

AKTIVITAS ANTIJAMUR PELAPUK KAYU NANOPARTIKEL KITOSAN-EKSTRAK N-HEKSAN DAGING BUAH KAYU GADIS (*Cinnamomum parthenoxylon*)

Munifilia Ekasari¹, Devi Nurhasana², Andre Mudyanto³, Avidlyandi Avidlyandi⁴, Charles Banon⁵, Morina Adfa^{6,7,*}

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi S2 Kimia-Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu. Jalan W.R. Supratman Kandang Limun, Kota Bengkulu, Bengkulu 38371

^{4,5,6}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu. Jalan W.R. Supratman Kandang Limun, Kota Bengkulu, Bengkulu 38371

⁷Pusat Riset Produk Bahan Alam dan Material Fungsional, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bengkulu

*Corresponding author, e-mail: morina@unib.ac.id

ABSTRACT

This study aims to synthesize chitosan nanoparticles - *n*-hexane extract of *Cinnamomum parthenoxylon* (CP) fruit using the ionic gelation method, to characterize them, and to determine their antifungal activity against the wood-rotting fungi *Trametes versicolor* and *Fomitopsis palustris*. Chitosan-CP extract nanoparticles were formulated with chitosan:Na-TPP:CP extract ratio of 1:1:0.5. Particle size and polydispersity index were determined using a particle size analyzer (PSA), and particles morphology was observed using a scanning electron microscope (SEM), and antifungal activity was measured using agar media. The results revealed that the average size of chitosan nanoparticles (base) was 276.9 nm, while the average size of chitosan-CP extract nanoparticles was 807.6 nm. The polydispersity index (PI) of both nanoparticles was greater than 0.7. Observations of the nanoparticles' morphology revealed that aggregation/agglomeration formed in the resulting particles. Both nanoparticles chitosan (base) and chitosan-CP extract inhibited the growth of white rot fungi (*T. versicolor*) more than brown rot fungi (*F. palustris*), as measured by the inhibitory zone.

Keywords: Anti fungal, *Cinnamomum parthenoxylon*, *Fomitopsis palustris*, Nanoparticles, *Trametes versicolor*

PENDAHLUAN

Kayu gadis (*Cinnamomum parthenoxylon*) dapat ditemukan di Cina, Pakistan, India, Thailand, Malaysia dan Indonesia (Phongpaichit *et al.*, 2007). Kayu gadis dapat dimanfaatkan sebagai kayu pertukangan maupun sebagai obat herbal (Wang *et al.*, 2020). Penggunaan secara tradisional, kayu gadis dimanfaatkan untuk mengobati masuk angin, radang sendi, sakit perut, diare, asma, demam, sakit kepala, malaria dan gangguan haid (Jia *et al.*, 2009).

Tumbuhan kayu gadis juga berpotensi menjadi bahan pengawet alami kayu. Ekstrak batang dan kulit batang kayu gadis dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan jamur pelapuk coklat *Gloeophyllum trabeum* dan pelapuk putih *Pycnoporus sanguineus* (Kawamura *et al.*, 2011). Asap cair batang kayu gadis (*C. parthenoxylon*) juga dapat menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu *Schizophyllum commune* dan *Fomitopsis palustris* (Adfa *et al.*, 2020). Ekstrak kasar metanol daun kayu gadis (*C. parthenoxylon*) juga dilaporkan dapat menghambat perkembangan rayap (*Coptotermes curvignathus*) serta mempunyai aktivitas

antimakan (Adfa *et al.*, 2017). Minyak atsiri dari akar tumbuhan kayu gadis mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Bacillus subtilis*, dan aktivitas antijamur terhadap jamur *Candida albicans* dan *Cryptococcus neoformans* (Phongpaichit *et al.*, 2007). Bagian lain dari tumbuhan kayu gadis yang belum banyak dilaporkan adalah buahnya. Buah muda *C. parthenoxylon* mempunyai bau wangi yang khas yang berasal dari minyak atsiri yang dikandungnya (Fuchino *et al.*, 2015), namun sejauh ini belum ditemukan laporan pemanfaatannya.

Beberapa minyak atsiri telah dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu dan diaplikasikan sebagai bahan pengawet kayu. Voda *et al.* [2004] melaporkan efektivitas antijamur yang sangat kuat dari minyak atsiri adas manis, kemangi, jintan, oregano, dan timi terhadap jamur pelapuk coklat *Coniophora puteana* dan jamur pelapuk putih *T. versicolor* dengan menggunakan metode dilusi agar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan kedua jamur tersebut adalah *thymol*, *carvacrol*, *trans-anethole*, *methyl chavicol*, and *cuminaldehyde*. Penelitian lainnya dilaporkan oleh Chittenden dan Singh (2011) yang telah mengidentifikasi bahwa *eugenol* dan *cinnamaldehyde* dapat berpotensi sebagai pengawet kayu untuk perawatan kayu yang tidak terpapar pada kondisi basah.

Disisi lain perkembangan teknologi mikro dan nanopartikel memungkinkan suatu ekstrak atau minyak atsiri dapat dienkapsulasi atau dibuat berukuran nano dengan harapan dapat meningkatkan aktivitas ekstrak karena mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil sehingga diharapkan semakin mudah mencapai target sasaran serta dapat juga meningkatkan masa simpan ekstrak. Polimer yang digunakan pada metode ini adalah kitosan, menggunakan metode gelasi ionik memungkinkan terbentuk *cross-linking* antara kitosan dengan natrium tripoliposfat sehingga dapat menghasilkan produk berukuran nanometer dan lebih stabil (Sivakami *et al.*, 2013).

