

Pengaruh Pengolahan Bahan Terhadap Kadar Dan Komponen Minyak Atsiri Rimpang *Zingiber Cassumunar* Roxb.

*Komar Ruslan Wirasutisna, Sukrasno, As'ari Nawawi, Lia Marliani

KK Biologi Farmasi, Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa 10 Bandung

Abstrak

Minyak atsiri merupakan salah satu komponen *Zingiber cassumunar* Roxb. yang memiliki aktivitas farmakologi. Sehubungan dengan potensi pemanfaatan minyak atsiri *Zingiber cassumunar* Roxb. dalam pengembangan obat, diperlukan jaminan terhadap kualitas bahan yang meliputi kontrol terhadap kualitas bahan baku yang digunakan, termasuk kandungan minyak atsirinya. Penghalusan, pengeringan, dan penyimpanan adalah proses penyiapan bahan yang dapat mempengaruhi kadar minyak atsirinya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pengolahan bahan terhadap kandungan minyak atsiri. Metode penghalusan rimpang segar yang digunakan dalam penelitian ini adalah perajangan (SR) dan penggilingan menggunakan blender (SB). Metode pengeringan yang digunakan adalah pengeringan menggunakan oven 40°C (PO) dan sinar matahari (PM). Sedangkan proses penyimpanan dilakukan dalam tiga tempat berbeda yaitu besek (SSb), karung (SSk), dan keranjang plastik (SSp) selama 14 (A) dan 90 (B) hari. Kadar minyak atsiri setiap sampel ditentukan dan komponennya dianalisa menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (KG-SM). Uji t-test ($\alpha=0,05$) terhadap kadar minyak atsiri menunjukkan perbedaan signifikan antara SR dengan PO, PM, SSb B, SSk B, dan SSp B. Hal ini berarti bahwa proses pengeringan dan penyimpanan selama 90 hari mempengaruhi kadar minyak atsiri. Hasil GC-MS menunjukkan komponen utama untuk setiap sampel adalah 4-terpeniol (41,52% - 53,15%), beta-pinene (27,63% - 40,48%), gamma-terpinene (3,97% - 6,02%), alpha-terpinene (1,8% - 2,57%), cis-sabinene hidrate (0,91% - 1,98%), trans-sabinene hidrate (0,85% - 2,08%).

Kata kunci : *Zingiber cassumunar* Roxb., Minyak atsiri, Pengolahan bahan, Metode pengeringan, Penyimpanan, 4-terpeniol.

Abstract

The rhizome of *Zingiber cassumunar* Roxb contains essential oil which has pharmacological activity. By considering the potential benefits of essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb. in drug development, it is necessary to guarantee the quality of the raw materials used, including the content of the essential oil. Comminuting, drying, and storage are processes which can affect the content of volatile oil in the crude drug. The purpose of this research are to observe influence of rhizome processing on the essential oil content. Fresh rhizome comminuting methods used in this research were chopping (SR) and grinding using a blender (SB). Drying methods used in this research were oven drying at 40°C (PO) and sun drying (PM), while storage process were done in three different storage: bamboo container (SSb), sack (SSk), and plastic container (SSp) for 14 (A) and 90 (B) days. Oil content was determined and its composition was analyzed by GC-MS. T-test results ($\alpha=0.05$) showed significant differences between SR with PO, PM, SSb B, SSk B, and SSp B. It means that drying and storage process influenced essential oil content. GC-MS results showed that major compound were 4-terpeniol (41,52% - 53,15%), beta-pinene (27,63% - 40,48%), gamma-terpinene (3,97% - 6,02%), alpha-terpinene (1,8% - 2,57%), cis-sabinene hidrate (0,91% - 1,98%), trans-sabinene hidrate (0,85% - 2,08%).

Keywords: *Zingiber cassumunar* Roxb., Essential oil, Material processing, Drying method, Storage, 4-terpeniol.

