



# PROSIDING SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR 2011



**PROSIDING  
SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2011**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2012**

## SUSUNAN TIM PENYUSUN

- Pengarah : 1. Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya Noorachmat, M.Eng  
(Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat IPB)  
2. Prof. Dr. Ir. Ronny Rachman Noor, M.Rur.Sc  
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Penelitian IPB)  
3. Dr. Ir. Prastowo, M.Eng  
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Pengabdian kepada Masyarakat IPB)
- Ketua Editor : Dr. Ir. Prastowo, M.Eng
- Anggota Editor : 1. Dr. Ir. Sulistiono, M.Sc  
2. Prof. Dr. drh. Agik Suprayogi, M.Sc.Agr  
3. Prof. Dr. Ir. Bambang Hero Saharjo, M.Agr
- Tim Teknis : 1. Drs. Dedi Suryadi  
2. Euis Sartika  
3. Endang Sugandi  
4. Lia Maulianawati  
5. Muhamad Tholibin  
6. Yanti Suciati
- Desain Cover : Muhamad Tholibin

**Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian  
Institut Pertanian Bogor 2011,  
Bogor 12-13 Desember 2011**

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Institut Pertanian Bogor**

**ISBN: 978-602-8853-14-9**

**Oktober 2012**

## KATA PENGANTAR

**S**alah satu tugas penting LPPM IPB adalah melaksanakan seminar hasil penelitian dan mendesiminasikan hasil penelitian tersebut secara berkala dan berkelanjutan. Pada tahun 2011, sekitar 225 judul kegiatan penelitian telah dilaksanakan. Penelitian tersebut dikoordinasikan oleh LPPM IPB dari beberapa sumber dana antara lain Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) IPB, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Pertanian (Kementan) dan Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) dimana sebanyak 197 judul penelitian tersebut telah dipresentasikan dalam Seminar Hasil Penelitian IPB yang dilaksanakan pada tanggal 12–13 Desember 2011 di Institut Pertanian Bogor.

Hasil penelitian tersebut sebagian telah dipublikasikan pada jurnal dalam dan luar negeri, dan sebagian dipublikasikan pada prosiding dengan nama Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB 2011, yang terbagi menjadi 6 (enam) bidang yaitu:

- Bidang Pangan
- Bidang Energi
- Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan
- Bidang Biologi dan Kesehatan
- Bidang Sosial dan Ekonomi
- Bidang Teknologi dan Rekayasa

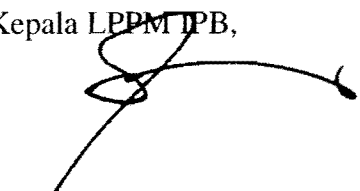
Melalui hasil penelitian yang telah dipublikasikan ini, maka runutan dan perkembangan penelitian IPB dapat diketahui, sehingga *road map* penelitian IPB dan lembaga mitra penelitian IPB dapat dipetakan dengan baik.

Kami ucapkan terima kasih pada Rektor dan Wakil Rektor IPB yang telah mendukung kegiatan Seminar Hasil-Hasil Penelitian ini, para Reviewer dan panitia yang dengan penuh dedikasi telah bekerja mulai dari persiapan sampai pelaksanaan kegiatan seminar hingga penerbitan prosiding ini terselesaikan dengan baik.

Semoga Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB 2011 ini dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Bogor, September 2012

Kepala LPPM IPB,



**Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya N., M.Eng**  
**NIP 19500301 197603 1 001**

## DAFTAR ISI

SUSUNAN TIM PENYUSUN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv

### BIDANG PANGAN

### Halaman

-- Kelompok Usaha Bersama (KUB) Pengolah Ikan di Desa Cikahuripan Sukabumi - <i>Dadi Rochnadi Sukarsa, Uju Sadi, Pipih Suptijah</i> .....	1
Optimasi Reduksi Polisiklik Aromatik Hidrokarbon dalam Makanan Bakar Khas Indonesia dengan Memanfaatkan Bumbu Lokal serta Pengaturan Jarak dan Lama Pemanasan Menggunakan <i>Response Surface Methodology</i> - <i>Hanifah Nuryani Lioe, Yane Regiana, Rangga Bayuharda Pratama</i> .....	12
Pengaruh Pemberian Phytoestrogen pada Masa Kebuntingan dan Laktasi Terhadap Kinerja Reproduksi Anak - <i>Nastiti Kusumorini, Aryani Sismin S, A. Dinoto</i> .....	31
Study Peningkatan Kualitas Buah Manggis - <i>Roedhy Poerwanto, Yulinda Tanari, Susi Octaviani SD, Suci Primilestari, Darda Efendi, Ade Wachjar....</i>	46
Pengaruh Lingkungan (Sifat Fisik dan Kimia Tanah Serta Iklim) Terhadap Cemaran Getah Kuning Buah Manggis ( <i>Garcinia Mangostana L.</i> ) - <i>Roedhy Poerwanto, Martias, Syaiful Anwar, M. Jawal A. Syah</i> .....	61

### BIDANG ENERGI

Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Biomasa Lignoselulosa Tanaman Jagung: <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> dan Analisis Teknoekonomi - <i>Djumali Mangunwidjaja, Anas Miftah Fauzi, Sukardi, Wagiman</i> .....	77
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

Penanaman Tanaman Penutup Tanah untuk Rehabilitasi Lahan Kritis di Sekitar Tambang Emas di Gunung Pongkor Melalui Kemitraan dengan Masyarakat di Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor - <i>Asdar Iswati, Enni Dwi Wahjunie, Khursatul Munibah</i> .....	91
Potensi Serapan Karbon oleh Tanaman Jarak Pagar di Indonesia - <i>Herdhata Augusta, Muhammad Syakir, Endang Warsiki, Fifi Nashirotn Nisya</i> .....	107

