

Aktivitas Antirayap Ekstrak dan Fraksi Biji Jeruk Sambal (*Citrus microcarpa* Bunge) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren)

Anti-termite Activity of Crude Extract and Fractions from The Seeds of Citrus microcarpa Bunge against Coptotermes curvignathus Holmgren

Rahmi Jayatri¹, Warsidah², Rudiyanasyah^{1*}

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia

²Jurusan Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia

*E-mail: rudiyanasyah@chemistry.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i1.125>

Received: 27 Sept 2022, Revised: 6 Nov 2022, Accepted: 13 Nov 2022, Online: 29 May 2023

Abstrak

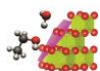
Jeruk sambal merupakan salah satu tanaman keluarga Rutaceae yang banyak digunakan dalam industri makanan sebagai penambah rasa dan aroma. Tanaman tersebut dikenal mengandung senyawa metabolit sekunder seperti terpenoid, flavonoid, dan fenolik. Sementara itu, informasi bioaktivitas khususnya antirayap dari senyawa kimia pada biji jeruk sambal belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai aktivitas anti rayap ekstrak metanol dan fraksi-fraksi dari biji jeruk sambal terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren. Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan dimulai dari maserasi, partisi, uji fitokimia, dan diakhiri dengan uji aktivitas anti rayap selama 7 hari. Hasil pengujian mortalitas rayap tanah dilihat berdasarkan nilai LC₅₀, dengan nilai terkecil hingga terbesar secara berturut-turut yaitu fraksi kloroform 1,689%, fraksi metanol 1,783%, fraksi *n*-heksana 1,788 %, dan ekstrak metanol 2,324%. Hasil mortalitas rayap yang mencapai 100% pada masing-masing sampel uji disebabkan karena ekstrak dan fraksi-fraksi dari biji jeruk sambal bersifat antifeedant.

Kata kunci: antirayap, *Coptotermes curvignathus* Holmgren, *Citrus microcarpa* Bunge, mortalitas, metabolit sekunder

Abstract

Citrus microcarpa is one of the Rutaceae family plants which is commonly used for food industries to enhance aroma and flavor. This plant contains secondary metabolites such as terpenoids, flavonoids, and phenolics. Unfortunately, bioactivity information, specifically anti-termites from citrus seeds is unreported. The aim of this study was to determine anti termite activity of the methanol extract and fractions of the citrus seeds against *Coptotermes curvignathus* Holmgren. The research was carried out in several stages, starting from maceration, partitioning, phytochemical testing, and termite activity testing for 7 days. The results of the subterranean termite mortality test were justified based on the LC₅₀ values, from the smallest to the largest values, respectively, chloroform fraction 1.689%, methanol fraction 1.783%, *n*-hexane fraction 1.788%, and methanol extract 2.324%. The results of termite mortality which reached 100% for each tested sample were due to the extract and fractions of the citrus seeds have antifeedant activities.

Keywords: antitermite, *Coptotermes curvignathus* Holmgren, *Citrus microcarpa* Bunge, mortality, secondary metabolites.



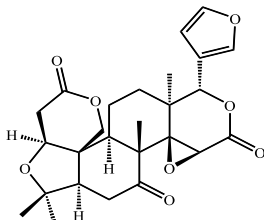
1 Pendahuluan

Rayap merupakan salah satu jenis serangga yang bermanfaat untuk menjaga keseimbangan alam. Akan tetapi seiring berjalannya waktu telah banyak juga kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan oleh rayap. Makanan utama rayap adalah kayu atau bahan yang mengandung selulosa. Salah satu jenis rayap yang paling banyak ditemukan dan merugikan secara ekonomi karena merupakan hama tanaman kelapa sawit, pohon karet, coklat, dan pohon adalah rayap tanah (*C. curvignathus Holmgren*) [1].

Beberapa peneliti telah melaporkan beberapa tumbuhan yang mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenolik, dan terpenoid berpotensi menyebabkan kematian pada rayap [2,3]. Meidianto, *et al* [4] menyatakan bahwa tanaman kayu gaharu buaya yang memiliki kandungan senyawa tersebut di atas dapat digunakan sebagai pembasmi rayap tanah (*Coptotermes sp.*).

