

**MIKROKAPSUL EKSTRAK BAWANG TIWAI SEBAGAI PENGAWET PANGAN**  
**BAWANG TIWAI EXTRACTS MICROCAPSULES AS A FOOD PRESERVATIVE**

**Suroto Hadi Saputra, Paluphy Eka Yustini**

Balai Riset dan Standardisasi Industri

surotohs.65@gmail.com

Naskah diterima 16 Maret 2015, disetujui 03 Juni 2015

**ABSTRAK**

Aplikasi ekstrak bawang tiwai dalam bentuk pasta yang pernah dilakukan dalam pengawet pangan mengalami kesulitan antara lain tidak mudah larut dan tercampur secara baik dengan bahan adonan pangan. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah mikroenkapsulasi ekstrak bawang tiwai. Dalam penelitian ini, umbi bawang tiwai diekstrak dengan etanol 98%. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial 3 x 2 diulang 3 kali. Faktor pertama komposisi bahan penyalut dengan 3 taraf, faktor kedua suhu dengan 2 taraf. Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut dunken multiple range test pada tingkat kepercayaan 5% menggunakan soft ware SPSS versi 20. Analisa parameter pada penelitian ini antara lain kadar fenol, kadar air, kadar sari larut air dan ukuran partikel. Hasil perlakuan komposisi bahan penyalut dan suhu serta interaksi berpengaruh nyata terhadap kadar fenol, kadar air, kelarutan dalam air, ukuran partikel dan kadar etanol. Hasil analisis duncan multiple rank test (DMRT) menunjukkan berbeda nyata terhadap kadar fenol, kadar air, kelarutan dalam air, ukuran partikel dan kadar etanol. Hasil penelitian menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan ( $s_{1p_1}$ ) kadar fenol 1,50 %, ( $s_{2p_1}$ ) kadar air terendah 15,27%, ( $s_{1p_1}$ ) kadar sari larut air tertinggi 87,45% ( $s_{2p_1}$ ) ukuran partikel terkecil 216,77 dan ( $s_{2p_1}$ ) kadar etanol terendah 15, 17 ppm.

**Kata kunci** : bawang tiwa, mikroenkapsulasi, maltodekstrin, na-kaseinat, pengawet pangan.

**ABSTRACT**

*Applications bawang tiwai extract in the form of pasta I have ever done in the food preservative having trouble among others insoluble and mixed well with the dough ingredients of food. One alternative to overcome these problems is microencapsulated bawang tiwai extract. In this study, bulb bawang tiwai extracted with ethanol 98%. Research using a completely randomized design factorial 3 x 2 was repeated 3 times. The first factor composition of the coating material with 3 levels, the second factor with 2 degree temperature. Analysis of variance and dunken multiple range test further test at 5% confidence level using the soft ware SPSS version 20. Results of treatment of the coating material composition and temperature as well as the interaction significantly affected the phenol content, water content, solubility in water, particle size and concentration of ethanol. The results of analysis duncan multiple rank test of show different levels of phenol, water content, solubility in water, particle size and concentration of ethanol. The results showed the highest value in treatment ( $s_{1p_1}$ ) phenol content of 1.50%, ( $s_{2p_1}$ ) low water content 15.27%, ( $s_{1p_1}$ ) water soluble extract highest level of 87.45% ( $s_{2p_1}$ ) 216.77 smallest particle size and ( $s_{2p_1}$ ) low ethanol levels 15, 17 ppm*

**Keywords** : bawang tiwai, microencapsulation, maltodextrin, na-caseinate, food preservative

## PENDAHULUAN

Ekstrak bawang tiwai (*Eleutherine americana* L. Meer) mengandung senyawa metabolik sekunder antara lain alkaloid, fenol, flavonoid, tanin, glikosida, aldehyd keton dan asam karboksilat (Suroto dan Sampepana, 2007), senyawa triterpenoid atau steroid (Sukrasno, dkk., 2006), dan juga senyawa *elecanicin*, *eleutherol*, *isoeleutherol*, *eleutherine*, *isoeleutherine*, *hongoconin* (Hera *et al*, 1997 dalam Hoesen, 2010).

