



---

# Sintesis Nanoenkapsulasi Ekstrak Kulit Durian dengan Metode *Spray Drying* dan Aplikasinya sebagai Biopestisida: Review

Nina Hartini<sup>1,\*</sup>, Syarifatur Richana<sup>1</sup>, Bayu Triwibowo<sup>1</sup>, Nur Qudus<sup>2</sup>, Ratna Dewi Kusumaningtyas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia

\*E-mail: ninahartini@gmail.com

## ABSTRAK

Indonesia sebagai negara agraris, sebagian penduduk Indonesia bermata pencaharian di bidang pertanian. Pada umumnya, masyarakat menggunakan pestisida untuk membasmi hama. Karena tingginya penggunaan pestisida maka WHO (2016) menyatakan kasus keracunan pestisida mencapai 193.000 jiwa selama tahun 2012. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, biopestisida menjadi bahan alternatif pengganti pestisida karena lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu bahan alam yang berpotensi sebagai biopestisida adalah kulit durian. Rata-rata produksi durian setiap tahunnya 780.032,8 ton/tahun. Limbah kulit durian memiliki berat 60-75% dengan kandungan senyawa metabolit sekunder relatif tinggi belum dimanfaatkan secara maksimal. Senyawa tersebut dimanfaatkan sebagai antioksidan dan antimikroba dalam proses pembasmi hama. Biopestisida yang dikembangkan dengan metode sokletasi menghasilkan ekstrak berbentuk cair. Namun, hasil tersebut kurang efektif dan mudah teroksidasi sehingga menurunkan keefektifitasan kadar bahan aktif. Mengatasi masalah tersebut maka perlu dikembangkan inovasi dengan proses enkapsulasi. Artikel ini me-review pengembangan metode enkapsulasi. Metode yang dapat digunakan untuk enkapsulasi biopestisida yaitu ekstrusi, *spray chilling* dan *spray drying*. Metode *spray drying* lebih berpotensi mengenkapsulasi biopestisida dari kulit durian karena memiliki efisiensi enkapsulan lebih tinggi dan hampir mendekati 100%. Distribusi ukuran partikel yang dihasilkan tergolong nanoenkapsulan.

**Kata kunci:** ekstrak kulit durian, nanoenkapsulasi, *spray drying*

## ABSTRACT

Indonesia as an agrarian country, most of Indonesia's people work in agriculture. In general, people use pesticides to eradicate pests. Due to the high use of pesticides, WHO (2016) stated the case of pesticide poisoning reach 193,000 in 2012. To solve the problem, Biopesticide as an alternative of synthetic pesticides because it's more safe and environmentally friendly. One of the natural ingredients that potentially as biopesticide is durian peel. The average durian production per year is 780,032.8 tons/year. Durian peels waste weighs 60-75% with a relatively high contains of secondary metabolite not yet fully utilized. It's used as antioxidants and antimicrobials in pesticides. Biopesticide is developed by sokletation method. However, the results are less effective because it's easily oxidized, so reduce the flavonoid effectiveness. To solve this problem, to be developed innovation with encapsulation process. This article reviews the development of encapsulation methods. Methods that can be used for biopesticide encapsulation are extrusion, *spray chilling* and *spray drying*. *Spray drying* method is more likely to encapsulate biopesticides because it has higher encapsulation efficiency and is close to 100%. The resulting particle size distribution is classified as nanocapsul.

**Keywords:** durian peels extract, nanoencapsulation, *spray drying*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang penduduknya sebagian besar bermata pencaharian dibidang pertanian. Menurut BPS pada tahun 2014-2016, impor pestisida mencapai 1317,671 ton dan biopestisida mencapai 1246,888 ton [1]. Pemakaian pestisida yang terlalu intensif menyebabkan bahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Berdasarkan data dari WHO (2016), kasus keracunan pestisida mencapai 193.000 jiwa selama tahun 2012 [2]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, biopestisida sebagai alternatif pengganti pestisida sintesis diperlukan karena lebih ramah lingkungan.