Pengembangan Fotobioreaktor Isacs untuk Kultivasi Mikroalga dengan Menggunakan Gas CO <sub>2</sub> Murni dan Pemiskinan Nutrien - <i>Mujizat Kawaroe, Ayi Rachmat, Abdul Haris</i> .....	120
Perencanaan Kebun Wisata Pertanian Gunung Leutik Ciampea Bogor - <i>Nizar Nasrullah, Afra D.N. Makalew, Dewi Sukma, Tati Budiarti</i> .....	137
Pola RAPD, Aktivitas Trypsin Inhibitor dan A-Amylase Inhibitor pada Pohon Sengon ( <i>Paraserianthes Falcataria</i> ) yang Tahan Terhadap Serangan Hama Bektor ( <i>Xystrocera Festiva</i> ) - <i>Noor Farikhah Haneda, Ulfah Juniarti Siregar</i> .....	156
Pengembangan Jarak Pagar ( <i>Jatropha Curcas</i> Linn.) dalam Sistem Agroforestry di Areal Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten - <i>Nurheni Wijayanto, Lailan Syaufina, Istomo</i> .....	171
Identifikasi Trikoma Kelenjar untuk Produksi Artemisinin pada <i>Artemisia Annu</i> L. Menggunakan Pendekatan Molekular - <i>Utut Widyastuti, Juliarni, Yuli Widiastuti, Dania, Fajri</i> .....	185

#### **BIDANG BIOLOGI DAN KESEHATAN**

Efektivitas Fage Litik dari Lcrt Pada Pemecahan Sel Patogen Enterik <i>Salmonella sp.</i> Resisten Antibiotik - <i>Sri Budiarti, Iman Rusmana, Riri Novita Sunarti</i> .....	199
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### **BIDANG SOSIAL DAN EKONOMI**

IbM Kelompok Tani Hutan Kopi, Desa Warga Jaya Kecamatan Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat - <i>Ade Wachjar, Ani Kurniawati, Adiwirman</i> .....	211
Dampak Kebijakan dan Efektivitas HPP Gabah/Beras terhadap Kesejahteraan Petani Indonesia - <i>Ahyar Ismail, Eka Intan K.P., Novindra, Nuva</i> .....	225
Studi Indikator Kemiskinan pada Masyarakat dan Misklasifikasi Orang Miskin Menurut Kriteria BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo - <i>Ali Khomsan, Arya Hadi Dharmawan, Saharrudin, Alfiasari</i> .....	241
Pengembangan Model <i>Millenium Eco-Village</i> : Optimalisasi Transaksi Pangan dan Energi Keluarga untuk Perbaikan Gizi - <i>Clara M. Kusharto, Ikeu Tanziha, Euis Sunarti, Siti Amanah, Anna Fatchiya</i> .....	255
Problematika Mahasiswa IPB dalam Menulis Skripsi: Ditinjau dari Sudut Pandang Kebahasaan - <i>Defina, Henny Krishnawati, Endang Sri Wahyuni, Krishandini, Mukhlas Ansori</i> .....	271



Internalisasi Biaya Eksternal dan Desain Sistem Pengelolaan Sampah Komunal (Studi Kasus Kawasan Hunian di Kota Bogor dan Cipinang Muara Jakarta) - <i>Eka Intan Kumala Putri, Rizal Bahtiar</i> .....	286
Analisis Transmisi Harga dalam <i>Supply Chain</i> Beras Indonesia - <i>Harmini, Rita Nurmalina, Ratna Winandi, Tintin Sarianti</i> .....	301
Penguatan Tata Kelembagaan dalam Penanganan Nelayan Tradisional di Wilayah Perbatasan Indonesia-Australia - <i>Luky Adrianto, Akhmad Solihin, Moch. Prihatna Sobari</i> .....	314
Strategi Komersialisasi Produk Hasil Inovasi Melalui Optimalisasi Model Kerjasama pada Badan Litbangtan - <i>Ma'mun Sarma, A. Kohar Irwanto, Nuning Nugrahani, Erlita Adriani</i> .....	330
IbM Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal Langka dan Rawan Punah di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur- <i>Maria Ulfah, Edit Lesa Adita</i> .....	346
Sistem Pengambilan Keputusan Cerdas untuk Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Rantai Pasok Komoditi Pertanian dan Produk Agroindustri - <i>Marimin, Taufik Djatna, Suharjito, Retno Astuti, Ditdit N.Nugraha, Syarif Hidayat</i> .....	359
Persepsi dan Sikap Mahasiswa terhadap Pembelajaran Bahasa Indonesia di TPB IPB - <i>Mukhlas Ansori, Heni Krishnawati, Defina, Krishandini, Endang Sri Wahyuni</i> .....	373
Analisis Kepuasan Mahasiswa TPB terhadap Kualitas Layanan Dosen Bahasa Inggris MKDU Institut Pertanian Bogor - <i>Nilawati Sofyan, Irma Rasita Gloria Barus, Tonthowi Djauhari</i> .....	386

## **BIDANG TEKNOLOGI DAN REKAYASA**

Rekayasa Biopolymer Hasil Samping Pabrik Tapioka (Onggok) sebagai <i>Enriched Soil Conditioner</i> : Tahap Sintesis Superabsorben - <i>Anwar Nur, Zainal Alim Mas'ud, Mohammad Khotib, Ahmad Sjahriza</i> .....	401
Rekayasa Proses Pembuatan dan Pemanfaatan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat dari Kayu Sengon - <i>Erliza Noor, Cut Meurah Rosnelly, Kaseno</i> .....	416
Desain dan Pengujian Kinerja Prototip-1 Mesin Kepras Tebu Tipe Pisau Rotari - <i>P.A.S. Radite, W. Hermawan, Joko W, M. Suhil, Safriandi, M. Habibullah</i> .....	431
Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Ekstrak Kulit Mahoni Tersalut Kitosan - <i>Syamsul Falah, Sulistiyani, Dimas Andrianto</i> .....	441