Selain mengandung senyawa metabolik sekunder, ekstrak bawang tiwai mengandung metabolik primer antara lain karbohidrat dan protein (Suroto H.S. dan Sampena, 2007). Karakteristik ekstrak bawang tiwai dengan etanol menghasilkan padatan coklat pekat (gummy), non kristalin (Suroto HS dan Kusuma W.K, 2009). Ekstrak bawang tiwai memiliki 2 (dua) aktivitas antijamur yaitu *Candida albicans* dan *Aspergillus niger* dan memiliki 2 aktivitas antibakteri yaitu *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Menurut Suroto (2009) ekstrak umbi bawang tiwai dengan dosis 2 gram/kg bahan roti mampu menghambat pertumbuhan *Aspergillus* sp dan *Penisillum* sp pada roti selama 14 hari setelah perlakuan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari s/d Nopember 2014, tempat penelitian Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Inudstri Samarinda, dan Balai Besar Industri Agro Bogor. Bahan penelitian terdiri dari umbi bawang tiwai, maltodekstrin, natrium kaseinat, etanol dan kertas saring. Peralatan yang digunakan terdiri dari satu unit alat rotavapor, *spray dryer*, *saker*, *homogenizer*, neraca analitik, ekstraksi.

Rancangan Penelitian, penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial 3 x 2 dengan ulangan 3 kali. Faktor pertama adalah komposisi bahan penyalut (p) dengan 3 (tiga) taraf yaitu

Pengunaan ekstrak bawang tiwai dalam bentuk ekstrak pekat untuk pengawet roti atau pangan lainnya dalam penerapannya mengalami kesulitan antara lain konsistensinya lengket dan kental mempersulit penanganan bahan dalam aplikasi di industri. Selain itu adanya perubahan kimia dan organoleptik yang bersifat destruktif selama dalam penyimpanan. Untuk itu diperlakukan suatu cara agar diperoleh bentuk olahan yang lebih mudah ditangani dan dapat melindungi mutu bahan aktif yang terdapat pada ekstrak bawang tiwai.

Salah satu cara dalam memecahkan masalah tersebut adalah mikroen kapsulasi. Radwick *et al*, (2002) mendefinisikan mikroenkapsulasi merupakan proses penyalutan suatu bahan aktif baik itu padatan, cairan ataupun gas dalam sebuah bahan polimer penyalut. Mikroenkapsulasi dilakukan untuk melindungi komponen aktif dari perubahan destruktif dan dapat meningkatkan stabilitas komponen aktif serta mengubahnya menjadi bubuk sehingga dapat menekan kerugian selama penyimpanan dan pendistribusian. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh perbandingan komposisi penyalut dan kondisi spray drying terbaik mikrokapsul ekstrak bawang tiwai sebagai pengawet pangan.

$p_1$ = Ekstrak bawang tiwai: Maltodekstrin: Natrium Kaseinat (EMNk=1:1:1),  $p_2$ = Ekstrak bawang tiwai : Maltodekstrin : Natrium Kaseinat (EMNk=2:1,5:1,5),  $p_3$ = Ekstrak Bawang Tiwai : Maltodekstrin: Natrium Kaseinat (EMNk=3:2:2) Faktor kedua adalah suhu (s) terdiri dari 2 (dua) taraf yaitu  $s_1 = 120$ ,  $s_2 = 140$ .

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dianalisis dengan sidik ragam menggunakan *soft ware* SPSS versi 20 dengan tingkat kepercayaan 5%. Bila terdapat pengaruh nyata dilanjutkan dengan *Dunken Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 5%.

Parameter pengamatan antara lain Total fenol (Metode Uji Spektrofotometri), Kadar air (Metode Uji Gravimetri), Kelarutan dalam air (Metode Uji

Gravimetri), Ukuran diameter (Metode Uji Nanotech), Kadar etanol (Metode Uji *Gas Chromatography*).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan penyalut dan suhu serta interaksinya berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 5% terhadap parameter kadar fenol, kadar air, kelarutan dalam air, ukuran diameter dan kadar etanol.

