

## Ekstraksi Dalam Kolom Unggun Tetap dan Pemurnian secara Simultan pada Isolasi Minyak Dedak Padi

Haryono, Evi Ernawati, Atiek Rostika Noviyanti

Departemen Kimia FMIPA, Universitas Padjadjaran

Korespondensi: haryono@unpad.ac.id

### ABSTRAK

Pada proses penggilingan padi menjadi beras dihasilkan 8-10% dedak padi. Pemanfaatan dedak padi umumnya baru sebatas sebagai pakan ternak. Padahal pada dedak padi terdapat minyak sekitar 10-26% dari berat dedak padi. Minyak dedak padi dilaporkan sebagai minyak nabati unggul karena minyak tersebut didominasi oleh asam lemak tak jenuh. Minyak dedak padi mengandung sekitar 32-35% asam linoleat. Asam linoleat dilaporkan mampu menurunkan kolesterol darah dan mencegah aterosklerosis. Berbagai metode ekstraksi telah diterapkan untuk mengekstraksi minyak dedak padi. Metode ekstraksi soxhlet merupakan metode yang dianggap paling cocok untuk mengekstraksi minyak dedak padi. Namun metode tersebut umumnya hanya diterapkan pada ekstraksi skala kecil. Tujuan penelitian ini adalah memodifikasi metode ekstraksi soxhlet menjadi metode ekstraksi kolom ungun tetap, dan mempelajari pengaruh jenis pelarut dan ketinggian ungun (dedak padi) terhadap rendemen dan sifat fisiko-kimia dari minyak dedak padi yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pelarut etil asetat menghasilkan rendemen minyak dedak padi lebih banyak dibandingkan dengan pelarut etanol untuk semua variasi ketinggian ungun dedak padi. Rendemen maksimum minyak dedak padi sebanyak 18,2% diperoleh pada ekstraksi dengan pelarut etil asetat dan pada ketinggian ungun dedak 5 cm. Pada kondisi ekstraksi tersebut dihasilkan minyak dedak padi dengan sifat fisiko-kimia paling optimal, yaitu dengan bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, densitas, indeks bias, dan viskositas berturut-turut sebesar 48,3 mg KOH/g, 252,1 mg KOH/g, 105,4 g I<sub>2</sub>/100 g, 0,910 g/mL, 1,463, dan 6,3 mPa s.

Kata kunci: ekstraksi, jenis pelarut, kolom ungun tetap, minyak dedak padi, simultan

### ABSTRACT

*In the milling process of paddy rice into rice produced around of 8-10% rice bran. Utilization of rice bran is generally limited to animal feed. Rice bran oil contain around 10-26% of the weight of rice bran. Rice bran oil is reported as an ideal vegetable oil because it is dominated by unsaturated fatty acids. Rice bran oil contains about 32-35% linoleic acid. Linoleic acid is reported to be able to reduce blood cholesterol and prevent atherosclerosis. Various extraction methods have been applied to extract rice bran oil. The soxhlet extraction method is considered the most suitable method for extraction of rice bran oil. However, this method is generally only applied to small-scale extraction. The purpose of this study was to modify the soxhlet extraction method into a fixed bed column extraction method, and study the effect of the type of solvent and bed height of rice bran on the yield and physico-chemical properties of the rice bran oil produced. The results showed that the use of ethyl acetate solvent produced more rice bran oil yield compared to ethanol solvent for all variations in the bed height of rice bran. The maximum yield of 18.2% rice bran oil was obtained from extraction with type of solvent is ethyl acetate, and at a bed of rice bran height of 5 cm. In the extraction conditions, rice bran oil obtained with the most optimal physico-chemical properties, namely with acid numbers, saponification numbers, iodine numbers, density, refractive index, and viscosity of 48.3 mg KOH/g, 252.1 mg KOH/g, 105.4 g I<sub>2</sub>/100 g, 0.910 g/mL, 1.463 and 6.3 mPa s, respectively.*

*Keywords: extraction, type of solvent, fixed bed column, rice bran oil, simultaneous*

### 1. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa*) adalah jenis tanaman sereal paling penting yang dibudidayakan di Indonesia. Hal tersebut karena nasi sebagai hasil pengolahan padi merupakan makanan pokok penduduk Indonesia. Oleh karena itu peningkatan produksi padi menjadi salah satu prioritas program nasional. Produksi padi nasional tahun 2019 dilaporkan sebanyak 54,60 juta ton [1].