Pendahuluan

Zingiber cassumunar Roxb. (sinonim : *Zingiber purpureum* Roxb.) merupakan tanaman yang tumbuh di daerah Asia tropika, dari India sampai Indonesia. Selain dipergunakan sebagai rempah, rimpang *Zingiber Cassumunar* Roxb. juga dimanfaatkan oleh masyarakat untuk pengobatan. Penyakit yang dipercaya dapat diobati diantaranya adalah demam, sakit kepala, batuk, perut nyeri, masuk angin, sembelit, sakit kuning, cacingan, reumatik. Selain itu juga ditambahkan dalam ramuan jamu digunakan untuk kegemukan dan mengecilkan perut setelah melahirkan. Rimpang *Zingiber Cassumunar* Roxb. mengandung senyawa aktif seperti kasumunin A-C (Masuda, *et al.*, 1993; Masuda dan Jitoe, 1994; Nagano *et al.*, 1997) dan

kasumunarin A-C (Nakatani dan Kikuzaki, 2001), komplek kurkuminoid yang memiliki aktivitas antioksidan, phenylbutanoids (seperti phlain I-IV) yang memiliki aktivitas antiinflamasi dan antioksidan (Nakamura, 2009), phenyl-butenoids yang berpotensi sebagai antikanker dan antiinflamasi (Chung *et al.*, 2009; Han *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2007) dan immunostimulan (Chairul dan Chairul, 2009), dan juga minyak atsiri yang memiliki aktivitas antimikroba (Pithayanukul *et al.*, 2007), fungisida (Jantan *et al.*, 2003; Tripathi *et al.*, 2008), dan anthelmintik (Sukandar *et al.*, 1997).

Mengingat potensi pemanfaatan minyak atsiri *Zingiber cassumunar* dalam pengembangan obat, maka diperlukan jaminan terhadap kualitas bahan baku yang

digunakan, yang meliputi kontrol terhadap kandungan minyak atsiri di dalamnya. Mutu bahan baku merupakan hal yang sangat penting dalam pengembangan obat dari bahan alam karena akan mempengaruhi produk akhir dari suatu proses produksi obat bahan alam. Untuk itu teknik pengolahan yang baik perlu diperhatikan sehingga mutunya dapat dipertahankan.

Penghalusan, pengeringan dan penyimpanan bahan adalah beberapa tahap dalam pengolahan bahan yang dapat mempengaruhi kandungan minyak atsiri. Penghalusan bahan menggunakan penggiling biasanya dihindari karena dikhawatirkan energi panas yang terbentuk saat proses dapat merusakkan dan menguapkan komponen minyak atsirinya meski sebenarnya dengan penghalusan bahan, minyak atsiri yang diperoleh bisa jadi lebih banyak dibandingkan dengan rajangan. Begitu pula dengan proses pengeringan. Kondisi suhu pengeringan yang terlalu tinggi kemungkinan dapat menguraikan zat-zat dan menguapkan minyak atsiri yang terkandung didalamnya. Kadang-kadang minyak atsiri harus diisolasi dari bahan segar, namun bahan segar secara biokimiawi masih aktif sehingga metabolisme berjalan terus. Disamping kesulitan dalam penyimpanan, kemungkinan terjadi perubahan kandungan minyak atsiri dapat terjadi.

Penelitian ini bermaksud untuk mempelajari pengaruh proses penghalusan, pengeringan dan penyimpanan simplisia segar terhadap kandungan dan komposisi minyak atsiri rimpang *Zingiber Cassumunar* Roxb. Yang bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam proses pengolahan yang optimum untuk memperoleh hasil yang maksimal.

Percobaan

Pengumpulan bahan dan penyiapan bahan

Rimpang *Zingiber cassumunar* Roxb. diperoleh dari Ds. Bojong, Wanayasa, Purwakarta. Usia tanaman saat panen $\pm$ 1 tahun. Determinasi dan identifikasi dilakukan di *Herbarium Bandungense*, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, ITB.

Rimpang dicuci dan dibagi menjadi 10 kelompok perlakuan: Rimpang segar yang dirajang (SR), rimpang segar yang diblender (SR), rimpang segar yang disimpan dalam besek tertutup selama 14 hari (SSb A), rimpang segar yang disimpan dalam besek tertutup selama 90 hari (SSB B), rimpang segar yang disimpan dalam wadah karung selama 14 hari (SSk A), rimpang segar yang disimpan dalam wadah karung selama 90 hari (SSk B), rimpang segar yang disimpan dalam keranjang plastik tertutup selama 14 hari (SSp A), rimpang segar yang disimpan dalam keranjang plastik

tertutup selama 90 hari (SSp B), rimpang dikeringkan menggunakan oven 40°C (PO) dan dikeringkan dibawah sinar matahari (PM). Pengeringan menggunakan oven dilakukan selama 1-3 hari. Sedangkan pengeringan menggunakan sinar matahari dilakukan pada jam 09.00-15.00, selama 5-7 hari dialasi tampah.