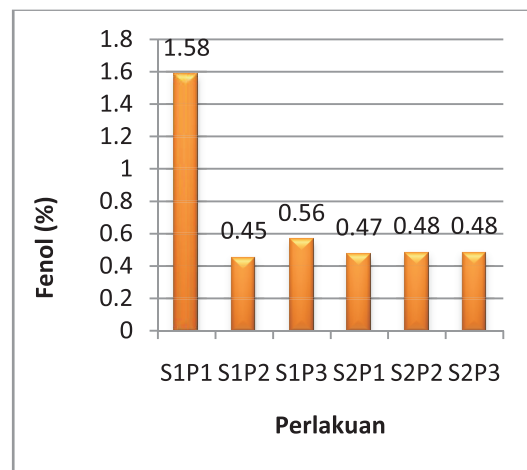
**Rendemen ekstraksi dan partisi bawang tiwai**

Menurut Khopkar (2008) ekstraksi umbi bawang tiwai dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% tanpa pemanasan dengan tujuan agar senyawa-senyawa dapat terekstrak dengan baik dan tidak mengalami dekomposisi. Selama proses maserasi terjadi proses difusi. Proses maserasi berlangsung sampai terjadi keseimbangan antara larutan yang ada di dalam sel dan di luar sel. Ketika keseimbangan tercapai maka proses difusi tidak lagi berlangsung. Ekstraksi umbi bawang tiwai pada penelitian ini dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% tanpa pemanasan dihasilkan rendemen sebesar 21,88%. Rendemen yang dihasilkan dalam penelitian ini masih rendah hal ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor antara lain metode ekstraksi yang digunakan, ukuran irisan umbi bawang tiwai, perbandingan jumlah sampel dan pelarut yang digunakan.

Hasil penelitian Salamah et al. (2008) bahwa maserasi umbi bawang tiwai dengan pelarut etanol diperoleh rendemen sekitar 26,66%. Ekstrak berbentuk cairan kental dan berwarna coklat marun. Kecilnya nilai rendemen yang dihasilkan dapat dimungkinkan oleh beberapa faktor, yaitu metode ekstraksi yang digunakan, ukuran partikel sampel, kondisi dan waktu penyimpanan, lama waktu ekstraksi,

perbandingan jumlah sampel terhadap jumlah pelarut yang digunakan dan jenis pelarut yang digunakan.

Berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Rank Test (DMRT)* tingkat kepercayaan 5% taraf perlakuan komposisi bahan penyalut dan suhu serta interaksinya berbeda terhadap parameter kadar fenol, kadar air, kelarutan dalam air, ukuran diameter dan kadar etanol dapat dilihat pada gambar 1 sampai dengan 5.

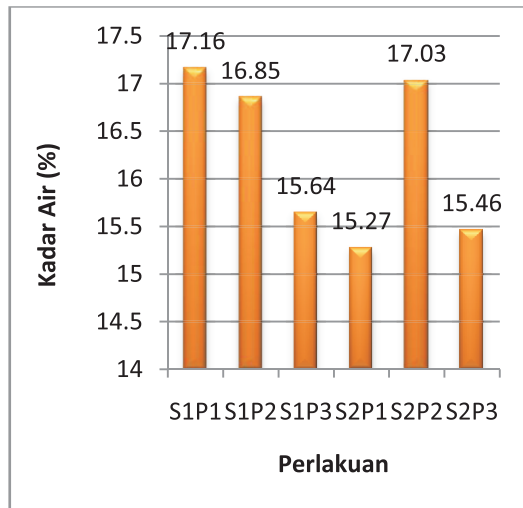


**Gambar 1.** Kadar fenol mikro kapsul

Hasil uji lanjut DMRT pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan kadar fenol  $p_1S_1$  berbeda nyata dengan  $p_1S_2$ ,  $p_2S_1$ ,  $p_2S_2$ ,  $p_3S_1$ ,  $p_2S_2$  sebagaimana pada gambar 1. Menurut Desmawarni (2007) mengatakan bahwa kehilangan bahan aktif dapat terjadi saat pengeringan di *spray dryer* berlangsung. Sifat emulsi yang tidak sempurna dapat menyebabkan bahan aktif tidak tersaluti dengan baik sehingga mudah menguap selama proses pengeringan. Thies (1996) faktor yang mempengaruhi jumlah minyak atau bahan aktif yang terkapsul diantaranya adalah bahan penyalut, bahan pengemulsi dan kondisi proses pengeringan.