Biopestisida adalah pembasmi hama yang berbahan organik. Salah satu bahan hayati yang dapat dimanfaatkan menjadi biopestisida adalah senyawa metabolit sekunder adalah kulit durian. Produksi durian setiap tahunnya mengalami peningkatan dengan rata-rata produksi 780.032,8 ton/tahun [3]. Limbah kulit durian memiliki berat 60-75% belum termanfaatkan secara maksimal [4]. Kandungan senyawa metabolit sekunder pada kulit durian sebesar 8,31 mg/g, senyawa metabolit sekunder dimanfaatkan sebagai antioksidan dan antimikroba berperan sebagai pembasmi hama [5]. Biopestisida dikembangkan dengan metode sokletasi dari bahan kulit durian menghasilkan ekstrak metabolit sekunder berbentuk *cair* [6,7]. Namun, hasil tersebut kurang efektif karena hasil ekstrak mudah teroksidasi sehingga menurunkan keefektifitasan kadar flavonoid. Inovasi atas permasalahan tersebut yaitu dengan mengenkapsulasi ekstrak senyawa metabolit sekunder kulit durian. Perbandingan beberapa metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanoenkapsulasi biopestisida diantaranya metode ekstrusi, *spray chilling* dan *spray drying*.

## 2. MINYAK ATSIRI SEBAGAI BAHAN BAKU SINTESIS NANOENKAPSULASI

Minyak atsiri adalah minyak yang diekstrak dari berbagai bagian tumbuhan. Minyak

atsiri pada umumnya memiliki kandungan metabolit sekunder yang tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku produksi biopestisida. Bahan alam yang berpotensi sebagai biopestisida diantaranya: petai cina, bengkoang, cengkeh, sirsak, srikaya, tembakau, jambu mete dan lada. Bahan-bahan tersebut merupakan bahan pangan yang memiliki nilai produk yang lebih tinggi dibanding biopestisida. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan sebagai biopestisida yaitu dengan memanfaatkan limbah seperti limbah kulit durian yang dapat meningkatkan nilai dari limbah tersebut.

### 2.1. BIOPESTISIDA KULIT DURIAN

Biopestisida merupakan salah satu pestisida yang berbahan dasar dari tumbuhan. Tumbuhan yang kaya akan bahan aktif berfungsi sebagai alat pertahanan, penarik, antifertilitas, pembunuh, antioksidan dan antimikroba [8]. Biopestisida mengandung senyawa yang bersifat racun bagi serangga (hama) maupun bagi nematoda (penyebab penyakit tanaman) [9]. Selain itu, biopestisida bersifat mudah terdegradasi di alam (*biodegradable*) sehingga residunya pada tanaman dan lingkungan tidak signifikan [10]. Salah satu bagian tumbuhan yang banyak mengandung bahan aktif, namun belum dimanfaatkan secara optimal, yaitu limbah kulit durian.

Buah durian memiliki banyak kandungan bahan aktif diantaranya saponin, flavonoid dan polifenol [11]. Berdasarkan uji fitokimia, kulit durian mengandung senyawa kimia yang mempunyai aktifitas biologis (zat bioaktif) [12]. Senyawa aktif biologis tersebut merupakan metabolit sekunder yang terdiri dari tanin, saponin, alkoholoid, triterpenoid dan flavonoid [13]. Kandungan kulit durian per 100 gram ditampilkan pada Tabel 1 [11].

Senyawa metabolit sekunder tersebut dapat diekstrak dari kulit durian dengan metode ekstraksi. Pada proses ekstraksi, pelarut yang digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu etanol [6]. Etanol merupakan alkohol

yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang tidak beracun [14]. Selain itu, pelarut etanol merupakan pelarut yang baik untuk ekstraksi kulit durian karena dapat menghasilkan rendemen yang tinggi [6].