Penentuan kadar minyak atsiri

Sampel *Zingiber cassumunar* setiap perlakuan, ditentukan kadar minyak atsirinya menggunakan alat mikrodestilasi Stahl. Setiap perlakuan bahan (Sr, Sb, SSb I, SSb II, SSk I, SSk II, SSp I, SSp II, PO, dan PM) dilakukan tiga kali (triplo). Data kadar minyak atsiri untuk masing-masing perlakuan dianalisis secara statistik menggunakan uji rata-rata sampel (t-test). Kelompok SR dijadikan sebagai pembandingan.

Analisis komponen minyak atsiri

Analisis komponen minyak atsiri dilakukan menggunakan KG-SM (GCMS-QP5000 Shimadzu), kolom DB-17, panjang 30 m, diameter 0.25 mm; suhu injektor 250°C, detektor 300°C; suhu program 40°C selama 2 menit kemudian dinaikkan 8°C per menit hingga mencapai 150°C, dipertahankan selama 2 menit kemudian dinaikkan 10°C per menit hingga mencapai 250°C, dipertahankan selama 2 menit; tekanan 68 kpa, laju aliran 1,3 ml per menit, tanpa split, kecepatan linear 40,6 dan volume injeksi 1 µL. Komponen senyawa ditentukan dengan membandingkan terhadap library (NIST147.LIB, NIST27.LIB, WILEY7.LIB.)

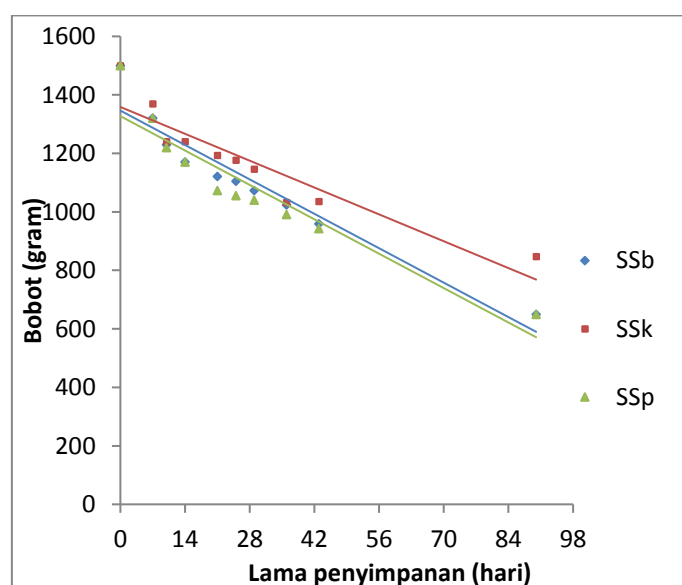
Hasil Percobaan dan Pembahasan

Waktu yang diperlukan untuk pengeringan di bawah sinar matahari lebih lama di banding di dalam oven karena suhu pengeringan di bawah sinar matahari tidak terkontrol dan tergantung dengan kondisi cuaca saat pengeringan yang mudah berubah dari panas ke hujan dan kelembaban tinggi sehingga panasnya tidak merata. Dengan kondisi seperti itu, pengeringan tidak sempurna. Beberapa rimpang hanya kering di bagian luar namun di bagian dalamnya masih basah (*face hardening*). *Face hardening* dapat terjadi jika suhu udara terlalu tinggi atau jika penguapan air permukaan bahan jauh lebih cepat daripada difusi air dari dalam ke permukaan tersebut sehingga permukaan bahan menjadi keras dan menghambat pengeringan selanjutnya. Fenomena ini dapat mengakibatkan kerusakan atau kebusukan di bagian dalam yang dikeringkan.

