

Available online at: <http://reactor.poltekadipdg.ac.id/>**REACTOR****Journal of Research on Chemistry and Engineering**

| ISSN Online 2746-0401 |



Evaluasi Konstanta Kecepatan Ekstraksi Beta (β)-Karoten Berbasis Campuran Pelarut Aseton dan Dietil Eter

Nirmala Johar, Mega Mustikaningrum

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatera No. 101, Gresik, 61121, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: January 05, 2023

Revised: June 05, 2023

Available online: June 10, 2023

KEYWORDS

β -carotene, Extraction Speed Constant, Maceration, Yellow Pumpkin

CORRESPONDENCE

Name: Mega Mustikaningrum

E-mail: megamustikaningrum@umg.ac.id

ABSTRACT

Research on the extraction of β -carotene has been carried out intensively in recent years, considering the wide application of β -carotene compounds, especially in the pharmaceutical and health fields. In the health sector, β -carotene has antioxidant compounds that can neutralize unstable molecules called free radicals. When the number of free radicals is too high in the body, it can cause cell and tissue damage which is known as oxidative stress. So the consumption of β -carotene should be increased. Various technologies are used for the isolation of β -carotene from raw materials, such as maceration, *soxhlet*, ultrasound-assisted extraction (UAE), pressurized liquid extraction (PLE) and supercritical liquid extraction (SFE). This study uses the maceration method with the consideration that the energy used is relatively low and refers to the heat-resistant nature of β -carotene. The purpose of this study was to analyze the addition of co-solvent diethyl ether to acetone solvent to the value of the extraction rate constant (k). In this case, the addition of a co-solvent can help transport β -carotene to the solvent effectively by increasing the yield of β -carotene produced. Quantitative analysis was carried out using calculations based on mass balance, pseudo-second-order, and Peleg to then conclude which model is by the resulting data. The final yield of β -carotene was 34.395; 103.287 and 108.974 $\mu\text{g/g}$ for diethyl ether, acetone, and a mixture of acetone with diethyl ether (24: 1) v/v respectively. The value of the extraction speed constant for each solvent diethyl ether, acetone, and a mixture of acetone with diethyl ether was 0.8913; 1.03975, and 2.0975 (minute^{-1}) based on the Peleg model and 0.00738 for each solvent; 0.00828; 0.0141 (gram/mg.minute) based on the pseudo second-order model.

PENDAHULUAN

Beta (β)-karoten merupakan pigmen alami berwarna merah jingga yang termasuk dalam kelompok terpenoid dan berasal dari jalur biosintesis *geranylgeranyl pirofosfat* [1]. β -karoten dengan rumus molekul $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ mengandung empat puluh atom karbon, yang tersusun dari delapan unit isoprena. Oleh karena aplikasinya yang bermanfaat sebagai pewarna makanan dan prekursor vitamin A, ekstraksi β -karoten dari sumber daya alam sangat penting dalam ilmu makanan dan kesehatan [2] [3]. Sifat fungsional karotenoid lainnya adalah

kemampuannya sebagai antioksidan yang dapat menangkap radikal bebas dalam tubuh [4].

Metode pemisahan β -karoten masih sangat penting karena β -karoten terikat dalam berbagai matriks dengan kadar air yang tinggi. Ada beberapa metode untuk mengisolasi β -karoten, termasuk ekstraksi cair konvensional di bawah tekanan sekitar, seperti ekstraksi *soxhlet* [5], maserasi [6], ekstraksi dengan bantuan *ultrasound* (UAE) [7], ekstraksi cairan bertekanan (PLE) [8], dan ekstraksi cairan superkritis (SFE) [9]. Metode ekstraksi *soxhlet* dan maserasi relatif disukai karena lebih

sederhana, tidak memerlukan instrumen yang rumit dan menghasilkan rendemen yang relatif tinggi.

Metode ekstraksi modern dinilai lebih efektif dan efisien dari metode konvensional. Waktu ekstraksi yang singkat dan penggunaan pelarut yang lebih sedikit menjadi salah satu kelebihan dari metode ekstraksi modern. Hal tersebut tidak selalu mengungguli sebab jenis ekstraksi modern membutuhkan energi dan biaya yang cukup besar. Adapun salah satu kelemahan dari metode modern seperti MAE adalah pemanasan yang tidak merata selama ekstraksi, penggunaan suhu yang sangat tinggi pada metode *Pressurized Liquid Extraction* (PLE) sehingga dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan, serta adanya proses inkubasi yang membutuhkan waktu lama dalam metode ekstraksi enzimatik [10].

Berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut, maka penelitian ini dipilih menggunakan metode ekstraksi maserasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi dengan proses perendaman bahan dalam pelarut yang sesuai dengan senyawa aktif yang akan diambil tanpa adanya proses pemanasan. Kelebihan lain metode maserasi terdapat pada prosedur dan peralatan yang digunakan lebih sederhana, terjaminnya zat aktif yang diekstrak tidak akan rusak. Tidak membutuhkan biaya yang mahal dan dapat digunakan untuk mengekstrak senyawa yang bersifat termolabil karena dilakukan tanpa pemanasan. Hal ini selaras dengan senyawa β -karoten yang memiliki karakteristik mudah rusak oleh paparan cahaya, panas, dan oksigen [11]. Metode maserasi cukup efisien pada prosedur isolasinya [10].

Pada metode ekstraksi pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor penting. Pemilihan pelarut dalam proses ekstraksi tergantung dari keadaan sampel dan komposisi karotenoid yang terkandung dalam bahan pangan. Selain itu pemilihan pelarut untuk mengekstraksi karotenoid bergantung pada polaritas karotenoid, kelarutan, struktur dan intensitas interaksi dengan matriks [12] [13]. Ekstraksi β -karoten sebelumnya dilakukan dengan menggunakan pelarut n-heksan dan petroleum eter pada kondisi yang berbeda [14] [15]. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis pelarut yakni dietil eter, aseton dan campuran dietil eter dengan aseton. Pelarut aseton merupakan pelarut *non foodgrade* yang bersifat non polar dan banyak digunakan dalam ekstraksi komponen aktif pada bahan pangan [16]. Dalam hal ini dietil eter merupakan jenis pelarut non polar [17], sehingga pelarut aseton dan dietil eter dirasa mampu melarutkan β -karoten yang sifatnya non polar.

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan ialah labu kuning (*Curcubita moschata*). Labu kuning atau waluh

(*Curcubita moschata*) merupakan jenis tanaman tahunan dari keluarga *Curcubitaceae*. Kandungan labu kuning per 100 gram meliputi lemak (0,15%), protein (0,98%), kalsium (10 mg), karbohidrat (5,31%), β -karoten (11,2 mg), air (92,24%) [18]. Tanaman ini sangat kaya akan senyawa bioaktif yang berguna bagi kesehatan manusia. Salah satu bioaktif yang dimanfaatkan adalah β -karoten. β -karoten pada labu kuning memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan karena merupakan sumber pro-Vitamin A [19].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pelarut yang efektif dalam melarutkan senyawa β -karoten pada labu kuning serta memiliki tujuan khusus untuk melakukan evaluasi terhadap nilai konstanta kecepatan ekstraksi (k) dengan pelarut aseton, dietil eter dan campuran pelarut aseton dengan dietil eter dengan perbandingan 24:1 v/v.

METODOLOGI

Metodologi penelitian ekstraksi β -karoten terdiri dari beberapa tahap, yaitu ekstraksi maserasi β -karoten, pengambilan data kinetika dan analisis konstanta kecepatan reaksi (k) dengan perbedaan pelarut.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian ekstraksi β -karoten terdiri dari labu kuning yang diperoleh dari pasar Gresik, standar β -karoten ($C_{40}H_{56}$) 93 % dengan merk Sigma, dietil eter teknis diperoleh dari PT Nirwana Abadi Surabaya, Aseton Pro Analisis (80%) yang diperoleh dari CV. Chemix Yogyakarta dan etanol C_2H_5OH 96 %, n-heksan 70% diperoleh dari PT Nirwana Abadi Surabaya.

Alat Penelitian

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu *beaker glass* 250 mL, jar kaca 400 mL, rangkaian alat distilasi, gelas ukur 100 mL, *hot plate*, statif dan klem, pipet ukur 5 mL, botol sampel 20 mL, pipet tetes, spektrofotometer UV-Vis *Thermo Scientific*, sendok, pisau dan blender.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi Maserasi β -Karoten

Serbuk labu kuning sebanyak 10 gram dimasukkan ke botol jar yang berisi 250 mL pelarut. Proses maserasi berlangsung selama 48 jam [20]. Pengadukan secara manual dilakukan sebanyak mungkin bertujuan agar β -karoten dapat terserap sempurna dan tidak ada pengendapan. Sampel yang diperoleh pada proses maserasi disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan pelarut dengan endapannya. Ekstrak labu kuning didistilasi untuk memisahkan pelarut dari β -karoten. Kadar β -karoten dianalisis menggunakan alat