**Tabel 1.** Kandungan Kulit durian per 100 g

Kandungan	Jumlah
Air	67 gram
Karbohidrat	28,3 gram
Lemak	2,5 gram
Protein	2,5 gram
Serat	1,4 gram
Kalori	5210 kj

Masalah utama dalam produk biopestisida cair yaitu kestabilan produk. Biopestisida cair tidak dapat mempertahankan kestabilan produk karena bahan aktif akan mudah rusak oleh lingkungan. Produk yang dihasilkan harus dapat mempertahankan viabilitas flavonoid sehingga masih efektif pada saat penggunaannya [13]. Selain itu, residu cepat hilang sehingga dianggap kurang efektif dan aktifitas biopestisida cair pada umumnya hanya tinggi pada awal penyemprotan setelah itu terdegradasi secara periodik sehingga residual efek rendah [6]. Oleh karena itu, salah satu inovasi yang dapat dikembangkan untuk menjaga kestabilan produk biopestisida yang berdampak langsung pada viabilitas senyawa metabolit sekunder adalah dengan proses enkapsulasi.

## 2.2. ENKAPSULASI

Enkapsulasi adalah proses penyalutan material inti (*core*) sebagai bahan aktif dilapisi atau diperangkap oleh material lain sebagai dinding (*wall material*) [16]. Berdasarkan ukuran partikel enkapsulasi dibedakan atas makroenkapsulasi (>5000  $\mu\text{m}$ ), mikroenkapsulasi (1,0-5000  $\mu\text{m}$ ) dan nanoenkapsulasi (<1,0  $\mu\text{m}$ ) [17].

Nanoenkapsulasi memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikroenkapsulasi antara lain yaitu memberikan sifat perlindungan dan efisiensi komponen yang lebih stabil dan tinggi [18]. Partikel dengan ukuran nano memungkinkan terjadinya

distribusi yang lebih baik dari produk serta dapat memperluas permukaan kontak partikel dengan bahan. Selain itu, nanoenkapsulasi memungkinkan bahan aktif untuk lepas secara berkala melalui lapisan enkapsulan, sehingga hal ini juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan [19]. Produk yang dihasilkan dapat mempertahankan viabilitas senyawa aktif sehingga efektif dalam penggunaannya [13]. Residual efek tidak jauh berkurang dan menghemat pemakaian biopestisida terenkapsulasi [20].

## 3. METODE ENKAPSULASI

### SENYAWA AKTIF KULIT DURIAN

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanoenkapsulasi biopestisida diantaranya ekstrusi, *spray chilling*, dan *spray drying*.

### 3.1. METODE EKSTRUSI

Metode ekstrusi dapat menjerap material inti benar-benar terisolasi oleh dinding material dan setiap inti dilindungi dari luar dengan cara menggiling dan mencampur bahan yang digunakan menggunakan piston. Metode enkapsulasi dengan ekstrusi biasa digunakan dalam enkapsulasi obat dengan mempertimbangkan kualitas dan kondisi probiotik yang terkandung dalam obat tersebut. Enkapsulasi dengan metode ekstrusi hanya dapat diproduksi dalam skala kecil karena pembentukan nanoenkapsulasi yang lambat. Metode ekstrusi kurang tepat digunakan dalam percobaan ini karena enkapsulan yang diharapkan berukuran nano sedangkan metode ekstrusi hanya dapat menghasilkan enkapsulan yang berukuran makro. Metode ini juga jarang digunakan karena terbatasnya pemilihan *wall material* yang digunakan [22]. Metode ekstrusi dapat mencapai efisiensi enkapsulan lebih dari 90% namun *wall material* yang digunakan terbatas hanya pada *wall material* yang bersifat anorganik [23].

### 3.2. METODE SPRAY CHILLING

Prinsip kerja metode *spray chilling* yaitu dengan menyemprotkan sampel dan *air cooler* secara bersamaan sehingga akan saling berkontak satu sama lain. Proses atomisasi ini menyebabkan *wall material* mengeras disekitar *core* sehingga dihasilkan massa berupa padatan. Metode *Spray chilling* menggunakan bahan anorganik sebagai *wall material*. *Wall material* didinginkan sehingga *core* dapat terkapsul didalamnya. Pada metode ini dikhususkan untuk *core* yang berbentuk padat seperti vitamin dan mineral [24]. *Core* yang akan dijerap berbentuk cairan sehingga kurang tepat menggunakan metode *spray chilling*. Metode *spray chilling* hanya dapat mencapai efisiensi sebesar 80% [25].

