



CURRENT BIOCHEMISTRY

ISSN: 2355-7877

e-ISSN: 2355-7931

Journal homepage: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/cbj>

Journal E-mail: [current.biochemistry@gmail.com](mailto:current.biochemistry@gmail.com)

**CB** Current  
Biochemistry

## Potency Evaluation of Moringa Leaf Extract Nanoparticles as a Bioactive Candidate of Eco-Friendly Antifouling Paint

(Evaluasi Potensi Nanopartikel Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Kandidat Bioaktif pada Cat Antifouling Ramah Lingkungan)

Laksmi Ambarsari<sup>1\*</sup>, Riksa Nur Wahyuni<sup>1</sup>, Agung Isnanto<sup>1</sup>, Rifany Fairuz Aqilah<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Department of Biochemistry, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

Received: 20 July 2019 ; Accepted: 20 November 2019

Corresponding author : Dr. Laksmi Ambarsari, MS; Departemen Biokimia, Jl.Tanjung Grdung Departemen Biokimia, Kampus IPB Dramaga; e-mail: [laksmi@apps.ipb.ac.id](mailto:laksmi@apps.ipb.ac.id)

### ABSTRACT

Biofouling has become a serious problem for maritime industry players. Efforts have been made to overcome the biofouling problem through the use of TBT-SPC paint which is a heavy metal group. A new alternative to replace the antifouling material is the flavonoid of moringa leaf (*Moringa oleifera*). This study aims to analyze the potential of nanoparticles of moringa leaf to be a bioactive candidate in antifouling paint. The 30.12 g extraction of moringa leaf was done by the maceration method using ethanol 96% and 9.32% yield was obtained. Flavonoid was isolated using the liquid-liquid extraction method and 60.11% yield was obtained; then encapsulated in nanoparticle (size 31.26 nm) with chitosan. The antifouling potential was evaluated by inhibition and degradation tests using the bacteria *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. The percentage of inhibition of moringa leaf nanoparticles and moringa leaf flavonoids had values of 43.55% and 10.29% for *P. aeruginosa* bacteria; while for *B. subtilis* bacteria 25.85% and 82.58%. The percentage of biofilm degradation of moringa leaf nanoparticle samples and moringa leaf flavonoid extracts had values of 6.9% and 2.2% for *P. aeruginosa* bacteria; while for *B. subtilis* bacteria 87.85% and 65.91%.

**Keywords:** Antifouling paint, Flavonoid, Moringa leaves, Nanoparticle

### ABSTRAK

Biofouling telah menjadi masalah serius bagi para pelaku industri maritim. Upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi masalah biofouling melalui penggunaan cat TBT-SPC yang merupakan golongan logam berat. Alternatif baru untuk mengganti bahan antifouling tersebut adalah dengan senyawa flavonoid daun Kelor (*Moringa oleifera*). Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi nanopartikel daun Kelor sebagai kandidat bioaktif pada cat antifouling. Ekstraksi 30.12 g daun kelor dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% dan didapatkan rendemen sebesar 9.32%. Senyawa flavonoid diisolasi menggunakan metode ekstraksi cair-cair dan diperoleh rendemen sebesar 60.11%; kemudian dienkapsulasi dalam sediaan nanopartikel (ukuran 31.26 nm) dengan kitosan. Potensi antifouling dilakukan dengan uji penghambatan dan degradasi menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*. Persentase penghambatan sampel nanopartikel daun kelor dan ekstrak flavonoid daun

kelor memiliki nilai sebesar 43.55% dan 10.29% untuk bakteri *P. aeruginosa*; sedangkan untuk bakteri *B. subtilis* sebesar 25.85% dan 82.58%. Persentase degradasi biofilm sampel nanopartikel daun kelor dan ekstrak flavonoid daun kelor memiliki nilai sebesar 6.9% dan 2.2% untuk bakteri *P. aeruginosa*; sedangkan untuk bakteri *B. subtilis* sebesar 87.85% dan 65.91%.