Pengembangan Kualitas Perekat Likuida Tandan Kosong Sawit - <i>Surdidin Ruhendi, Tito Sucipto</i> .....	456
Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Teknologi Informasi Untuk Pemberdayaan Petani Sayuran - <i>Sumardjo, Retno Sri Hartati Mulyandari</i> ....	472
Teknologi Separasi Bahan Aktif Temulawak Menggunakan Biopolimer Termodifikasi Berbasis Limbah Produksi Sagu - <i>Tun Tedja Irawadi, Henny Purwaningsih, Djarot S Hami Seno</i> .....	490
Teknologi True Shallot Seed (TSS) sebagai Bahan Tanam untuk Meningkatkan Produktivitas Bawang Merah - <i>Winarso Drajad Widodo, Roedhy Poerwanto, Nani Sumarni, Gina Aliya Sopha</i> .....	506
 INDEKS PENELITI	 viii



## KARAKTERISTIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN NANOPARTIKEL EKSTRAK KULIT MAHONI TERSALUT KITOSAN

(Characterization and antioxidant activity of chitosan-encapsulated Mahogany bark extract nanoparticles)

Syamsul Falah<sup>1)</sup>, Sulistiyani<sup>1)</sup>, Dimas Andrianto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dep.Biokimia,Fakultas Matematika dan IPA, IPB

### ABSTRAK

Untuk meningkatkan efektivitas ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan perlu dilakukan penelitian bentuk sediaan ekstrak kulit mahoni yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, teknologi nanopartikel ekstrak kulit mahoni diteliti untuk pengembangan produk suplemen. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis karakteristik nanopartikel kulit kayu mahoni tersalut kitosan dan menguji aktivitas antioksidannya. Ekstrak air panas kulit mahoni dibuat nanopartikel yang dikapsulasi dengan nanokitosan terikat natrium tripolifosfat (Na-TPP) dengan metode *spray dry* dan ultrasonikasi selama 30 dan 60 menit. Ukuran partikel dan morfologi permukaan nanopartikel dianalisis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan X-Ray Diffraction (XRD). Pembuatan nanopartikel ekstrak kulit mahoni tersalut kitosan menghasilkan rendemen 14.6%. Ukuran nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 menit berkisar antara 480-2000 nm, sedangkan dengan 60 menit menghasilkan nanopartikel berukuran 240-1000 nm. Morfologi permukaan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni berbentuk bola dengan permukaan halus dan cembung (waktu ultrasonikasi 30 menit) dan bentuk tidak beraturan dengan permukaan kasar dan berkerut (ultrasonikasi 60 menit). Berdasarkan data FT-IR, nanopartikel ekstrak kulit mahoni dapat mengisi nanokapsul kitosan. Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH memperlihatkan nanopartikel ekstrak kulit mahoni dengan penyalut kitosan lebih rendah dari ekstrak kasarnya.

Kata kunci: Mahoni, kitosan, nanopartikel, *spray dry*, ultrasonikasi.

### ABSTRACT

The present study reports on the characterization of mahogany bark extract-loaded chitosan nanoparticles and their antioxidant activity. Mahogany bark meal was extracted by boiled water. Chitosan-sodium tripolyphosphate (STPP) nano-spheres were sonicated with ultrasonicator to obtain chitosan-STTP nanocapsules for 30 and 60 minutes and then were dried with spray dryer. The chitosan-STTP nanocapsules loaded with the mahogany bark extract were re-sonicated to yield the 14.6% of the nanoparticles. The chitosan-STTP nanocapsules loaded by mahogany extract were then analysed of the particle size. The surface morphology and physical state of nanoparticles were analysed by scanning electron microscope (SEM) and X ray diffraction (XRD), respectively. Antioxidant activity of the nanoparticles was evaluated by scavenging the DPPH free radical method. Based on SEM data, the nanoparticles shape were viewed to adhere spherical shape. Spherical chitosan-STTP nanoparticles loaded with mahogany bark extract were obtained in the size range of 480 nm-1000 nm. Surface morphology of the mahogany bark extract-loaded chitosan nanoparticles is spherical. The result of the 30 minutes ultrasonication time have a smooth surface and a convex. While the morphology of nanoparticles with a time of 60 minutes ultrasonication have irregular shapes with rough and wrinkled surface. The antioxidant activity of the nanoparticles is lower than that of the native mahogany bark extract.

Keywords: Mahogany, chitosan, nanoparticles, spray drying, ultrasonication.

## **PENDAHULUAN**

Penelitian ini menggunakan kulit kayu mahoni, yang merupakan limbah industri pengolahan kayu berbahan baku kayu mahoni. Berdasarkan data potensi kayu pertukangan dari hutan rakyat di 5 kabupaten di Jawa Barat (Sukabumi, Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, dan Kuningan), produksi kayu mahoni pada tahun 2003 mencapai 50.822,07 m<sup>3</sup> (Pasaribu dan Roliadi 2006). Jika diperkirakan 10% dari jumlah tersebut berupa kulit, maka volume kulit kayu mahoni sebagai limbah berjumlah sekitar 5000 m<sup>3</sup>.

Potensi kulit kayu mahoni sebagai makanan suplemen telah diteliti. Ekstrak air kulit mahoni memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Berdasarkan uji toksisitas akut, ekstrak kulit mahoni juga aman dikonsumsi. Selain itu berpotensi juga untuk menurunkan kadar gula, mencegah kenaikan konsentrasi kolesterol dan menurunkan kadar asam urat dalam darah (Falah *et al.* 2009). Untuk meningkatkan efektivitas ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan perlu dilakukan penelitian bentuk sediaan ekstrak kulit mahoni yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, teknologi nanopartikel ekstrak kulit mahoni diteliti untuk pengembangan produk suplemen antioksidan yang berasal dari limbah pengolahan industri kayu mahoni.

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang dalam ilmu Fisika, Kimia, Biologi, dan Rekayasa yang penting dan menarik beberapa tahun terakhir ini. Jepang dan Amerika Serikat merupakan dua negara terdepan dalam riset nanoteknologi (Poole & Owens 2003). Berdasarkan data tahun 2004, pemerintah Jepang mengeluarkan dana riset sebesar 875 juta dolar, sedangkan Amerika Serikat sebesar 1,3 milyar dolar pada tahun 2006 (USGAO 2008). Penelitian nanobiosistem dan biomedis bahkan telah menjadi prioritas di beberapa negara maju termasuk Amerika Serikat, Inggris, Jepang, Australia, dan Cina (Malsch 2005).