### 3.3. METODE SPRAY DRYING

Metode *spray drying* adalah metode enkapsulasi yang beroperasi secara kontinyu menggunakan suhu tinggi yang diatur sesuai kebutuhan bahan yang dikapsulkan. Metode ini merupakan metode enkapsulasi yang umum digunakan di industri pangan, bersifat ekonomi dan fleksibel [26].

Metode *spray drying* dapat mencapai efisiensi enkapsulasi sebesar 99,9% [19]. *Wall material* yang digunakan pada metode *spray drying* lebih beragam seperti *gum acacia* (gum arab) yang bersifat pembentuk tekstur, pengikat dan pengemulsi yang baik; maltodekstrin dapat menstabilkan *flavor* dalam larutan berviskositas relatif tinggi serta harganya yang terjangkau [17].

Sintesis nanoenkapsulasi biopestisida paling tepat dilakukan dengan metode *spray drying* karena ekonomis, efektivitas proteksi terhadap material tinggi terutama partikel *flavor* dan enkapsulan yang dihasilkan berkualitas tinggi dengan ukuran partikel <0.2  $\mu\text{m}$  [21].

## 4. WALL MATERIAL PADA ENKAPSULASI

Bahan penyalut (*wall material*) merupakan material lain selain bahan inti (*core*) yang berperan sebagai dinding atau pengkapsul

pada proses enkapsulasi. Bahan penyalut yang digunakan untuk enkapsulasi harus mampu memberikan suatu lapisan yang kohesif dengan bahan inti, dapat bercampur secara kimia dan tidak bereaksi dengan bahan inti [22]. *Wall material* yang dipilih harus disesuaikan dengan karakteristik dari bahan inti (*core*). Tabel 2 berikut memaparkan jenis *Wall material* yang biasa digunakan dalam proses enkapsulasi [27].

**Tabel 2.** Jenis *Wall Material*

Kelas	Jenis
Gum	Gum arab, agar, natrium alginat, karagenan
Karbohidrat	Pati, dekstrin, sukrosa, sirup jagung, CMC ( <i>Carbomethylcellulose</i> ), etil selulosa, metil selulosa, nitro selulosa, asetil selulosa, asetat butilat phitat selulosa
Lemak	Lilin, parafin, tristearin, asam stearat, monogliserida, lilin tawon
Bahan anorganik	Kalsium, fosfat, silikat
Protein	Gluten, kasein, gelatin, albumin, susu skim

Tepung kedelai dapat digunakan sebagai bahan penyalut pada enkapsulasi karena memiliki kandungan 40% protein, 20% lemak dan 35% karbohidrat. Penelitian terdahulu menggunakan tepung kedelai sebagai bahan penyalut untuk menenkapsulasi Rhodamine 6G pada kondisi asam [24].

Alginat adalah polisakarida anionik berasal dari rumput laut coklat yang dapat dimanfaatkan sebagai *wall material* dalam enkapsulasi. *Core* yang biasa dijerap oleh bahan ini yaitu *B. Bassiana*. Beberapa peneliti biasanya mensubstitusi alginat dengan pati singkong untuk meminimalisir harga alginat yang mahal [28].

Susu skim diperoleh dari pemisahan susu dan memiliki kadar lemak sangat rendah. Susu skim tidak pernah digunakan secara langsung sebagai bahan pengkapsul.

Biasanya yang digunakan adalah fraksi proteinnya yakni kasein dan *whey* secara terpisah [24].

Gum arab (*gum acacia*) adalah biopolimer yang dihasilkan dari getah bermacam-macam pohon *Acacia sp.* Selain kalarutannya yang tinggi, karakteristik utama gum arab adalah bersifat pembentuk tekstur, pembentuk film, pengikat dan juga pengemulsi yang baik dengan adanya komponen protein didalamnya [27]. Gum arab memiliki sifat polar sehingga cocok digunakan untuk *core* yang bersifat polar seperti flavonoid.

