

MINYAK BEKATUL PADI: KANDUNGAN GAMMA ORYZANOL, VITAMIN E, DAN POTENSINYA SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL

Fajriyati Mas'ud¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
Mahasiswa Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar

ABSTRACT

Rice bran oil extracted by multistages with n-hexane (stage I) followed by ethanol (stage II) to extract the maximum of oil, γ -oryzanol and vitamin E. In the first stage, the temperatures were 30, 35, to 65°C, the time were 3 to 7 h, the amount of solvent were 1:3 to 1:9. In stage II, the temperatures were 50, 55, up to 65°C, the time were 3 to 7 h, the amount of solvent were 1:3 to 1:9. The best treatment selection indicator is the highest oil yield. The best treatment at the first stage were 55°C for 5 h with the amount of solvent 525 mL, the condition were obtained oil 7.53%, 192 mg/L γ -oryzanol and 63,1 mg/L vitamin E, and the best treatment at stage II were 60°C for 5 h with the amount of solvent 300 mL (1: 6), oil was 5.36% and γ -oryzanol was 900 mg/L.

Keywords: Rice bran, solvent extraction, multistage extraction, n-hexane, ethanol.

1. PENDAHULUAN

Bekatul merupakan sumber senyawa fungsional seperti γ -oryzanol, vitamin E (tokoferol dan tokotrienol), karotenoid, senyawa fenolik, dan asam lemak tak jenuh. Senyawa fitokimia pada bekatul menjadi topik penelitian penting karena terbukti dapat memberikan fungsi-fungsi fisiologis dalam pencegahan penyakit degeneratif. Efek fisiologis yang menguntungkan dari senyawa fungsional tersebut telah dibuktikan sebagai anti-oksidatif, anti-hiperkolesterolemia, saraf, dan sifat anti-angiogenik (Sookwong et al., 2016). Hal tersebut memperlihatkan potensi bekatul yang tinggi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional.

Minyak bekatul padi (*Rice Bran Oil/RBO*) terkandung pada bekatul padi sekitar 10-26% (Pourali et al., 2009), merupakan salah satu minyak nabati yang bergizi dan menyehatkan, karena mengandung komponen bioaktif seperti γ -oryzanol, tokoferol, tokotrienol (tocols) dan berperan penting dalam mencegah beberapa penyakit (Qureshi dkk, 2000). RBO lebih populer digunakan sebagai minyak goreng karena titik asap dan stabilitas panas yang tinggi, serta memiliki karakteristik menggoreng yang unik sebab hanya diperlukan sedikit minyak untuk menggoreng dibandingkan dengan minyak lainnya. Menurut Paraddo et al., (2006), pemanfaatan minyak bekatul padi tidak terbatas sebagai minyak goreng saja, namun dapat diproses menjadi berbagai macam produk turunannya, dan dapat dikembangkan sebagai produk suplemen, kesehatan, dan kosmetika.

Bioaktivitas γ -oryzanol telah dilaporkan dari beberapa studi (Ghatak dan Panchal, 2011). Beberapa tahun terakhir penelitian terutama difokuskan pada manfaat γ -oryzanol untuk pengobatan penyakit, termasuk diabetes mellitus (Kozuka et al., 2015), hiperlipidemia (Filho et al., 2014), kanker prostat dan metabolic sindrom (sekelompok disfungsi metabolik yang mencakup hyperglycemia, hiperkolesterolemia, hipertriglisideridemia dan insulin resisten) (Wang et al, 2015). Menurut Xu et al., (2001), fraksi tidak tersabunkan dari RBO mengandung 3000 mg/kg γ -oryzanol. Senyawa tersebut berpotensi sebagai antioksidan alami dan merupakan bioaktif untuk mencegah berbagai penyakit kronis. RBO mengandung asam lemak tidak jenuh berupa 38-42% asam oleat dan 32-35% asam linoleat. Asam linoleat secara luas diakui sebagai asam lemak esensial dan mampu menurunkan kolesterol darah, mencegah aterosklerosis dan efek kesehatan lainnya, sehingga RBO adalah jenis minyak nabati yang ideal (Wang, 2006).