**Kata kunci:** Cat antifouling, Daun Kelor, Flavonoid, Nanopartikel

## 1. PENDAHULUAN

*Biofouling* merupakan proses penempelan organisme pada berbagai struktur substrat padat yang terendam air laut oleh organisme *fouling*, terutama dari mikroba, diatom, teritip, *tunicates*, *bryozoa* dan spora dari ganggang laut (Bhadury dan Philip 2004). *Biofouling* telah menjadi masalah serius bagi para pelaku industri maritim. Sektor perikanan dan industri perkapalan mengalami dampak yang serius akibat masalah *biofouling* ini. Penempelan organisme ini menyebabkan dampak buruk pada struktur benda di laut, apalagi bila penempelan ini mempercepat terjadinya proses biokorosi (Aulia 2011). Penempelan *biofouling* pada kapal dapat menyebabkan penambahan berat kapal, meningkatnya gaya hidrodinamik dan menurunkan kemampuan manuver kapal yang dapat meningkatkan biaya akibat peningkatan penggunaan tenaga kerja, bahan bakar, dan waktu *docking* (Bazes et al. 2009).

Upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi masalah *biofouling* adalah dengan penggunaan cat *antifouling* pada struktur atau benda-benda yang terkena air laut. Cat *antifouling* komersial yang dijual dipasaran umumnya mengandung bahan dari logam berat. Keberadaan logam berat ini menjadi suatu masalah baru selain *biofouling* itu sendiri. Penggunaan cat *antifouling* komersial yang semakin marak menyebabkan jumlah logam berat yang terakumulasi dilaut menjadi semakin tinggi. Hal ini yang akan berdampak pada terjadinya pencemaran lingkungan. Salah satu contohnya adalah penggunaan cat TBT-SPC (Meseguer et al. 2004). Hal ini membuat perlunya suatu alternatif baru untuk mengganti bahan *antifouling* yang kurang ramah

lingkungan dengan bahan yang tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan; salah satu pilihannya adalah dengan senyawa hasil metabolit sekunder.

Kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan sejenis tumbuhan dari suku Moringaceae. Tumbuhan ini mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, fenol, dan saponin (Arora et al. 2013). Senyawa aktif golongan flavonoid yang terdapat dalam daun kelor diyakini berpotensi sebagai *antifouling* karena dapat menghambat pertumbuhan biofilm (Homonta 2016). Namun, senyawa flavonoid memiliki kelemahan yaitu tidak stabil terhadap pengaruh suhu dan intensitas cahaya tinggi sehingga mudah teroksidasi. Salah satu upaya untuk mencegah kerusakan senyawa tersebut adalah dengan pembuatan nanopartikel. Nanopartikel dengan polimer kitosan dapat melindungi zat aktif dari pengaruh suhu tinggi dan lingkungan akibat adanya sifat tahan panas yang dimiliki kitosan, sehingga meningkatkan stabilitasnya (Saputra 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi nanopartikel ekstrak daun kelor sebagai kandidat bioaktif pada cat *antifouling*.

## 2. METODOLOGI

### Ekstraksi Daun Kelor (Modifikasi Cahyadi 2018)

Ekstraksi daun kelor menggunakan metode maserasi dengan merendam 30.12 gram daun Kelor dalam 300 mL etanol 96% selama 24 jam. Filtrat yang didapat kemudian ditampung dan sisa penyaringan direndam kembali dengan pelarut yang baru. Filtrat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* sampai diperoleh ekstrak kasar daun Kelor.

### **Isolasi Senyawa Flavonoid (Andersen dan Markham 2006)**

Ekstrak kasar daun Kelor dilarutkan dengan etanol 96%. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dipartisi dengan n-heksana di dalam corong pisah dengan perbandingan 2:1 (pelarut: sampel) untuk partisi pertama, dan perbandingan 1:2 (pelarut: sampel) untuk partisi selanjutnya. Partisi ini dilakukan sebanyak tiga kali hingga terbentuk dua fraksi. Fraksi n-heksana dibagian atas dibuang, sedangkan fraksi etanol dibagian bawah dikumpulkan dan digunakan kembali untuk melakukan partisi selanjutnya menggunakan kloroform. Fraksi etanol ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 di dalam corong pisah. Kemudian, pelarut kloroform ditambahkan ke dalam fraksi etanol-air dengan perbandingan 2:1 (sampel: pelarut). Partisi dengan kloroform dilakukan sebanyak tiga kali. Setelah terbentuk dua fraksi, fraksi kloroform dibagian bawah dibuang, sedangkan fraksi etanol-air dibagian atas dikumpulkan. Fraksi etanol-air yang telah melalui tahap partisi selanjutnya dipekatkan dengan penguap berputar pada suhu 60 °C untuk mendapatkan ekstrak flavonoid daun Kelor.