Sejauh ini belum ada laporan pemanfaatan buah kayu gadis (*C. parthenoxylon*) untuk menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu, maupun pengaplikasiannya dalam bentuk nanopartikel sebagai bahan pengawet alami pada kayu. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daging buah muda kayu gadis sebagai pengawet alami kayu, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi nanopartikel kitosan-ekstrak daging buah muda kayu gadis (*C. parthenoxylon*) menggunakan metode gelasi ionik serta menguji aktivitasnya dalam menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu *T. versicolor* dan *F. palustris*.

METODE

Bahan dan Alat

Jamur yang diuji adalah jamur pelapuk putih *Trametes versicolor* dan jamur pelapuk coklat *Fomitopsis palustris*. Bahan-bahan penelitian adalah PDA (*Potato Dextrose Agar*) Merck, *Chitosan* $\geq 75\%$ (Sigma aldrich), *Tween 80* (Merck), Natrium Tripolipospat (Merck), asam asetat glasial (Merck), akuades, *n*-heksan (teknis), spritus, diklorometan (Merck), etanol 70% (teknis) dan etanol 96% (teknis). Instrumen: *rotary evaporator* (Heidolph), oven (Philips), autoklaf (GEA), inkubator (Froilabo), *laminar air flow* (Telster AV-100), *Freeze Dryer* (Nuair NU9483GC), Spektrofotometer UV-Vis (Agilent Technologies Cary 60), Sentrifuge (Rotina 380R Hettich Zentrifugen D-78532 Tuttlingen), FTIR (Brunker), SEM (Phenom Desktop ProXL), dan PSA (Beckman Coulter). Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik (aeADAM), *hot plate* (Salton), lampu spritus,

cawan petri diameter 9 cm, *cork borer* 5 mm, mikropipet, spuit 25 mL, dan spuit 1 mL.

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah buah kayu gadis (*C. parthenoxylon*) yang masih muda dengan kriteria berwarna hijau yang diambil dari Desa Lubuk Sini, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. Setelah dikoleksi, sampel disimpan di dalam *freezer* selama satu malam sebelum dilakukan ekstraksi.

Proses Ekstraksi Sampel

Buah kayu gadis dipisahkan antara daging buah muda dan bijinya, selanjutnya daging buah muda ditimbang sebanyak 490 g dimasukkan ke dalam botol gelap dan dimaserasi dengan pelarut *n*-heksan sebanyak 700 mL selama 4 hari. Hasil maserasi disaring, residu yang didapat diremaserasi kembali dengan *n*-heksan, proses remaserasi dilakukan hingga pelarut *n*-heksan hasil remaserasi tidak berwarna. Semua filtrat disatukan dan pelarutnya diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 45 °C untuk mendapatkan ekstrak kasar *n*-heksan daging buah muda kayu gadis sebanyak 14,65 g dengan rendemen 3% dan berwarna hijau tua (Adfa *et al.*, 2015).

Pembuatan Nanopartikel Kitosan (Basis) dan Nanopartikel Kitosan-Ekstrak *n*-Heksan Daging Buah Muda Kayu Gadis (*Cinnamomum parthenoxylon*)

Nanopartikel kitosan-ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis dibuat dengan menggunakan metode gelasi ionik, dengan menggunakan formula pada Tabel 1 (Shetta *et al.*, 2019). Sebanyak 0,5 g kitosan ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan asam asetat glasial 1% hingga tanda batas, selanjutnya larutan dipindahkan ke dalam Erlenmeyer untuk dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 12 jam dengan kecepatan 1.500 rpm pada suhu ruang sehingga didapatkan larutan kitosan 1%. Sebanyak 0,5 mL *tween* 80 ditambahkan tetes demi tetes kedalam larutan kitosan dengan pengadukan yang terus dilanjutkan dengan kecepatan 1.500 rpm selama 2 jam pada suhu 45°C. Setelah 2 jam pengadukan selanjutnya ditambahkan larutan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis yang telah dibuat dengan melarutkan 0,5 g ekstrak dengan 5 mL diklorometan, pengadukan tetap dilanjutkan dengan kecepatan 1.500 rpm selama 3 jam pada suhu ruang. Selanjutnya dilakukan penambahan NaTPP 0,4% sebanyak 50 mL, pengadukan tetap dilanjutkan dengan kecepatan 1.500 rpm selama 2 jam pada suhu ruang. Pembuatan nanopartikel kitosan (basis) digunakan prosedur yang sama dengan pembuatan nanopartikel kitosan-ekstrak namun tanpa penambahan ekstrak. Selanjutnya untuk mengetahui terbentuknya nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm. Setelah nanopartikel terbentuk, maka diambil sebanyak 5 mL untuk menentukan ukuran partikelnya menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*). Sisa nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP kemudian disentrifuse selama 20 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Setelah didapatkan hasil dari sentrifuge kemudian diambil pelletnya dan selanjutnya dikeringkan hingga berbentuk serbuk menggunakan *Freeze dryer*. Hasil dari *Freeze drying* dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat morfologi.

Tabel 1. Formulasi pembuatan nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis (*C. parthenoxylon*)

Bahan	Nanopartikel kitosan (basis)	Nanopartikel kitosan-ekstrak <i>n</i> -heksan daging buah muda Kayu Gadis (Nanopartikel kitosan-ekstrak CP)
Kitosan (g)	0,5	0,5
Asam asetat glasial 1% (mL)	50	50
Tween 80 (mL)	0,5	0,5
Ekstrak daging buah muda kayu gadis (g) dilarutkan dalam 5 mL diklorometan	-	0,5
Natrium tripolipospat 0,4% (mL)	50	50

Uji Aktivitas Antijamur Nanopartikel Kitosan (Basis) dan Nanopartikel Kitosan-Ekstrak *n*-Heksan Daging Buah Muda Kayu Gadis (*Cinnamomum parthenoxylon*)