Melihat potensi besar pada RBO tersebut, maka penelitian diarahkan untuk mengkaji proses ekstraksinya, terkait dengan pengaruh suhu, waktu dan jumlah pelarut yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi RBO secara bertingkat dengan pelarut n-heksan dilanjutkan dengan etanol untuk melihat rendemen minyak, kandungan γ -oryzanol dan vitamin E yang merupakan senyawa bioaktif antioksidan yang menyebabkan RBO layak dikembangkan sebagai pangan fungsional.

2. METODE PENELITIAN

Bekatul padi varietas Celebes diperoleh dari penggilingan padi rakyat di Makassar Sulawesi Selatan. Bekatul padi segar dikemas dalam kantong plastik polypropylene dan segera distabilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 100°C selama 15 menit untuk menonaktifkan lipase penyebab ketengikan dan untuk melunakkan jaringan bekatul guna memudahkan proses ekstraksi minyak. Selanjutnya dikeringkan pada oven pengering pada suhu 40°C selama 5 jam. Bekatul kering selanjutnya dihaluskan dan diayak 60 mesh dan dikemas dalam wadah plastik tertutup menunggu proses ekstraksi.

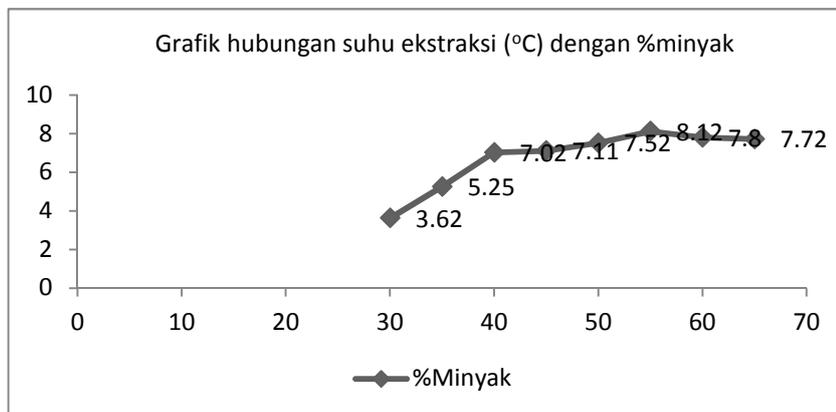
¹ Koresponding : Fajriyati Mas'ud, Telp 081355033369, fajri888@poliupg.ac.id

Ekstraksi dilakukan secara bertingkat dengan pelarut n-heksan (tahap I) dilanjutkan dengan pelarut ethanol (tahap II). Pada ekstraksi tahap I, suhu yang dicobakan adalah 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, dan 65°C selama 5 jam dengan jumlah pelarut 525 mL untuk setiap 75 gram sampel bekatul (1:7). Waktu yang dicobakan yaitu 3, 4, 5, 6, dan 7 jam dengan jumlah pelarut 525 mL menggunakan suhu terbaik yang diperoleh dari perlakuan suhu ekstraksi. Selanjutnya jumlah pelarut yang dicobakan yaitu 225 (1:3), 300 (1:4), 375 (1:5), 450 (1:6), 525 (1:7), 600 (1:8), dan 675 mL (1:9) dengan menggunakan suhu dan waktu terbaik yang diperoleh dari perlakuan sebelumnya. Indikator pemilihan perlakuan terbaik adalah rendemen minyak yang terbanyak. Kandungan oryzanol dan vitamin E minyak yang diperoleh dianalisis.

Pada ekstraksi tahap II, suhu yang dicobakan adalah 50, 55, 60, dan 65°C selama 5 jam dengan jumlah pelarut 300 mL untuk setiap 50 gram sampel bekatul (1:6). Waktu yang dicobakan adalah 3, 4, 5, 6, dan 7 jam dengan jumlah pelarut 300 mL menggunakan suhu terbaik yang diperoleh dari perlakuan suhu ekstraksi. Selanjutnya jumlah pelarut yang dicobakan adalah 150 (1:3), 200 (1:4), 250 (1:5), 300 (1:6), 350 (1:7), 400 (1:8), dan 450 mL (1:9) dengan menggunakan suhu dan waktu terbaik yang diperoleh dari perlakuan sebelumnya. Indikator pemilihan perlakuan terbaik adalah rendemen minyak yang terbanyak. Kandungan oryzanol minyak yang diperoleh dianalisis.