Selain dikenal menghasilkan buah-buahan, beberapa bagian dari tumbuhan genus *Citrus* seperti kulit buah jeruk pontianak (*C. nobilis* Lour) [5] dan daun jeruk sambal (*C. microcarpa* Bunge) [6] juga memiliki potensi sebagai antirayap atau biotermitisida alami. Kandungan utama senyawa metabolit sekunder pada genus *Citrus* adalah limonoid yang termasuk dalam golongan terpenoid [7].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder pada biji jeruk sambal (*C. microcarpa* Bunge) dengan uji fitokimia [8,9] dan menguji aktivitas antirayap dengan metode umpan paksa [10] pada ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya, termasuk limonin (1) sebagai senyawa murni yang telah diperoleh sebelumnya dari biji jeruk sambal *C. microcarpa* [7].



Gambar 1. Struktur limonin (1)

2 Metode Penelitian

2.1 Preparasi Sampel

Biji segar jeruk sambal dicuci menggunakan air hingga bersih, kemudian di keringkan di dalam

oven pada suhu 40°C sehingga diperoleh biji kering. Sebanyak 200 g biji kering diblender hingga menjadi serbuk. Senyawa limonin (1) yang diperoleh dari penelitian Widayanti, *et al.* [7] dipreparasi dalam pelarut diklorometana dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1%.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu maserator kaca, autoklaf, bulb, blender, berbagai macam peralatan gelas, desikator, kain hitam, neraca analitik, oven (Memmert), pipet ukur 5 mL dan 10 mL, rotary evaporator merk DLAB (RE100-Pro), dan wadah plastik.

Bahan yang digunakan adalah asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), FeCl₃ 5%, limonin (1), kertas Whatman, kloroform p.a, metanol p.a, n-heksana p.a, pereaksi Liebermann Burchard, pereaksi Dragendorff, serbuk Mg, rayap tanah, dan fipronil (kontrol positif).

2.3 Ekstraksi Biji Jeruk Sambal

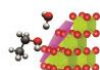
Sebanyak 200 g serbuk biji jeruk sambal dimaserasi dalam metanol selama 3x24 jam (masing-masing 500 mL), hingga diperoleh maserat metanol. Maserat dievaporasi pada 40°C sampai diperoleh ekstrak metanol, lalu di timbang untuk mengetahui berat dan persen rendemennya. Ekstrak dilarutkan dalam 100 mL metanol dan dipartisi secara bergantian dengan pelarut 100 mL n-heksana dan 100 mL kloroform sehingga diperoleh tiga fraksi. Masing-masing fraksi dievaporasi pada 40°C hingga kering dan ditimbang.

2.4 Uji Fitokimia

Uji alkaloid (Dragendorff), flavonoid (Shinoda), fenolik (FeCl₃ 5%), dan terpenoid (Liebermann Burchard) dilakukan dengan menambahkan masing-masing reagen tersebut pada ekstrak metanol dan 3 fraksi. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna spesifik pada masing-masing sampel uji [8,9].

2.5 Preparasi Kertas Umpan Rayap

Kertas Whatman dipanaskan dalam oven pada 105°C selama 3 jam kemudian disimpan dalam desikator selama 24 jam. Selanjutnya, kertas Whatman direndam dalam masing-masing larutan uji (larutan ekstrak, larutan 3 fraksi, dan larutan limonin) selama satu jam dengan konsentrasi masing-masing 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, dan 1%. Kontrol negatif dari masing-

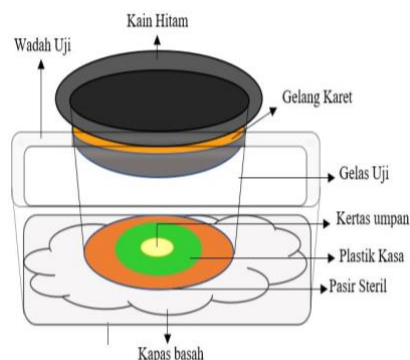


masing sampel uji hanya berupa pelarut dengan 0% (tidak ada penambahan ekstrak, 3 fraksi, dan limonin) sedangkan kontrol positif digunakan fipronil 0,25%.

Kertas Whatman yang telah direndam dalam masing-masing larutan uji kemudian dikering anginkan hingga kering lalu ditimbang berat awalnya. Selanjutnya masing-masing kertas uji diletakkan dalam gelas uji yang telah berisi pasir dan kasa.