Maltodekstrin didefinisikan sebagai produk hidrolisat pati (polisakarida tidak manis) yang diproduksi dengan hidrolisis terkontrol menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase atau asam. Maltodekstrin memiliki sifat ketahanan oksidasi yang tinggi dan dapat menurunkan viskositas emulsi sehingga cocok digunakan pada metode *spray drying*. Viskositas yang terlalu tinggi pada larutan dapat menyebabkan proses atomizer sehingga dapat terjadi ketidakstabilan pada aliran di dalam *spray drying* yang berakibat bubuk enkapsulan banyak yang menempel pada tabung *chamber spray dryer* [29].

#### 4. KESIMPULAN

Sintesis nanoenkapsulasi flavonoid dari ekstraksi kulit durian sebagai biopestisida dengan *wall material* gum acacia dan maltodekstrin yang paling efektif dengan menggunakan metode *spray drying* dengan efisiensi enkapsulan 99,9%. Enkapsulan menggunakan metode *spray drying* menghasilkan ukuran partikel yang  $< 0,2 \mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa enkapsulasi biopestisida dengan cara *spray drying* berbasis bahan alam khususnya kulit durian berpotensi untuk diaplikasikan pada tanaman dan dikembangkan untuk produksi skala industri. Pada masa depan, metode ini dapat memiliki kontribusi terhadap *organic farming*, *ecofriendly*, *sustainable* dan konservasi lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, Data Ekspor/Impor Pestisida dan Biopestisida Tahun 2014-2016, [https://www.bps.go.id/all\\_newtemplate.php](https://www.bps.go.id/all_newtemplate.php) diakses pada tanggal 12 Mei 2017.
- [2] WHO, World Health Statistics 2016 Monitoring Health for The SDGs, hal.74, 2016.
- [3] Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura, Statistik Produksi Hortikultura Tahun 2014, hal.84, 2015.
- [4] A. Prasetyaningrum, Mekanisasi Proses Olahan Biji Durian Menjadi Produk Pangan yang Kompetitif, *Riptek*, vol. 4, no. 11, hal. 47-52, 2010.
- [5] J.-S. Wu, C.-Y. Wang, Z.-F. Song, Y. Hong, Y.-Q. Pan, F. Zhu, Content determination and antioxidation activity of the total flavonoids in the peels of the jackfruit *Artocarpus heterophyllus* and the durian *Durio zibethinus L.*, *Journal of Foshan University*, 2014.
- [6] R. Y. Siregar, Y. Patricia, Ekstraksi Senyawa Flavonoid Kulit Durian dan Uji Efektivitasnya sebagai Biopestisida terhadap Walang Sangit (*Leptocorisa acuta*), Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 2017.
- [7] R. D. Kusumaningtyas, H. Suyito, R. Wulansarie, Pengolahan Limbah Kulit Durian di Wilayah Gunungpati Menjadi Biopestisida yang Ramah Lingkungan, *Rekayasa*, vol. 15, no. 1, hal. 38-43, 2017.
- [8] A. Arsyadana, Efektivitas Biopestisida Biji Mahkota Dewa