Spektrofotometer UV-Vis dan diukur densitasnya. Penentuan densitas β -karoten dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\rho = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} \quad (1)$$

Analisis Hasil B- Karoten

Analisis β - karoten dimulai dengan pembuatan kurva standar serta penentuan panjang gelombang maksimum pada β - karoten standar dengan prosedur sebagai berikut: β -karoten standar dilarutkan menggunakan n-heksan:aseton dengan perbandingan 1:9 v/v, kemudian diencerkan ke labu ukur 25 ml dengan menambahkan pelarut n-heksan:aseton. N-heksan digunakan sebagai pelarut β -karoten karena memiliki kesamaan non polar. Mengambil larutan tersebut sebanyak 2,5 mL ke gelas ukur 25 mL. Sebanyak 1,25; 2,5; 3,75; 5,0; dan 6,25 mL larutan tersebut dimasukkan ke labu ukur 10 mL. Menambahkan pelarut n-heksan; aseton pada masing-masing larutan intermediet hingga penuh. Panjang gelombang maksimum β - karoten diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 400-600 nm untuk *range visible* dengan menggunakan pelarut sebagai blanko [21]. Ditemukan panjang gelombang maksimum pada 451 nm.

Analisis Nilai Kuantitatif Ekstrak B-karoten

Kandungan β -karoten pada hasil ekstraksi kemudian dihitung berdasarkan persamaan (2), untuk mengetahui kadar yang dihasilkan.

$$\text{Kadar Karoten} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{A \cdot V (\text{mL}) \cdot 10^4}{A_1^{1\%} \text{ cm} \cdot P (\text{g})} \quad (2)$$

Dimana A adalah nilai absorbansi, V adalah volume dari ekstrak total, P adalah berat sampel, dan $A_1^{1\%}$ adalah koefisien kepunahan lutein dalam pelarut organik (2480 untuk dietil eter dan 2540 untuk aseton) [11].

Analisis Konstanta Kecepatan Reaksi (k) dengan Perbedaan Pelarut

Pengambilan data kinetika dilakukan pada interval waktu 9 jam selama 48 jam proses ekstraksi [22]. Konsentrasi β -karoten dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pengembangan Model Kinetika B-karoten

Model kinetika reaksi yang diajukan dalam penelitian ini berdasarkan pendekatan neraca massa dan model henry yang dapat dilihat pada persamaan (3)-(5). Untuk membandingkan kebenaran hasil kemudian akan di komparasi dengan model peleg yang dapat dilihat pada persamaan (6)-(7). Neraca Massa Zat Ekstraktif pada Elemen Volume pada Cairan.

$$\frac{dC_A}{dt} = - \frac{k a m}{V} (C_A - C_A^*) \quad (3)$$

Neraca Massa Zat Ekstraktif di Padatan Labu Kuning

$$\frac{dX_A}{dt} = k a (C_A - C_A^*) \quad (4)$$

C_A^* merupakan parameter yang sulit untuk dicari sehingga di *fitting* dengan menggunakan model Henry

$$X_A = K C_A^* \quad (5)$$

Dimana k merupakan konstanta kecepatan reaksi (m/menit), m adalah massa dari labu kuning (gram), V adalah volume pelarut (liter), C_A adalah konsentrasi β -karoten di cairan (mol/liter), X_A adalah konsentrasi β -karoten di padatan (mol/liter), K merupakan konstanta kesetimbangan ekstraksi, $\frac{dC_A}{dt}$ merupakan distribusi konsentrasi β -karoten setiap waktu di cairan (mol/jam) dan $\frac{dX_A}{dt}$ adalah distribusi konsentrasi β -karoten di padatan (mol/jam) dan a adalah luas permukaan dari serbuk labu. Model kedua yang digunakan adalah model Peleg. Persamaan yang dapat dituliskan berdasarkan model Peleg adalah sebagai berikut [23]:

$$C(t) = \frac{t}{K_1 + K_2 t} \quad (6)$$

$C(t)$ merupakan rendemen β -karoten pada waktu t ($\mu\text{g/g}$), C_0 adalah rendemen mula-mula β -karoten, t adalah waktu ekstraksi (menit), K_1 merupakan kontanta laju Peleg (menit $\text{g}/\mu\text{g}$), dan K_2 adalah konstanta kapasitas ($\text{g}/\mu\text{g}$). Persamaan Peleg kemudian akan diselesaikan dengan menggunakan linearitas, dan besarnya nilai konstanta laju ekstraksi diselesaikan dengan persamaan:

$$k = \frac{K_2}{K_1} \quad (7)$$

Dimana k merupakan konstanta kecepatan ekstraksi (menit^{-1}). Persamaan (6) kemudian diselesaikan dengan menggunakan grafik linieritas dengan bentuk persamaan dapat dilihat pada persamaan (8).

$$\frac{t}{C_t - C_0} = K_1 + K_2 t \quad (8)$$

Model ketiga yang digunakan untuk mengkonfirmasi data penelitian adalah model *pseudo second-order* [24]: yang dijabarkan pada persamaan (9).