Selama penyimpanan dalam besek, karung, maupun keranjang plastik, rimpang mengalami penyusutan bobot yang dapat digambarkan dalam gambar 1. Dari grafik tersebut terlihat bahwa penyusutan bobot

rimpang yang disimpan dalam besek (SSb) dan dalam keranjang plastik (SSp) sama/ linear, sedangkan penyusutan bobot rimpang yang disimpan dalam karung relatif lebih landai dibanding SSb dan SSp. Pori-pori dalam karung lebih rapat dibanding besek dan keranjang plastik sehingga sirkulasi udara agak terhambat dan proses penguapan pun terhambat. Namun, meski penurunan bobotnya lebih sedikit dibanding rimpang yang disimpan di besek atau keranjang plastik, rimpang menjadi mudah busuk dan berjamur karena kondisi di dalam karung yang lebih lembab dibanding besek dan keranjang plastik yang sirkulasi udaranya masih terjaga.

Hasil penetapan kadar minyak atsiri dapat dilihat pada tabel 1 berikut. Hasil uji t test ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok sampel segar yang dirajang (SR) dengan sampel hasil pengeringan di oven (PO) dan matahari (PM), serta yang disimpan dalam besek (SSb B), keranjang plastik (SSp B) dan karung (SSk B) selama 90 hari. Kadar minyak atsiri sampel yang diblender (SB) lebih tinggi daripada yang dirajang (SR) tetapi perbedaannya tidak signifikan. Proses penggilingan rimpang menggunakan penggiling (blender) memfasilitasi keluarnya minyak atsiri dari jaringan, sehingga lebih mudah terdestilasi. Proses perajangan bertujuan agar kelenjar minyak dapat terbuka sebanyak mungkin.



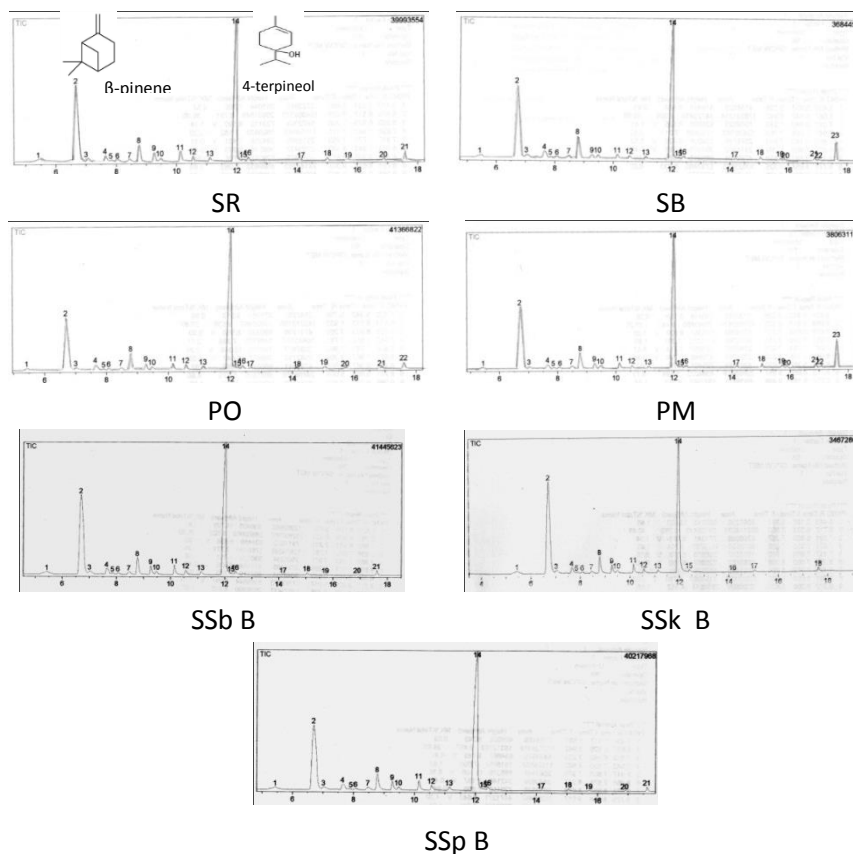
Gambar 1. Grafik penyusutan bobot rimpang bengle selama penyimpanan