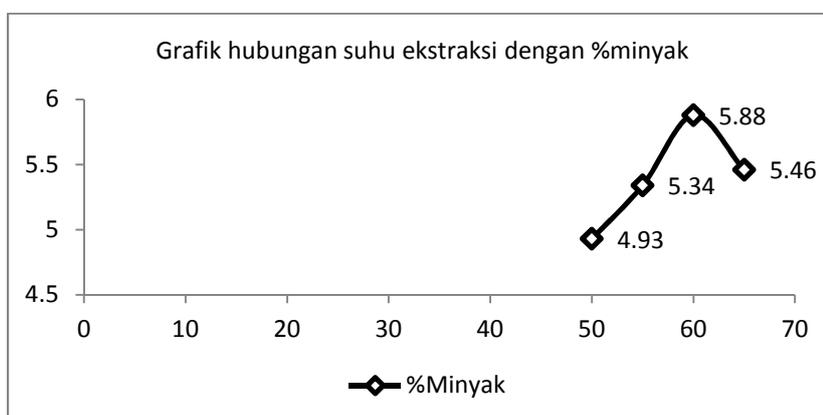
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 1-6. Gambar 1 memperlihatkan rendemen minyak yang diperoleh pada perlakuan suhu ekstraksi 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, dan 65°C selama 5 jam dengan jumlah pelarut 525 mL n-heksan untuk setiap 75 g sampel bekatul. Tampak bahwa pada suhu ekstraksi 55°C diperoleh rendemen minyak yang tertinggi. Suhu sangat berpengaruh terhadap perolehan komponen yang diekstraksi, semakin tinggi suhu maka laju pelarutan zat terlarut oleh pelarut semakin tinggi dan laju difusi pelarut ke dalam serta ke luar padatan semakin tinggi (Subriyer, 2009).



Gambar 1. Hubungan suhu ekstraksi (°C) dengan %minyak pada tahap I

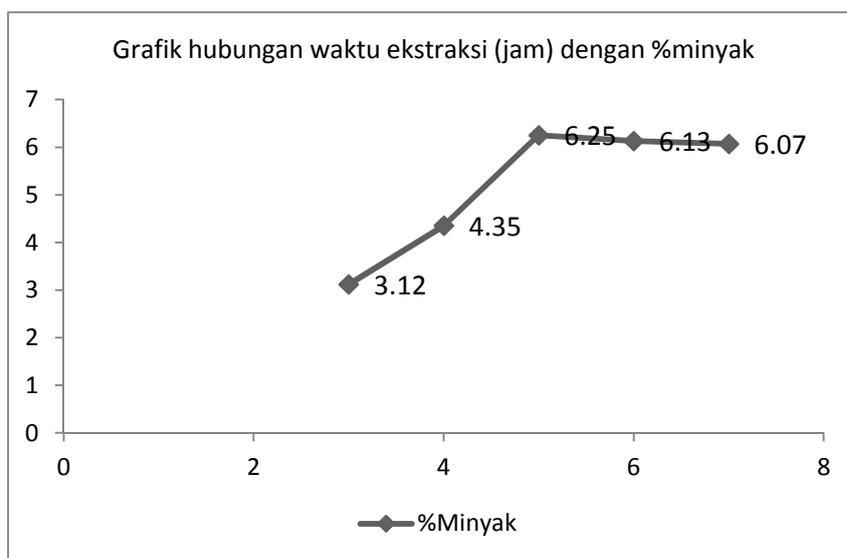
Pada perlakuan suhu 30 hingga 50°C masih banyak minyak yang terperangkap dalam jaringan sel. Pada proses ekstraksi, kenaikan suhu mengakibatkan pori-pori padatan lebih terbuka sehingga difusi minyak berlangsung lebih cepat karena hambatan difusinya lebih kecil, sehingga perolehan komponen yang ingin diekstraksi semakin besar. Ekstraksi padat cair dilakukan pada suhu yang tinggi karena semakin tinggi suhu, semakin besar konsentrasi zat terlarut dalam pelarut, hal ini disebabkan semakin tinggi suhu maka viskositas akan semakin rendah, dan difusitas zat terlarut akan semakin tinggi, sehingga semakin cepat dan semakin banyak zat terlarut yang berpindah (Tagora et al., 2012). Namun, peningkatan suhu di atas 55°C menyebabkan rendemen yang diperoleh lebih rendah, hal tersebut diduga akibat terjadinya degradasi beberapa komponen minyak pada suhu di atas 55°C.