Penggunaan nanopartikel sebagai pembawa obat dan sistem pengantar obat telah berkembang beberapa tahun terakhir. Ukuran nanopartikel yang kecil menyebabkan partikel dapat melewati membran pembuluh darah dan mengantarkan obat ke sel target (Poulain & Nakache 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji karakteristik nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni yang tersalut kitosan serta menguji aktivitas antioksidannya dalam rangka pengembangan produk suplemen antioksidan. Manfaat penelitian ini adalah membuat suatu produk inovasi berupa sediaan nanopartikel ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan dari bahan alam yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh, dan pemanfaatan dan peningkatan nilai tambah dari limbah industri pengolahan kayu. Selain itu pemanfaatan kitosan juga akan meningkatkan nilai tambah dari limbah industri pengolahan kerang, udang, dan kepiting.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel ekstrak mahoni adalah Erlenmeyer, gelas piala, neraca analitik, *magnetic stirrer*, gelas ukur 100 mL, pipet Mohr, ultrasonikator, dan pengering semprot (*spray dryer*). Alat yang digunakan untuk karakterisasi nanopartikel adalah mikroskop elektron payaran (SEM), defraktometer sinar X (XRD), dan Spektroskopi *fourier transform infrared* (FTIR).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan serbuk dengan derajat deasetilasi 88%, sodium tripolifosfat (STPP), ekstrak mahoni, asam asetat 2%, dan akuades.

### Ekstraksi Kulit Kayu Mahoni

Kulit kayu mahoni dibuat serbuk berukuran 40-60 mesh dengan Wiley mill. Kemudian serbuk kulit kayu sebanyak 160 g diekstraksi dengan air panas untuk memperoleh ekstrak air panas. Ekstraksi dengan air panas dilakukan pada temperatur 100°C selama 4 jam. Selanjutnya larutan ekstrak air panas disaring dan diuapkan dengan menggunakan *rotary vaccum evaporator* untuk mendapatkan ekstrak air.

### **Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Mahoni Tersalut Kitosan (Kim *et al.* 2006 dan Wulandary 2010)**

Sebanyak 2 gram kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 2% sehingga diperoleh konsentrasi kitosan 2% (b/v). Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk mempercepat pelarutan. Larutan ditambahkan 50 mL STPP 0.5% larut dalam akuades. Sampel kemudian disonikasi dengan ultrasonikator dengan daya 130 W, frekuensi 20 KHz dan amplitudo 40% selama 30 menit. Kedua larutan kitosan yang telah disonikasi dikeringkan dengan pengering semprot sehingga diperoleh sampel dalam bentuk serbuk.

Serbuk larutan kitosan dan STPP 0.5% dilarutkan kembali dalam 100 mL asam asetat 2% dan 50 mL akuades dengan *magnetic stirrer* dengan pemanasan sedang agar serbuk larut sempurna. Sebanyak 1 mL ekstrak mahoni ditambahkan dalam larutan tersebut. Larutan yang sudah ditambahkan ekstrak disonikasi kembali selama 30 menit kemudian dikeringkan dengan pengering semprot.

### **Penentuan Ukuran dan Morfologi Nanopartikel dengan Mikroskop Elektron Payaran (Modifikasi Desai & Park 2005)**

Serbuk nanopartikel kitosan diletakkan pada potongan kuningan (*stub*) berdiameter 1 cm dengan menggunakan selotip dua sisi. Selanjutnya serbuk tersebut dibuat menjadi konduktif secara elektrik dengan seberkas sinar dari platina lapis tipis (*coating*) selama 30 detik pada tekanan dibawah 2 Pa dan kuat arus 30 mA. Foto diambil pada tegangan elektron 10 kV dengan perbesaran 3000x, 5000x, 7000x, dan 10.000x.

### **Karakterisasi Gugus Fungsi Nanopartikel dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Kencana 2009)**

Sebanyak 2 mg sampel nanopartikel dicampur dengan 100 mg KBr untuk dibuat pelet dengan pencetak vakum. Pelet yang terbentuk dikenai sinar infra merah pada jangkauan bilangan gelombang  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ . Latar belakang penyerapan dihilangkan dengan cara pelet KBr dijadikan satu pada setiap pengukuran.

### **Karakterisasi Derajat Kristalinitas Nanopartikel dengan Difraksi Sinar X (XRD) (Kencana 2009).**

Sebanyak 200 mg sampel dicetak langsung pada aluminium berukuran 2 x 2,5 cm dengan bantuan perekat. Derajat kristalinitas ditentukan menggunakan alat XRD dengan sumber sinar dari tembaga pada panjang gelombang 1.5406 Å.

### **Aktivitas Antioksidan Metode DPPH dengan spektrofotometri (modifikasi dari Salazar 2009)**

Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH (Salazar 2009) yang dimodifikasi. Sampel ekstrak yang diuji adalah, ekstrak air kulit kayu mahoni, ekstrak nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Ekstrak dilarutkan dalam metanol absolut dengan konsentrasi yang berbeda (0, 10, 25, 50,75, dan 100 ppm). Sebanyak 1 mL larutan yang akan diuji ditambahkan dengan 1 mL DPPH (125µM dalam metanol). Sedangkan untuk kitosan digunakan pelarut asam asetat 0.2%. Campuran tersebut kemudian dihomegenasikan dengan vortex, dan diinkubasi selama 30 menit. Kemudian, diukur absorbansinya dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 517 nm. Pengujian juga dilakukan terhadap blangko (Larutan DPPH dengan pelarutnya). Kontrol positif yang digunakan adalah senyawa rutin. Nilai IC<sub>50</sub> dihitung dengan menggunakan rumus persamaan regresi. Nilai IC<sub>50</sub> paling rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang paling tinggi. Adapun aktivitas persen penangkapan radikal DPPH (%) dihitung dengan rumus: % inhibisi =  $[(A_{\text{blangko}} - A_{\text{sampel}})/A_{\text{blangko}}] \times 100\%$