Sebanyak 9,75 mL media PDA yang telah disterilkan dicampur dengan nanopartikel kitosan atau nanopartikel kitosan-ekstrak CP yang sebelumnya telah disuspensikan dengan 0,25 mL akuades. Variasi uji aktivitas anti jamur suspensi nanopartikel kitosan-ekstrak *n*-heksan daging buah muda kitosan adalah 0% (akuades saja 0,25 mL) sebagai kontrol; 0,002%; 0,01%; 0,03 %; 0,05%; dan 0,07 % b/v (massa partikel/mL PDA). Partikel basis diuji pada konsentrasi 0,002% untuk pembandingan. Nanopartikel kitosan maupun Nanopartikel kitosan-ekstrak dicampur dengan media PDA lalu dihomogenkan dan dibiarkan memadat. Setelah media memadat, miselium jamur uji (*Trametes versicolor* dan *Fomitopsis palustris*) diambil dan dipotong menggunakan *cork borer* (diameter 5 mm) kemudian diletakkan dibagian tengah permukaan media. Cawan petri diinkubasi pada suhu 25°C sampai jamur pada cawan petri kontrol memenuhi permukaan cawan petri, lalu diukur diameter pertumbuhan jamur pada kontrol dan semua sampel uji menggunakan jangka sorong (Adfa *et al.*, 2021). Uji aktivitas anti jamur dilakukan sebanyak 4 kali pengulangan. Dari hasil pengukuran pertumbuhan jamur, ditentukan persentase daya hambat pertumbuhan jamur dengan menggunakan rumus daya hambat (Teoh *et al.*, 2015).

$$\text{Daya Hambat (\%)} = \frac{Da - Db}{Da} \times 100 \%$$

Keterangan:

Da = diameter pertumbuhan miselium pada kontrol (mm)

Db = diameter pertumbuhan miselium pada sampel uji (mm)

Analisis Data

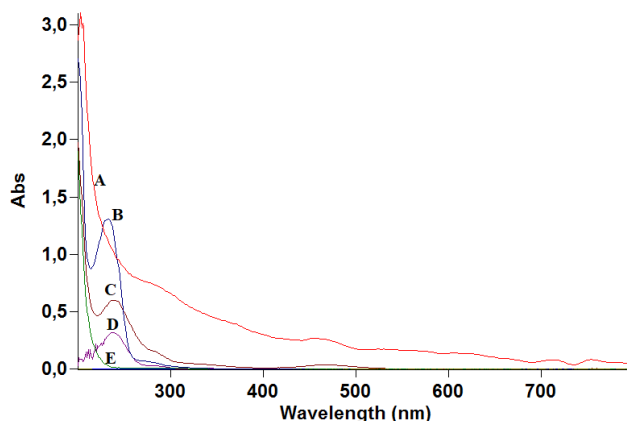
Data persentase daya hambat pertumbuhan jamur dianalisis menggunakan uji *one way* ANOVA dan dilanjutkan dengan uji duncan menggunakan aplikasi SPSS 21 dengan taraf kepercayaan 95%. Data-data hasil karakterisasi Nanopartikel dideskripsikan dan dibandingkan dengan literatur (Adfa *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Nanopartikel Kitosan (Basis) dan Nanopartikel Kitosan-Ekstrak *n*-Heksan Daging buah muda Kayu Gadis (*Cinnamomum parthenoxylon*)

Pembuatan partikel kitosan-ekstrak CP dibuat dengan menggunakan metode gelasi ionik, dengan menggunakan formula pada Tabel 1 yang dimodifikasi dari Shetta *et al.* (2019). Untuk mendeteksi terbentuknya nanopartikel kitosan dan

nanopartikel kitosan-ekstrak CP maka suspensi yang dihasilkan dari proses gelasi ionik dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm untuk melihat adanya perbedaan spektrum UV-Vis yang dihasilkan dengan bahan-bahan dasar yang digunakan (Gambar 1) yang menandakan bahwa sudah terbentuknya partikel kitosan dan partikel kitosan-ekstrak CP.



Gambar 1. Spektrum UV-Vis suspensi hasil gelasi ionik. (A) suspensi partikel kitosan-NaTPP-tween 80 (basis), (B) larutan tween 80, (C) suspensi kitosan-NaTPP-tween 80-ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis (partikel kitosan-ekstrak CP), (D) larutan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis, dan (E) larutan NaTPP

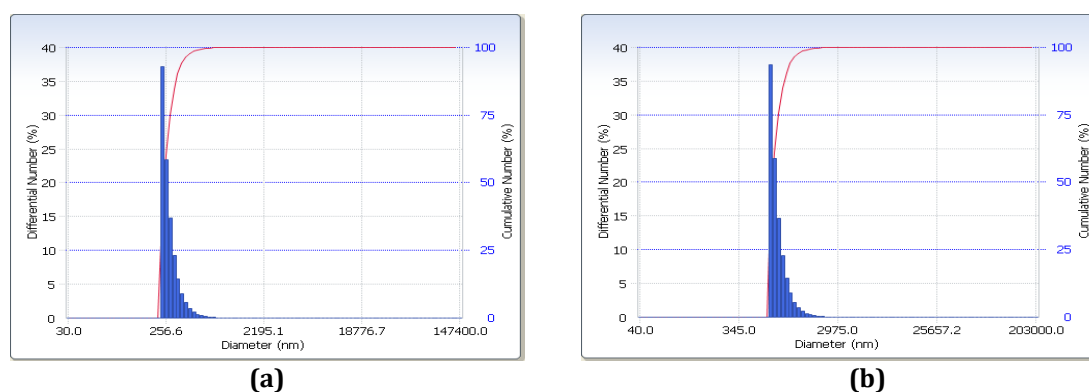
Hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya perbedaan serapan yang terjadi antara suspensi partikel kitosan (basis) (A) dan suspensi partikel kitosan-ekstrak CP (C). Hal ini dapat disebabkan adanya pengaruh penambahan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis. Serapan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis berada pada panjang gelombang 238 nm dengan nilai absorpsi 0,317 (D), sedangkan suspensi partikel-ekstrak CP pada panjang gelombang 239 nm dengan absorpsi 0,602 (C). Suspensi partikel kitosan (basis) memiliki serapan pada panjang gelombang 203 nm dengan nilai absorpsi 3,104 (A). Bahan lain seperti *tween* 80 (B) memiliki serapan pada panjang gelombang 233 nm dengan nilai absorpsi 1,306, sedangkan larutan NaTPP tidak memiliki serapan (E). Hal ini sesuai dengan penelitian Kain dan Kumar (2020) yang melaporkan bahwa terjadinya pergeseran nilai panjang gelombang serapan dan absorpsi menandakan adanya pengaruh dari penambahan ekstrak, dan bahan lainnya. Sehingga dapat diketahui bahwa partikel kitosan (basis) dan partikel kitosan-ekstrak CP sudah terbentuk.