- (*Phaleria macrocarpa*) dengan Lama Fermentasi yang Berbeda untuk Mengendalikan Hama Keong Mas (*Pomacea canaliculata*) pada Tanaman Padi (*Oryza Sativa L*), Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia, 2014.
- [9] A. Djunaedy, Biopestisida sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang Ramah Lingkungan, *Embryo*, vol. 6, no. 1, hal. 88-95, 2009.
- [10] S. J. Munarso, Dkk., Pestisida Nabati, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor, hal. 1, 2012.
- [11] L. Jana S., N. Oktavia H., D. Wulandari, The Using Durian Peels Trashes as A Potential Source of Fiber to Prevent Colorectal Cancer, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Indonesia, 2010.
- [12] W. A. E. Setyowati, S. R. D. Ariani, A. Ashadi, B. Mulyani, C. P. Rahmawati, Skrining Fitokimia dan Identifikasi Komponen Utama Ekstrak Metanol Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*) Varietas Petruk, Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI, Surakarta, 2014.
- [13] M. Azizah, F. Fitriani, Efek Antiinflamasi dari Ekstrak Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus Murray*) terhadap Tikus Putih Jantan, *Scientia*, vol. 5, no. 2, hal. 74-78, 2015.
- [14] D. Maulida, N. Zulkarnaen, Ekstraksi Antioksidan (Likopen) dari Buah Tomat dengan Menggunakan Solven Campuran, n-Heksana, Aseton, dan Etanol, Skripsi, Universitas Diponegoro, Indonesia, 2010.
- [15] P. Wahyudi, Enkapsulasi Propagul Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Menggunakan Alginat dan Pati Jagung sebagai Produk Mikroinsektisida, *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, vol. 6, no. 2, hal. 51-56, 2008.
- [16] S. J. Risch, Encapsulation: Overview of Uses and Techniques, *ACS Symposium Series*, vol. 590, hal. 2-7, 1995.
- [17] S. M. Jafari, E. Assadpoor, Y. He, B. Bhandari, Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying, *Drying Technology*, vol. 26, no. 7, hal. 816-835, 2008.
- [18] S. Saloko, Nanoenkapsulasi Asap Cair dalam Kitosan dan Maltodekstrin Menggunakan Teknik *Spray Drying*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia, 2014.
- [19] R. Naufalin, T. Tobari, H. S. Rukmini, Karakteristik Nanoenkapsulan Buah Kecombrang (*Nicolaia speciosa*), Skripsi, Universitas Jendral Soedirman, Indonesia, 2012.
- [20] B. A. Amanda, R. Rochmadi, A. Prasetya, W. Hasokowati, Pembuatan Mikrokapsul dari Urea-Formaldehid: Pengaruh Ph dan Suhu pada Pembuatan Resin Terhadap Proses Mikroenkapsulasi, Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, Semarang, 2010.
- [21] B. F. Gibbs, S. Kermasha, I. Alli, C. N. Mulligan, Encapsulation in the food industry: a review, *International Journal of Food*

- Sciences and Nutrition*, vol. 50, no. 3, hal. 213-224, 2013.
- [22] G. Kholisoh, Uji Viabilitas Enkapsulasi *Lactobacillus casei* Menggunakan Matriks Kappa Karagenan Terhadap Simulasi Cairan Asam Lambung, Skripsi, UIN Jakarta, Indonesia, 2016.
- [23] P. K. Okuro, F. E. d. Matos Junior, C. S. Favaro-Trindade, Technological Challenges for Spray Chilling Encapsulation of Functional Food Ingredients, *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 51, no. 2, hal. 171-182, 2013.
- [24] F. Nasrullah, Pengaruh Komposisi Bahan Pengkapsul Terhadap Kualitas Mikrokapsul Oleoresin Lada Hitam (*Piper nigrum L.*), Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2010.
- [25] A. Belščak-Cvitanović, R. Stojanović, V. Manojlović, D. Komes, I. J. Cindrić, V. Nedović, B. Bugarski, Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate–chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion, *Food Research International*, vol. 44, no. 4, hal. 1094-1101, 2011.
- [26] S. Usmiati, Dkk., Inhibitory Activity of Bacteriocin Powder of *Lactobacillus sp. STRAIN SCG 1223 on Pathogen Bacteria*, vol. 21, no. 2, hal. 102-112, 2011.
- [27] O. S. Priambodo, Enkapsulasi Minyak Lemon (*Citrus limon*) Menggunakan Penyalut  $\beta$ -Siklodekstrin Terasetilasi, Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 2015.
- [28] F. Nurulkharomah, Stabilitas Antioksidan Ekstrak Ampas Kopi Terenkapsulasi Selama Penyimpanan, Skripsi, Univeristas Jember, Indonesia, 2016.
- [29] W, Purnomo, Pengaruh Ratio Kombinasi Maltodekstrin, Karagenan dan Whey Terhadap karakteristik Mikrokapsulan Pewarna Alami Daun Jati (*Tectonna grandis L.f.*), *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, Surakarta*, vol. 3, no. 3, hal. 121-129, 2014.