Tabel 1. Kadar Minyak Atsiri terhadap Bobot Bahan Segar

No	Perlakuan	Kadar Minyak Atsiri (%)
1	Segar Rajang (SR)	0,65 ± 0,110
2	Segar Blender (SB)	0,80 ± 0,173
3	Pengeringa Oven (PO)	0,41 ± 0,016
4	Pengeringan Matahari (PM)	0,46 ± 0,036
5	Segar simpan dalam besek 14 hari (SSbA)	0,48 ± 0,030
6	Segar simpan dalam keranjang plastik 14 hari (SSpA)	0,43 ± 0,079
7	Segar simpan di karung 14 hari (SSkA)	0,48 ± 0,064
8	Segar simpan dalam besek 90 hari (SSb B)	0,34 ± 0,029
9	Segar simpan dalam keranjang plastik 90 hari (SSp B)	0,35 ± 0,027
10	Segar simpan dalam karung 90 hari (SSk B)	0,36 ± 0,068

Keterangan :

Bobot bahan segar (awal) dihitung dari % perolehan simplisia dan % penyusutan selama penyimpanan.



Gambar 2. Kromatogram kromatografi gas sampel SR, SB, PO, PM, SSb B, SSk B, SSp B

Minyak atsiri dalam tanaman dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, atau rambut glandular. Bila bahan dibiarkan utuh, minyak atsiri hanya dapat diekstraksi apabila uap air berhasil melalui jaringan tanaman dan mendesaknya ke permukaan melalui proses hidrodifusi. Namun proses ini berlangsung sangat lambat sehingga dengan perajangan, ukuran ketebalan bahan di tempat terjadinya difusi akan berkurang sehingga saat penyulingan, laju penguapan minyak atsiri pada bahan akan cukup cepat. Ukuran partikel SB yang lebih kecil dibanding sampel yang dirajang, akan mempermudah proses hidrodifusi dan proses penyulingan hingga diharapkan perolehan minyak atsirinya lebih banyak.

Kadar minyak atsiri PO, PM, SSb B, SSp B, dan SSk B relatif lebih rendah dibandingkan kadar minyak atsiri SR. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengeringan baik di bawah sinar matahari (PM) maupun di dalam oven (PO) berpengaruh terhadap kadar minyak atsiri rimpang *Zingiber cassumunar* Roxb. Selama proses pengeringan yang melibatkan suhu di atas suhu kamar dapat menguapkan beberapa senyawa yang mudah menguap seperti halnya minyak atsiri. Hal ini yang menyebabkan kadar minyak atsiri berkurang setelah proses pengeringan. Pada awal proses pengeringan,

rimpang masih mengandung sebagian besar air dalam sel yang dengan proses difusi akan membawa minyak ke permukaan dan akhirnya terjadi penguapan. Selama proses penyimpanan simplisia kering masih memungkinkan terjadi penyusutan minyak atsiri. Sirkulasi dan kelembaban udara yang ekstrim selama proses penyimpanan mengakibatkan proses penguapan dan terutama proses oksidasi.

Penyimpanan rimpang utuh menyebabkan penurunan kandungan minyak atsiri rimpang *Z. cassumunar* dan penurunan ini sudah dapat diamati pada hari ke-14, yaitu sekitar 30%, dan pada hari ke-90 penurunannya semakin besar, yaitu mencapai 46%. Proses penyimpanan rimpang dalam tempat yang berbeda selama 14 hari dan 90 hari tidak menunjukkan adanya limonen.

perbedaan yang bermakna. Berkurangnya minyak atsiri dalam rimpang kemungkinan disebabkan terjadinya metabolisme dalam jaringan rimpang yang secara biokimiawi masih aktif. Metabolisme tersebut menyertai perubahan fisiologis yang terjadi pada rimpang yaitu pembentukan tunas.

Hasil analisa KG-SM (gambar 2 dan tabel 2) terhadap sampel yang menunjukkan bahwa kandungan

komponen utama minyak *Z. Cassumunar* pada berbagai perlakuan relatif tidak berubah. Komponen utama minyak atsiri untuk masing-masing sampel yaitu 4-terpeniol (41,52% - 53,15%), beta-pinene (27,63% - 40,48%), γ -terpinen (3,97% - 6,02%), α -terpinen (1,8% - 2,57%), cis-sabinen hidrat (0,91% - 1,98%), trans-sabinen hidrat (0,85% - 2,08%).