Karakterisasi Nanopartikel Kitosan (Basis) dan Nanopartikel Kitosan-Ekstrak *n*-Heksan Daging Buah Muda Kayu Gadis (Nanopartikel Kitosan-Ekstrak CP) Ukuran Partikel dan Distribusi

Suspensi partikel kitosan (basis) dan partikel kitosan-ekstrak CP yang telah dibuat, dilakukan karakterisasi menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk mengetahui ukuran partikel dan juga distribusi partikelnya. Rata-rata ukuran partikel yang dihasilkan untuk partikel kitosan (basis) yaitu 276,9 nm dan 807,6 nm untuk partikel kitosan-ekstrak CP (Gambar 2), keduanya dapat digolongkan sebagai nanopartikel karena ukuran partikel berada pada rentang 10-1.000 nm (Anandharamkrishnan, 2014; Mohanraj dan Chen, 2007).

Distribusi ukuran partikel atau *polydispersity index* (P.I) adalah nilai yang menyatakan tingkat keragaman ukuran partikel. Menurut Danaei *et al.* (2018) tingkat keseragaman ukuran partikel atau kehomogenan dari partikel ditunjukkan dari nilai P.I. Jika nilai P.I kurang dari 0,05 menunjukkan homogenitas yang baik, sebaliknya jika nilai P.I lebih besar dari 0,7 menunjukkan *heterogenitas* yang tinggi karena memiliki distribusi ukuran partikel yang sangat luas. Nilai P.I. dari penelitian ini adalah 1,27 untuk nanopartikel kitosan (basis) dan 1,40 untuk nanopartikel kitosan-ekstrak CP. Sehingga dapat dikatakan bahwa nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP memiliki distribusi ukuran partikel yang tidak homogen karena nilai P.I yang dihasilkan lebih besar dari 0,7.

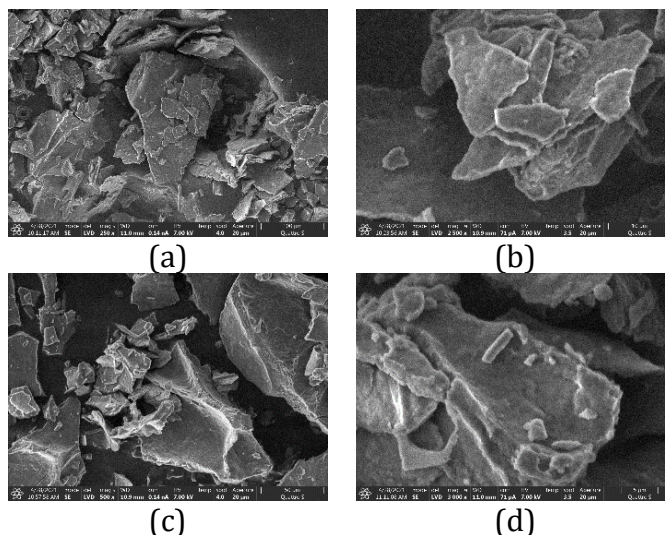
Dilihat dari ukuran partikel yang dihasilkan, ukuran nanopartikel kitosan (basis) lebih kecil daripada ukuran nanopartikel kitosan-ekstrak CP, begitu juga dengan *polydispersity index* nanopartikel kitosan (basis) lebih kecil dari pada nanopartikel kitosan-ekstrak CP. Data ini memperlihatkan bahwa penambahan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis dapat mempengaruhi ukuran partikel dan *polydispersity index* nanopartikel kitosan-ekstrak CP yang terbentuk.



Gambar 2. Hasil karakterisasi PSA (*Particle Size Analyzer*). (A) nanopartikel kitosan (basis), (B) nanopartikel kitosan-ekstrak CP.

Morfologi Nanopartikel Kitosan (Basis) dan Nanopartikel Kitosan-Ekstrak *n*-Heksan Daging Buah Muda Kayu Gadis (Nanopartikel Kitosan-Ekstrak CP)

Suspensi partikel yang telah dibuat kemudian dikeringkan dengan *Freeze dryer* untuk mendapatkan nanopartikel dalam bentuk serbuk, yang selanjutnya dilakukan pengambilan data SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologinya (Gambar 3). Hasil karakterisasi SEM memperlihatkan morfologi dari nanopartikel kitosan (basis) pada perbesaran 250x (Gambar 3A) dan 2.500x (Gambar 3B). Morfologi nanopartikel kitosan-ekstrak CP pada perbesaran 500x (Gambar 3C) dan perbesaran 3.000x (Gambar 3D). Hasil pengamatan morfologi nanopartikel kitosan dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP sama-sama membentuk agregat. Hasil foto SEM sejalan dengan nilai *polydispersity index* nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP yang lebih besar dari 0,7. Ukuran partikel yang tidak seragam dapat disebabkan karena kecenderungan partikel untuk aglomerasi membentuk agregat partikel yang lebih besar. Sejalan dengan laporan Ningsih *et al.* (2017), faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi adalah perbandingan kitosan dan NaTPP yang digunakan, pH larutan, massa ekstrak yang ditambahkan, kecepatan pengadukan, serta volume larutan saat pengadukan dengan stirrer. Bentuk partikel yang terbentuk tidak sama dapat juga menyebabkan kontak antar partikel sehingga terjadi agregasi (Zare, 2016).