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (9)$$

Konstanta k pada persamaan (9) menunjukkan nilai dari konstanta kecepatan ekstraksi ($\text{gram}/\text{mg} \cdot \text{menit}$), q_e menunjukkan rendemen β -karoten pada keadaan setimbang ($\mu\text{g/g}$), q_t adalah rendemen β -karoten pada waktu tertentu dan t merupakan waktu ekstraksi (menit). Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan linieritas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Densitas β -karoten

Besarnya densitas β -karoten dihitung dengan menggunakan persamaan (1), dengan penjabaran hasil dapat dilihat pada tabel 1.

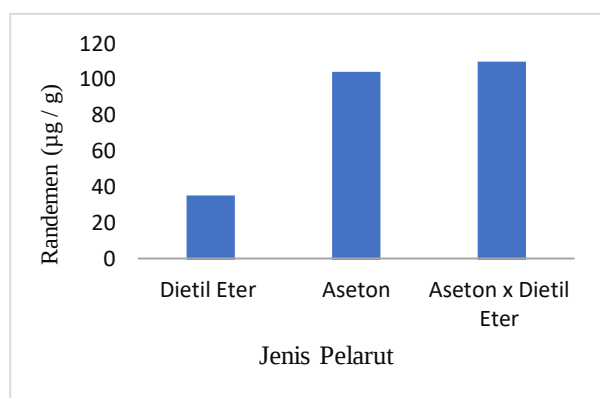
Tabel 1. Hasil densitas β -karoten labu kuning

Pelarut	Densitas (g/mL)
Aseton	0,803
Dietil Eter	0,802
Aseton dan Dietil Eter	0,814

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata hasil densitas yang didapatkan pada penelitian mendekati densitas standar dari β -karoten sebesar 0,940 g/mL. Perbedaan hasil densitas β -karoten dalam hal ini dipengaruhi adanya faktor pengotor yang ada pada penelitian antara lain tidak optimalnya proses pemurnian pelarut yang digunakan saat distilasi dan adanya serbuk halus yang dimungkinkan terikut pada ekstrak β -karoten yang dihasilkan setelah proses filtrasi.

Pengaruh Perbedaan Pelarut pada Konsentrasi β -karoten

Gambar 1 menunjukkan hasil β -karoten dari tiga jenis pelarut yang diuji. Hasil menunjukkan kecenderungan bahwa penggunaan *co-solvent* pada proses ekstraksi menghasilkan rendemen tertinggi yaitu 108,974 μ g/g. Hasil penggunaan *co-solvent* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perolehan β -karoten menggunakan pelarut dietil eter yaitu sebesar 34,395 μ g/g, dan menggunakan pelarut aseton sebesar 103,287 μ g/g.



Gambar 1. Rendemen β -Karoten dengan Perbedaan Pelarut

Gambar 1 adalah hasil dari ekstraksi β -karoten dengan menggunakan variasi pelarut sumbu X pada gambar menunjukkan jenis pelarut yang digunakan, dan sumbu Y merupakan hasil rendemen dari beta karoten. Perbedaan penggunaan pelarut dalam hal ini menyebabkan hasil

yang berbeda pada karotenoid yang dihasilkan. Hal tersebut diakibatkan karena adanya nilai polaritas yang berbeda pada masing – masing pelarut. Polaritas pelarut untuk dietil eter sebesar 0,117 dan untuk aseton sebesar 0,355 [25]. Dalam hal ini, pelarut dietil eter memiliki nilai polaritas yang lebih rendah dibandingkan dengan aseton, sehingga menghasilkan karotenoid lebih rendah pada penelitian ini.