Senyawa trans-karyofilen dan β -farnesen hanya terdapat pada sampel yang dikeringkan di bawah sinar matahari (PM) meski kadarnya hanya 0,27-0,36%. Senyawa limonen dan kamfen yang tidak ada dalam sampel segar dan simplisia kering ternyata ada pada rimpang utuh yang disimpan selama 90 hari di dalam besek dan karung (limonen) maupun keranjang plastik (kamfen). Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama

penyimpanan, reaksi enzimatik dan perubahan senyawa komponen minyak atsiri masih berlangsung. Pembentukan senyawa monoterpen monosiklik seperti limonen dan kamfen terbentuk dari kation metil/ α -terpinil yang mengalami kehilangan proton (membentuk limonen) dan pergeseran Wagner-Meerwein membentuk kation isokamfil yang mengarah pada pembentukan kamfen. Pada rimpang utuh yang disimpan dalam besek (SSb B) dan karung (SSk B), reaksi deprotonasi lebih banyak berlangsung dibanding reaksi pembentukan alkohol (α -terpineol) yang membutuhkan H_2O sehingga pada SSb B dan SSk B terbentuk limonen dan persentase α -terpineol lebih rendah dibanding rimpang segar (SR). Kemungkinan lain adalah α -terpineol mengalami dehidrasi membentuk

Tabel 2. Komponen Minyak Atsiri

No.	Senyawa	Waktu tambat	% senyawa(relatif berdasarkan luas puncak)						
			SR	SB	PO	PM	SSb B	SSp B	SSk B
1	α -pinen	5,4	0,52	0,83	0,5	0,26	1,87	0,63	1,01
2	β -pinen	6,7	35,36	35,68	27,63	33,25	35,3	28,95	40,48
3	β -mirsen	7,0	1,14	1,41	0,93	1,2	1,2	0,97	1,34
4	α -terpinen	7,6	2,22	2,57	2,11	1,8	1,95	1,92	1,93
5	Limonen	7,8	-	-	-	-	0,38	-	0,39
6	Kamfen	7,9	-	-	-	-	-	0,35	-
7	Sabinen	8,1	0,44	0,48	0,5	0,46	0,42	0,41	0,4
8	γ -terpinene	8,7	4,64	6,02	4,8	4,71	4,15	4,2	3,97
9	cis-sabinen hidrat	9,2	1,98	0,91	1,62	1,44	1,97	1,91	1,85
10	α -terpinolen	9,5	0,78	1	0,86	0,78	0,76	0,67	0,72
11	trans-sabinen hydrate	10,1	1,98	0,85	1,52	1,31	2,05	2,08	1,88
12	Tujil alkohol	10,5	1,11	0,68	1,09	0,78	1	1,08	0,92
13	Linalil asetat	11,1	0,66	0,47	0,73	0,5	0,65	0,78	0,58
14	4-terpineol	12,0	44,97	42,02	53,07	43,38	45,36	53,15	41,52
15	Linalool	12,2	0,09	0,33	0,46	0,34	0,05	0,05	-
16	α -terpineol	12,4	0,68	0,56	0,92	0,62	0,55	0,57	0,52
17	α -terpineol asetat	15,0	0,40	0,42	0,33	0,71	0,36	0,33	0,33
18	Zingiberen	16,9	0,19	0,41	0,12	0,64	0,09	0,08	-
19	β -seskifelandren	17,6	1,53	3,34	1,07	5,36	0,81	0,76	0,67
20	trans-karyofilen	15,7	-	-	-	0,36	-	-	-
21	β -farnesen	17,0	-	-	-	0,27	-	-	-

Kesimpulan

Kadar minyak atsiri rimpang *Zingiber cassumunar* Roxb. tidak dipengaruhi oleh proses penggilingan bahan menggunakan blender. Proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari langsung dan oven lampu suhu 40°C mempengaruhi kadar dan komponen minyak atsiri rimpang *Zingiber cassumunar* Roxb. Penyimpanan rimpang utuh dalam besek, karung dan keranjang plastik juga mempengaruhi kadar dan komponennya. Komponen utama minyak atsiri untuk masing-masing sampel yaitu 4-terpeniol (41,52% - 53,15%), β -pinen (27,63% - 40,48%), γ -terpinen (3,97% - 6,02%), α -terpinen (1,8% - 2,57%), cis-

sabinen hidrat (0,91% - 1,98%), trans-sabinen hidrat (0,85% - 2,08%).