Gambar 3. Foto SEM (*Scanning Electron Microscopy*) nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP. (A) nanopartikel kitosan (basis) dengan perbesaran 250x, (B) nanopartikel kitosan (basis) dengan perbesaran 2.500x, (C) nanopartikel kitosan-ekstrak CP dengan perbesaran 500x, (D) nanopartikel kitosan-ekstrak CP dengan perbesaran 3.000x.

AKTIVITAS ANTI JAMUR

Daya hambat nanopartikel kitosan-ekstrak CP dan nanopartikel kitosan (basis) terhadap pertumbuhan jamur pelapuk kayu *Trametes versicolor* dan *Fomitopsis palustris* disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Daya hambat nanopartikel kitosan-ekstrak CP dan nanopartikel kitosan (basis) terhadap pertumbuhan jamur *Trametes versicolor*

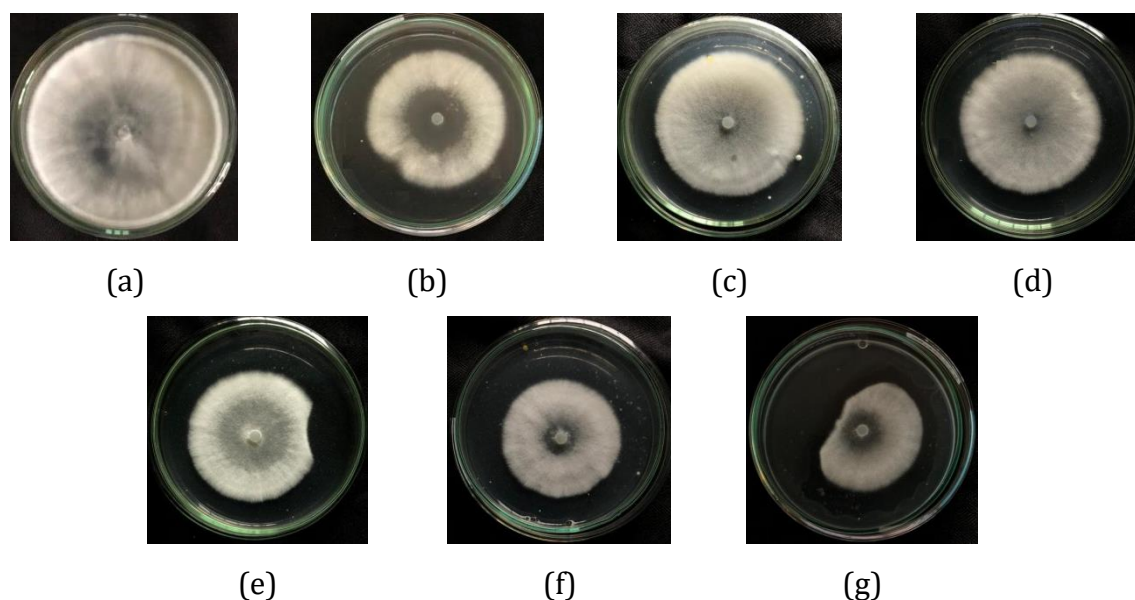
Bahan Uji	Daya Hambat ± SD dan Notasi <i>Trametes versicolor</i>
0% (Akuades/Kontrol)	0,00 ± 0,00 a
Nanopartikel kitosan Basis 0,002%	19,44 ± 1,96 b
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,002 %	17,50 ± 1,96 b
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,01 %	21,94 ± 1,96 b
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,03 %	30,00 ± 2,75 c
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,05 %	34,03 ± 0,94 c
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,07 %	43,03 ± 2,36 d

Tabel 3. Daya hambat nanopartikel kitosan-ekstrak CP dan nanopartikel kitosan (basis) terhadap pertumbuhan jamur *Fomitopsis palustris*

Bahan Uji	Daya Hambat ± SD dan Notasi <i>Fomitopsis palustris</i>
0% (Akuades/Kontrol)	0,00 ± 0,00 a
Nanopartikel kitosan Basis 0,002%	14,58 ± 4,87 b
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,002 %	15,97 ± 6,84 bc
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,01 %	17,78 ± 2,36 bc
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,03 %	20,00 ± 3,39 bc
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,05 %	26,94 ± 1,18 cd
Nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,07 %	34,31 ± 6,52 d

