

AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAN FRAKSI METANOL KULIT KAYU BATANG SUKUN (*Artocarpus altilis* Park) YANG TERSALUT KITOSAN-TRIPOLIPOSPAT

Renti Octiviani^{1*}, Titin Anita Zaharah¹, Puji Ardiningsih¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*email: renti.octiviani@gmail.com

ABSTRAK

Sukun (*A. altilis* Park.) adalah salah satu tumbuhan nangka-nangkaan (*Artocarpus*) dari suku Moraceae yang dikenal baik di Indonesia. Kulit kayu batang sukun mempunyai potensi sebagai sumber antibakteri dan antioksidan. Pada penelitian ini dilakukan proses enkapsulasi dikarenakan senyawa yang berperan memiliki kelemahan dalam waktu simpan sehingga rentan terhadap kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri dan antioksidan ekstrak kulit batang sukun sebelum dan sesudah tersalut kitosan-TPP dengan variasi komposisi ekstrak:kitosan dan fraksi:kitosan (b/b) yaitu variasi 2:1 enkapsulat A dan variasi 1:2 enkapsulat B, serta mengetahui komposisi optimumnya. Formulasi enkapsulat yang digunakan ialah enkapsulat A ekstrak kasar metanol:kitosan-TPP (2:1) dan enkapsulat B fraksi metanol:kitosan-TPP (1:2). Uji aktivitas antibakteri diperoleh bahwa ekstrak metanol dapat menghambat aktivitas bakteri *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Salmonella thyphimurium* pada rentang konsentrasi 0,156-10 mg/sumur sedangkan enkapsulat B mampu menghambat bakteri *P. aeruginosa* dengan rentang konsentrasi 25-100 mg/sumur dan enkapsulat A tidak mempunyai aktivitas antibakteri. Nilai IC_{50} aktivitas antibakteri ekstrak dan fraksi metanol masing-masing sebesar 184,251 ppm (tergolong sedang) dan 201,333 ppm sedangkan nilai IC_{50} enkapsulat A sebesar 587,692 ppm (tergolong tidak aktif) dan enkapsulat B sebesar 440,870 ppm (tergolong lemah). Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan ekstrak kulit batang sukun mempunyai kemampuan lebih baik dalam aktivitas antibakteri dan antioksidan daripada enkapsulat A dan B.

Kata Kunci: *Artocarpus altilis* Park., kitosan-TPP, enkapsulasi, antibakteri, antioksidan, IC_{50}

PENDAHULUAN

Tanaman sukun merupakan tanaman tropis, sehingga hampir disemua daerah di Indonesia sukun tumbuh. Kulit kayu tanaman sukun ditemukan senyawa flavonoid dan turunannya yang terprenilasi, yaitu artonol B dan sikloartobilosanton. Kedua senyawa tersebut telah diisolasi dan diuji bioaktivitasnya (Makmur, *et al*, 1999). Senyawa metabolit sekunder flavonoid dikenal memiliki fungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, antibakteri dan antikanker.

Ekstrak kulit batang sukun diprediksikan mengandung senyawa metabolit sekunder yang potensial sebagai antibakteri dan antioksidan, tetapi penggunaan dalam ekstrak memiliki kelemahan diantaranya waktu simpan yang pendek dan rentan terhadap kerusakan. Oleh karena itu cara untuk melindungi dan mempertahankan senyawa dari kerusakan kondisi lingkungan yang merugikan dilakukanlah proses enkapsulasi.

Enkapsulasi merupakan proses penjeratan zat-zat yang sensitif atau bahan inti oleh polimer pelindung sebagai agen pengenkapsulasi. Komponen utama yang diperlukan dalam proses enkapsulasi diantaranya adalah bahan inti dan penyalut, dimana bahan inti adalah bahan yang akan disalut sedangkan bahan penyalut adalah bahan yang akan menyalut. Penyalut yang digunakan untuk proses enkapsulasi ini harus mempunyai sifat tidak dapat bereaksi dengan bahan inti dan tidak beracun. Dalam penelitian ini menggunakan kitosan sebagai bahan penyalut dan Natrium Tripolipospat sebagai agen *crosslink*. Penggunaan kitosan juga sudah banyak diteliti sebagai penyalut dalam proses enkapsulasi (Bansal, *et al.*, 2011). Maka dilakukan suatu