Minyak dedak padi (MDP) diperoleh melalui ekstraksi dedak padi dimana dedak padi tersebut merupakan hasil samping dari industri penggilingan padi menjadi beras. Pada penggilingan padi sebagai gabah kering giling (kadar air 14%) dihasilkan 57-60% beras, 20-22% sekam, dan 8-10% dedak [2]. Dedak padi biasanya baru sebatas dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Padahal di dalam dedak padi terkandung

sekitar 10-26% minyak, bergantung pada varietas padi, proses penggilingan, dan kondisi agro-klimat [3]. MDP mengandung asam lemak tak jenuh jenis asam oleat sekitar 38-42% dan asam linoleat sebanyak 32-35%. Asam linoleat secara luas diakui sebagai asam lemak esensial dan mampu menurunkan kolesterol darah dan mencegah aterosklerosis, sehingga MDP merupakan minyak nabati yang baik bagi kesehatan [4].

Minyak dedak padi dapat diekstraksi dari dedak padi dengan berbagai metode, seperti: proses ekstraksi pelarut, pengepresan mekanik, ekstraksi soxhlet, ekstraksi fluida sub dan superkritik, ekstraksi larutan dengan bantuan enzim [5], ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik [6], dan ekstraksi enzimatis-ultrasonik [7]. Dari berbagai metode ekstraksi MDP, metode ekstraksi pelarut dan ekstraksi soxhlet telah dipertimbangkan secara luas sebagai metode konvensional untuk ekstraksi minyak dedak padi [5].

Metode ekstraksi soxhlet merupakan metode paling efektif dalam ekstraksi MDP, karena metode tersebut memberikan perolehan minyak paling banyak dan dengan kualitas minyak paling baik [8]. Namun demikian, ekstraksi dengan metode ekstraksi soxhlet tersebut umumnya diterapkan hanya pada skala kecil atau skala laboratorium [5]. Metode ekstraksi soxhlet pada umumnya dilakukan secara *batch* atau partaian, terpisah dari tahap pemurniannya. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu metode ekstraksi dengan prinsip kerja seperti metode ekstraksi soxhlet, namun kapasitas ekstraksi dapat dimungkinkan untuk ditingkatkan dan dioperasikan secara simultan dengan tahap pemurnian minyak sehingga minyak dapat diperoleh secara kontinyu.

Penelitian ini bertujuan memodifikasi metode ekstraksi soxhlet menjadi metode ekstraksi kolom unggul tetap, dan mempelajari pengaruh jenis pelarut dan ketinggian unggul (dedak padi) terhadap rendemen dan sifat fisiko-kimia dari MDP yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

**Bahan.** Dedak padi dari penggilingan padi varietas IR-64 di Sumedang, Jawa Barat. Etanol dan etil asetat *analytical grade* (Merck). Untuk keperluan analisis MDP dari hasil ekstraksi digunakan KOH,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , larutan HCl, larutan KI, larutan  $\text{CCl}_4$ , indikator phenolphthalein, dan amilum (Merck).

**Alat.** Peralatan utama berupa sistem ekstraksi dan pemurnian yang tersusun dari: kolom ekstraktor (bahan gelas,  $\varnothing = 3,0$  cm, H = 20 cm), pemanas bermantel (suhu maks. 450°C, Cole-Palmer, USA), labu leher tiga (kapasitas 600 mL, Pyrex), kondenser, saluran distributor aliran pelarut, termometer, dan bejana penampung MDP. Rangkaian alat penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