### **Nanopartikel Daun Kelor (Saputra 2016)**

Kitosan dibuat dengan konsentrasi 0.4% b/v yang dilarutkan ke dalam asam asetat 1% b/v. Larutan natrium tripolifosfat (Na-TPP) 0.1% dibuat, dan larutan stok dibuat dengan sebanyak 80 mg ekstrak flavonoid daun Kelor dilarutkan dalam 10 mL etanol 96%. Sebanyak 1 mL larutan stok ekstrak ditambahkan kedalam larutan Na-TPP 0.1% dengan cara diteteskan disertai pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Campuran ekstrak flavonoid daun Kelor dan Na-TPP ditambahkan ke dalam larutan kitosan setetes demi setetes pada temperatur ruangan di bawah putaran *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1500 rpm selama 3 jam hingga terbentuk suspensi nanopartikel daun Kelor.

### **Analisis Ukuran Partikel dengan Particle Size Analyzer (PSA) (Hasan 2013)**

Sebanyak 100 mg nanopartikel daun Kelor dilarutkan dalam 7.5 mL akuades dan dikocok hingga homogen. Kemudian larutan tersebut dianalisis dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk ditentukan ukuran partikel dan indeks polidispersitasnya.

### **Inhibisi Ekstrak yang Tidak Terjerap (Modifikasi Saputra 2016)**

2,2-difenil-1-pokrilhidrazil (DPPH) dibuat dengan konsentrasi 40 ppm yang dilarutkan ke dalam metanol. Sebanyak 1 mL larutan stok ekstrak flavonoid daun Kelor dilarutkan ke dalam 1 mL metanol dan dicampurkan dalam 2 mL DPPH 40 ppm. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektro UV-Vis pada panjang gelombang 515 nm. Nanopartikel daun Kelor dilarutkan ke dalam 1 mL metanol dan dicampurkan dalam 2 mL DPPH 40 ppm. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektro UV-Vis pada panjang gelombang 515 nm. Inhibisi nanopartikel daun Kelor terhadap DPPH dihitung dengan persamaan (1) yang mengacu pada Saputra (2016):

Inhibisi Ekstrak yang Tidak Terjerap Nanopartikel

$$= \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$A_0$  = Absorbansi nanopartikel daun Kelor

$A_1$  = Absorbansi ekstrak daun Kelor

### **Uji Penghambatan dan Degradasi Biofilm *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* (Modifikasi Christensen *et al.*, 1985 oleh Sholeh 2017)**

Uji penghambatan pembentukan biofilm dilakukan dengan metode *Microtiter Plat* (MTP) Assay. Bakteri *P. aeruginosa* dan *B. subtilis* ditumbuhkan dalam media kaldu

*Brain Heart Infusion* (BHI) selama 24 jam. Suspensi bakteri yang digunakan dibandingkan dengan standar *Mc Farland V* ( $15 \times 10^8$  CFU/mL). Suspensi bakteri dimasukkan ke dalam microplat 96 sumur sebanyak 10  $\mu$ L dan ditambahkan media kaldu BHI 80  $\mu$ L. Sampel uji berupa nanopartikel daun Kelor, ekstrak flavonoid daun Kelor, campuran nanopartikel daun Kelor dengan cat dasar, campuran ekstrak flavonoid daun Kelor dengan cat dasar, dan kontrol negatif berupa nanopartikel kitosan dan etanol 96%. Bakteri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Suspensi bakteri dibuang dan dicuci dengan PBS pH 7.2 sebanyak 3 kali secara hati-hati. Pewarna ungu Kristal 0.1 % ditambahkan ke dalam pelat sebanyak 125  $\mu$ L dan diinkubasi selama 30 menit di suhu ruang. Pewarna dibuang dan kelebihan warna dicuci dengan akuades steril hingga larutan tidak berwarna. Etanol 96 % ditambahkan ke dalam pelat sebanyak 200  $\mu$ L dan diinkubasi di suhu ruang selama 45 menit. Larutan etanol dipindahkan sebanyak 100  $\mu$ L ke pelat yang baru dan absorban dibaca pada panjang gelombang 595 nm menggunakan nanospektrofotometer.