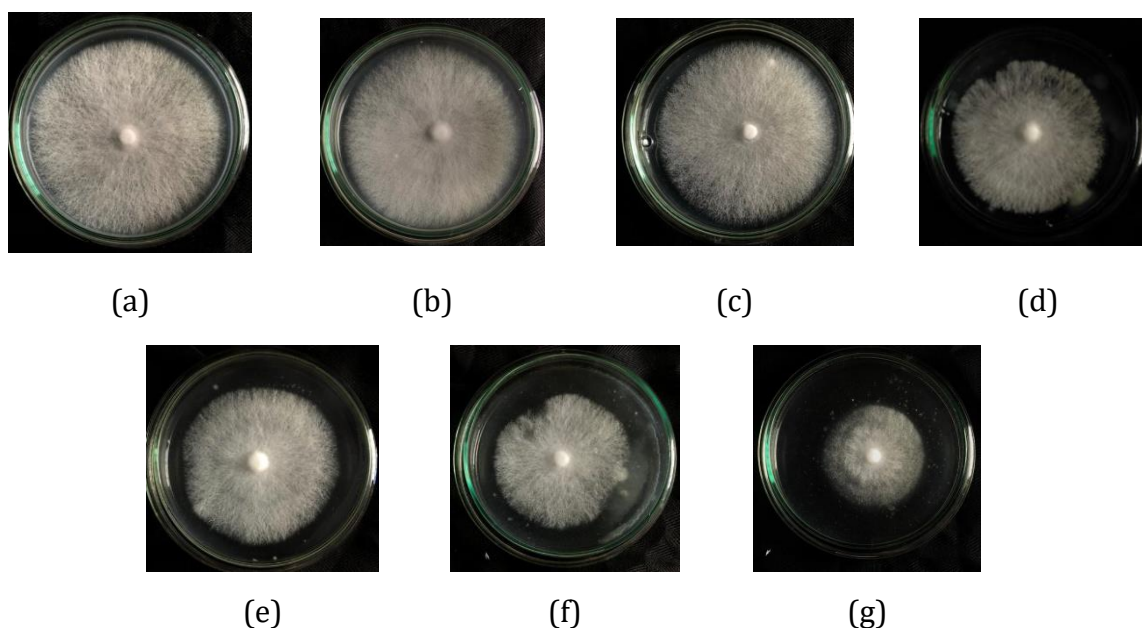
Persentase daya hambat nanopartikel kitosan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis terhadap pertumbuhan 2 jenis jamur pelapuk kayu mengalami kenaikan seiring dengan penambahan konsentrasi nanopartikel kitosan-ekstrak CP. Akan tetapi persentase daya hambat partikel basis terhadap jamur *T. versicolor* lebih besar (9,44%) daripada nanopartikel ekstrak CP pada konsentrasi terkecil (0,002%) yaitu 17,50%. Dari uji Duncan dilihat pemberian nanopartikel kitosan basis tidak berbeda nyata dengan nanopartikel kitosan-ekstrak CP pada konsentrasi 0,002% dan 0,01% dalam penghambatan *T. versicolor* dengan notasi b. Sedangkan dalam penghambatan pertumbuhan *F. palustris*, pemberian nanopartikel kitosan-ekstrak CP pada konsentrasi 0,002%, 0,01% dan 0,03% tidak berbeda nyata antar perlakuan dan dengan pemberian nanopartikel kitosan basis pada konsentrasi 0,002% dengan notasi b dan bc.

Tabel 2 dan 3, terlihat bahwa pemberian nanopartikel kitosan-ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis berbeda nyata dalam penghambatan pertumbuhan 2 jenis jamur uji dimulai pada konsentrasi 0,03 dan 0,05 %. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya ukuran partikel, dan pengaruh distribusi ukuran partikel yang tidak merata serta terjadinya aglomerasi atau agregat sehingga penghambatan terhadap pertumbuhan jamur kurang signifikan (Martien *et al.*, 2012). Dari data PSA diketahui ukuran partikel nanopartikel kitosan (basis) lebih kecil dari pada nanopartikel kitosan-ekstrak CP, dan dari data SEM juga terlihat bahwa nanopartikel yg dihasil membentuk agregat. Selain itu jika terjadi enkapsulasi ekstrak oleh matriks kitosan juga akan memperlambat pelepasan ekstrak keluar dari cangkangnya karena kitosan cenderung hidrofobik sehingga mempengaruhi penetrasi ekstrak terhadap jamur uji (Shetta *et al.*, 2019).



Gambar 4. Pertumbuhan miselium jamur *Trametes versicolor* setelah penambahan nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP: (a) kontrol (akuades) (b) nanopartikel kitosan (basis) 0,002% (c) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,002% (d) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,01% (e) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,03% (f) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,05% (g) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,07%.

Nilai daya hambat terbesar nanopartikel kitosan ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis terhadap jamur pelapuk putih *T. versicolor* sebesar 43,03% dan jamur pelapuk coklat *F. palustris* yaitu sebesar 34,31% pada konsentrasi uji tertinggi (0,07%), sedangkan daya hambat terkecil yaitu sebesar 19,44% untuk jamur *T. versicolor* dan 14,58% untuk jamur *F. palustris* pada konsentrasi uji terkecil (0,002%). Pertumbuhan miselium jamur uji dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Sejalan dengan laporan Adfa *et al.* (2020) bahwa asap cair kayu batang *C. parthenoxylon* lebih beracun bagi jamur pelapuk putih (*S. commune*) daripada jamur pelapuk coklat (*F. palustris*). Kawamura *et al.* (2004) juga melaporkan bahwa fraksi etil asetat batang *Gmelina arboa* dapat menghambat pertumbuhan *T. versicolor* lebih besar dari pada *F. palustris*. Celimene *et al.* (1999) menyatakan bahwa stilbenes (pinosylvin, pinosilvin monometil eter, dan pinosilvin dimetil eter) lebih toksik terhadap jamur pelapuk putih daripada jamur pelapuk coklat. Menurut Oramahi *et al.* (2018), asap air dari batang kelapa sawit dengan kandungan kimia terbesarnya asam asetat dan beberapa senyawa fenolik dapat menghambat pertumbuhan *T. versicolor* pada konsentrasi 1,0 dan 1,5%, namun konsentrasi yang lebih tinggi diperlukan untuk menghambat pertumbuhan *F. palustris*.



Gambar 5. Pertumbuhan miselium jamur *Fomitopsis palustris* setelah penambahan nanopartikel kitosan (basis) dan nanopartikel kitosan-ekstrak CP: (a) kontrol (akuades) (b) nanopartikel kitosan (basis) 0,002% (c) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,002% (d) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,01% (e) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,03% (f) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,05% (g) nanopartikel kitosan-ekstrak CP 0,07%.