Tabel 2. Hasil Penelitian dengan Berbagai Metode dan Pelarut

Rendemen β -karoten (mg/100 g)	Parameter dan Metode	Sumber
112,60-110,90	Rasio padatan-pelarut sebesar 1:37,5 dan 1:75 m/v, daya; 180 W-300 W, waktu; 3,5 dan 6,5 menit, pelarut; n-heksan, aseton dan etanol, metode yang digunakan adalah <i>Microwave-Assisted Extraction(MAE)</i>	[28]
31,00	Rasio padatan-pelarut 1:10 m/v, 1 jam, pelarut: Cis pinene dan n-heksan, metode yang digunakan adalah maserasi	[29]
110	Tekanan: 55,1 mPa, suhu: 70°C, media: SC-CO ₂ (2 L/menit), <i>Co-solvent</i> : minyak kanola, metode yang digunakan adalah <i>Super Critical Fluid Extraction (SFE)</i>	[30]
42,96	Waktu : 3 jam, suhu : 45°C, enzim: Cellulase (0,8U/mg) Pektinase (1,15 U/mg) Buffer : 7, Rasio : 0,35/0,5%, metode yang digunakan adalah <i>Enzym-Assisted Extraction (EAE)</i>	[31]
104,5	Rasio padatan-pelarut 1:30 m/v, daya dan frekuensi: 165 W/25 kHz, suhu : 55 °C, waktu : 65 menit, pelarut : minyak biji matahari, metode yang digunakan adalah <i>Ultrasound-Assited Extraction (UAE)</i>	[32]

β -karoten merupakan jenis karotenoid yang bersifat non-polar, sehingga lebih tepat dilarutkan pada pelarut yang memiliki sifat non-polar [11]. Dalam hal ini kandungan β -karoten terbaca pada hasil analisis UV-Vis dan dapat

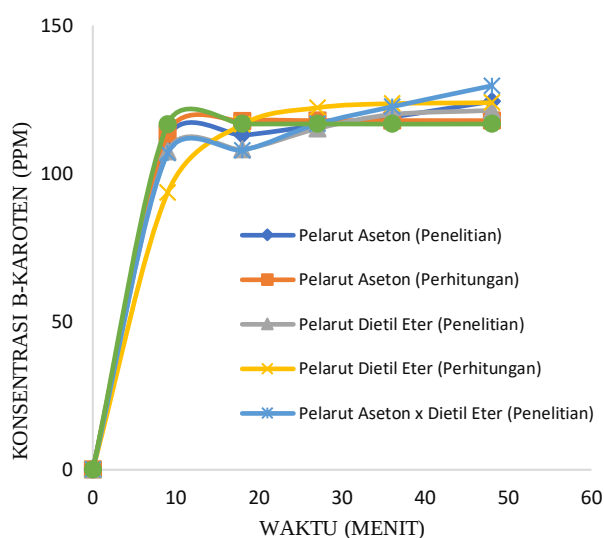
disimpulkan bahwa pelarut aseton dan dietil eter memiliki nilai polaritas yang dekat dengan β -karoten, sehingga dapat mengekstrak β -karoten pada labu kuning [11]. Secara natural β -karoten memiliki sifat lipofilik, dimana β -karoten dapat mudah larut dalam minyak, lemak dan pelarut yang sifatnya non polar [26]. Visualisasi dari senyawa aktif β -karoten merupakan terdapatnya molekul hidrofobik yang tertempel pada matriks ikatan. Sifat hidrofobik sendiri merupakan jenis senyawa yang menolak air. Hal inilah yang mengakibatkan β -karoten akan lebih mudah pada jenis pelarut yang sifatnya non polar [27].

Tabel 2. merupakan hasil β -karoten yang diperoleh dari berbagai metode ekstraksi dan pelarut, yang digunakan sebagai pembandingan dengan penelitian yang dilakukan. Berdasarkan Tabel 2, hasil rendemen β -karoten yang dihasilkan cukup jauh dari rendemen pada penelitian lain. Sehingga optimasi dari proses maserasi harus dilakukan, salah satunya dari hasil konstanta kecepatan ekstraksi yang kemudian dihasilkan pada penelitian ini.

Beberapa variabel yang harus ditingkatkan diantaranya massa sampel padat, volume pelarut, waktu ekstraksi, serta faktor teknis saat penelitian. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil yang terangkum pada Tabel 2, dimana rata-rata nilai dari β -karoten yang dihasilkan berkisar 30-110 (mg/100 g).