**Tahapan penelitian.** Penelitian terdiri dari 3 tahap, yaitu: (1) perlakuan awal dedak padi, (2) ekstraksi dan pemurnian MDP secara simultan, dan (3) analisis MDP. Dedak padi sebelum diproses menjadi MDP distabilisasi terlebih dahulu. Stabilisasi dilakukan dengan metode refrigerasi pada suhu 0 °C menurut Amarasinghe et al. [9]. Ekstraksi dan pemurnian MDP dari dedak padi dilakukan secara simultan. Tahap ini dilaksanakan pada sistem peralatan sesuai ilustrasi Gambar 1. Pelarut umpan sebanyak 500 mL ditempatkan dalam labu leher tiga yang bertindak sebagai alat penguap pelarut umpan. Sedangkan dedak padi yang telah diketahui kadar airnya dimasukkan ke dalam kolom ekstraktor (divariasikan pada ketinggian unggul 5, 10 dan 15 cm). Setelah semua bagian alat dirangkai, air pendingin di kedua kondenser dialirkan. Selanjutnya pelarut umpan diuapkan. Ekstraksi MDP akan berlangsung setelah kondensat pelarut umpan dari hasil kondensasi mengalir dan berkontak dengan unggul dedak padi di dalam kolom ekstraktor. Kondensat pelarut dialirkan ke dalam kolom ekstraktor dengan laju alir konstan sebesar 5 mL/menit. Larutan (campuran MDP dan pelarut) keluar dari kolom ekstraktor dialirkan secara gravitasi ke dalam labu leher 3 (sebagai alat penguap pelarut bekas) untuk memisahkan pelarut bekas dari MDP pada tahap pemurnian. Minyak dedak padi sebagai produk akan terakumulasi di dalam alat penguap pelarut bekas. Sedangkan uap pelarut bekas setelah dikondensasi kemudian dialirkan ke bejana penampung pelarut bekas. Proses ekstraksi dan pemurnian MDP tersebut dilaksanakan secara terus-menerus sampai pelarut umpan di dalam bejana pelarut umpan tersisa sekitar 10%. Analisis terhadap MDP dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak berdasarkan beberapa sifat fisiko-kimianya. Selain itu, pada tahap ini juga ditentukan rendemen MDP yang dihasilkan. Sifat-sifat fisiko-kimia dari MDP yang dianalisis meliputi: densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan iod. Sifat-sifat fisiko-kimia tersebut ditentukan dengan metode standar [10].

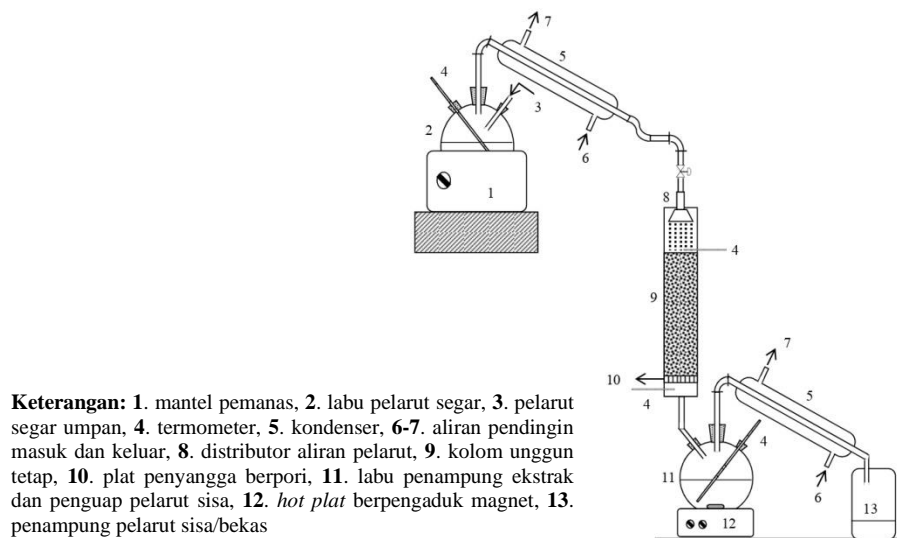
## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1. Pengaruh jenis pelarut dan ketinggian unggul dedak padi terhadap rendemen MDP

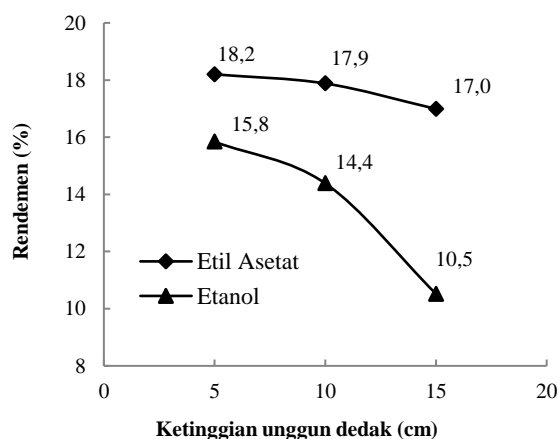
Pada penelitian ini digunakan 2 jenis pelarut, yaitu etanol dan etil asetat. Sedangkan ketinggian unggul dedak padi divariasikan pada ketinggian 5, 10 dan 15 cm. Hasil penelitian tentang pengaruh 2 jenis parameter operasi pada tahap ekstraksi tersebut ditampilkan pada Gambar 2.