penelitian enkapsulasi ekstrak kulit kayu batang sukun untuk mengetahui aktivitas antibakteri dan antioksidan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, bunsen, corong pisah, pipet mikro, vortex, neraca analitik, *laminar air flow* (LAF), spektrofotometer UV-Vis *double beam* tipe *Thermo Spectronic merk Genesys*, seperangkat alat *freeze drying merk* Labconco, dan seperangkat alat redestilasi, seperangkat alat evaporasi.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah kulit batang sukun (*Artocarpus communis*). Sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades (H_2O), metanol teknis (CH_3OH), etil asetat ($CH_3COOC_2H_5$), asam askorbat ($C_6H_8O_6$), DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazil), Natrium Tripolipospat (Na-TPP), mikroba uji (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*), media *Nutrient Agar* (NA) media *Nutrien Broth* (NB).

Prosedur Kerja

Preparasi sampel

Kulit kayu batang sukun dipotong kecil-kecil, kemudian dikering anginkan di udara terbuka tanpa terkena matahari langsung. Sampel kering kemudian dihaluskan menjadi serbuk.

Ekstraksi kulit kayu batang sukun

Sampel dalam bentuk serbuk kemudian dimaserasi dengan metanol, dilakukan proses maserasi selama 3x24 jam. Ekstrak kemudian disaring dikumpulkan dan diuapkan dengan *rotary evaporatory* sehingga diperoleh ekstrak metanol. Kemudian dilakukan partisi menggunakan pelarut dengan tingkat kepolaran yang berbeda yaitu n-heksan dan etil asetat. Fraksi etil asetat yang diperoleh selanjutnya dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* (Turisman, *et al.*, 2012).

Enkapsulasi

Enkapsulasi dilakukan mengacu pada Rismana, *et al.* (2014) dengan modifikasi. Ekstrak metanol dan fraksi metanol kulit kayu batang sukun dienkapsulasi menggunakan formulasi penyalut kitosan-TPP dengan perbandingan ekstrak metanol:kitosan yakni 2:1 dan fraksi metanol:kitosan yakni 1:2. Sebanyak 2 gram ekstrak metanol kulit kayu batang sukun dilarutkan dalam 25 ml metanol dan 1 gram kitosan dilarutkan dalam 5 ml asam asetat. Kemudian dua larutan ini dicampurkan kemudian diencerkan dengan akuades hingga 500 ml. Kemudian secara bertahap kedalam campuran tersebut ditambahkan 350 ml larutan natrium tripolipospat (Na-TPP) sambil diaduk 1.500 rpm selama 24 jam. Enkapsulat kemudian dipisahkan dengan cara sentrifugasi selanjutnya dilakukan *freeze drying* selama 2x24 jam. Perlakuan ini dilakukan sama untuk perbandingan fraksi metanol:kitosan (1:2).

Uji aktivitas antibakteri

Uji aktivitas antibakteri yang dilakukan mengacu pada Darmawati, *et al.* (2015). Sumur dengan diameter 6 mm dibuat menggunakan *punch* pada petri yang terdapat media *nutrient agar* kemudian media yang tersebar bersamaan dengan inkulum bakteri uji. Selanjutnya sumur diisi dengan sampel uji variasi dengan variasi konsentrasi ekstrak metanol dan fraksi metanol (10; 5; 2,5; 1,25; 0,625; 0,312; 0,156; 0,078 mg/sumur), konsentrasi enkapsulat (100; 75; 50; 25 mg/sumur) dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Ekstrak yang memiliki aktivitas antibakteri ditandai dengan terbentuknya zona hambat di sekitar daerah isolasi. Diameter zona hambat diukur dari tepi koloni ke tepi zona yang jelas kemudian diukur menggunakan jangka sorong. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan secara triplo.