Rulkens dan Thijsen (1972) bahan aktif dapat tetap bertahan di dalam kapsul

karena adanya suatu mekanisme difusivitas selektif walaupun suhu yang digunakan tinggi selama pengeringan. Difusivitas bahan volatil akan menurun secara drastis jika berada dalam konsentrasi yang rendah seiring dengan menurunnya konsentrasi air di dalam emulsi.



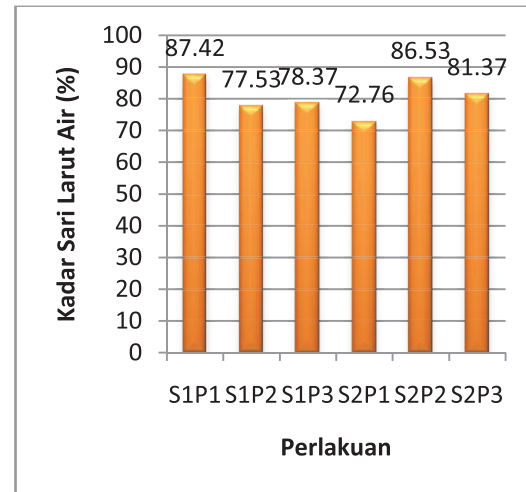
**Gambar 2.** Kadar air mikro kapsul

Hasi uji lanjut DMRT pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan kadar air perlakuan  $p_1s_1$  berbeda nyata dengan  $p_1s_2$ ,  $p_2s_1$ ,  $p_3s_1$  dan  $p_2s_2$  tetapi tidak berbeda nyata dengan  $p_3s_2$  sebagaimana pada gambar 2. Kadar air merupakan salah satu parameter utama yang menentukan terhadap kualitas produk kering seperti pada mikro kapsul yang berbentuk kering. Kadar air yang rendah dapat mencegah tumbuhnya bakteri atau jamur yang dapat menyebabkan kerusakan produk.

Kadar air yang rendah pada mikro kapsul  $s_2p_1$  berhubungan dengan tingkat viskositas larutan bahan penyalut yang lebih tinggi. Viskositas larutan yang tinggi, aliran bahan saat pengeringan di dalam *spray dryer* (kondisi laju alir dan suhu inlet *spray dryer* yang konstan) akan menjadi lebih lambat dan kontak bahan dengan udara pengering akan lebih lama sehingga air yang diuapkan akan lebih banyak.

Menurut Desmawarni (2007) Viskositas larutan mikro kapsul komposisi maltodekstrin-gum arab (MG) dan larutan

mikro kapsul dengan komposisi maltodekstrin-gum arab-natrium kaseinat (MGSc) relatif sama besarnya namun lebih rendah daripada viskositas larutan bahan penyalut maltodekstrin - natrium kaseinat (MSc:2:1).



**Gambar 3.** Kadar sari larut air mikro kapsul

Hasi uji lanjut DMRT pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan kadar sari larut air perlakuan  $p_1s_1$  tidak berbeda nyata dengan  $p_2s_2$  tetapi berbeda nyata dengan  $p_1s_2$ ,  $p_2s_2$ ,  $p_3s_1$  dan  $p_3s_2$  sebagaimana pada gambar 3. Air merupakan pelarut yang banyak digunakan dalam aplikasi industri. Penggunaan air pada beberapa aplikasi membutuhkan suatu kemampuan melepas bahan aktif yang baik, sehingga mikro kapsul yang dihasilkan sebaiknya memiliki kelarutan dalam pelarut yang baik. Koswara (1995) *flavor* yang dienkapsulasi sangat efektif digunakan dalam makanan olahan, proses pengisian, pencampuran kering, permen, makanan formula, bumbu-bumbuan, makanan penutup (*desert*), produk-produk susu dan lain-lain.