2.6 Uji Toksisitas

Pengujian aktivitas anti rayap *C. curvignathus* dilakukan dengan metode umpan paksa (*forced feeding test*) yang telah dilakukan Ohmura, et al. [10] dengan beberapa modifikasi. Sejumlah 45 ekor rayap kasta pekerja dan 5 ekor rayap kasta prajurit yang dipelihara selama 1 bulan yang sebelumnya diambil dari dalam kayu karet dimasukkan ke dalam gelas uji dan ditutup menggunakan kain hitam. Gelas uji diletakkan di dalam wadah uji dan disimpan di tempat gelap selama 7 hari. Kemudian rayap yang mati dihitung dan dilakukan pengulangan 3 kali (triplo).



Gambar 2. Wadah uji antirayap

2.7 Uji Penghambatan makan (Antifeedant Test)

Antifeedant test merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan tingkat laju konsumsi rayap terhadap kertas umpan. Pengamatan dilakukan selama 7 hari dan penurunan berat kertas dihitung pada hari terakhir. Penurunan berat kertas umpan dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\% \text{ Penurunan berat kertas umpan} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\%$$

B1= berat kertas umpan sebelum uji (g)

B2= berat kertas umpan setelah uji (g)

2.8 Perhitungan Mortalitas Rayap

Mortalitas rayap diamati selama satu minggu dengan menghitung secara akumulatif jumlah rayap yang mati pada hari ke-7. Mortalitas rayap pada masing-masing gelas uji dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [11].

$$\% \text{ Mortalitas (A)} = \frac{\text{Jumlah rayap yang mati}}{\text{Jumlah rayap awal}} \times 100\%$$

2.9 Analisis Data

Persentase mortalitas dan penurunan berat kertas umpan yang diperoleh dilakukan analisis dengan menggunakan Analisis Varians (Anova) pada taraf kepercayaan 95%. Jika didapatkan hasil yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Least Significance Difference* (LSD) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Data mortalitas rayap kemudian ditentukan dengan analisis probit untuk mengetahui nilai LC_{50} (*Lethal concentration*) menggunakan program IBM statistik 20 [12].

3 Hasil dan Diskusi

3.1 Ekstraksi dan fraksinasi

Ekstrak metanol yang diperoleh dari 3x24 jam maserasi sebesar 23,449 gram sedangkan massa 3 fraksi hasil partisi selengkapannya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Massa dan Rendemen Zat Ekstraktif

Jenis Sampel	Massa (gram)	Rendemen (%)
Ekstrak metanol	23,449	11,724 %
Fraksi n-heksana	4,643	2,325 %
Fraksi kloroform	1,040	0,671 %
Fraksi metanol	1,342	0,520 %

3.2 Skrining Fitokimia

Hasil uji fitokimia dari ekstrak metanol dan 3 fraksi biji jeruk sambal dapat dilihat pada Tabel 2.

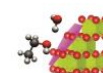
Tabel 2. Hasil Uji Fitokimia

Uji	Ekstrak metanol	Fraksi		
		n-heksana	kloroform	metanol
Alkaloid	+	+	+	+
Fenolik	+	+	+	+
Flavonoid	+	-	-	+
Terpenoid	+	+	+	+
Saponin	-	-	-	-

Ket:

+ : mengandung senyawa metabolit sekunder yang diuji

- : tidak mengandung senyawa metabolit sekunder yang diuji



Berdasarkan uji fitokimia diketahui bahwa kandungan metabolit sekunder biji jeruk sambal yaitu alkaloid, fenolik, flavonoid, dan terpenoid sama seperti kandungan biji jeruk manis (*C. sinensis*) [13]. Pada penelitian ini golongan flavonoid tidak terkandung pada fraksi *n*-heksana dan kloroform.

3.3 Mortalitas Rayap

Pada penelitian ini digunakan insektisida regent 50EC yang mengandung fipronil dari produsen BASF *The Chemical Company*. Fipronil berfungsi sebagai kontrol positif memiliki mortalitas 100%. Adapun fungsi kontrol positif adalah sebagai pembanding untuk melihat apakah sampel-sampel uji memiliki efek yang sama kuat seperti fipronil.