Gambar 2. Hubungan suhu ekstraksi dengan %minyak pada ekstraksi tahap II

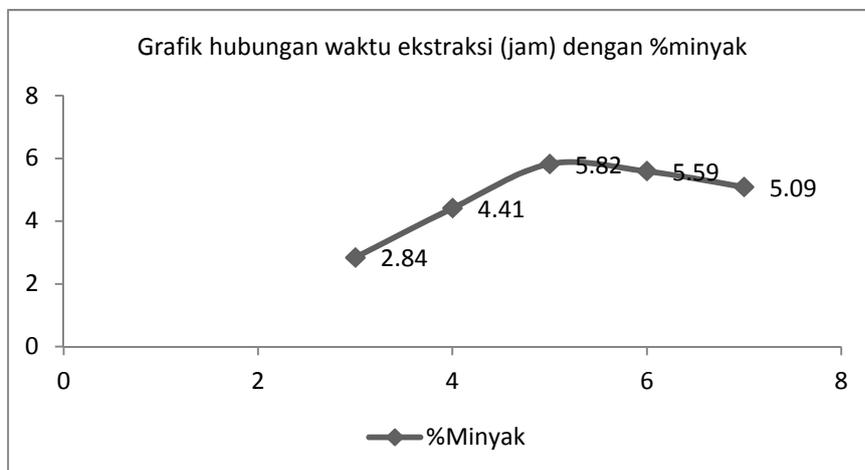
Pengaruh suhu terhadap proses ekstraksi dapat ditinjau dari kenaikan solubilitas pelarut yang akan memudahkan pelarut masuk ke dalam pori-pori padatan yang akan diekstraksi. Kenaikan suhu menyebabkan terjadinya kenaikan rendemen, semakin tinggi suhu ekstraksi, maka semakin banyak minyak yang dapat terlarut. Proses ekstraksi adalah suatu aplikasi dari proses perpindahan massa, suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan perpindahan massa. Peningkatan suhu 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 ke luar permukaan partikel padatan dan bergerak ke lapisan film sekitar padatan, selanjutnya ke larutan (Jayanudin, 2014).

Gambar 3 memperlihatkan rendemen minyak yang diperoleh pada perlakuan waktu ekstraksi 3, 4, 5, 6, dan 7 jam pada suhu 55°C dengan 525 mL n-heksan. Tampak bahwa pada proses ekstraksi selama 5 jam diperoleh rendemen minyak yang tertinggi. Waktu ekstraksi sangat mempengaruhi rendemen, hal ini terkait dengan nilai transfer massa. Lamanya waktu ekstraksi akan mempengaruhi kualitas minyak yang diperoleh (Wiyarno, 2012). Penambahan waktu ekstraksi mengakibatkan penambahan jumlah minyak yang dihasilkan. Lamanya waktu akan mempermudah penetrasi pelarut ke dalam bahan, kelarutan komponen-komponen minyak berjalan dengan perlahan sebanding dengan lamanya waktu, dan setelah beberapa waktu jumlah minyak yang terekstrak mengalami penurunan.