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Ekstrak Kulit Kayu Mahoni**

Ekstraksi kulit kayu mahoni menggunakan metode rendam air panas. Ekstraksi dilakukan dengan air panas (perbandingan 1 g sampel:10 mL air) pada temperatur 100<sup>0</sup>C selama 4 jam. Selanjutnya larutan ekstrak air tersebut disaring dan kemudian diupakan dengan menggunakan *rotary vaccum evaporator* bersuhu 60<sup>0</sup>C untuk mendapatkan ekstrak air. Metode Rendam air panas merupakan metode yang mudah dan praktis. Metode ini didasarkan pada kebiasaan masyarakat yang sering mengkonsumsi bahan herbal dengan cara menyeduh dan melarutkannya dalam air panas. Rendemen ekstrak air yang diperoleh sebesar

5.86%. Produk metabolit sekunder tanaman dipengaruhi oleh umur tanaman dan interaksi lingkungan (Nurcholis 2008).

### **Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni Tersalut Kitosan**

Pembuatan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni tersalut kitosan dilakukan dengan membandingkan waktu ultrasonikasi. Variasi waktu ultrasonikasi selama 30 menit dan 60 menit dilakukan untuk mengetahui ukuran nanopartikel dan kehomogenan larutan. Proses ultrasonikasi mempunyai prinsip pemberian energi kepada larutan sehingga dapat memecah partikel-partikel besar yang terdapat di dalam larutan. Semakin lama waktu ultrasonikasi, pemecahan molekul polimer kitosan akan terus berjalan. Kencana (2009) menyatakan bahwa kitosan akan mengalami penuaan bobot molekul secara signifikan pada rentan waktu 8 menit dan 60 menit.

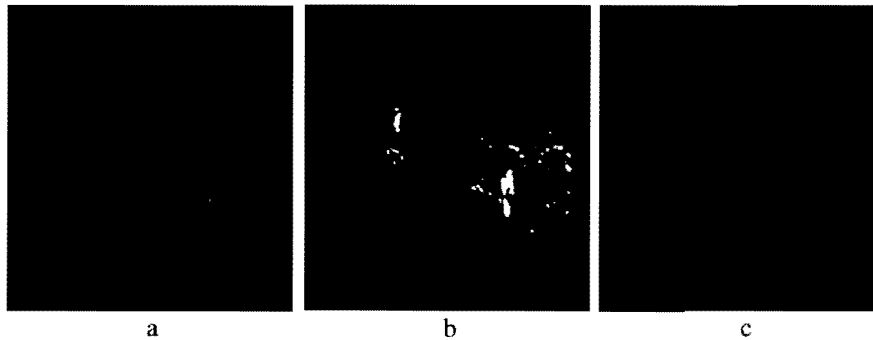
Penelitian ini menggunakan kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat. Larutan kitosan 2% kemudian dicampurkan dengan STPP (sodium tripolifosfat) 0.5%. Penambahan STPP bertujuan untuk membentuk ikatan silang ionik antar molekul kitosan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan penjerap (Mi *et al.* 1999).

Sampel hasil ultrasonikasi dikeringkan dengan menggunakan pengering semprot (*spray dryer*). Pengering semprot bertujuan untuk mengubah sampel cairan menjadi serbuk karena pengaruh panas yang diberikan. Sehingga diperoleh sampel dalam bentuk serbuk (Gambar 1). Serbuk kitosan-STPP yang didapatkan, dilarutkan kembali dengan penambahan ekstrak diikuti oleh ultrasonikasi kedua dan dikeringkan kembali dengan pengering semprot. diperoleh sampel dalam bentuk serbuk.

Sebanyak 151 mL larutan nanopartikel kitosan-ekstrak kulit kayu mahoni menghasilkan bobot sampel serbuk sebesar 0.2915 gram nanopartikel kering untuk ultrasonikasi 30 menit dan 0.3896 gram nanopartikel kering untuk ultrasonikasi 60 menit. Nilai rendemen berturut-turut sebesar 0.182% dan 0.244% (Tabel 1).

Tabel 1. Rendemen nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni tersalut kitosan.

Sampel	Rendemen	
	Gram	%
Sampel 1 (Ultrasonikasi 30 menit)	0.2915	0.182
Sampel 2 (Ultrasonikasi 60 menit)	0.3896	0.244



Gambar 1. Hasil pengering semprot sampel nanokitosan (a), nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 30 menit (b), dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 60 menit (c).

### Ukuran dan Morfologi Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Indikasi penyalutan ekstrak kulit kayu mahoni terhadap kitosan dapat dilihat dari ukuran dan morfologi nanopartikel yang dihasilkan. Penentuan ukuran partikel ditentukan oleh bentuk partikel nanokitosan (Kencana 2009). Kitosan dan ekstrak kulit kayu mahoni yang diberi perlakuan ultrasonikasi memiliki bentuk partikel yang menyerupai bola. Oleh karena itu, ukuran partikel ditentukan dengan mengukur diameter nanopartikel. Perbesaran yang digunakan yaitu mulai dari 5000 kali sampai dengan 10000 kali.