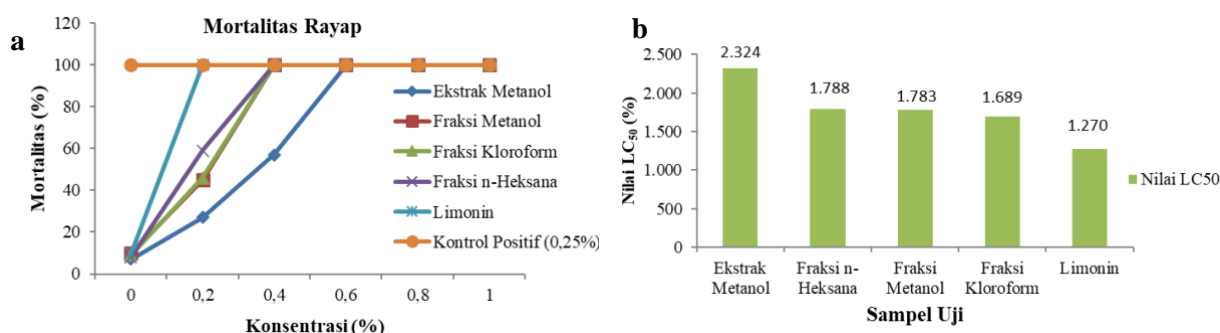
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama 7 hari, kontrol negatif dari masing-masing sampel uji memiliki mortalitas terkecil yaitu 7-10%. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing pelarut yang digunakan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap mortalitas rayap. Adapun terdapat rayap yang mati selama pengujian kemungkinan disebabkan beberapa hal seperti rayap yang belum terbiasa dengan lingkungan wadah uji sehingga tidak dapat beradaptasi dengan lingkungan yang diberikan [14]. Kemungkinan lain disebabkan oleh rayap memiliki sifat kanibalistik yaitu memakan setiap individu rayap yang lemah atau sakit, dan rayap juga memiliki sifat *necrophagy* (memakan bangkai sesamanya)

[1]. Untuk kontrol positif dengan konsentrasi 0,25% sudah terjadi kematian rayap mencapai 100% pada hari kedua. Grafik hubungan mortalitas rayap dengan konsentrasi sampel uji dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi berbanding lurus dengan mortalitas rayap. Semakin besar konsentrasi maka mortalitas rayapnya semakin besar. Kontrol positif (fipronil) pada konsentrasi 0,25% dan limonin pada konsentrasi yang sama telah menyebabkan mortalitas 100%, sedangkan ekstrak metanol, fraksi *n*-heksana, fraksi kloroform, dan fraksi metanol dengan konsentrasi yang berbeda memiliki nilai mortalitas berbeda namun tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh kecilnya rentang variasi konsentrasi yang digunakan dalam pengujian. Semakin besar konsentrasi yang digunakan maka kandungan kimia pada ekstrak juga lebih banyak sehingga daya racun dari pestisida nabati semakin tinggi dan nilai mortalitas yang dihasilkan lebih besar.

Limonin yang merupakan senyawa limonoid telah dikenal memiliki beragam bioaktivitas termasuk *antifeedant* dan antirayap [15–18]. Keberadaan gugus epoksida dan cincin furan pada struktur limonoid bertanggung jawab terhadap aktivitas *antifeedant* [16,19,20].

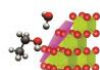
Mortalitas rayap dari tinggi hingga terendah dapat dilihat dari hasil analisis nilai LC_{50} dengan menggunakan IBM statistik 20 pada Gambar 4.



Gambar 3. (a) Grafik mortalitas rayap *C. curvignathus* pada tiap ekstrak, fraksi metanol, limonin, dan kontrol positif setelah pengumpulan selama 7 Hari
(b) Nilai LC_{50} tiap ekstrak, fraksi, dan limonin terhadap rayap dalam 7 Hari

Berdasarkan Gambar 3(b) terlihat nilai LC_{50} terendah hingga tertinggi berturut-turut yaitu limonin, fraksi kloroform, fraksi metanol, fraksi *n*-heksana, dan ekstrak metanol. Semakin tinggi nilai LC_{50} yang diperoleh maka semakin rendah toksisitasnya sebaliknya semakin rendah nilai LC_{50} suatu sampel uji maka semakin tinggi

toksitasnya [21]. Kematian rayap terjadi karena adanya peran senyawa kimia pada ekstrak yang terdapat di dalam kertas uji yang memiliki sifat toksik dan *antifeedant*. Senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak metanol biji jeruk sambal adalah golongan alkaloid, flavonoid, fenolik, dan terpenoid. Masing-masing senyawa