Uji aktivitas antioksidan

Uji aktivitas antiosidan yang dilakukan mengacu pada Nasution dan Musyima (2014) dimodifikasi. Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak metanol dan fraksi metanol kulit batang

pohon sukun dilakukan dengan melarutkan DPPH dalam metanol p.a (preparasi dilakukan sesaat sebelum pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis). Sebanyak 2 mL dari larutan asam askorbat (2, 4, 6, 8 dan 10 ppm). Larutan sampel dalam ekstrak metanol dan fraksi metanol (50, 100, 150 dan 200 ppm) dan enkapsulat masing-masing variasi (100, 500, 750 dan 1000 ppm) dicampurkan dengan 2 mL larutan DPPH 0,002%. Campuran tersebut kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 15 menit pada temperatur ruang. Selanjutnya diamati absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 514 nm dan ditentukan persen inhibisi sampel menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi Blangko} - \text{Absorbansi Sampel}}{\text{Absorbansi Blangko}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Kulit Kayu Batang Sukun

Ekstraksi kulit batang pohon sukun dilakukan dengan metode maserasi dengan pelarut metanol tanpa pemanasan, dengan tujuan agar senyawa-senyawa yang sensitif dengan suhu tidak terdekomposisi. Metanol merupakan pelarut polar yang selektif, tidak mudah ditumbuhi kuman, tidak beracun dan netral (Tia dan White, 1994). Metanol memiliki titik didih relatif rendah yaitu 64,7°C sehingga dapat mengurangi resiko rusaknya senyawa yang tidak tahan terhadap panas dan memudahkan dalam memekatkan ekstrak dengan menggunakan *rotary evaporator*.

Selanjutnya maserasi metanol dilakukan partisi secara bertingkat menggunakan pelarut yang tingkat kepolaran berbeda yakni, n-heksan dan etil asetat. Tiga fraksi yang dipilih dilakukan penguapan dengan menggunakan *rotary evaporator*, ketiga fraksi tersebut masing-masing menghasilkan persen rendemen yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Fraksi dan Persen Rendemen Hasil Partisi Kulit Batang Pohon Sukun

Sampel	Berat Ekstrak (gram)	Rendemen (%)
Fraksi n-heksan	11,3853	29,96
Fraksi etil asetat	2,9748	7,83
*Fraksi metanol	18,9637	49,90

Keterangan: *Fraksi yang digunakan untuk pembuatan enkapsulat

Enkapsulasi

Pembuatan enkapsulat pada kulit kayu batang sukun dengan metode gelasi ionik yakni dengan cara mereaksikan campuran enkapsulat dengan natrium tripolipospat (Na-TPP) sebagai penyalut, tidak memerlukan pemanasan sehingga kemungkinan rusaknya senyawa aktif bisa dihindarkan. Enkapsulasi akan menghasilkan partikel dengan diameter mikrometer sampai nanometer. Pembuatan enkapsulat kulit kayu batang sukun dilakukan dengan variasi komposisi ekstrak metanol:kitosan dan fraksi metanol:kitosan mempunyai berturut-turut 2:1 dan 1:2 (b/b) sedangkan komposisi perbandingan kitosan:Na-TPP adalah 1:0,7 (b/v).

Penambahan Na-TPP berfungsi sebagai bahan pengikat silang dengan kitosan, dari reaksi tersebut yang diinginkan ekstrak kulit kayu batang sukun akan tersalut atau berada dalam pori-pori partikel kitosan yang nantinya terbentuk. Pencampuran antara kitosan dengan Na-TPP akan menghasilkan interaksi muatan positif pada gugus amino kitosan dengan muatan tripolipospat. TPP yang ditambahkan ini akan berinteraksi dengan kitosan sehingga rantai-rantai polimer dari kitosan akan semakin rapat serta menguatkan jaringan sistem.

Tabel 2. Efisiensi Enkapsulat yang Tersalut Kitosan-TPP

Sampel	Sampel:Kitosan (b/b)	Massa yang ditambahkan (gram)	Massa yang terenkapsulasi (gram)	Efisiensi (%)
Enkapsulat A	2:1	2,0118	0,456	22,67
Enkapsulat B	1:2	1,0006	0,773	77,28

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa enkapsulat yang paling baik adalah enkapsulat B dengan nilai efisiensi sebesar 77,28%. Nilai efisiensi enkapsulat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sifat bahan penyalut (viskositas dan solubilitas) perbandingan inti dengan penyalut, dan suhu udara. Sedangkan dengan perbedaan jenis penyalut juga dapat mempengaruhi jenis tipe mikrokapsul yang terbentuk. Tipe mikrokapsul dapat berupa inti yang disalut oleh dinding monolayer atau multi layer, dengan menggunakan penyalut hidroksi propil β -siklodekstrin nilai efisiensi enkapsulat yang dihasilkan sebesar 8,2% (Amila, *et al.*, 2016). Berikut ini adalah enkapsulat yang dihasilkan:



Gambar 1. Enkapsulat A dengan perbandingan (ekstrak kasar metanol:kitosan) 2:1 (a) dan enkapsulat B dengan perbandingan (fraksi metanol:kitosan) 1:2 (b)

Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri ini menggunakan metode difusi agar sumur terhadap bakteri uji yakni *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. thyphimurium*. Senyawa atau antibakteri yang ada disampel memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroba uji. Hal ini ditunjukkan dengan adanya zona hambatan atau daerah transparan disekitar sumur pada pertumbuhan bakteri (Jawets, *et al.*, 1996). Berikut merupakan diameter daya hambat yang terbentuk dari pengujian antibakteri sampel ekstrak dan enkapsulat:

Tabel 3. Diameter Zona Hambat Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Metanol Kulit Batang Pohon Sukun terhadap Bakteri *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. thyphimurium*

Bakteri	Konsentrasi (mg/sumur), Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) \pm SD							
	10	5	2,5	1,25	0,625	0,312	0,156	0,078
<i>S. aureus</i>	14,32 \pm 3,12	12,57 \pm 3,41	10,98 \pm 4,45	9,52 \pm 4,26	10,64 \pm 6,14	9,83 \pm 5,68	6,50 \pm 3,75	-
<i>P. aeruginosa</i>	12,06 \pm 1,01	11,32 \pm 1,42	10,27 \pm 1,42	9,59 \pm 0,69	7,53 \pm 1,34	7,55 \pm 1,46	4,68 \pm 2,70	-
<i>S. thyphimurium</i>	14,86 \pm 4,07	12,69 \pm 2,10	13,02 \pm 2,10	11,26 \pm 1,56	9,97 \pm 1,06	8,08 \pm 2,21	5,28 \pm 1,25	5,36 \pm 3,17

Tabel 4. Diameter Zona Hambat Aktivitas Antibakteri Fraksi Metanol Kulit Batang Pohon Sukun terhadap Bakteri *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. thyphimurium*

Bakteri	Konsentrasi (mg/sumur), Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) \pm SD							
	10	5	2,5	1,25	0,625	0,312	0,156	0,078
<i>S. aureus</i>	4,10 \pm 0,24	4,03 \pm 2,33	-	-	-	-	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	13,97 \pm 0,39	10,63 \pm 0,80	8,74 \pm 1,30	7,64 \pm 1,98	6,85 \pm 1,63	6,91 \pm 1,32	4,36 \pm 1,23	4,39 \pm 2,53
<i>S. thyphimurium</i>	13,84 \pm 0,35	10,60 \pm 1,81	9,39 \pm 1,17	9,52 \pm 1,19	6,55 \pm 0,69	5,85 \pm 0,21	6,06 \pm 0,54	3,81 \pm 0,46

Tabel 5. Diameter Zona Hambat Aktivitas Antibakteri Enkapsulat A terhadap Bakteri *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. thyphimurium*

Bakteri	Konsentrasi (mg/sumur), Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) \pm SD			
	100	75	50	25
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	-	-
<i>S. thyphimurium</i>	-	-	-	-

Tabel 6. Diameter Zona Hambat Aktivitas Antibakteri Enkapsulat B terhadap Bakteri *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. thyphimurium*

Bakteri	Konsentrasi (mg/sumur), Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) \pm SD			
	100	75	50	25
<i>S. aureus</i>	8,84 \pm 5,14	-	-	-
<i>P. aeruginosa</i>	4,81 \pm 0,32	4,35 \pm 0,46	3,18 \pm 3,18	3,27 \pm 1,89
<i>S. thyphimurium</i>	4,32 \pm 2,49	3,83 \pm 2,21	3,54 \pm 2,04	-