Daya hambat pertumbuhan jamur oleh nanopartikel ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis diduga dipengaruhi oleh kemampuan kitosan dan juga ekstrak *n*-heksan daging buah kayu gadis (*C. parthenoxylon*), dan ukuran partikel. Diduga kandungan kimia buah kayu gadis mempunyai aktivitas antijamur, dimana buah kayu gadis kaya akan minyak atsiri dan asam lemak. Lima monoterpen 5-(2,3-dihydroxy-3-methylbutyl)-4-hydroxy-4-methyldihydrofuran 2 (3H)-one, 5-(2,3-dihydroxy-3-methylbutyl)-4-methylfuran-2(5H)-one, 8-hydroxy-4,7,7-trimethyl-1,6dioxaspiro[4.4] non-3-en-2-one, 8-hydroxy-4,7,7-trimethyl-1,6 dioxaspiro[4.4]non-3-en-2-one (4), dan 3-hydroxy-

4,4-dimethyl-4-butyrolactone telah diisolasi dari ekstrak metanol buah *Cinnamomum inunctum* yang merupakan sinonim dari (*C. parthenoxylon*) (Fuchino *et al.*, 2015).

Kitosan juga telah dilaporkan mempunyai aktivitas anti bakteri dan anti jamur (Broda, 2020; Qi *et al.*, 2004). Mekanisme antijamur kitosan dilaporkan bahwa gugus amino yang bermuatan positif dari kitosan dapat berikatan dengan gugus yang bermuatan negatif seperti fosfolipid pada dinding sel jamur melalui interaksi elektrostatis, membentuk lapisan membran polimer pada permukaan sel jamur, mengubah permeabilitas selektif sel, sehingga menghalangi nutrisi memasuki sel, atau mengganggu sel membran memasuki sel, dan akhirnya mengganggu sintesis DNA dan RNA pada jamur (Qin *et al.*, 2020). Qi *et al.* (2004) juga melaporkan bahwa nanopartikel kitosan menunjukkan aktivitas antimikroba yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk bebas polimer kitosan, polikationik nanopartikel kitosan dengan muatan permukaan yang tinggi akan berinteraksi lebih efektif dengan jamur dibandingkan dengan bentuk bebas polimer kitosan. Selain itu, nanopartikel kitosan memiliki afinitas yang lebih tinggi untuk mengikat sel jamur. Kitosan berukuran nano berkontribusi pada luas permukaan yang lebih besar dan menyebabkan nanopartikel untuk dapat menyerap lebih erat ke permukaan sel jamur dan mengganggu integritas membran. Selain hal tersebut, beberapa faktor lain juga mempengaruhi aktivitas antijamur nanopartikel kitosan, antara lain sumber asli kitosan, berat molekul, metode sintesis, tempat substituenya dan jenis jamur yang akan diuji aktivitasnya (Ing *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2010).

SIMPULAN

Nanopartikel kitosan-ekstrak *n*-heksan daging buah muda kayu gadis (ekstrak CP) telah berhasil dibuat menggunakan metode gelas ionik dan berhasil menghambat pertumbuhan jamur pelapuk putih *T. versicolor* dan jamur pelapuk coklat *F. palustris* pada berbagai konsentrasi uji, diharapkan dapat menjadi kandidat bahan pengawet kayu secara alami. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mencari perbandingan yang tepat antara kitosan: NaTPP: ekstrak untuk mendapatkan partikel dengan ukuran yang lebih kecil dengan morfologi yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu dan juga dapat disimpan lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada S2 Kimia FMIPA Universitas Bengkulu atas pendanaan penelitian ini dengan nomor kontrak 1911/UN30.12/HK/2021.

REFERENSI

- Adfa, M., Gusatyana, N. M. C., Mudyanto, A., Avidlyandi, A., Oktiarni, D., & Yudha S., S. (2021). Combined Effect of Methanol Extract of *Persea americana* Seeds and *Cassia alata* Leaves against *Staphylococcus epidermidis*. Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development (ISPLRSAD 2020), 13 (Isplrsad 2020), 36–40. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210609.006>
- Adfa, M., Livandri, F., Meita, N. P., Manaf, S., Ninomiya, M., Gustian, I., Putranto, A. M. H., Supriati, R., Koketsu, M. (2015). Termiticidal Activity of *Acorus calamus* Linn. Rhizomes and Its Main Constituents against *Coptotermes curvignathus* Holmgren. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(1), 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.10.012>