Uji degradasi biofilm dilakukan dengan metode yang sama pada uji penghambatan biofilm. Perbedaannya ialah sampel ditambahkan setelah bakteri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Pengujian ini dilakukan triplo, dan parameter ada tidaknya penghambatan dilihat dari setiap sampel yang menunjukkan nilai persen penghambatan. Nilai persen penghambatan dihitung dengan persamaan (2) dan degradasi dihitung dengan persamaan (3) yang mengacu pada Saputra (2016):

$$\% \text{ Penghambatan} = 1 - \left( \frac{\text{ODs} - \text{ODsb}}{\text{ODn} - \text{ODnb}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

ODs : OD sampel

ODsb : OD blanko sampel

ODn : OD kontrol normal

ODnb : OD blanko kontrol normal

$$\% \text{ Degradasi} = \left( \frac{\text{ODk} - \text{ODs}}{\text{ODk}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

ODk : OD kontrol negatif

ODs : OD sampel

### 3. HASIL

#### Rendemen Ekstrak Daun Kelor

Proses ekstraksi daun Kelor dilakukan dengan metode maserasi dengan pelarut alkohol 96%. Filtrat maserasi kemudian diuapkan dengan *rotary evaporator*. Metode maserasi digunakan karena memiliki kelebihan seperti cara pengerjaan dan alat yang digunakan sederhana, biaya operasional relatif rendah, serta dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil karena tidak dilakukan pemanasan (Susanty dan Bachmid 2016). Ekstraksi daun Kelor menghasilkan rendemen sebesar 9.32% (Tabel 1).

#### Isolasi Senyawa Flavonoid Daun Kelor

Tahap isolasi flavonoid dilakukan untuk mengambil senyawa golongan flavonoid dari ekstrak kasar daun Kelor. Golongan senyawa flavonoid diisolasi karena berpotensi sebagai senyawa *antifouling*. Senyawa flavonoid diisolasi menggunakan prinsip ekstraksi cair-cair. Hasil yang didapatkan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil ekstraksi daun kelor

Massa daun (gram)	serbuk Kelor	Volume etanol 96% (mL)	Massa ekstrak kasar daun Kelor (gram)	Rendemen (%)
30.12		300	2.81	9.32

**Tabel 2.** Hasil isolasi senyawa flavonoid daun kelor

Massa ekstrak kasar daun kelor (gram)	Massa ekstrak flavonoid daun kelor (gram)	Rendemen (%)
5.27	3.16	60.11

Rendemen yang didapat menunjukkan hasil yang cukup baik, yaitu sebesar 60.11%. Persentase rendemen yang besar menunjukkan bahwa daun Kelor mengandung senyawa flavonoid dengan kadar yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Lutfiana (2013), memperoleh hasil rendemen yang lebih rendah yaitu sebesar 59.645%.

### Nanopartikel Daun Kelor

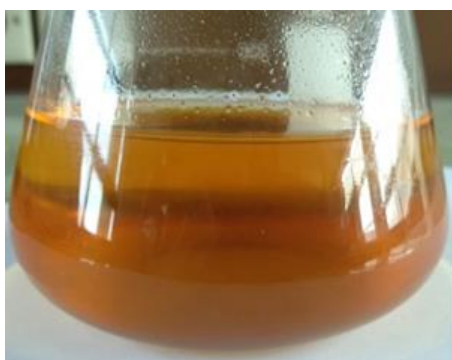
Nanopartikel daun Kelor dilakukan dengan metode gelasi ionik menggunakan penyalut berupa kitosan dan tripolifosfat. Hasil nanopartikel diamati kestabilannya untuk melihat keberhasilan pembuatan nanopartikel. Kestabilan sampel dilihat melalui pengamatan secara fisik sebanyak tiga kali dengan rentang waktu dua minggu. Hasil pengamatan menunjukkan kestabilan yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terbentuknya endapan atau agregat pada sampel (Gambar 1). Menurut Wahyudi *et al.* (2011), kestabilan nanopartikel dikatakan tinggi apabila tidak terjadi peristiwa aglomerasi.

### Analisis Particle Size Analyzer (PSA)

Particle Size Analyzer (PSA) dilakukan untuk mengetahui ukuran patikel sampel. Analisis PSA menghasilkan tiga puncak dengan rata-rata ukuran partikel 31.26 nm dan indeks polidispersi 0.899 (Gambar 2). Terbentuknya tiga puncak pada analisis PSA menunjukkan sampel tidak homogen. Ukuran partikel sampel sudah termasuk nanopartikel dengan ukuran yang kecil, sedangkan indeks polidispersi sampel menunjukkan hasil yang kurang baik karena memiliki nilai lebih dari 0.5.