Berdasarkan hasil dari tabel di atas dapat diketahui bahwa ekstrak kasar metanol dan fraksi metanol bisa menghambat pertumbuhan terhadap bakteri gram negatif maupun bakteri gram positif, sedangkan pada sampel campuran enkapsulat B yang hanya mampu menghambat bakteri uji. Menurut Jawetz, *et al.* (1996) menyatakan bahwa aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh 4 faktor yakni konsentrasi, daya difusi ekstrak, kandungan senyawa metabolit dan jenis bakteri yang dihambat. Aktivitas antibakteri ekstrak kasar dan fraksi metanol berhubungan dengan metabolit sekunder yang dikandungnya. Keberadaan metabolit sekunder ini menjadi faktor penting melalui mekanismenya terhadap bakteri. Berdasarkan hasil uji fitokimia sebelumnya positif mengandung senyawa alkaloid, polifenol dan flavonoid. Hasil pengujian yang ditunjukkan diatas dengan perbedaan diameter daya hambat bakteri disebabkan karena struktur dinding sel bakteri gram positif lebih sederhana sehingga memudahkan senyawa antibakteri untuk masuk kedalam sel dan menemukan sasaran untuk, bekerja sedangkan struktur dinding sel bakteri gram negatif lebih kompleks dan berlapis tiga. Sehingga daya hambat bekerja yang terjadi lebih kuat daripada bakteri golongan gram positif. Variasi konsentrasi yang berbeda-beda menunjukkan pengaruh yang berbeda pula terhadap zona hambatan yang dihasilkan. Setiap bagian dari tanaman sukun memiliki aktivitas antibakteri. Ekstrak daun sukun diketahui memiliki aktivitas antibakteri terhadap *P. aeruginosa*, buah sukun memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* (Tara, 2012) ranting pohon sukun memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Bacillus cereus*, sedangkan akar pohon tanaman sukun memiliki aktivitas antibakteri terhadap *M. tuberculosis* (Rahman, *et al.*, 2012).

Uji Aktivitas Antioksidan

Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak kasar dan fraksi metanol kulit kayu batang sukun dilakukan dengan metode DPPH. Prinsip dari metode ini adalah mengukur kemampuan suatu larutan yang mengandung senyawa aktif untuk meredam keaktifan radikal bebas stabil. Mekanisme antioksidan melalui tiga tahap reaksi yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi. Inisiasi ditandai dengan terlepasnya atom hidrogen dari molekul asam lemak sehingga terbentuk radikal bebas alkil. Tahap propagasi yaitu saat radikal bebas alkil yang terbentuk pada tahap inisiasi bereaksi dengan oksigen atmosfer membentuk radikal bebas peroksil. Radikal bebas peroksil yang terbentuk bereaksi dengan atom hidrogen yang terlepas dari asam lemak tidak jenuh lain membentuk hidroperoksida.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya kemampuan senyawa sebagai antioksidan yaitu IC₅₀. Nilai IC₅₀ merupakan konsentrasi senyawa antioksidan yang dibutuhkan untuk mengurangi radikal DPPH sebesar 50% diperoleh dari persamaan regresi linier yang menyatakan hubungan antara konsentrasi ekstrak atau fraksi sebagai sumbu x dan % penangkapan radikal sebagai sumbu y. Berikut ini merupakan nilai IC₅₀ pada masing-masing sampel:

Tabel 6. Nilai IC₅₀ Ekstrak Kasar, Fraksi Metanol dan Masing-masing Enkapsulat

Sampel	Nilai IC ₅₀ (ppm)
Ekstrak Kasar Metanol	184,251
Fraksi Metanol	201,333
Enkapsulat A	587,692
Enkapsulat B	440,870

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa kedua enkapsulat dan fraksi metanol memiliki aktivitas antioksidan lebih kecil dibandingkan dengan ekstrak kasar metanol. Hal ini dapat dilihat dari nilai IC_{50} pada ekstrak kasar metanol sebesar 184,251 ppm tergolong dalam intensitas sedang menurut (Molyneux, 2004). Adanya senyawa metabolit sekunder yang aktif dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan. Telah dilakukan penelitian oleh Supriyanti, *et al.* (2010) diperoleh hasil nilai IC_{50} dari ekstrak metanol daun sukun sebesar 103,29 ppm.