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh IM-HERE Development Project – Sekolah Farmasi ITB Tahun Anggaran 2010.

Daftar Pustaka

Chairul, Praptiwi and Chairul, SM., 2009, Phagocytosis Effectivity Test of Phenylbutenoid Compounds Isolated from Bangle (*Zingiber*

- cassumunar* Roxb.) Rhizome, *Biodiversitas*, 10 (1), 40-43.
- Chung, S.Y., Han, AR., Sung, MK., Jung, HJ., Nam, JW., Seo, EK. and Lee, HJ., 2009, Potent Modulation of P-glycoprotein Activity by Naturally Occurring Phenylbutenoids from *Zingiber cassumunar*, *Phytother. Res.* 23, 472–476.
- Han, AR; Kim, MS; Jeong, YH; Lee, SK and Seo, EK., 2005, Cyclooxygenase-2 Inhibitory Phenylbutenoids from the Rhizomes of *Zingiber cassumunar*, *Chem. Pharm. Bull.* 53(11), 1466-1468.
- Jantan, I., Mohd Yassin, M.S., Chin, CB., Chen, LL., and Sim, NL., 2003, Antifungal Activity of the Essential Oils of Nine Zingiberaceae Species, *Pharmaceutical Biology*, 41(5), 392–397.
- Lee, JW., Min, HY., Han, AR., Chung, HJ., Park, EJ., Park, HJ., Hong, JY., Seo, EK. and Lee, SK., 2007, Growth Inhibition and Induction of G1 Phase Cell Cycle Arrest in Human Lung Cancer Cells by a Phenylbutenoid Dimer Isolated from *Zingiber cassumunar*, *Biol. Pharm. Bull.* 30(8), 1561—1564.
- Masuda, T. and Jitoe, A., 1994, Antioxidative and Antiinflammatory Compounds from Tropical Gingers: Isolation, Structure Determination, and Activities of Cassumunins A, B, and C, New Complex Curcuminoids from *Zingiber cassumunar*. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1850-1856.
- Masuda, T., Jitoe, A., and Nakatani, N., 1993, Structure of Cassumunin A, B, and C, New Potent Antioxidants from *Zingiber cassumunar*, *Chemistry Letters*, 189-192.
- Nagano, T., Oyama, Y., Kajita, N., Chikahisa, L., Nakata, M., Okazaki, E. and Masuda, T., 1997, New Curcuminoids Isolated from *Zingiber cassumunar* Protect Cells Suffering from Oxidative Stress: A Flow-Cytometric Study Using Rat Thymocytes and H₂O₂. *Jpn. J. Pharmacol.*, 75, 363-370.
- Nakamura, S., Iwami, J., Matsuda, H., Wakayama, H., Pongpiriyadacha, Y. and Yoshikawa, M., 2009, Structures of New Phenylbutanoids and Nitric Oxide Production Inhibitors from the Rhizomes of *Zingiber cassumunar*, *Chem. Pharm. Bull.*, 57, (11), 1267-1272.
- Nakatani, N. and Kikuzaki, H., 2001, Antioxidants in Ginger Family In *Quality Management of Nutraceuticals*, Ho, C., et al., ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 230-241.
- Pithayanukul, P., Tubprasert, J and Wuthi-Udomlert, M., 2007, *In Vitro* Antimicrobial Activity of *Zingiber cassumunar* (Plai) Oil and a 5% Plai Oil Gel. *Phytother. Res.*, 21, 164–169.
- Sukandar, E.Y, Suganda, A.G, dan Kristiana, A.S., 1997, Efek Anthelmintika *Zingiber zerumbet*, *Zingiber cassumunar*, dan *Curcuma Xanthorrhiza* terhadap Cacing *Ascaris summ.*, *Majalah Farmasi Indonesia*, 8 (1), 12-23.
- Tripathi, P., Dubey, NK. and Shukla, AK., 2008, Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. *World J Microbiol Biotechnol.*, 24, 39–46.