Jenis pelarut merupakan salah satu faktor yang telah banyak dilaporkan mempengaruhi perolehan minyak dari semua jenis metode ekstraksi pelarut. Sedangkan variasi ketinggian unggul dedak padi berhubungan langsung dengan berat dedak padi. Oleh karena itu, pada variasi ketinggian dedak padi, rasio

jumlah antara dedak padi terhadap pelarut akan berubah. Pada ekstraksi, rasio antar bahan baku (sumber minyak dan pelarut) juga termasuk faktor penentu rendemen minyak.



Gambar 1. Rangkaian alat ekstraksi kolom unggun tetap dan pemurnian MDP secara simultan



Gambar 2. Pengaruh ketinggian unggun dedak dan jenis pelarut terhadap rendemen MDP

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada berbagai variasi ketinggian unggun dedak padi, penggunaan pelarut etil asetat memberikan rendemen MDP lebih besar jika dibandingkan pelarut etanol. Dengan demikian, etil asetat lebih selektif sebagai pelarut MDP daripada etanol. Efektivitas pelarut dalam ekstraksi terkait dengan tingkat kepolaran pelarut dan zat terlarut. Kelarutan antara pelarut terhadap zat terlarut akan semakin meningkat seiring dengan semakin samanya tingkat kepolaran antar keduanya, dan sebaliknya. Etil asetat memiliki indeks polaritas sebesar 4,4, sedangkan indeks polaritas etanol adalah 5,2. Berdasarkan nilai indeks polaritas tersebut, etil asetat dikelompokkan sebagai pelarut kurang atau nonpolar, dan etanol merupakan pelarut polar [11]. Sesuai dengan data rendemen MDP, nilai indeks polaritas pelarut, dan teori kelarutan tersebut, dapat dinyatakan bahwa pelarut etil asetat memiliki tingkat kepolaran yang lebih mirip dengan MDP dibandingkan pelarut etanol. Oleh karena itu rendemen MDP diperoleh lebih besar ketika pada ekstraksi digunakan pelarut etil asetat, dimana rendemen MDP tertinggi diperoleh sebesar 18,2 %.

Kecenderungan hasil penelitian terkait pengaruh jenis pelarut tersebut, sesuai dengan beberapa hasil penelitian lainnya tentang ekstraksi minyak dedak. Amarasinghe et al. menghasilkan MDP dengan rendemen 16,8% ketika menggunakan pelarut heksana (nonpolar), dan rendemen minyak turun menjadi 13,1% pada penggunaan pelarut air (polar) ber-pH 12 [9]. Peneliti lainnya, Krishnan et al., melaporkan bahwa pelarut heksana menghasilkan rendemen MDP sebanyak 8,35%, lebih banyak jika dibandingkan pelarut etanol (polar) dengan rendemen 6,05% [6]. Sedangkan Budiyanto dkk. memperoleh kesimpulan sejenis dimana rendemen MDP akan semakin banyak (4,51, 10,01 dan 11,90%) ketika digunakan pelarut dengan tingkat

kepolaran semakin rendah (etanol 70%, etanol 90% dan heksana) [12]. Ekstraksi minyak jenis lain, yaitu minyak ampas kopi, dengan pelarut nonpolar (heksana) menghasilkan rendemen minyak lebih banyak (24,26%) jika dibandingkan dengan pemakaian pelarut polar (dikloro metana, etanol) dengan rendemen berturut-turut 23,83 dan 20,90% [13].

Pengaruh tinggi unggun dedak padi terhadap rendemen MDP, sesuai Gambar 2, menunjukkan bahwa semakin tinggi unggun dedak padi di dalam kolom ekstraktor, rendemen MDP semakin sedikit. Hal tersebut disebabkan karena pada tahap ekstraksi di penelitian ini, pelarut dialirkan ke dalam kolom ekstraktor dengan laju alir pelarut sama/tertentu. Sehingga dengan semakin tingginya unggun dedak padi, pelarut segar yang dialirkan dari distributor pelarut akan membutuhkan waktu lebih lama untuk berkontak dengan seluruh bagian unggun dedak padi. Selain itu, dengan semakin tingginya unggun dedak padi, sedangkan jumlah pelarut tetap, maka rasio jumlah antara dedak padi (sumber minyak) terhadap pelarut semakin besar. Hal tersebut berdampak terhadap penurunan kapasitas pelarut dalam melarutkan MDP yang tersimpan di dalam matriks dedak padi. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sejenis lainnya. Amarasinghe et al. menyatakan bahwa peningkatan rasio dedak padi terhadap pelarut air dari 1,5:10 menjadi 2:10 (b/v) berdampak pada penurunan rendemen MDP dari 12,7% menjadi 11,85% [9].