Kenyon *et al.*, (1988) mengatakan bahwa maltodekstrin dapat larut dalam air dingin dengan sempurna sehingga dapat melepaskan *flavor* secara cepat dalam penggunaannya pada aplikasi tertentu. Singh (1995) mengatakan bahwa natrium kaseinat tidak memiliki nilai kelarutan yang tinggi seperti bahan penyalut lainnya. Namun dengan mengkombinasikan natrium kaseinat dengan maltodekstrin yang dapat

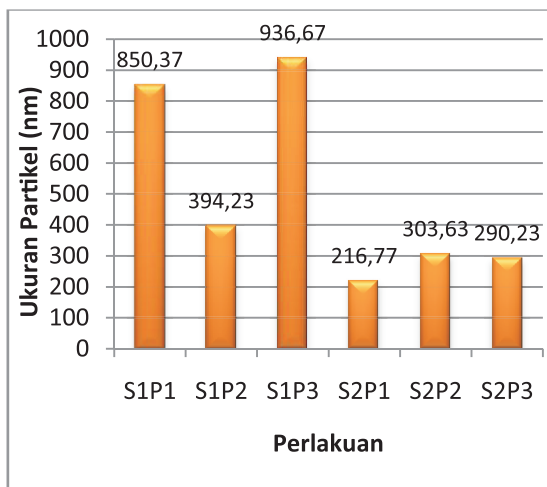
larut sempurna dalam air maka nilai kelarutan produk dalam air akan menjadi lebih tinggi. Dapat dilihat bahwa tingkat kelarutan mikrokapsul yang berbahan penyalut kombinasi natrium kaseinat dengan maltodekstrin bernilai tinggi mencapai 82,94% ( $p_2$ ).

Desmawarni (2007) mengatakan bahwa perbandingan maltodekstrin dengan natrium kaseinat (2:1) memiliki tingkat kelarutan dalam air 94,16% pada penelitian mikrokapsul oleoresin jahe.

Hasi uji lanjut DMRT pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan ukuran partikel perlakuan  $p_1s_1$  berbeda nyata dengan  $p_1s_2$ ,  $p_2s_1$ ,  $p_2s_2$ , dan  $p_3s_2$  tetapi tidak berbeda nyata dengan  $p_1s_2$  dan  $p_3s_1$  sebagaimana pada gambar 4.

Nano partikel merupakan sistem koloid dengan ukuran antara 10 nm sampai 100 nm.

Nanopartikel merupakan bahan dengan ukuran partikel pada skala nanometer.



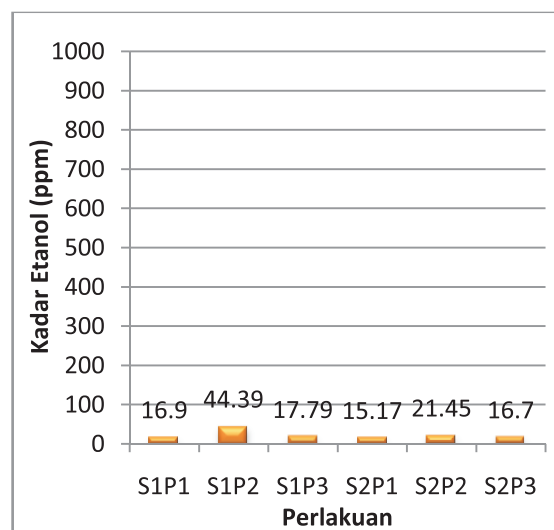
Gambar 4. Ukuran partikel mikrokapsul

Beberapa bahan nanopartikel dengan ukuran partikel di atas 100 nm telah berhasil disintesis untuk produk yang berasal dari bahan alam antara lain untuk kurkumin, paclitaxel dan praziquantel dengan ukuran partikel masing-masing adalah 450 nm, 147,7 nm, dan > 200 nm, sehingga nanopartikel dapat juga didefinisikan sebagai sistem koloid submikronik (<1  $\mu\text{m}$ ). Teknologi

mikroenkapsulasi dapat mengkonversi suatu cairan menjadi bubuk dengan cara membungkus cairan bahan aktif dalam suatu bahan pengkapsul dalam ukuran yang sangat kecil (0,2-5.000  $\mu\text{m}$ ) (Sparks, 1981; King, 1995).