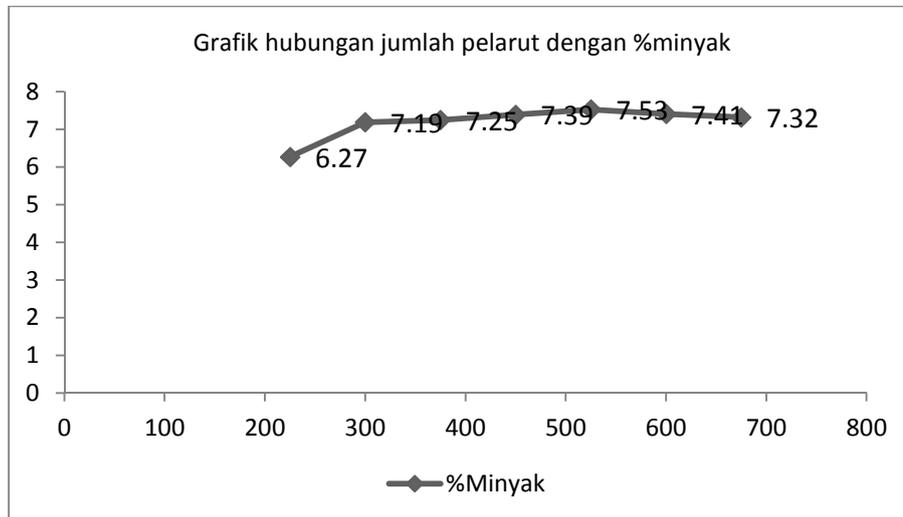
Gambar 3. Hubungan waktu (jam) dengan %minyak pada ekstraksi tahap I

Penambahan waktu menyebabkan rendemen minyak menurun. Penambahan waktu menyebabkan terjadinya dekomposisi komponen-komponen selain minyak, misalnya impuritas yang menyebabkan perubahan sifat komponen tersebut, titik didih komponen baru lebih rendah dari titik didih komponen sebelumnya sehingga menjadi lebih mudah menguap dan akhirnya rendemen yang diperoleh berkurang (Guenther,1987). Penurunan jumlah minyak yang diperoleh setelah 5 jam ekstraksi juga diduga karena komponen minyak pada bahan jumlahnya terbatas dan pelarut yang digunakan mempunyai batas kemampuan untuk melarutkan bahan yang ada, sehingga meskipun waktu ekstraksi diperpanjang namun zat terlarut yang ada pada bahan sudah habis.



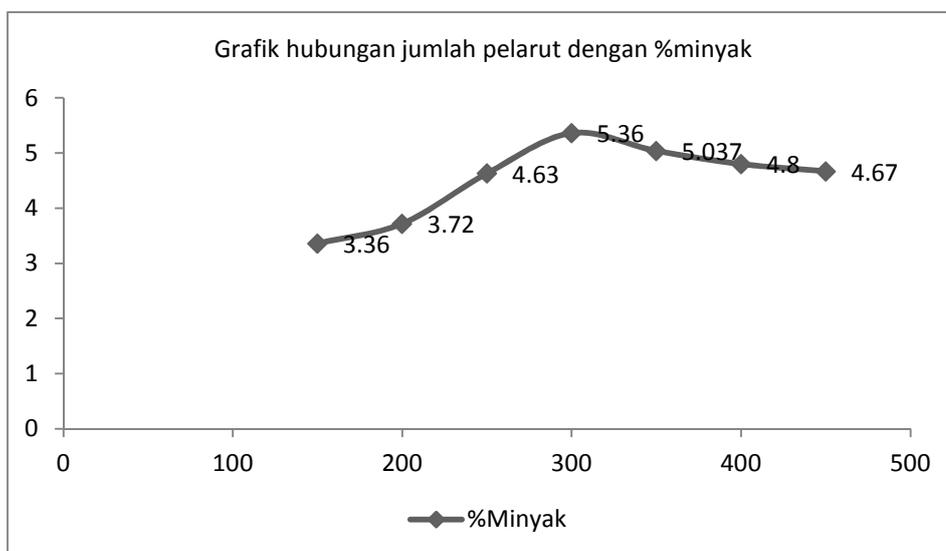
Gambar 4. Hubungan waktu (jam) dengan %minyak pada ekstraksi tahap II