Perbedaan Pelarut terhadap Nilai Konstanta Kecepatan Ekstraksi (k)

Kecepatan ekstraksi (k) dihitung dengan menggunakan beberapa metode yaitu berbasis neraca massa, model Peleg, dan *pseudo second-order*. Untuk hasil berbasis neraca massa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil *Fitting* Model Neraca Massa

Berdasarkan *fitting* yang dilakukan dengan bantuan MatLab, didapatkan nilai dari konstanta kecepatan

ekstraksi untuk masing masing pelarut dietil eter, aseton dan campuran aseton dengan dietil eter sebesar 0,0036 ; 0,0084 dan 0,0667 m/menit.

Berdasarkan nilai dari kecepatan ekstraksi (k) yang didapatkan nilai dari kecepatan ekstraksi (k) pada penggunaan pelarut aseton dengan *co-solvent* dietil eter menghasilkan kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan pelarut yang lain. Perbandingan nilai dari *fitting* model disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Paramater Model Neraca Massa

Variabel Pelarut	k (m/menit)	K (mg/g)	SSE
Dietil Eter	0,0036	1,2649	387,513
Aseton	0,0084	1,3322	68,000
Campuran Aseton dan Dietil Eter	0,0667	1,3458	376,283

Data ini kemudian akan dikonfirmasi dengan model Peleg untuk membandingkan nilai k yang dihasilkan. Hasil dari model Peleg dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Paramater Model Peleg

Variabel Pelarut	k (menit ⁻¹)	R ²
Dietil Eter	0,8913	0,9976
Aseton	1,0384	0,9976
Campuran Aseton dan Dietil Eter	2,0975	0,9947

Kedua model tersebut, dibandingkan dengan model *pseudo second-order*, untuk mengkonfirmasi kebenaran dari nilai konstanta kecepatan ekstraksi (k) yang tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Parameter Model *Pseudo Second-Order*

Variabel Pelarut	k (gram/mg.menit)	R ²
Dietil Eter	0,00738	0,9976
Aseton	0,00828	0,9976
Campuran Aseton dan Dietil Eter	0,0141	0,9947

Berdasarkan nilai SSE yang didapatkan pada model neraca massa, nilai SSE jauh dari angka nol. Konfirmasi model dikatakan benar dan dapat mewakili fenomena ketika nilai dari SSE sama dengan nol. Pada Penelitian distribusi nilai regresi (R²) pada model Peleg dan *pseudo second-order* tidak terlalu berbeda. Dalam hal ini model Peleg dipilih sebagai model yang sesuai dalam menggambarkan mekanisme ekstraksi β -karoten karena memiliki nilai regresi yang lebih besar dibandingkan dengan model *pseudo second-order*.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi β -karoten dari labu kuning menggunakan metode maserasi selama rentang waktu 48 jam. Hasil analisis β -karoten dilakukan menggunakan instrumen UV-VIS pada Panjang gelombang 451 nm. Ekstraksi β -karoten dilakukan dengan tiga pelarut yang berbeda yaitu dietil eter, aseton dan campuran aseton dengan dietil eter (24 : 1) v/v pada perbandingan pelarut dan labu kuning (25 : 1) v/v. Hasil akhir dari ekstraksi menghasilkan 34,395 ; 103,287 dan 108,974 $\mu\text{g/g}$ untuk masing-masing pelarut dietil eter, aseton dan campuran aseton dan dietil eter. Pada penelitian ini pelarut yang paling optimal menghasilkan β -karoten ialah aseton.