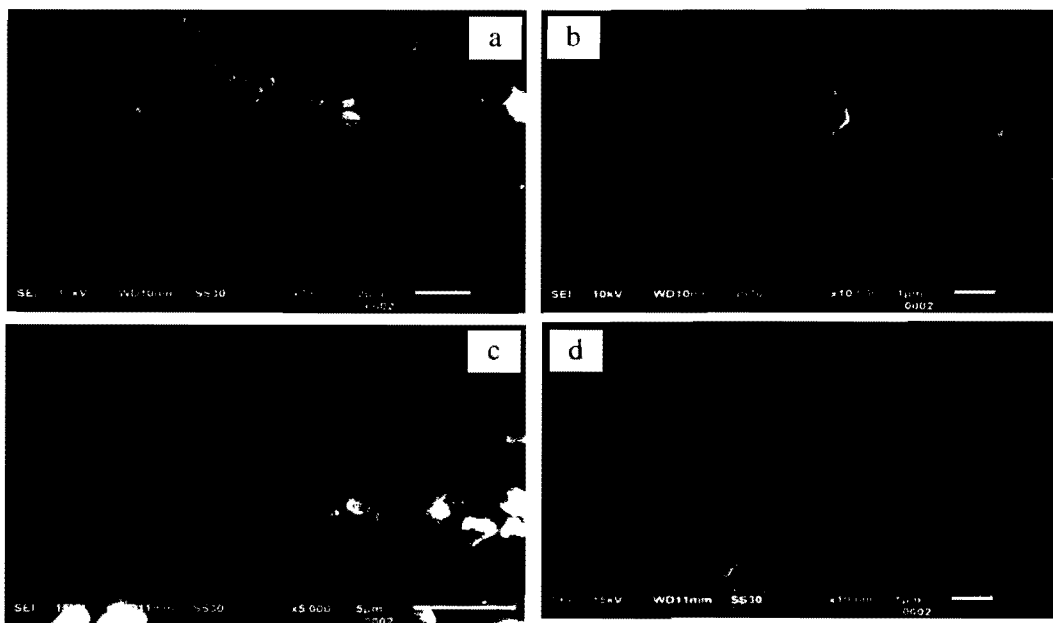
Penelitian ini juga menggunakan variasi waktu ultrasonikasi dalam pembuatan nanopartikel. Variasi waktu dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap ukuran nanopartikel dengan perlakuan dua kali ultrasonikasi. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nanopartikel masih bisa diotimalkan ukurannya dengan penambahan waktu ultrasonikasi. Variasi waktu dibagi menjadi dua bagian, yaitu waktu ultrasonikasi selama 30 menit dan ultrasonikasi selama 60 menit.

Hasil foto SEM nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit menunjukkan ukuran berkisar pada rentang 480-2000 nm. Sedangkan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 60



menit berukuran 240-1000 nm (Gambar 6). Kencana (2009) menyatakan bahwa semakin lama waktu ultrasonikasi menyebabkan energi yang dikeluarkan oleh ultrasonikator dapat diterima oleh semua partikel dalam larutan kitosan.

Morfologi permukaan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni berbentuk bola. Hasil nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 menit memiliki permukaan halus dan cembung. Sedangkan morfologi nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 60 menit memiliki bentuk tidak beraturan dengan permukaan kasar dan berkerut. Hanya beberapa yang berbentuk bola dengan permukaan halus dan cembung (Gambar 2). Menurut Desai & Park (2005), bahan pengisi yang telah tersalut kitosan akan berbentuk bola dengan permukaan yang halus dan cembung, sedangkan kitosan yang belum terisi memiliki permukaan kasar dan cekung. Adanya nanopartikel kitosan yang tidak terisi oleh ekstrak kulit kayu mahoni kemungkinan disebabkan oleh waktu ultrasonikasi yang terlalu lama (60 menit), sehingga menyebabkan kitosan pecah dan tidak dapat menyalut ekstrak.



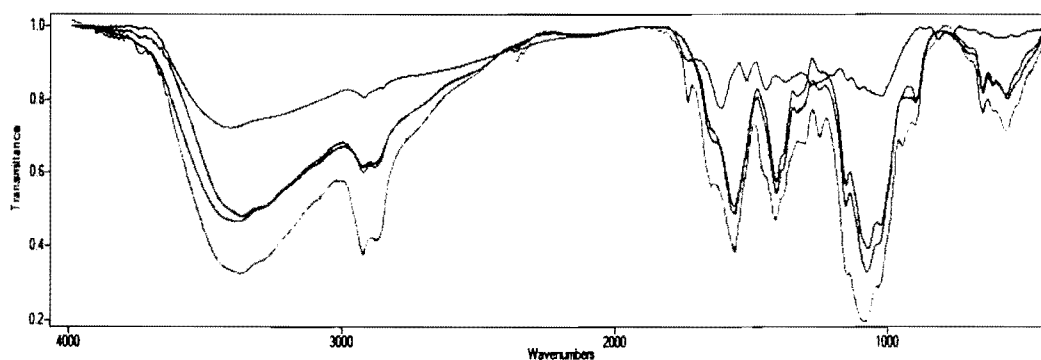
Gambar 2. Foto SEM nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 menit perbesaran 7000 kali (a), perbesaran 10000 kali (b), dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 60 menit perbesaran 5000 kali (c), perbesaran 10000 kali (d).

### Gugus Fungsi Spesifik Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Grafik transmittansi hasil FTIR menunjukkan profil kimiawi berupa pola spektrum yang berbeda dan mempunyai ciri yang khas. Kitosan murni memiliki

gugus fungsi yang khas yaitu gugus amida ( $-\text{NH}_2$ ) dan hidroksil ( $-\text{OH}$ ). Sedangkan ekstrak kulit kayu mahoni memiliki gugus spesifik yaitu  $-\text{OH}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ , dan  $\text{C}=\text{C}$  (Falah *et al.* 2008).

Pada penelitian ini, ekstrak kulit kayu mahoni berhasil tersalut oleh kitosan. Hal ini dibuktikan dari grafik hasil FTIR nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit memiliki bentuk grafik yang hampir sama dengan nanokitosan (Gambar 3). Hasil FTIR nano-kitosan menunjukkan adanya gugus amida pada bilangan gelombang  $1564.56 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus yang sama terlihat juga pada sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit yaitu ada bilangan gelombang  $1562.34 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1564.54 \text{ cm}^{-1}$ . Cardenas & Miranda (2004) menyebutkan bahwa gugus amida kitosan murni akan terbaca pada bilangan gelombang  $1646-1580 \text{ cm}^{-1}$ . Nanokitosan mengandung gugus  $-\text{OH}$  pada bilangan gelombang  $3374.39 \text{ cm}^{-1}$ . Nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit mempunyai gugus  $-\text{OH}$  pada bilangan gelombang  $3368.48 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3366.20 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi hidroksil pada kitosan murni akan muncul pada bilangan gelombang sekitaran  $3450 \text{ cm}^{-1}$  (Firdaus *et al.* (2008) atau pada bilangan gelombang  $3257 \text{ cm}^{-1}$  (Cardenas & Miranda 2004).