- Adfa, M., Romayasa, A., Kusnanda, A. J., Avidlyandi, A., Yudha S., S., Banon, C., & Gustian, I. (2020). Chemical Components, Antitermite and Antifungal Activities of *Cinnamomum parthenoxylon* Wood Vinegar. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 48(1), 107–116. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2020.48.1.107>
- Adfa, M., Sanusi, A., Manaf, S., Gustian, I., & Banon, C. (2017). Antitermitic Activity of *Cinnamomum parthenoxylon* Leaves against *Coptotermes curvignathus*. *Oriental Journal of Chemistry*, 33(6), 3063–3068. <https://doi.org/10.13005/ojc/330646>
- Anandharamakrishnan, C. (2014). Techniques for Nanoencapsulation of Food Ingredients. In *Techniques for Nanoencapsulation of Food Ingredients*. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-9387-7_3
- Broda, M. (2020). Natural Compounds for Wood Protection against Fungi—A Review. *Molecules*, 25(15), 1-24.
- Chittenden, C., & Singh, T. (2011). Antifungal Activity of Essential Oils against Wood Degrading Fungi and Their Applications as Wood Preservatives. *International Wood Products Journal*, 2(1), 44–48. <https://doi.org/10.1179/2042645311Y.0000000004>
- Celimene, C. C., Micales, J. A., Ferge, L., & Young, R. A. (1999). Efficacy of Pinosylvins against White-rot and Brown-rot Fungi. *Holzforschung*, 53(5), 491–497. <https://doi.org/10.1515/HF.1999.081>
- Danaei, M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Hasanzadeh Davarani, F., Javanmard, R., Dokhani, A., Khorasani, S., Mozafari, M. R. (2018). Impact of Particle Size and Polydispersity Index on the Clinical Applications of Lipidic Nanocarrier Systems. *Pharmaceutics*, 10(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020057>
- Fuchino, H., Yazawa, A., Kiuchi, F., Kawahara, N., Takahashi, Y., & Satake, M. (2015). Novel Monoterpene Lactones from *Cinnamomum inunctum*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 63(10), 833–836. <https://doi.org/10.1248/cpb.c15-00368>
- Ing, L. Y., Zin, N. M., Sarwar, A., & Katas, H. (2012). Antifungal Activity of Chitosan Nanoparticles and Correlation with Their Physical Properties. *International Journal of Biomaterials*, 2012, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2012/632698>
- Jia, Q., Liu, X., Wu, X., Wang, R., Hu, X., Li, Y., & Huang, C. (2009). Hypoglycemic Activity of a Polyphenolic Oligomer-Rich Extract of *Cinnamomum parthenoxylon* Bark in Normal and Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Phytomedicine*, 16(8), 744–750. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.12.012>
- Kain, D., & Kumar, S. (2020). Synthesis and Characterization of Chitosan Nanoparticles of *Achillea millefolium* L. and Their Activities. *F1000Research*, 9, 1297. <https://doi.org/10.12688/f1000research.26446.1>
- Kawamura, F., Ohara, S., & Nishida, A. (2004). Antifungal Activity of Constituents from The Heartwood of *Gmelina arborea*: Part 1. Sensitive Antifungal Assay against Basidiomycetes. *Holzforschung*, 58(2), 189–192. <https://doi.org/10.1515/HF.2004.028>
- Kawamura, F., Ramle, S. F. M., Sulaiman, O., Hashim, R., & Ohara, S. (2011). Antioxidant and Antifungal Activities of Extracts from 15 Selected Hardwood Species of Malaysian timber. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(2), 207–212. <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0413-2>
- Martien, R., Adhyatmika, Irianto, I. D. K., Farida, V., & Sari, D. P. (2012). Perkembangan Teknologi Nanopartikel dalam Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmaseutik*, 8(1), 133–144. Retrieved from https://www.academia.edu/download/41739804/Perkembangan_Teknologi_Nanopartikel_dala20160129-20505-

- 1jxjfb.pdf
- Mohanraj, V. J., & Chen, Y. (2007). Nanoparticles - A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5(1), 561–573. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v5i1.14634>
- Ningsih, N., Yasni, S., & Yuliani, S. (2017). Sintesis Nanopartikel Ekstrak Kulit Manggis Merah dan Kajian Sifat Fungsional Produk Enkapsulasinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 28(1), 27–35. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.27>
- Oramahi, H. A., Yoshimura, T., Diba, F., Setyawati, D., & Nurhaida. (2018). Antifungal and Antitermitic Activities of Wood Vinegar from Oil Palm Trunk. *Journal of Wood Science*, 64(3), 311–317. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1703-2>
- Phongpaichit, S., Kummee, S., Nilrat, L., & Itarat, A. (2007). Antimicrobial Activity of Oil from The Root of *Cinnamomum porrectum*. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 29, 11–16.
- Qi, L., Xu, Z., Jiang, X., Hu, C., & Zou, X. (2004). Preparation and Antibacterial Activity of Chitosan Nanoparticles. *Carbohydrate Research*, 339(16), 2693–2700. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.09.007>
- Qin, Y., Li, P., & Guo, Z. (2020). Cationic Chitosan Derivatives as Potential Antifungals: A Review of Structural Optimization and Applications. *Carbohydrate Polymers*, 236, 116002. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116002>
- Shetta, A., Kegere, J., & Mamdouh, W. (2019). Comparative Study of Encapsulated Peppermint and Green Tea Essential Oils in Chitosan Nanoparticles: Encapsulation, Thermal Stability, In-vitro Release, Antioxidant and Antibacterial Activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 126, 731–742. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.161>
- Sivakami, M. S., Gomathi, T., Venkatesan, J., Jeong, H., Kim, S., & Sudha, P. N. (2013). Preparation and Characterization of Nano Chitosan for Treatment Wastewaters. *International Journal of Biological Macromolecules*, 57, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.03.005>
- Teoh, Y. P., Mashitah, M. D., & Salmiah, U. (2015). Antifungal Activities of Selected Wood-Degrading Fungi of Rubberwood. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(3), 325–333. <https://www.jstor.org/stable/43490290>
- Voda, K., Boh, B., & Vrtačnik, M. (2004). A Quantitative Structure–Antifungal Activity Relationship Study of Oxygenated Aromatic Essential oil Compounds Using Data Structuring and PLS Regression Analysis. *Journal of Molecular Modeling*, 10, 76–84. <https://doi.org/10.1007/s00894-003-0174-5>
- Wang, J., Su, B., Jiang, H., Cui, N., Yu, Z., Yang, Y., & Sun, Y. (2020). Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacological Activities of The Genus *Cinnamomum* (Lauraceae): a Review. *Fitoterapia*, 146, 104675. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104675>
- Xu, T., Xin, M., Li, M., Huang, H., & Zhou, S. (2010). Synthesis, Characteristic and Antibacterial Activity of N,N,N-trimethyl Chitosan and Its Carboxymethyl Derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 81(4), 931–936. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.008>
- Zare, Y. (2016). Study of Nanoparticles Aggregation/Agglomeration in Polymer Particulate Nanocomposites by Mechanical Properties. *Composites: Part A*, 84, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.01.020>