Menurut Kenyon dan Anderson (1988) menyatakan bahwa maltodekstrin dapat larut dalam air dingin dengan sempurna sehingga dapat melepaskan bahan aktif (*flavor*) secara tepat dalam penggunaan pada aplikasi tertentu. Sesuai hasil penelitian perlakuan terbaik adalah interaksi antara  $p_1s_1$  sebesar 87,42%.

Hasil analisis DMRT pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan kadar etanol mikrokapsul  $s_1p_1$ ,  $s_1p_3$ ,  $s_2p_1$ ,  $s_2p_2$  dan  $s_2p_3$  saling tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan  $s_1p_2$ , sebagaimana pada gambar 5. Pemisahan zat pelarut dalam proses evaporasi sangat menentukan seberapa banyak sisa pelarut yang tertinggal atau tersisa dalam hasil pekatan evaporasi (ekstrak pekat), karena sisa pelarut ini akan mempengaruhi kualitas ekstrak. Etanol berdampak buruk bagi kesehatan manusia misalnya dapat mengganggu fungsi hati, otak, jantung dan ginjal, kerusakan lambung dan jaringan tubuh, kelumpuhan saraf dan gagal fungsi organ, cacat dan gangguan pertumbuhan bagi janin bahkan kematian (Kawiji dkk, 2015).



Gambar 5. Kadar etanol

Muhiedin, 2008 mengatakan bahwa proses pemekatan dilakukan sampai tidak ada pelarut yang menguap, masing-masing perlakuan mempunyai waktu penguapan yang berbeda tergantung pada pelarut yang digunakan. Kadar etanol yang terdapat dalam ekstrak (oleoresin) masih diperbolehkan menurut *Food and Drug Administration (FDA)* adalah sebesar 30 ppm. Dari hasil pengujian kadar sisa pelarut yang terdapat pada mikrokapsul sebagaimana pada gambar 5 menunjukkan bahwa kadar etanol sisa pelarut sebesar

15,17 ppm sampai dengan 44,39 ppm. Hanya ada 1 (satu) perlakuan kombinasi campuran yaitu  $s_1p_2$  (44,39 ppm) yang tidak memenuhi standar batasan sisa pelarut dalam bahan makanan menurut *Food and Drug Administration (FDA)* yaitu sebesar 30 ppm. Hal ini disebabkan karena pada saat proses evaporasi kondisi alat *rotary vacuum evaporator* tidak berjalan maksimal sehingga kadar etanol yang terdapat pada mikrokapsul masih tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan bahan penyalut maltodekstrin : natrium kaseinat : ekstrak bawang tiwai dengan perbandingan komposisi  $p_1$  (EMNk 1:1:1) kadar fenol 1,03%,  $p_3$  (EMNk 3:2:2) kadar air 15,55%,  $p_2$  (EMNk 2:1,5:1,5) kadar sari larut air 82,03%,  $p_2$  (EMNk 2:1,5:1,5) ukuran partikel 348,93 nm dan  $p_3$  (EMNk 3:2:2). Kondisi *spray drying* diperoleh  $s_1$ (120°C) kadar fenol 0,863%,  $s_2$

(140°C) kadar air 15,92%,  $s_1$  (120°C) kadar sari larut air 81,11%,  $s_2$  (140°C) ukuran partikel 270,21 nm dan  $s_2$  (140°C) kadar etanol 17,77%. Interaksi penggunaan bahan penyalut dan kondisi *spray drying* diperoleh  $s_1p_1$  (120°C):(EMNk 1:1:1) kadar fenol 1,58%,  $s_2p_2$  (140°C): (EMNk 2:1,5:1,5) kadar air,  $s_1p_1$  (120°C):(EMNk 1:1:1) kadar sari larut air 87,41%,  $s_2p_1$  (140°C):(EMNk 1:1:1) ukuran partikel 216,77%  $s_2p_1$  (140°C):(EMNk 1:1:1:1) dan kadar etanol 15,17 ppm  $s_2p_1$  (140°C):(EMNk 1:1:1:1).