Gambar 6 memperlihatkan rendemen minyak yang diperoleh pada perlakuan jumlah pelarut. Tampak bahwa rendemen minyak tertinggi diperoleh pada jumlah pelarut 525 mL atau rasio padatan dengan pelarut 1:7. Jumlah pelarut berpengaruh terhadap rendemen, semakin banyak jumlah pelarut semakin banyak pula jumlah minyak yang diperoleh, hal ini dikarenakan distribusi partikel dalam pelarut semakin menyebar, sehingga memperluas permukaan kontak, dan perbedaan konsentrasi minyak dalam pelarut dan padatan semakin besar (Munawaroh, 2010). Jika jumlah pelarut ditambah maka persentase perolehan minyak sudah menurun, hal tersebut terkait dengan jumlah pelarut sudah mencapai titik jenuh untuk mengekstraksi minyak.



Gambar 5. Hubungan jumlah pelarut dengan %minyak pada ekstraksi tahap I

Pada proses ekstraksi minyak dengan pelarut, perpindahan massa minyak dari dalam padatan ke pelarut dapat diduga melalui tahapan difusi dari dalam padatan ke permukaan padatan, dan perpindahan massa minyak dari permukaan padatan ke pelarut. Operasi ekstraksi padat cair dapat dilakukan dengan cara mengontakkan padatan dan pelarut sehingga diperoleh larutan yang diinginkan yang kemudian dipisahkan dari padatan sisanya. Pada saat pengontakkan terjadi, mekanisme yang berlangsung adalah peristiwa pelarutan dan difusi. Pelarutan merupakan peristiwa penguraian suatu molekul zat menjadi komponennya, baik berupa molekul-molekul, atom-atom maupun ion-ion, karena pengaruh pelarut cair yang melingkupinya. Partikel-partikel yang terlarutkan ini berkumpul dipermukaan antara padatan (*interface*) dan terlarut. Bila peristiwa pelarutan masih terus berlangsung, maka terjadi difusi partikel-partikel zat terlarut dari lapisan antara fase menembus lapisan permukaan pelarut dan masuk ke dalam badan pelarut dimana zat terdistribusikan merata. Jadi difusi terjadi dari fase padat diikuti difusi ke fase cair. Peristiwa ini terus berlangsung hingga keadaan setimbang tercapai.



Gambar 6. Hubungan jumlah pelarut dengan %minyak pada ekstraksi tahap II

Menurut Jayanudin (2014), bahwa distribusi pelarut ke padatan akan sangat berpengaruh pada perolehan minyak, perbandingan antara padatan dengan pelarut akan mempengaruhi rendemen yang dihasilkan. Banyaknya pelarut mempengaruhi luas kontak padatan dengan pelarut, semakin banyak pelarut maka luas kontak akan semakin besar, sehingga distribusi pelarut ke padatan akan semakin besar. Meratanya distribusi pelarut ke padatan akan memperbesar rendemen yang dihasilkan, banyaknya pelarut akan mengurangi tingkat kejenuhan pelarut, sehingga komponen yang diinginkan akan terekstrak dengan sempurna.

Menurut konsensus pada *The First International Conference on East-West Perspective on Functional Foods* tahun 1996, pangan fungsional adalah pangan yang karena kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, diluar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya. Makanan mempunyai sifat fungsional jika mengandung senyawa gizi dan non gizi, yang dapat mempengaruhi fungsi fisiologis tubuh ke arah yang bersifat positif. Berbagai jenis makanan telah dikembangkan ke arah mempengaruhi fungsi fisiologis tubuh manusia, baik melalui modifikasi maupun perancangan khusus (Freitas dkk., 2012).

Pada pangan fungsional terdapat senyawa yang mempunyai peranan penting bagi kesehatan. Senyawa tersebut mengandung komponen aktif yang mempunyai aktivitas fisiologis yang memberikan efek positif bagi kesehatan tubuh. Istilah pangan fungsional merupakan nama yang paling dapat diterima semua pihak untuk segolongan makanan dan atau minuman yang mengandung bahan-bahan yang diperkirakan dapat meningkatkan status kesehatan dan mencegah timbulnya penyakit-penyakit tertentu (Neha dkk., 2012).