Alkaloid, flavonoid dan fenolik merupakan ketiga senyawa aktif ini yang mempengaruhi aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh ekstrak kasar, fraksi metanol dan enkapsulat dari *Garcinia dioica* Blume (Ardiningsih, *et al.*, 2012). Menurut Petrina, *et al.* (2017), senyawa yang mengandung gugus OH akan memecah menghasilkan O^- dan H^+ , dimana gugus hidroksil ini dilepas dan bereaksi dengan radikal bebas DPPH, sehingga dapat meredam radikal bebas DPPH dan membentuk 1,1-difenil-2-diprikil-hidrazin (DPPH-H). Maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak gugus hidroksil yang dimiliki oleh senyawa aktif, semakin besar pula kemampuan senyawa aktif tersebut dalam meredam aktivitas radikal bebas.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak kasar dan fraksi metanol sebelum dienkapsulat aktif menghambat pertumbuhan bakteri *S.aureus*, *P. aeruginosa* dan *S. typhimurium* pada rentang konsentrasi 0,078-10 mg/sumur. Enkapsulat B mempunyai aktivitas antibakteri dengan rentang konsentrasi 25-100 mg/sumur dan termasuk dalam kriteria kekuatan antibakteri lemah, tetapi untuk enkapsulat A tidak mempunyai aktivitas antibakteri. Ekstrak maupun enkapsulat A dan B kulit kayu batang sukun memiliki aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dengan nilai IC_{50} pada ekstrak kasar, fraksi metanol, enkapsulat A dan B berturut-turut sebesar 184,251; 201,333; 587,692 dan 440,870 ppm. Komposisi formulasi optimum pada enkapsulat B 1:2 (b/b) fraksi:kitosan dengan nilai efisiensi sebesar 77,28%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amila.; Hadiansyah, C.; Fazriah, Y.; Darusman, F. dan Topik, I., 2016, Pengaruh Jenis Penyalut Terhadap Stabilitas Likopen dalam Bentuk Sediaan Mikrokapsul, *IJPST.*, 3: 111-118.
- Ardiningsih, P.; Sumarni; Risa, N. dan Afghani, J., 2012, Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Sub Fraction Asam Kandis (*Garcinia dioica* Blume), *J. of Pharmaceutical Science*, 2: 172-174.
- Bansal, V.; Sharma, K.P.; Sharma, N.; Pal, P.O. dan Malviya, R., 2011, Applications of chitosan and chitosan derivatives in drug delivery, *Advances in Biological Research*, 5: 28-37.
- Jawetz, E.L.; Melnick. dan Alberg., 1996. Mikrobiologi Kedokteran Edisi ke-20, EGC Buku Kedokteran, Jakarta.
- Makmur, L.; Agustini, L. dan Mishra., 1999, Artonol B dan Sikloartobilosanton dari Tumbuhan *Artocarpus teysmanii* MIQ, Lembaga Penelitian ITB, Bandung.
- Molyneux, P., 2004, The Use Of Stable Free Radicals Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, *J.of Science Technology.*, 26: 211-219.
- Nasution, H. dan Musyima, R., 2014, Pengujian antiradikal bebas difenilpikril hidrazil (DPPH) ekstrak etil asetat daun nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk), *J. Sains Dasar.*, 3: 137-141.
- Petrina, R.; Andi, H. A. dan Harlia, 2017, Uji Aktivitas Antioksidan dan Toksisitas Kulit Biji Pinang Sirih (*Areca catechu* L.), *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6:70-77.
- Rahman, M.A.; Ahsna, T. dan Islam, S., 2010, Antibacterial and antifungal properties of methanol extract from the stem of *Argyrea argentea*. *Bang, J. Pharmacol.*, 5: 41-44.
- Rismana, E.; Kusumaningrum, S.; Bunga, O.; Rosidah, I. dan Marhamah, 2014, Sintesis dan karakterisasi nanopartikel kitosan - ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*). *J.Sains dan Teknologi Indonesia.*, 14 : 189-96.
- Shebis, Y.; Iluz, D.; Kinel, Y.T.; Dubinsky, Z. dan Yehoshua, Y., 2013. Natural Antioxidants: Function and Sources, *J. Food and Nutrition Sciences.*, 4: 643-649.
- Supriyanti, F.M.T., 2009, Pemanfaatan Senyawa Bioaktif dari Ekstrak Kulit Batang *Artocarpus* sp. Sebagai Inhibitor Tirosinase pada Pigmentasi Kulit. *J. Pengajaran MIPA.*, 13: 1412-0917.

- Tara, K., 2012, Investigation of antioxidant activity and phytochemical constituents of (*Artocarpus altilis*), *J. of Medicinal Plants Research.*, 6: 4354-4357.
- Tian, L.L dan P.J. White., 1994, Antioxidant Activity of Oat Extract in Soybean and Cottonseed Oils. *Journal Of American Oil Chemists' Society.*, 71: 1079-1086.
- Turisman, A.P. dan Nofiani, R., 2012, Total Fenol Fraksi Etil Asetat dari Buah Asam Kandir (*Garcinia diocia Blume*), *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1: 45-48.