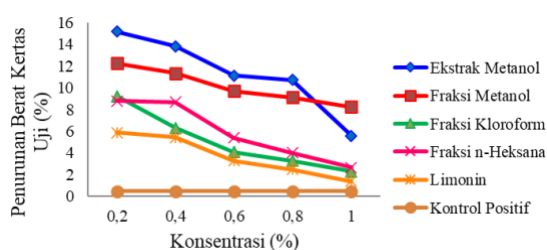


metabolit sekunder ini memiliki sifat anti rayap, baik sifat toksik maupun sifat *antifeedant* nya.

Mekanisme kematian rayap terjadi karena rayap memakan kertas umpan yang berisi senyawa aktif yang berasal dari ekstrak/fraksi biji jeruk sambal sehingga merusak sistem saraf pada rayap menjadi tidak berfungsi dan secara perlahan rayap tersebut akan mati [22]. Rayap yang telah terkena racun juga akan terus bergerak tanpa terkendali sehingga bersentuhan dengan rayap lainnya menjadi tersebar dan menyebabkan rayap lain tersebut terkena racun yang sama (sistemik).

3.4 Uji Antifeedant/Penurunan Berat Kertas Uji

Penurunan berat kertas umpan juga merupakan salah satu parameter yang menunjukkan tingkat laju konsumsi rayap terhadap kertas umpan. Semakin kecil persentase kehilangan berat kertas umpan mengindikasikan semakin tinggi penolakan makan rayap terhadap kertas umpan.



Gambar 4. Grafik persentase penurunan berat kertas umpan terhadap rayap *C. curvignathus* pada tiap ekstrak, fraksi, limonin, dan kontrol positif setelah pengumpanan selama 7 Hari.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penurunan berat kertas umpan terbesar pada sampel uji terdapat pada kontrol negatif dengan rentang terkecil hingga terbesar yaitu 11,143%-16,450%. Penurunan berat kertas umpan ekstrak metanol sebesar 16,450%, fraksi metanol 13,529%, fraksi kloroform 11,836%, fraksi *n*-heksana 11,143%, limonin 11,667%, dan kontrol positif sangat kecil yaitu sebesar 0,471%. Pada konsentrasi 0,2%-1% penurunan berat kertas umpan yang terbesar terdapat pada ekstrak metanol yaitu berkisar antara 5,573-15,164 %. Sedangkan penurunan berat kertas umpan terkecil dimulai dari limonin yaitu 1,384-5,890%, fraksi kloroform berkisar antara 2,299-9,238 %, fraksi *n*-heksana berkisar antara 2,678-8,792 %, dan fraksi metanol berkisar antara 8,241-12,253 %. Hal ini

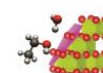
menunjukkan bahwa aktivitas terendah pada rayap di mulai dari limonin, fraksi kloroform, fraksi *n*-heksana, fraksi metanol, dan ekstrak metanol. Grafik hubungan antara tingkat konsentrasi dengan pengurangan berat kertas dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa penurunan berat kertas umpan bervariasi tergantung pada jenis sampel dan besarnya konsentrasi yang terdapat di dalam kertas umpan. Pada Gambar 5 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi pada ekstrak metanol, fraksi metanol, fraksi kloroform, fraksi *n*-heksana, dan limonin dapat mengurangi jumlah konsumsi rayap pada kertas umpan. Penurunan berat pada kertas umpan disebabkan adanya senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, fenolik, flavonoid dan terpenoid yang terkandung dalam masing-masing sampel uji. Salah satu golongan senyawa yang paling kuat sebagai anti serangga atau *antifeedant* (penolak makan) adalah limonoid dari golongan terpenoid yang ditemukan dalam family Rutaceae [23]. Limonoid bersifat racun dan berfungsi sebagai insektisida, berperan sebagai *antifeedant* terhadap serangga dan penghambat reproduksi.