Menurut Sukanya et al., (2017), γ -oryzanol pada minyak bekatul padi berkisar antara 119.75-281.95 mg/g minyak dan vitamin E sekitar 0.37-1.84 mg/g minyak. γ -oryzanol mempunyai aktivitas yang tinggi sebagai antioksidan, bahkan empat kali lebih efektif menghentikan oksidasi dalam jaringan tubuh dibanding vitamin E (Patel dan Naik 2004). Hal ini disebabkan karena γ -oryzanol mengandung asam ferulat yang merupakan antioksidan asam fenolik. Ketiga komponen utama γ -oryzanol mempunyai aktivitas antioksidan lebih tinggi dibanding empat komponen vitamin E (α dan γ tokoferol serta α dan γ tokotrienol). Bekatul mengandung senyawa fitokimia dalam jumlah yang tinggi. Senyawa ini mempunyai aktivitas sebagai antioksidan alami, terutama α , β , γ , δ tokoferol dan tokotrienol, serta fraksi oryzanol (Xu dan Godber 2001). γ -oryzanol dan tokoferol (vitamin E) merupakan golongan antioksidan non polar yang berfungsi menghambat proses peroksidasi lemak dan mencegah stres oksidatif.

Vitamin E, secara umum disebut tokoferol. Tokoferol adalah bagian dari aktifitas vitamin E yang merupakan antioksidan yang larut lemak dan mampu mencegah terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul reaktif dan dapat merusak. Vitamin E mampu mencegah penyakit jantung koroner dan melindungi sel darah merah dari hemolisis. Telah diketahui bahwa konsumsi vitamin E dosis tinggi akan menurunkan risiko kematian akibat penyakit jantung. Beberapa penyakit yang berhubungan dengan vitamin E adalah alzheimer's disease, kanker, katarak, glukoma, penyakit jantung, penyakit parkinson dan kulit yang berhubungan dengan kecantikan (Rizqie, 2011). Tokoferol berfungsi mempertahankan integritas membran dengan cara bekerja sebagai *scavenger* radikal bebas oksigen, peroksida lipid dan *singlet* oksigen, juga melindungi minyak dan karotenoid dalam minyak dari oksidasi. Vitamin E merupakan senyawa yang mampu mempertahankan kesehatan sistem kardiovaskular dan kadar kolesterol darah (Maria, 2010).

4. KESIMPULAN

Perlakuan terbaik pada ekstraksi tahap I dengan pelarut n-heksan yaitu suhu 55°C selama 5 jam dengan jumlah pelarut 525 mL, pada kondisi tersebut diperoleh minyak 7.53%, 192 mg/L γ -oryzanol dan 63,1 mg/L vitamin E. Perlakuan terbaik pada tahap II ekstraksi dengan etanol adalah 60°C selama 5 jam dengan jumlah pelarut 300 mL (1:6), pada kondisi tersebut diperoleh minyak sebesar 5,36% dan γ -oryzanol 900 mg/L. Minyak bekatul padi mengandung senyawa bioaktif antioksidan dalam konsentrasi yang tinggi sehingga sangat berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bopitiya, D., and Terrence, M., 2014. Antioxidant potential of rice bran oil prepared from red and white rice. *Tropical agricultural research* Vol. 26 (1):1-11
- Chen, MH., Bergman, CJ. 2005. A Rapid Procedure for Analysing Rice Bran Tocopherol, Tocotrienol and Gamma Oryzanol Contents. *Journal of Food Composition and Analysis* 18 : 139-151.
- Filho, A.C.V.A., Guedes, M.I.F., Duarte, L.S.F., Lima-Neto, A.B.M., Cameron, L. C., Bassini, A., et al. (2014). Gamma-oryzanol has an equivalent efficacy as a lipid-lowering agent compared to fibrate and statin in two dyslipidemia mice models. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(11), 61-64.
- Ghatak, S., and Panchal, S. (2011). Gamma-oryzanol-A multi-purpose steryl ferulate. *Current Nutrition & Food Science*, 7,10-20.
- Guenther, Ernest. 1987. *Minyak Atsiri*. Jilid I. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia
- Jayanudin, Ayu ZL, dan Feni N, 2014. Pengaruh suhu dan rasio pelarut ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas natrium alginate dari rumput laut coklat (*Sargassum sp*). *Jurnal Integrasi Proses* Vol. 5, No. 1: 51-55.
- Kozuka, C., Sunagawa, S., Ueda, R., Higa, M., Tanaka, H., Shimizu-Okabe, C., et al. (2015). Gamma-oryzanol protects pancreatic β -cells against endoplasmic reticulum stress in male mice. *Endocrinology*, 156(4), 1242-1250.