## DAFTAR PUSTAKA

- Desmawarni, 2007. Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut dan Kondisi Spray Drying Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulasi Oleoresin Jahe. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hoesen, 2010. Hoesen DSH, 2010. Teknik Budidaya In Vitro *Eleutherine sp.* (Bawang Sabrang). Jurnal Teknologi Lingkungan Vol 11 No. 3. Hal. 341-351. Jakarta.
- Kawiji, Khasanah L.U., Utami R., Aryani T.N., 2015. Ekstraksi Maserasi Oleoresin Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC); Optimasi Rendemen dan Pengujian Karakteristik Mutu. Agritech Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 35 No. 2 Mei 2015. Hal. 178-184. Yogyakarta.
- Kenyon, M.M dan R.J. Anderson. 1988. Maltodextrin dan low-dextrose-

equivalence corn syrup solids. *Di dalam* Risch S. J dan G. A. Reineccius (Eds). Flavour Encapsulation. American Chemical Society, Washington, D.C. 7-10.

- King, A.H. (1995). Encapsulation in food ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids. Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. S.J. Risch and G.A. Reineccius. ACS Symposium Series 590:26-41.
- Khopkar, S.M., 2008, Konsep Dasar kimia Analitik, UI Press, Jakarta
- Koswara, S. 1995. *Jahe dan Hasil Olahannya*. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Muhiedin, F. 2008. Efisiensi Proses Ekstraksi Oleoresin Lada Hitam dengan Metode Ekstraksi Multi Tahap. Skripsi. Jurusan Teknologi

- Industri Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Rulkens, W.H dan Thijsen H.A. 1972. The Retention Organik Volatiles in Drying Aqueous Carbohydrate Solution. *Food Technology*. (7): 186-191)
- Salamah E., Ayuningrat E., Purwaningsih S., 2008, Penapisan awal komponen bioaktif dari kijang Taiwan (*Anadonta woodiana* Lea.) sebagai senyawa antioksidan, *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 11(2):119-132.
- Singh, H. 1995. Heat induced changes in casein, including interactions with whey proteins. Heat Induced Changes in Milk. P. F. Fox. Brussels, International Dairy Federation: 86-104.
- Sukrasno, Urnemi, dan Sadaruddin, 2006. Penelitian Obat-Obatan Tradisional Mikropropagasi dan Pengembangan Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* L.) Sebagai Obat Herbal. ITB. Bandung.
- Suroto dan Sampena, 2007. Analisa Kandungan Kimia dan Pemanfaatan Bawang Tiwai Untuk Bahan Baku Industri. *Jurnal Riset Teknologi Industri* Vol. 1 No. 1 Juni 2007 Hal. 17-24. Balai Riset dan Standardisasi Industri. Samarinda.
- Suroto HS dan Kusuma I.W, 2009. Aktivitas Antimikroba Dari Ekstrak Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* L.). *Jurnal Riset Teknologi Industri* Vol. 3 No. 5 Juni 2009 Hal. 17-24. Balai Riset dan Standardisasi Industri. Samarinda.
- Suroto HS, 2009. Aplikasi Ekstrak Umbi Bawang Tiwai (*Eleutherine americana* L.) Terhadap Waktu Simpan Roti Basah. *Jurnal Riset Teknologi Industri* Vol. 3 No. 6 Juni 2009 Hal. 24-31. Balai Riset dan Standardisasi Industri. Samarinda.
- Thies, C. 1996. A survey of microencapsulation process. Di dalam S. Benita (Ed.). *Microencapsulation methods and industrial applications*. New York: Marcel Dekker, 1-19.