Perhitungan nilai konstanta kecepatan ekstraksi (k) menggunakan tiga pendekatan model untuk analisis data yaitu berbasis neraca massa, model Peleg dan model *pseudo second-order* untuk mencari nilai konstanta kecepatan ekstraksi. Berdasarkan nilai regresi, model Peleg dan *pseudo second-order*. merupakan model yang tepat untuk menggambarkan kinetika ekstraksi, Dihasilkan nilai sebesar 0,8913; 1,03975 dan 2,0975 (menit^{-1}) model Peleg dan 0,00738; 0,00828 dan 0,0141 gram/mg.menit untuk pelarut dietil eter, aseton dan campuran aseton dan dietil eter berdasarkan model *pseudo second-order*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Maoka, "Carotenoids as natural functional pigments," *Journal of Natural Medicines*, vol. 74, no. 1, pp. 1-16, 2019.
- [2] M. Zia-Ul-Haq, S. Dewanjee dan M. Riaz, "Carotenoids : Structure Function in the Human Body," dalam *Commercialization and Marketing Potential of Carotenoids* , Switzerland, Springer, 2021, pp. 799-826.
- [3] S. Calislar, "The Important of Beta Carotene on Poultry Nutrition," *Selcuk Journal of Agriculture and Food Science*, vol. 33, no. 3, pp. 215-259, 2019.
- [4] C. Galasso, C. Corinaldesi dan C. Sansone, "Carotenoid from Marine Organism: Biological Functiona and Industrial Applications," *Antioxidant* , vol. 6, no. 96, pp. 2-33, 2017.
- [5] I. Fajriati, A. Y. Ikhsan, A. Monitasari, M. Zamhari, B. Kartika dan J. R. Subba, "The Effect of Extraction Method on The Extract Yield in the Carotenoid Pigment Encapsulation for Halal Natural Pigment," *Indonesian Journal of Halal Research* , vol. 4, no. 2, pp. 97-106, 2022.
- [6] T. A. B. Purnomo, Y. S. Kurniawan, R. F. Kesuma dan L. Yulianti, "Selection of Maceration Solvent for Natural Pigment Extraction from Red Fruit (*Pandanus conoideus* Lam)," *Indonesian Journal of Natural Pigment* , vol. 2, no. 1, pp. 8-12, 2020.
- [7] M. Umair, S. Jabbar, M. M. Nasiru, Z. Lu, J. Zhang, M. Abid, M. A. Murtaza, M. Kieliszek dan L. Zhao, "Ultrasound-Assisted Extraction of Carotenoids from Carrot Pomace and Their Optimization through Response Surface Methodology," *Molecules*, vol. 9, no. 26, p. 6763, 2021.
- [8] A. R. Rudke, S. Mazzutti, K. S. Andrade dan L. Vitali, "Optimization of Green PLE Method Applied for the Recovery of Antioxidant Compounds from Buriti (*Mauritia flexuosa* L.,) Shell," *Food Chemistry*, vol. 298, p. 125061, 2019.
- [9] S. Agustina, N. N. Aidha, E. Oktarina dan J. H. Haruminda, "Optimasi Proses Ekstraksi Karoten Dan Klorofil Dari Spirulina Platensis Dengan Teknologi Karbon Dioksida (CO_2) Superkritis Menggunakan Metode Permukaan Tanggap," *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 41, no. 2, pp. 95-104, 2019.
- [10] H. S. Maleta, R. Indrawati, L. Limantara, T. Hardo dan P. Brotosudarmo, "Ragam Metode Ekstraksi Karotenoid dari Sumber Tumbuhan dalam Dekade Terakhir (Telaah Literatur)," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* , vol. 13, no. 1, pp. 40-50, 2018.
- [11] Dianursanti, A. R. Siregar, Y. Maeda, T. Yoshino dan T. Tanaka, "The Effect of Solvent and Solid-to-Solvent Ratios on Ultrasound-Assisted Extraction of Carotenoids from *Chlorella vulgaris*," *International Journal of Technology*, vol. 11, no. 5, pp. 941-950, 2020.
- [12] N. Miekus, A. Iqbal, K. Marszalek, C. Puchalski dan A. Swiergiel, "Green Chemistry Extractions of Carotenoids from *Daucus carota* L. - Supercritical Carbon Dioxide and Enzyme-Assisted Methods," *Molecules*, vol. 24, no. 23, p. 4339, 2019.
- [13] J. O. Chaves, M. C. d. Souza, L. C. d. Silva, D. Lachos-Perez, P. C. Torres-Mayanga, A. P. d. F. Machado, T. Forster-Carneiro, M. Vazquez-Espinosa dan M. A. Rostagno, "Extraction of Flavonoids from Natural Sources Using Modern Techniques," *Frontiers in Chemistry*, vol. 8, 2020.
- [14] M. Rifqi, I. S. Setiasih dan Y. Cahayana, "Total β -carotene of β -carotene Carrot Powder (*Daucus Carota* L.) Encapsulation Result," dalam *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*, 2020.