Gambar 3. Grafik transmittan hasil FTIR untuk standar kulit kayu mahoni (hitam), standar kitosan (biru), sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 30 menit (hijau), dan sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 60 menit (merah muda).

Hasil grafik yang diperoleh, gugus fungsi khas yang terdapat pada ekstrak kulit kayu mahoni seperti gugus fungsi  $\text{C}=\text{O}$  dan  $\text{C}=\text{C}$  tidak terdeteksi pada sampel nanokitosan dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu

ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Akan tetapi terjadi pergeseran gugus fungsi  $C\equiv C$  pada sampel nanopartikel dibandingkan dengan standar nanokitosan. Pergeseran panjang gelombang tersebut disebabkan adanya interaksi antara gugus fungsi lain selain gugus fungsi kitosan akibat penambahan STPP dan waktu ultrasonikasi.

Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa keempat pola spektrum memiliki gugus fungsi yang sama, yaitu O-H, C-H, C-O, dan C=C tetapi nilai transmittan dan bilangan gelombang berbeda (Tabel 2). Adanya keempat gugus fungsi tersebut dalam suatu ekstrak menunjukkan kemungkinan adanya senyawa tertentu yang membentuk struktur antioksidan, seperti flavonoid.

Tabel 2. Bilangan gelombang gugus fungsi spesifik ekstrak kulit kayu mahoni, nanokitosan, sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit, dan 60 menit.

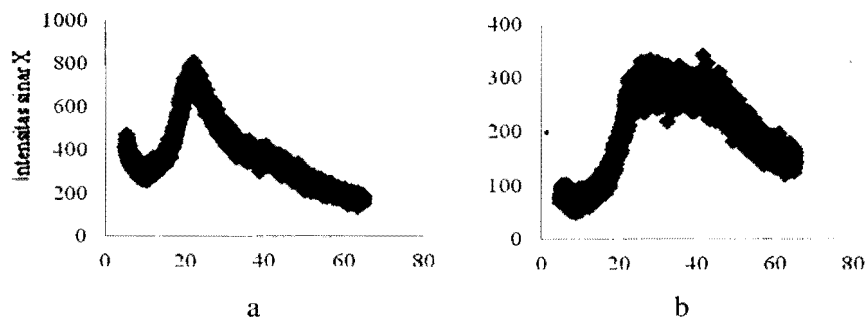
Gugus Fungsi	Bilangan gelombang ( $cm^{-1}$ )				
	Mahoni	Kitosan	Ultrasonikasi 30 menit	Ultrasonikasi 30 menit	Acuan (Creswell <i>et al.</i> 1991)
Regang -OH	3411	3374	3364	3366	3750-3000
Regang C-H	2920	2923	2923	2922	3300-2900
Regang $C\equiv C$	-	2123	2362	-	2400-2100
Regang C=O	1734	-	1736	-	1900-1650
Regang N-H	-	1564	1562	1564	1660-1500
Regang C=C	1615	-	-	-	1675-1500
Lentur C-H	1448	1409	1411	1408	1475-1300
Lentur C-O	1149-1024	1154-1028	1084	1154-1076	1300-1000
Lentur C=C	817	896-653	949-653	899-653	1000-650

### Derajat Kristalinitas Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Analisis XRD digunakan untuk menentukan struktur fisik bahan. Hasil data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan sudut difraksi sinar x pada bahan dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh bahan. Nilai derajat kristalinitas dapat diketahui dari grafik kristalinitas yang memotong bagian lembah pada grafik.

Gambar 4 merupakan hasil karakterisasi nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit. Hasil analisis XRD sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit menunjukkan sifat amorf. Sifat ini ditandai dengan puncak lembah pada sudut difraksi pada sekitaran  $20^\circ$ . Puncak difraksi untuk nanopartikel

ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit berada pada sudut  $21.055^\circ$ , dan  $21.804^\circ$  untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 60 menit. Menurut Kencana (2009), bentuk amorf memiliki puncak lembah difraksi pada sudut  $20^\circ$ .



Gambar 4. Pola XRD nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit (A) dan 60 menit (B).

Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis kembali dengan menggunakan program Xpovder untuk mendapatkan nilai derajat kristalinitas. Nilai derajat kristalinitas yang didapat untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sebesar 46.593% dan 58.677%. Nilai derajat kristalinitas yang semakin rendah menunjukkan kapasitas kitosan untuk dapat disisipi ekstrak kulit kayu mahoni semakin tinggi (Kencana 2009). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kristalinitas cukup tinggi, sehingga dapat dipastikan bahwa ekstrak kulit kayu mahoni telah mengisi kitosan.

#### **Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni**

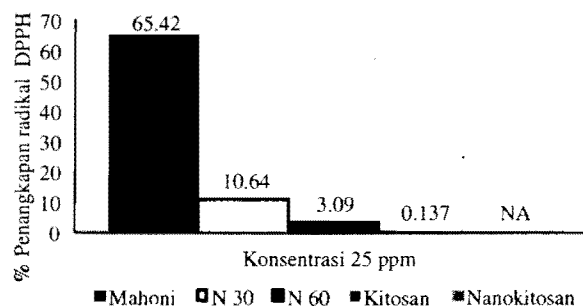
Pada penelitian ini pengukuran aktivitas antioksidan diujikan pada sampel ekstrak air kulit kayu mahoni, serbuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit, nanokitosan, dan standar rutin diuji aktivitas antioksidannya menggunakan metode 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Metode ini dipilih karena mudah, cepat, dan sangat baik untuk sampel dengan polaritas tertentu (Marxen *et al.* 2007).