### 3.2. Pengaruh jenis pelarut terhadap sifat fisiko-kimia MDP

Pengaruh jenis pelarut terhadap sifat fisiko-kimia MDP, pada tahap awal, ditentukan terhadap MDP yang dihasilkan dari ekstraksi dengan ketinggian unggun dedak padi 5 cm. Ekstraksi dedak padi pada ketinggian unggun tersebut, baik pelarut etanol maupun etil asetat memberikan rendemen MDP terbanyak. Jenis-jenis sifat fisiko-kimia MDP yang dianalisis meliputi: bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, densitas, indeks bias, dan viskositas. Hasil analisis sifat fisiko-kimia MDP ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisiko-kimia MDP dari ekstraksi dengan pelarut etanol dan etil asetat (tinggi unggun dedak padi = 5 cm)

No	Parameter	Jenis Pelarut	
		Etanol	Etil Asetat
1	Bilangan asam (mg KOH/g)	61,9	48,3
2	Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	137,4	252,1
3	Bilangan iod (g I <sub>2</sub> /100 g)	66,0	105,4
4	Densitas (g/mL)	0,888	0,910
5	Indeks bias	1,452	1,463
6	Viskositas (mPa s)	7,6	6,3

Bilangan asam menunjukkan kandungan asam lemak bebas di dalam minyak. Semakin besar bilangan asam, maka kadar ALB dalam minyak semakin meningkat. Kondisi ini membuat kualitas minyak semakin rendah [14, 15]. Penggunaan pelarut etanol (polar), sesuai Tabel 1, untuk ekstraksi menghasilkan MDP dengan bilangan asam atau kadar ALB lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan pelarut etil asetat (kurang polar). Tingkat kepolaran dari asam lemak dipengaruhi oleh tipe rantai karbonnya. Asam lemak dengan rantai karbon jenuh akan bersifat polar. Sedangkan rantai karbon tak jenuh pada asam lemak akan mengakibatkan asam lemak bersifat non-polar [16]. Oleh karena itu jenis ALB dalam MDP hasil ekstraksi didominasi oleh asam lemak jenuh. Selain itu, perbedaan bilangan asam tersebut juga menunjukkan bahwa pelarut etanol lebih selektif dalam mengekstrak ALB yang terdapat dalam dedak padi. Hasil penelitian ini sama seperti hasil penelitian Budiyanto et al. [12]. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil, ekstraksi MDP dengan metode ekstraksi pelarut di dalam tangki berpengaduk selama 6 jam, pada penggunaan pelarut polar (etanol 70%), sedikit polar (etanol 90%), dan non-polar (heksana), dihasilkan MDP dengan kadar ALB semakin menurun, berturut-turut sebesar 32,1, 30,4 dan 15,8%.

Bilangan penyabunan menunjukkan besar-kecilnya berat molekul dari minyak atau lemak, dan sekaligus mengindikasikan panjang-pendeknya rantai karbon dari asam lemak pembentuk trigliserida pada struktur molekul minyak atau lemak. Semakin besar bilangan penyabunan, berat molekul minyak semakin kecil atau rantai karbon dari minyak semakin pendek [15]. MDP dari hasil ekstraksi dengan pelarut etil asetat mempunyai bilangan penyabunan lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut etanol. Dengan demikian, ekstraksi MDP dengan pelarut etil asetat menghasilkan MDP yang tersusun dari trigliserida dengan berat molekul relatif kecil atau rantai pendek, dan sebaliknya jika digunakan pelarut etanol.

Bilangan iod pada minyak mengindikasikan tingkat kejenuhan rantai karbon dari asam lemak. Bilangan iod yang besar berarti asam lemak pada minyak didominasi oleh asam lemak tak jenuh (ikatan rangkap), dan sebaliknya [15]. Berdasarkan data pada Tabel 1, ekstraksi MDP dengan pelarut etil asetat menghasilkan MDP yang didominasi oleh trigliserida yang terbentuk oleh asam lemak tak jenuh.