Hasil analisis menggunakan SPSS *One-Way* Anova menunjukkan penambahan ekstrak pada kertas umpan berpengaruh nyata pada penurunan berat kertas umpan dimana nilai signifikan dari masing-masing ekstrak 0,00 lebih kecil dari 0,05 maka nilai H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti pengurangan berat kertas umpan yang signifikan berbeda nyata akibat perbedaan konsentrasi. Hasil uji LSD dapat dilihat bahwa kontrol negatif pada ekstrak metanol tidak berbeda nyata pada konsentrasi 0,2% tetapi memiliki beda nyata pada konsentrasi 0,4%, 0,6%, 0,8%, dan 1 %. Fraksi metanol, fraksi *n*-heksana, dan kontrol negatif tidak memiliki beda nyata pada konsentrasi 0,2% dan 0,4% tetapi memiliki beda nyata pada konsentrasi 0,6%, 0,8%, dan 1 %. Fraksi kloroform, limonin, dan kontrol negatif memiliki beda nyata dengan semua variasi konsentrasi. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi kloroform dan khususnya limonin memiliki sifat *antifeedant* yang kuat terhadap rayap [16–18].

4 Kesimpulan

Golongan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam semua sampel uji (kecuali limonin) adalah alkaloid, fenolik, terpenoid, dan flavonoid. Aktivitas anti rayap dilihat dari hasil nilai LC_{50} dan grafik mortalitas rayap tertinggi



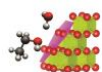
hingga terendah berturut-turut dimulai dari limonin, fraksi kloroform, fraksi metanol fraksi *n*-heksana, dan ekstrak metanol. Hasil mortalitas rayap yang mencapai 100% pada masing-masing sampel uji disebabkan karena ekstrak, 3 fraksi, dan limonin dari biji jeruk sambal bersifat sebagai *antifeedant*. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antirayap ekstrak dan fraksi biji jeruk sambal berbeda tidak signifikan dengan fipronil.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih staf Laboran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura.

Daftar Pustaka

- [1] Nandika D, Rismayadi Y, Diba F, P. HJ. Rayap: Biologi dan Pengendaliannya [Internet]. Surakarta: Muhammadiyah University Press; 2003. 210 p. Available from: https://lib.ubt.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=3609&keywords=
- [2] Hadi M-. Pembuatan Kertas Anti Rayap Ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Ekstrak Daun Kirinyuh (*Eupatorium odoratum*). Bioma Berk Ilm Biol [Internet]. 2012;10(1):12. Available from: <http://dx.doi.org/10.14710/bioma.10.1.12-18>
- [3] Sudrajat. Toksisitas Ekstrak Batang Kayu Bawang (*Scorodocarpus borneensis* Becc.) Fraksi Etanol-Air Terhadap Rayap *Coptotermes* sp (Isoptera: Rhinotermit. Mulawarman Sci. 2012;11(1):29–40.
- [4] Meidianto A, Jayuska A, Wibowo MA. Bioaktivitas Antirayap Ekstrak Kayu Gaharu Buaya (*Aetoxylon sympetalum*) terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes* sp). J Kim Khatulistiwa [Internet]. 2019;8(1):11–6. Available from: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmi pa/article/view/30846/75676579837>
- [5] Kartini E, Jayuska A, Alimuddin AH. Uji Aktivitas Biotermitisida Minyak Atsiri Daun Citrus *nobilis* Lour terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes Curvignathus holmgren*). J Kim Khatulistiwa [Internet]. 2014;3(1):37–43. Available from: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmi pa/article/view/5775>
- [6] Novitasari, Jayuska A, Wibowo MA. Bioaktivitas Anti Rayap Minyak Atsiri dari Daun Jeurk Sambal (*Citrus microcarpa* Bunge) terhadap Rayap Tanah *Macrotermes* sp. J Kim Khatulistiwa [Internet]. 2014;3(4):57–62. Available from: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmi pa/article/view/8804/8777>
- [7] Widayanti S, Rudiyanasyah R, Alimuddin AH. Penentuan Struktur Senyawa Antioksidan Limonoid dari Biji Jeruk Sambal (*Citrus microcarpa* Bunge) Kalimantan Barat. Indones J Pure Appl Chem [Internet]. 2019;1(3):77. Available from: <http://dx.doi.org/10.26418/indonesian.v1i3.34193>
- [8] Tiwari P, Kumar B, Kaur M, Kaur G, Kaur H. Phytochemical screening and Extraction: A Review. Int Pharm Sci. 2011;1(1):98–106.
- [9] Meigaria KM, Mudianta IW, Martiningsih NW. Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Aseton Daun Kelor (*Moringa oleifera*). J Wahana Mat dan Sains. 2016;10(2):1–11.
- [10] Ohmura W, Doi S, Aoyama M, Ohara S. Antifeedant activity of flavonoids and related compounds against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. J Wood Sci [Internet]. 2000;46(2):149–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00777362>
- [11] Indrayani Y, Oramahi HA, Nurhaida. Evaluasi Asap Cair sebagai Biotermitisida untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp. J Tengkwang. 2011;1(2):87–96.
- [12] Zuzani F, Harlia, Idiawati N. Aktivitas Termitisida Minyak Atsiri Daun Celekak (*Etingera elatior* (Jack) RM. SM.) Terhadap Rayap *Coptotermes curvignathus* sp pada Tanaman Karet. J Kim Khatulistiwa. 2015;4(4):83–9.
- [13] Oikeh E, Oriakhi K, Omoregie ES. Proximate Analysis and Phytochemical Screening of Citrus *sinensis* Fruit Wastes. Biosci J [Internet]. 2013;1(2):164–70. Available from: https://bioscientistjournal.com/index.php/The_Bioscientist/article/view/75
- [14] Slamet S, Arbianti R, Marlina E. Pengolahan Limbah Cr(VI) dan Fenol dengan Fotokatalis Serbuk TiO₂ dan CuO/TiO₂. Reaktor [Internet]. 2007;11(2):78. Available from: <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.11.2.78-85>



