesar proses difusi yang terjadi di dalam padatan, melainkan memperbesar turbulensi di dalam cairan dengan mempertipis tebal lapisan film dan meningkatkan luas permukaan transfer massa antara permukaan padatan dan cairan. Nilai D_e lebih dipengaruhi oleh suhu operasi dan jenis bahan yang diekstraksi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan pengadukan pada ekstraksi polifenol dari kulit apel menggunakan pelarut metanol-HCl 1% berpengaruh signifikan pada koefisien transfer massa volumetris (k_{ca}) dan tidak berpengaruh besar pada nilai difusivitas efektif (D_e). Nilai k_{ca} tertinggi 0,010354/menit pada ekstraksi dengan kecepatan pengadukan 500 rpm.

Daftar Pustaka

- Akazome, Y., (2004), Characteristics and physiological functions of polyphenols from apples”, *Japan Biofactors* Vol. 22, pp. 311-314
- Anonim, (2010), “Apples, What's New and Beneficial About Apples”, <http://www.whfoods.com/genpage.php?dbid=15&tname=foodspice>. Diakses pada 30 Maret 2011 pukul 16.45 WIB.
- Bappenas, (2000), “Apel”, www.warintek.ristek.go.id/pertanian/apel.pdf. Diakses pada 2 April 2011 pukul 11.00 WIB
- Brown, G.G., (1950), “Unit Operation”, 14th ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., (2002), “Chemical Engineering Particle Technology and Separation Processes” Volume 2 Fifth Edition, Butterworth Heinemann, New York.
- Geankoplis, C.J., (2003), “Transport Processes and Separation Process Principles”, Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Hidayat, N., Maryani, S., dan Djojowasito, G., (2009), “Pemanfaatan Limbah Industri Kripik Apel untuk Produksi Cuka Apel”, <http://nurhidayat.lecture.ub.ac.id/2009/02/pemanfaatan-limbah-industri-kripik-apel-untuk-produksi-cuka-apel/>. Diakses pada 31 Maret 2011 pukul 17.00 WIB.
- Liu, R.H., (2003), “Health Benefits of Fruit And Vegetables are from Additive and Synergistic Combinations of Phytochemicals”, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 78, No. 3, pp. 517-520.
- Nuryanti, (2010), “Ekstraksi”, <http://meoongimutz.blogspot.com/2010/08/ekstraksi.html>, 26 Maret 2011, 07.15
- Redaksi BPM Jatim, (2011), “Badan Penanaman Modal Jawa Timur”, <http://bpm.jatimprov.go.id>, Diakses pada 31 Maret 2011 pukul 17.45 WIB.
- Shoji, T., Akazome, Y., Kanda, T., dan Ikeda, M., (2004), “The Toxicology and Safety of Apple Polyphenol Extract”, *Japan Food Chem Toxicol* Vol. 42, No.6, pp. 959-967.
- Sudarmi, S., dan Siswanti, (2011), “Koefisien Transfer Massa pada Ekstraksi Biji Pala dengan Pelarut Etanol”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Treyball, R.E., (1981), “Mass Transfer Operation”, 3rd edition, Mc. Grow Hill, Singapore
- Utami, D.N., (2009), “Ekstraksi”, http://www.angelfire.com/ak5/process_control/ekstraksi.htm. Diakses pada 25 Maret 2011 pukul 17.30 WIB
- Wolfe, K.L., dan Liu, R.H., (2003), “Apple Peels as a Value-Added Food Ingredient”, *Journal Agric Food Chem* Vol. 51 No.6, pp. 1676-1683
- Yudhie, (2010), “*Sansivieria trifasciata*”, <http://yudhiestar.blogspot.com/2010/01/sansivieria-trifasciata.html>. Diakses pada 25 Maret 2011 pukul 16.45 WIB.