Densitas dan viskositas minyak atau lemak merepresentasikan jenis dan komposisi asam lemak penyusun dari minyak atau lemak tersebut. Densitas minyak dipengaruhi oleh persentase ikatan rangkap dua

dari asam lemak tak jenuh penyusun minyak tersebut. Minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh dengan ikatan karbon rangkap dua dengan jumlah lebih dari dua sebanyak lebih dari 25% menunjukkan keterkaitan dengan peningkatan densitas minyak. Sedangkan viskositas minyak berhubungan dengan panjang pendeknya dan banyaknya ikatan rangkap pada rantai karbon dari asam lemak penyusun minyak. Rantai karbon dengan ikatan takjenuh dan atau pendek pada minyak menyebabkan viskositas minyak semakin rendah [17]. Sebagai perbandingan, Zúñiga-Díaz et al. memperoleh MDP dengan densitas 0,913 g/mL [18]. Sedangkan Chatha et al. melaporkan bahwa densitas dan indeks bias MDP dari berbagai varietas padi, berturut-turut nilainya pada kisaran 0,909-0,921 g/mL dan 1,4586-1,4596 [3]. Pada penelitian ini, nilai densitas dan indeks bias MDP tersebut lebih bersesuaian dengan densitas dan indeks bias MDP yang dihasilkan dengan pelarut etil asetat.

### 3.3. Pengaruh ketinggian unggun dedak padi terhadap sifat fisiko-kimia MDP

Tempuhan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh efektivitas kontak pelarut-dedak padi terhadap sifat fisiko-kimia MDP hasil ekstraksi. Berdasarkan hasil penelitian pada tempuhan sebelumnya, etil asetat ditetapkan sebagai pelarut yang lebih baik dibandingkan etanol. Oleh karena itu, pengaruh ketinggian unggun dedak padi pada ekstraksi terhadap sifat fisiko-kimia MDP dipelajari dengan pelarut etil asetat. Hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa perubahan ketinggian unggun dedak padi pada proses ekstraksi dengan pelarut etil asetat berpengaruh secara relatif signifikan terhadap perubahan sifat fisiko-kimia MDP berupa bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, dan viskositas. Hasil tersebut sebagai akibat perbedaan efektivitas kontak antara pelarut dengan MDP dalam matrik unggun dedak padi. Hubungan antara variasi ketinggian unggun dedak padi terhadap sifat fisiko-kimia nampak cenderung fluktuatif. Kecenderungan tersebut terjadi diduga sebagai akibat tidak tercapainya tingkat efektivitas kontak yang seragam antara pelarut dengan dedak padi pada setiap variasi ketinggian unggun dedak padi di dalam kolom ekstraktor. Ketidakteragaman efektivitas kontak tersebut biasanya disebabkan oleh ketidakteragaman distribusi pelarut di dalam rongga-rongga kosong yang terbentuk di antara permukaan butir dedak padi.

Tabel 2. Sifat fisiko-kimia MDP dari ekstraksi dengan pelarut etil asetat pada variasi tinggi unggun

No	Parameter	Tinggi Unggun Dedak Padi		
		5 cm	10 cm	15 cm
1	Bilangan asam (mg KOH/g)	48,3	35,9	30,5
2	Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	252,1	266,8	250,7
3	Bilangan iod (g I <sub>2</sub> /100 g)	105,4	76,6	73,1
4	Densitas (g/mL)	0,910	0,916	0,917
5	Indeks bias	1,463	1,465	1,466
6	Viskositas (mPa s)	6,3	7,3	7,9