### Inhibisi ekstrak tidak terjerap

Inhibisi ekstrak tidak terjerap menggunakan pembanding baku DPPH. Inhibisi ekstrak yang tidak terjerap dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi ekstrak flavonoid daun kelor dengan nanopartikel daun kelor.

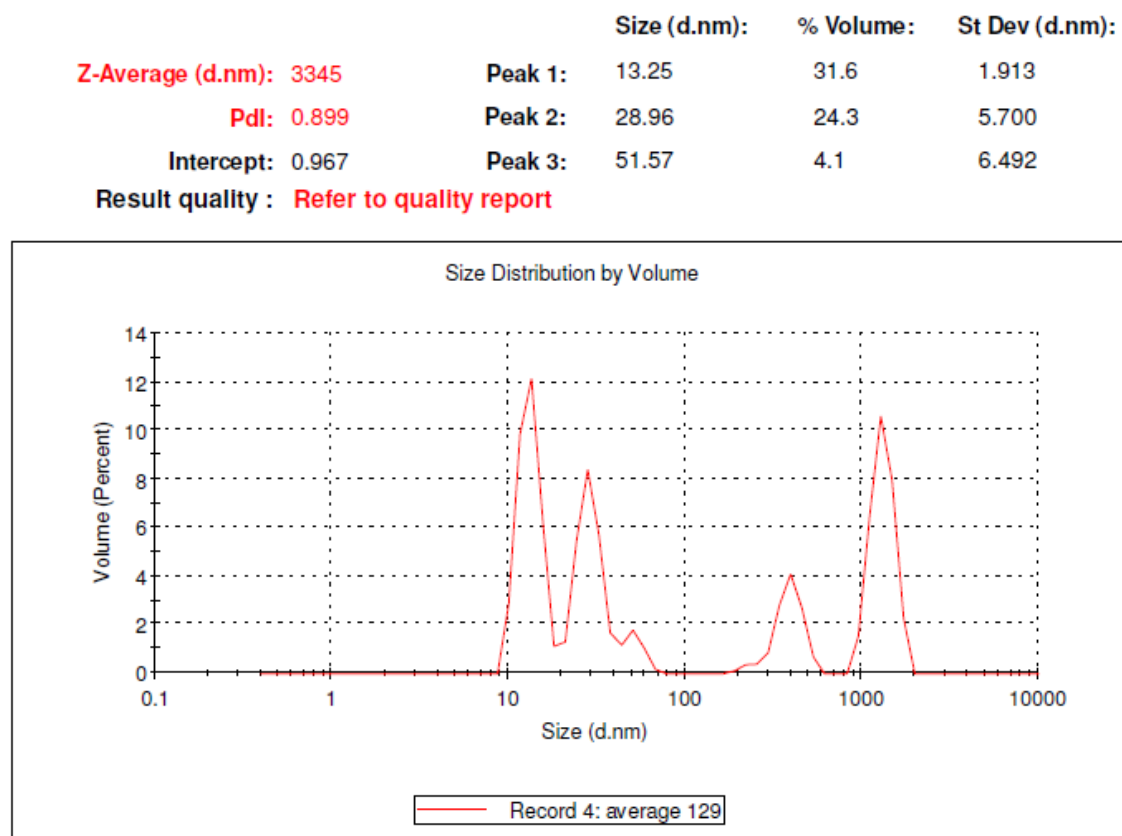


a



b

**Gambar 1.** Kestabilan nanopartikel daun kelor (a) minggu kesatu (b) minggu kedua



**Gambar 2.** Hasil analisis PSA

**Tabel 3.** Inhibisi ekstrak tidak terjerap

Sampel	Ulangan	Inhibisi (%)
Nanopartikel daun Kelor	1	76.92
	2	62.50

### Penghambatan dan Degradasi Biofilm

Nilai penghambatan menunjukkan kemampuan suatu sampel dalam mencegah terbentuknya biofilm. Hasil penghambatan biofilm dengan sampel nanopartikel daun kelor dan ekstrak flavonoid daun kelor memiliki nilai sebesar 43.55% dan 10.29% untuk bakteri *P. aeruginosa*, sedangkan untuk bakteri *B. subtilis* sebesar 25.85% dan 82.58% (Tabel 4). Nilai degradasi menunjukkan kemampuan suatu sampel dalam menghilangkan biofilm yang sudah terbentuk. Hasil degradasi biofilm, dengan biofilm dengan sampel nanopartikel daun kelor dan ekstrak flavonoid daun kelor memiliki nilai sebesar 6.9% dan 2.2% untuk bakteri *P. aeruginosa*, sedangkan untuk bakteri *B.*

*subtilis* sebesar 87.85% dan 65.91% (Tabel 4).