- [15] K. Zaghdoudi, O. Ngomo, R. Vanderesse, P. Arnoux, B. Myrzakhmetov, C. Frochot dan Y. Guivarc'h, "Extraction, Identification and Photo-Physical Characterization of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Carotenoids," *Foods*, vol. 6, no. 1, p. 4, 2017.
- [16] F. S. Teixeira, L. L. Pimentel, S. S. M. P. Vidigal, P. T. Costa dan M. E. P. a. L. M. Rodriguez-Alcala, "Suitability of Solvent-Assisted Extraction for Recovery of Lipophilic Phytochemicals in Sugarcane Straw and Bagasse," *Foods*, vol. 11, p. 2661, 2022.
- [17] P. d. Coning dan J. Swinley, "Practical Guidelines for Selected Gas Analysis Applications," dalam *A Practical Guide to Gas Analysis by Gas Chromatography*, Elsevier, 2019, pp. 351-394.
- [18] S. E. Khatib dan M. Muhieddin, Nutritional Profile and Medicinal Properties of Pumpkin Fruit Pulp, intechOpen, 2019.
- [19] A. Hussain, T. Kausar, S. Sehar, A. Sarwar, M. Y. Quddoos, J. Aslam, A. Liaqat, T. Siddiqui, Q. U. An, S. Kauser, A. Rehman dan R. Nisar, "A Review on Biochemical Constituents of Pumpkin and their Role as Pharma Foods; a Key Strategy to Improve Health," *Food Production Process and Nutrition*, vol. 5, no. 1, p. 22, 2023.
- [20] I. W. G. A. Prasetya, G. G. Putra dan L. P. Wrasati, "Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Maserasi terhadap Ekstrak Kulit Biji Kakao," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, pp. 150-159, 2020.
- [21] A. Agustina, N. Hidayati dan P. Susanti, "Penetapan Kadar β -Karatena pada Wortel (*Daucus carota*, L) Mentah dan Wortel Rebus dengan Spektrofotometri Visibel," *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, vol. 5, no. 1, pp. 7-13, 2019.
- [22] K. Ludwig, L. Rihko-Struckmann, G. Brinitzer, G. Unkelbach dan K. Sundmacher, " β -Carotene Extraction from *Dunaliella salina* by Supercritical CO₂," *Journal of Applied Phycology*, p. 1435-1445, 2021.
- [23] N. Milicevic, P. Kojic, M. Sakac, A. Misan, J. Kojic, C. Perussello, V. Banjac, M. Pojic dan B. Tiwari, "Kinetic Modelling of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolics from Cereal Brans," *Ultrasonic Sonochemistry*, vol. 79, p. 105761, 2021.
- [24] H. N. Tran, "Applying Linear Forms of Pseudo-Second-Order Kinetic Model for Feasibly Identifying Errors in the Initial Periods of Time-Dependent Adsorption Datasets," *Water*, vol. 15, no. 6, p. 1231, 2023.
- [25] C. M. Agu, M. C. Menkiti, P. E. Ohale dan V. I. Ugonabo, "Extraction Modelling, Kinetics, and Thermodynamics of Solvent Extraction of *Irvingia gabonensis* Kernel Oil, for Possible Industrial Application," *Engineering Reports*, vol. 3, no. 4, pp. 1-25, 2020.
- [26] S. Arivian, S. Raharjo dan P. Astuti, "Potensi Mikroemulsi β -karoten dalam Menghambat Fotoksidasi Vitamin C Sistem Aqueous," *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, pp. 33-39, 2011.
- [27] D. Chen, C.-X. Zhao, C. Lagoin, M. Hai, L. R. Arriaga, S. Koehler, A. Abbaspourad dan D. A. Weitz, "Dispersing Hydrophobic Natural Colourant β -carotene in Shellac Particles for Enhanced Stability and Tunable Colour," *Royal Society Open Science*, p. 170919, 2017.
- [28] B. Hiranvarachath dan S. Devahastin, "Enhancement of Microwave-Assisted Extraction via Intermittent Radiation: Extraction of Carotenoids from Carrot Peels," *Jurnal of Food Engineering*, vol. 126, pp. 17-26, 2014.
- [29] E. Yara-Varon, Y. Li, M. Balcells, R. Canela-Garayoa, A.-S. Fabiano-Tixier dan F. Chemat, "Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products," *Molecules*, vol. 5, no. 22, p. 1474, 2017.
- [30] M. Sun dan F. Temelli, "Supercritical Carbon dioxide Extraction of Carotenoids from Carrot using Canola Oil as a Continuous Co-Solvent," *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 37, no. 3, pp. 397-408, 2006.
- [31] S. Tiwari, N. Upadhyay, A. K. Singh, G. S. Meena dan S. Arora, "Organic Solvent-Free Extraction of Carotenoids from Carrot Bio-Waste and its Physico-Chemical Properties," *Journal of Food Science Technology*, vol. 56, no. 10, pp. 4678-4687, 2019.
- [32] H. R. P. d. Silva, I. J. Iwassa, J. Marques, N. Postau, N. Stevanato dan C. d. Silva, " β -carotene from carrots: Maximization and Thermodynamic Parameters of the β -carotene Extractions and Oil Characterization," *Journal of Food Processing and Preservation*, pp. 1-10, 2020.