## 4. KESIMPULAN

Minyak dedak padi berhasil diekstraksi dari dedak padi secara simultan dengan ekstraktor kolom unggun tetap yang dirangkai dengan tahap pemurnian. Jenis pelarut dan ketinggian unggun dedak padi berpengaruh terhadap rendemen dan sifat fisiko-kimia MDP yang dihasilkan. Berdasarkan nilai rendemen dan sifat fisiko-kimia MDP dari hasil ekstraksi, pelarut etil asetat merupakan pelarut yang lebih cocok dibandingkan pelarut etanol. Peningkatan tinggi unggun dedak padi di dalam kolom ekstraktor cenderung berdampak terhadap penurunan rendemen MDP, namun menghasilkan MDP dengan kualitas lebih baik jika didasarkan pada parameter bilangan asam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Pusat Statistik. *Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Propinsi, 2018-2019*. 2019. Tersedia di <https://www.bps.go.id/dynamictable/2019/04/15/1608/luas-panen-produksi-danproduktivitas-padi-menurut-provinsi2019.html> (diakses pada tanggal 5 Oktober 2020).
- [2] Rachmat R, Suismono. Model Penggilingan Padi Terpadu untuk Meningkatkan Nilai Tambah. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 2012; Vol. 8(2): 99–111.
- [3] Chatha SAS, Hussain AI, Zubair M, Khosa MK. Analytical Characterization of Rice (*Oryza sativa*) Bran and Bran Oil from Different Agro-Ecological Regions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2011; Vol. 48(3): 243–249.
- [4] Most MM, Tulley R, Morales S, Lefevre M. Rice Bran Oil, Not Fiber, Lowers Cholesterol in Humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2005; Vol. 81(1): 64–68.
- [5] Garba U, Singanusong R, Jiamyangyuen S, Thogsook T. 2017. *Extraction and Utilization of Rice Bran Oil: A Review*. The 4<sup>th</sup> International Conference on Rice Bran Oil. Bangkok. 2017: 1–12.
- [6] Krishnan V, Kuriakose S, Rawson A. Ultrasound Assisted Extraction of Oil from Rice Bran: A Response Surface Methodology Approach. *Journal of Food Processing & Technology*. 2015; Vol. 6(6): 1–7.

- [7] Huang WW, Wang W, Lie J, Lie ZH. Study on the Preparation Process of Rice Bran Oil by the Ultrasonic Enzymatic Extraction. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2013; Vol. 5(2): 213–216.
- [8] Loypimai P, Moongngarm A, Chottanom P. Impact of Stabilization and Extraction Methods on Chemical Quality and Bioactive Compounds of Rice Bran Oil. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015; Vol. 27(11): 849–856.
- [9] Amarasinghe BMWPK, Kumarasiri MPM, Gangodavilage NC. Effect of Method of Stabilization on Aqueous Extraction of Rice Bran Oil. *Food and Bioproducts Processing*. 2009; Vol. 87(2): 108–114.
- [10] AOAC. *Official Methods of Analysis ed. 15<sup>th</sup>*. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Virginia; 1990.
- [11] Reichardt C. *Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry*. Third Edition. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 1984.
- [12] Budiyanto A, Hadipernata M, Kailaku SI. *Effect of Solvent and Stirring Time during Extraction on Yield and Quality of Rice Bran Oil*. Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development (ICAPRD) Bogor. Research Annual Report: 739–746. 2014.
- [13] Efthymiopoulos I, Hellier P, Ladommatos N, Russo-Profilo A, Eveleigh A, Aliev A, Kay A, Mills-Lamprey B. Influence of Solvent Selection and Extraction Temperature on Yield and Composition of Lipids Extracted from Spent Coffee Grounds. *Industrial Crops and Products*. 2018; Vol. 119: 49–56.
- [14] Almeida DT, deViana TV, Costa MM, Silva, C deS, Feitosa S. Effects of Different Storage Conditions on the Oxidative Stability of Crude and Refined Palm Oil, Olein and Stearin (*Elaeis guineensis*). *Food Science and Technology*. 2019; Vol. 39(1): 211–217.
- [15] deMan J.M. *Principles of Food Chemistry*. Third Edition. Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999.
- [16] Marlina E, Wardana ING, Yuliati L, Wijayanti W. The Effect of Fatty Acid Polarity on the Combustion Characteristics of Vegetable Oils Droplets. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019; Issue 494: 1–7.
- [17] Sanford SD, White JM, Shah PS, Wee C, Valverde MA, Meier GR. *Feedstock and Biodiesel Characteristics Report*. Iowa Renewable Energy Group Inc. Technical Report: 1–136. 2009.
- [18] Zúñiga-Diaz J, Reyes-Dorantes E, Quinto-Hernandez A, Porcayo-Calderon J, Gonzalez-Rodriguez JG, Martinez-Gomez L. Oil Extraction from “Morelos Rice” Bran: Kinetics and Raw Oil Stability. *Journal of Chemistry*. 2017; Vol. 2017: 1–9.