### 4. PEMBAHASAN

Tanaman obat *Moringa oleifera* atau yang lebih dikenal dengan nama kelor telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Loresta et al. 2013 menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor mampu menghambat pembentukan bakteri *S. aureus*. Penelitian lain yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor memiliki aktivitas antibakteri, antitumor, antidiabetik (Toripah 2014).

Tanaman kelor yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pusat studi

biofarmaka (PSB). Ekstrak daun kelor diperoleh melalui maserasi menggunakan etanol 96%. Penggunaan maserasi didasarkan oleh yang menyatakan bahwa metode maserasi dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil karena tidak dilakukan pemanasan (Susanty dan Bachmid 2016). Selain itu pemilihan etanol 96 % mengacu pada penelitian Hikma dan Ardiansyah (2018), dimana ekstraksi daun kelor menggunakan etanol 96% menghasilkan rendemen sebesar 10.6 %, sedangkan penelitian yang dilakukan menghasilkan reendemen sebesar 9.32%. Adanya perbedaan jumlah rendemen dapat disebabkan karena perbedaan faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, unsur hara, suhu, kelembapan.

Ekstrak etanol yang didapat selanjutnya dilakukan isolasi senyawa flavonoid menggunakan teknik fraksinasi cair-cair. Fraksinasi dilakukan dengan larutan n-heksana dan kloroform yang memiliki sifat non polar dimana bertolak belakang dengan sifat flavonoid yang polar. Hal ini didasarkan pada prinsip *like dissolve like* artinya pelarut akan melarutkan senyawa yang tingkat kepolarannya sama dengan pelarut tersebut (Sapri 2011). Senyawa flavonoid selain memiliki sifat polar juga merupakan senyawa yang bersifat tidak tahan panas. Untuk mengatasi masalah ini dilakukanlah penyalutan senyawa flavonoid menggunakan nanopartikel kitosan menggunakan metode gelas ionik. Pembuatan nanopartikel selain untuk meningkatkan kestabilan senyawa flavonoid juga berfungsi untuk meningkatkan aktivitas senyawa flavonoid dalam menghambat pembentukan biofilm.

Karakterisasi nanopartikel daun Kelor dilakukan dengan melihat ukuran dan distribusinya menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Hasil analisis menunjukkan nanopartikel daun Kelor berukuran 31.26 nm dengan indeks polidispersi 0.899. Ukuran nanopartikel daun Kelor sudah termasuk

nanopartikel dengan ukuran yang kecil. Hal ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa suatu senyawa dikatakan nanopartikel jika memiliki ukuran sebesar 1-100 nm (Rachmawati 2007). Sedangkan nilai indeks polidispersi nanopartikel daun Kelor yang tinggi menunjukkan heterogenitas yang tinggi. Ukuran dan distribusi partikel yang tidak seragam tersebut dapat disebabkan karena adanya aglomerasi untuk membentuk partikel yang lebih besar. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya formula kombinasi kitosan dan STPP, pH larutan, dan kecepatan pengadukan dengan *stirrer* (Prasetyo *et al.*, 2015).

Persentase ekstrak flavonoid daun Kelor yang tidak terjerap atau terenkapsulasi di dalam sediaan nanopartikel dihitung berdasarkan inhibisi ekstrak tidak terjerap. Semakin kecil nilai persen inhibisi maka semakin besar kemampuan polimer kitosan dapat mengenkapsulasi dan melindungi zat aktif, sehingga semakin besar zat aktif yang dapat terenkapsulasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai persentase inhibisi nanopartikel daun Kelor besar yang berarti senyawa flavonoid yang terjerap oleh kitosan sedikit. Kemungkinan lainnya adalah senyawa flavonoid hanya menempel di permukaan kitosan.