Hasil analisis menunjukkan nilai  $IC_{50}$  rata-rata ekstrak air kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit memiliki nilai  $IC_{50}$  lebih dari 100 ppm. Nilai  $IC_{50}$  untuk nanokitosan dan kitosan berada pada konsentrasi diatas 1000ppm. Hanani *et al.* (2005) menyebutkan bahwa suatu bahan memiliki

aktivitas antioksidan yang kuat apabila memiliki nilai  $IC_{50}$  kurang dari 200 ppm. Nilai  $IC_{50}$  rata-rata dari seluruh ekstrak dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak air kulit kayu mahoni dan standar rutin memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, sedangkan sampel kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 memiliki aktivitas yang sangat rendah atau sedikit.

Kecilnya nilai  $IC_{50}$  kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 ini dapat disebabkan oleh nilai derajat deasetilasi sampel kitosan, bobot molekul kitosan, dan waktu inkubasi setelah penambahan DPPH (Yen *et al.* 2008). Nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni yang tersalut kitosan memerlukan waktu dalam pelepasan ekstrak untuk bereaksi dengan DPPH. Yen *et al.* 2008 melaporkan bahwa aktivitas antioksidan untuk sampel kitosan dengan waktu inkubasi 120 menit lebih efektif dibandingkan dengan sampel kitosan dengan waktu inkubasi 60 dan 90 menit. Pengukuran aktivitas antioksidan kitosan dengan metode DPPH dinilai tidak efektif.

Pengukuran nilai  $IC_{50}$  tidak dapat dilakukan pada sampel kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60. Nilai hambatan yang stabil terdapat pada konsentrasi 25 ppm sedangkan untuk konsentrasi di atasnya daya hambat sampel menjadi tidak stabil. Larutan kitosan dengan konsentrasi 25 ppm mempunyai daya hambat sebesar 0.137%. Sampel nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 mempunyai daya hambat secara berurutan sebesar 3.09%, dan 10.64%. Sedangkan daya hambat nanokitosan konsentrasi 25 ppm tidak terbaca (NA).



Gambar 5. Aktivitas penangkapan radikal bebas DPPH ekstrak mahoni, nanopartikel ekstrak mahoni yang tersalut kitosan pada konsentrasi 25 ppm.

Tabel 3. Nilai IC<sub>50</sub> rata-rata seluruh ekstrak.

Ekstrak	IC <sub>50</sub> rata-rata (ppm)
Standar rutin	9.531
Ekstrak air	18.125
Nanopartikel 30 menit	>100
Nanopartikel 60 menit	>100
Nanokitosan	>100
Kitosan	>1000

### **KESIMPULAN**

Nilai rendemen yang diperoleh untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit secara berturut-turut sebesar 0.182% dan 0.244%. Ukuran nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit menunjukkan ukuran berkisar pada rentang 480-2000 nm dan waktu ultrasonikasi 60 menit berukuran 240-1000 nm. Karakterisasi FTIR memberikan informasi bahwa gugus fungsi khas yang terdapat pada ekstrak kulit kayu mahoni tidak terdeteksi pada sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Ini menunjukkan bahwa ekstrak berhasil tersalut oleh kitosan. Hasil XRD menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit berstruktur amorf. Nilai derajat kristalinitas yang didapat untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sebesar 46.593% dan 58.677%. Aktivitas antioksidan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sangat rendah. Penggunaan metode DPPH dinilai kurang efektif untuk pengukuran aktivitas antioksidan nanopartikel kulit kayu mahoni.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB yang telah mendanai penelitian ini dalam program hibah Penelitian Unggulan Fakultas tahun 2011 melalui DM IPB dengan nomor kontrak 255.13/I3.11/PG/2011.

## DAFTAR PUSTAKA

- Desai KGH, Park HJ. 2005. Preparation and characterization of drug-loaded chitosan-tripolyphosphate microspheres by spray drying. *Drug Development Res.* 64:114–128.
- Falah S, Sulistiyani, M Safithri. 2009. Aplikasi Ekstrak Kulit Mahoni (*Swietenia macrophylla*) sebagai Makanan Suplemen yang Mengandung Senyawa Antioksidan. Laporan Penelitian Strategis Unggulan IPB. LPPM IPB. 49 hal.
- Hernani, Rahardjo M. 2005. *Tanaman Berkhasiat Antioksidan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kencana AL. 2009. Perlakuan sonikasi terhadap kitosan: viskositas dan bobot molekul [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Kim DG *et al.* 2006. Preparation and characterization of retinol-encapsulated chitosan nanoparticle. *J. App. Chem.* 10:65-68.
- Marxen *et al.* 2007. Determination of DPPH radical antioxidant caused by methanolic extract of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors* 7:2080-2095.
- Malsch NH. 2005. *Biomedical Nanotechnology*. New York: Taylor & Francis Group.
- Mi FL, Shyu SS, Lee ST, Wong TB. 1999. Kinetic study of chitosan-tripolyphosphate complex reaction and acid-resistive properties of the chitosan-tripolyphosphate gel beads prepared by in-liquid curing method. *J Polym Sci* :1551-1564.
- Nurcholis W. 2008. Profil senyawa penciri dan bioktivitas tanaman temulawak pada agrobiotik berbeda. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Packer L, G. Rimbach, F. Virgili. 1999. Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*Pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radical Biol Med* 27: 704-724
- Pasaribu, RA, H. Roliadi. 2006. Kajian Potensi Kayu Pertukangan dari Hutan Rakyat pada Beberapa Kabupaten di Jawa Barat. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan 2006. Hal: 35-48.
- Poole CPJr, Owens FJ. 2003. *Introduction to Nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Poulain N, Nakache E. 1998. Nanoparticles from vesicles polymerization II. evaluation of their encapsulation capacity. *J. Polym. Sci.* (36): 3035–3043.



Salazar RA *et al.* 2009. Antimicrobial and antioxidant activities of plants from Northeast of Mexico. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* (2011): 1-6

[USGAO] United States Government Accountability Office. 2008. Accuracy of data on federally funded environmental, health, and safety research could be improved. <http://www.gao.gov/products/GAO-08-709T.html> [30 Des 2009].

Wulandary T. 2010. Sintesis nanopartikel ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) berbasis polimer kitosan-TPP dengan metode emulsi. [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Yen M, Yang J, Mau J. 2008. Antioxidant properties of chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymer* (74): 840-844.