- [15] Ohta H, Nogata Y, Yoza K-I, Kusumoto K-I, Hasegawa S. Limonoid Glucosides in Seeds of Shiikuwasha (*Citrus depressa* Hayata). *Food Sci Technol Int Tokyo* [Internet]. 1995;1(2):74–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.3136/fsti9596t9798.1.74>
- [16] Shi Y-S, Zhang Y, Li H-T, Wu C-H, El-Seedi HR, Ye W-K, et al. Limonoids from Citrus: Chemistry, anti-tumor potential, and other bioactivities. *J Funct Foods* [Internet]. 2020;75:104213. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2020.104213>
- [17] Roy A, Saraf S. Limonoids: Overview of Significant Bioactive Triterpenes Distributed in Plants Kingdom. *Biol Pharm Bull* [Internet]. 2006;29(2):191–201. Available from: <http://dx.doi.org/10.1248/bpb.29.191>
- [18] Abdallah HM, Mohamed GA, Ibrahim SRM. Lansium domesticum-A Fruit with Multi-Benefits: Traditional Uses, Phytochemicals, Nutritional Value, and Bioactivities. *Nutrients* [Internet]. 2022 Apr 6;14(7):1531. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35406144>
- [19] Bentley MD, Rajab MS, Alford AR, Mendel MJ, Hassanali A. Structure-activity Studies of Modified Citrus Limonoids as antifeedants for Colorado Potato Beetle larvae, *Leptinotarsa decemlineata*. *Entomol Exp Appl* [Internet]. 1988;49(3):189–93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.1988.tb01179.x>
- [20] Lin M, Bi X, Zhou L, Huang J. Insecticidal Triterpenes in Meliaceae: Plant Species, Molecules, and Activities: Part II (*Cipadessa*, *Melia*). *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022 May 10;23(10):5329. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35628141>
- [21] Manzoor F, Sayyed AH, Rafique T, Malik SA. Toxicity and repellency of different insecticides against *Heterotermes indicola* (Isoptera: Rhinotermitidae). *J Anim Plant Sci* [Internet]. 2012;22(1):65–71. Available from: <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-22-1/33.pdf>
- [22] Nabu, Diba F, Dirhamsyah M. Aktivitas Anti Rayap Minyak Atsiri dari kulit Jeruk Citrus nobilis var. *Microcarpa* terhadap Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren. *J Hutan Lestari* [Internet]. 2015;3(1):133–41. Available from: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfkh/article/view/9836/9629#>
- [23] Arnason JT, Philogène BJR, Donskov N, Hudon M, McDougall C, Fortier G, et al. Antifeedant and Insecticidal Properties of Azadirachtin to the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis*. *Entomol Exp Appl* [Internet]. 1985;38(1):29–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03494.x>