Aktivitas antibiofilm dilakukan dengan metode *Microtiter Plat* (MTP) *Assay*. Metode *MTP Assay* merupakan metode yang cepat dan sederhana untuk menguji pembentukan biofilm bakteri secara *in vitro* (Djordjovic *et al.*, 2010). Penghambatan biofilm dilakukan dengan prinsip mengukur absorbansi biofilm yang terbentuk setelah diwarnai dengan kristal ungu (Niu dan Gilbert 2004). Daun kelor memiliki kandungan flavonoid yang tinggi. Lee *et al* (2013) menyatakan bahwa flavonoid berpotensi menghambat pertumbuhan biofilm karena dapat menghambat *intercellular adhesion* genes *icaA* dan *icaD*.

**Tabel 4.** Hasil penghambatan dan degradasi biofilm *P. aeruginosa* dan *B. subtilis*

Sampel	Penghambatan (%)		Degradasi (%)	
	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. Subtillis</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. Subtillis</i>
Nanopartikel	43.55	25.85	6.9	87.85
Ekstrak	10.29	82.58	2.2	65.91
Cat Nanopartikel	11.77	0	1.88	80
Cat Ekstrak	7.6	97.51	0.68	10.25

Gen ini dapat mensintesis *Polysaccharide Intercellular Adhesion* (PIA) yang mempunyai <sup>peranan</sup> penting dalam agregasi sel dan pembentukan EPS dalam pembentukan biofilm pada bakteri *Staphylococcus aureus* (Archer et al., 2011).

Hasil penghambatan biofilm dengan nanopartikel daun kelor lebih baik dari ekstrak flavonoid daun kelor untuk bakteri *P. aeruginosa*, sedangkan penghambatan dengan sampel ekstrak flavonoid daun kelor lebih baik dari nanopartikel daun kelor untuk bakteri *B. subtilis*. Nilai penghambatan yang baik oleh ekstrak daun kelor pada bakteri *B. subtilis* disebabkan oleh nilai absorbansi blanko sampel yang besar akibat pencucian pewarna kristal ungu yang kurang bersih. Penghambatan biofilm dengan ekstrak flavonoid daun kelor cukup tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian Kining et al., (2016) yang menguji antibiofilm pada ekstrak daun pepaya terhadap bakteri *P. aeruginosa* dengan hasil penghambatan sebesar 46.748%. Hasil degradasi biofilm dengan nanopartikel daun kelor lebih baik dari ekstrak flavonoid daun kelor untuk bakteri *P. aeruginosa* dan *B. subtilis*. Hasil degradasi ekstrak flavonoid daun kelor terhadap bakteri *P. aeruginosa* memiliki nilai yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan persen degradasi ekstrak daun pepaya yaitu sebesar 49.029% (Kining et al., 2016). Nilai degradasi yang baik oleh nanopartikel daun kelor pada bakteri *P. aeruginosa* dan *B. subtilis* membuktikan bahwa sediaan dalam bentuk nanopartikel dapat melindungi flavonoid sehingga

meningkatkan efektivitas dan stabilitas sebagai zat bioaktif dalam cat *antifouling*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Departemen Biokimia IPB atas dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan. Terimakasih pula penulis sampaikan kepada Maftuchin Sholeh dan semua pihak yang terlibat sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adenia SP. 2016. Penghambatan senyawa metabolit sekunder daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap aktivitas enzim alfa-glukosidase yang diisolasi dari beras lapuk [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Agnihotri SA, Nadagounda N, Mallikarjuna, Tejraj M, Aminabhavi. 2004. Recent advances on chitosanbased micro- and nanoparticles in drug delivery. *J. Control* 100(1): 5-28.
- Archer NK, Mazaitis MJ, Costerton JW, Leid JG, Powers ME, Shirtliff ME. 2011. *Staphylococcus aureus* biofilms properties, regulation and roles in human disease. *LandesBioscience. Virulence* 2(5): 445-459.
- Arora SD, Onsare GJ, Kaur H. 2013. Bioprospecting of moringa (*Moringaceae*) : microbiological prespective. *Journal of Pharmacognosy and Phytocemistry* 1(6): 193-215.
- Aulia UN. 2011. Eksplorasi potensi dan fungsi senyawa bioaktif *ascidian Didemnum*