- Maria Laura Colombo, 2013. Review An Update on Vitamin E, Tocopherol and Tocotrienol-Perspectives. *Molecules*, 15, 2103-2113.
- Munawaroh, Safaatul dan Handayani PS, 2010. Ekstraksi minyak daun jeruk purut (*Citrus hystrix* D.C.) dengan Pelarut etanol dan N-Heksana. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 2 (1): 73-78.
- Paraddo, J., Esther Miramontes, Maria Jover, Juan Fco Gutierrez, Laura Collantes de Teran, Juan Bautista, 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *J. Food Chemistry* 98: 742-748.
- Patel M. and S. N. Naik, 2004. Gamma-oryzanol from rice bran oil-A review. *Journal of Scientific & Industrial Research* Vol. 63: 569-578.
- Pourali, O., Feridoun, S.A., and Hiroyuki, Y., 2009. Simultaneous rice bran oil stabilization and extraction using sub-critical water medium. *Journal of Food Engineering* 95, 510-516.
- Qureshi, A. A., Sami, S. A., Salsar, W. A., & Khan, F. A. (2002). Dose-dependent suppression of serum cholesterol by tocotrienol-rich fraction (TRF25) of rice bran in hypercholesterolemic human. *Atherosclerosis*, 161, 199–207.
- Rizqie A, 2011. Manfaat bekatul dan kandungan gizinya. Makalah. Disampaikan pada Pertemuan Paguyuban Ibu-ibu Perumahan Puri Domas Sempu Wedomartani Ngemplak Sleman, Yogyakarta.
- Sookwong, Phumon, Panawan Suttiarporn, , Pittayaporn Boontakham, Pattawat Seekhow, Sutee Wangtueai, Sugunya Mahatheeranont., 2016. Simultaneous quantification of vitamin E, γ -oryzanols and xanthophylls from rice bran essences extracted by supercritical CO₂. *Food Chemistry* 211, 140-147.
- Subriyer Nasir, Fitriyanti, dan Hilma Kamila, 2009. Ekstraksi dedak padi menjadi minyak mentah dedak padi (crude rice bran oil) dengan pelarut n-hexane dan ethanol. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, Vol. 16.
- Tagora BPS, Rinaldry Sirait, Iriany, 2012. Penentuan Kondisi Keseimbangan Unit Leaching pada produksi Eugenol dari Daun Cengkeh. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 1, No. 1.
- Wang, O., Liu, J., Cheng, Q., Guo, X., Wang, Y., Zhao, L., et al. (2015). Effects of ferulic acid and γ -oryzanol on high-fat and high-fructose diet-induced metabolic syndrome in rats. *PLoS One*, 10(2), 1-14.
- Wiyarno, B., R.M. Yunus, M. Mel, 2011. Extraction of Algae Oil from *Nannocloropsis* sp : Study of Soxhlet and Ultrasonic-assisted Extraction, *Journal of Applied Science*, 11 (21): 3607-3612.
- Xu, Z., Hua, N., Godber, JS. 2001. Antioxidant Activity of Tocopherols, Tocotrienols, and Gamma Oryzanol Components from Rice Bran Against Cholesterol Oxidation Accelerated by 2,2'-Azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49 : 2077-2081.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pimpinan, staf, PLP (teknisi dan analis) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang atas bantuannya selama penelitian ini dilaksanakan. Terimakasih pula kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan pendidikan Tinggi atas bantuan pendanaan lewat Hibah Doktor yang diberikan sesuai dengan kontrak penelitian tahun anggaran 2017, Nomor: 052/SP2H/LT/DRPM/IV/2017, tanggal 3 April 2017.