- molle* sebagai antifouling [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bazes A, Silkina A, Douzenel P, Fay F, Kervarec N, Morin D, Berge JP, Bourgougnon N. 2009. Investigation of the antifouling constituents from the brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *J. Appl. Phycol* 21(4): 395-403.
- Bhadury P, Phillip CW. 2004. Exploitation of marine algae: biogenic compounds for potential antifouling applications. *Planta* 219: 561–578.
- Cahyadi DD. 2018. Uji aktivitas diuretik ekstrak etanol 96% daun kelor (*Moringa oleifera*) pada tikus galur wistar jantan [Skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dean J. 2009. *Extraction Techniques In Analytical Science*. London: John Wiley And Sons LTD.
- Djordjevic D, Wiedmann M, McLandsborough LA. 2002. Microtiter Plat Assay for assessment of *Listeria monocytogenes* biofilm formation. *Applied and Enviromental Microbiology* 68(6): 2950- 2958.
- Fan W, Yan W, Xu Z, Ni H. 2012. Colloids and surfaces. *Biointerfaces* 90(1): 21-27.
- Ferrazzano GF, Amato I, Ingenito A, Natale AD, Pollio A. 2009. Anti-cariogenic effects of polyphenols from plant stimulant beverages (cocoa, coffe, tea). *Fitoterapia* 80(1): 255-262.
- Gredi J. 2015. Efektivitas analgetik nanopartikel kitosan – ekstrak etanol daun pepaya (*Carica papaya l.*) pada mencit putih jantan (*Mus musculus*) [Skripsi]. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Hikma SR, Ardiansyah S. 2018. Kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dengan ekstrak daun tin (*Ficus carica* Linn) sebagai larvasida terhadap larva *Aedes aegypti*. *Medicra* 1(2): 94-102.
- Homenta H. 2016. Infeksi biofilm bakterial. *Jurnal e-Biomedik* 4(1): 1-11.
- Kining E, Falah S, Nurhidayat N. 2016. Aktivitas antibiofilm ekstrak air daun pepaya (*Caricapapaya* L.) terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* secara invitro. *Current Biochemistry* 2(3): 150 – 163.
- Lee JH, Park JH, Cho HS, Joo SW, Cho MH, Lee J. 2013. Anti-biofilm activities of quercetin and tannic acid against *Staphylococcus aureus*. *Biofouling* 29(5):491-499.
- Loresta S, Murwani S, Trisunuwati P. 2013. Efek etanol daun kelor (*Moringa olerifera*) terhadap pembentukan biofilm *Staphylococcus aureus* secara *in vitro* [Skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Meseguer YD, Kiil S, Dam-Johansen K. 2004. Antifouling technology—past present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *J. Prog. Org. Coat* 50(1): 75–104.
- Mohanraj VJ, Chen Y. 2006. Nanoparticles: a review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 5(1): 561-573.
- Niu C, Gilbert ES. 2004. Colorimetric method for identifiyng plant essential oil componens that affect biofilm formation and structure. *Applied and Enviromental Mycrobiology* 70(12): 6951-6956.
- Prasetyo YA, Husni P, Mita SR. 2015. Long Circulation nanopartikel menggunakan polimer PLGA (*Poly- Lactic-co-Glicolyc Acid*) dan poloxamer. *FARMAKA* 15(1): 237-247.
- Rachmawati H, Reker-Smit C, Hooge MNL, Loenen-Weemaes AMV, Poelstra K, Beljaars, L. 2007. Chemical Modification of Interleukin-10 with Mannose 6-Phosphate Groups Yield a Liver-Selective Cytokine. *DMD* 35(1): 814-821.

- Sapri. 2011. Uji aktivitas antiooksidan dengan ekstrak kayu bayur Sulawesi (*Pterospermum celebicum* Miq.) dengan metode penangkapan radikal bebas DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *J. Trop. Pharm. Chem* 1(3): 227-234.
- Saputra G. 2016. Karakterisasi nanoenkapsulasi kitosan ekstrak etanol 70% daun sirih (*Piper betle* Linn) dengan metode gelas ionik [Skripsi]. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Sholeh MM. 2017. Sitotoksitas, aktiviatas antibakteri, dan antibiofilm tanaman biduri [Skripsi]. Bogor: Institiut Pertanian Bogor.
- Verdiana M, Widarta IW, Permana IW. 2018. Pengaruh jenis pelarut pada ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik terhadap aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah lemon (*Citrus limon* (Linn.) Burm F.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 7(4):213-222.
- Wijaya H, Novitasari, Jubaidah S. 2018. Perbandingan metode ekstraksi terhadap rendemen ekstrak daun rambai laut (*Sonneratia caseolaris* L. Engl). *Jurnal Ilmiah Manuntung* 40(1): 79-83