

Aktivitas Antirayap Ekstrak Daun Pepaya dan Kumis Kucing (*Antitermite Activities of Leaf Extracts of Pepaya and Kumis Kucing*)

Abdul Azis^{1,2*}, Tibertius A Prayitno², Ganis Lukmandaru², Tomy Listyanto²

¹Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Manokwari

²Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Penulis korespondensi: aziz30juli@gmail.com

Abstract

Antitermite activities of leaf hexane extract of cat whiskers (*Orthosiphon* sp.) leaves, ethyl acetate, and ethanol-toluene extracts of pepaya (*Carica* sp.) leaves were investigated in several concentrations (1, 5, 10, and 15%, weight based) that be impregnated to filter papers againsts the dry-wood termites *Cryptotermes* sp. After impregnation, filter papers were dried into oven at 60 °C for 3 hours, then were tested to termites for 4 weeks. The results showed that treatment concentration could obtain the highest termites mortality level, no weight loss and the lowest damage level. Ethyl acetate extract of papaya leaves exhibited the highest termites mortality (91.2%) at concentration of 10%. This concentration also showed the lowest weight loss (0%) and the highest antifeedant activity (antifeedant coefficient of 100%). Ethyl acetate extract of papaya leaves exhibited the lowest of LC₅₀ value (7844.20 µg ml⁻¹). Antitermitic activity showed a trend more repellent than toxic. Fatty acid such as *hexadecanoic acid*, *linolenic acid*, *octadecanoic acid* and steroid compounds that detected by GC-MS were estimated to play a role as antitermite agents. Thus, the application of ethyl acetate extract of papaya leaves at concentration of 10% was recommended to the next experiment by using solid wood impregnation.

Keywords: antitermite, *Carica* sp., extract concentration, leaf extract, *Orthosiphon* sp.

Abstrak

Aktivitas antirayap ekstrak heksana daun kumis kucing (*Orthosiphon* sp.), ekstrak etil asetat dan etanol-toluena daun pepaya (*Carica* sp.) diteliti pada beberapa konsentrasi (1, 5, 10, dan 15%, berdasarkan berat) yang diresapkan pada kertas saring terhadap rayap kayu kering *Cryptotermes* sp. Setelah peresapan, kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 3 jam, selanjutnya diuji pada rayap selama 4 minggu. Hasil menunjukkan dengan perlakuan konsentrasi dapat diperoleh tingkat mortalitas rayap yang tinggi, pengurangan berat nihil dan tingkat derajat kerusakan paling rendah. Mortalitas rayap tertinggi (91,2%) ditunjukkan pada pengujian menggunakan ekstrak etil asetat daun pepaya pada konsentrasi 10%. Konsentrasi ini juga menunjukkan pengurangan berat paling rendah (0%) dan aktivitas *antifeedant* tertinggi (koefisien sebesar 100%). Ekstrak etil asetat daun pepaya menunjukkan nilai LC₅₀ terendah (7844,20 µg ml⁻¹). Sifat antirayap yang ditunjukkan lebih mengarah kepada menolak makan dan tidak bersifat toksik. Asam lemak seperti *hexadecanoic acid*, *linolenic acid*, dan *octadecanoic acid* serta senyawa-senyawa steroid yang terdeteksi dengan GC-MS diduga berperan sebagai agen antirayap. Dengan demikian, ekstrak etil asetat daun pepaya pada konsentrasi 10% direkomendasikan penerapannya pada penelitian berikutnya dengan impregnasi kayu solid.

Kata kunci: antirayap, *Carica* sp., ekstrak daun, konsentrasi ekstrak, *Orthosiphon* sp.

Pendahuluan

Pengendalian serangan rayap pada bahan berlignoselulosa dapat dilakukan dengan memanfaatkan bahan alami dari tumbuhan. Berbagai penelitian telah dilakukan dalam memanfaatkan tumbuhan sebagai bahan alami pengawet kayu. Ekstraktif yang diperoleh dari tumbuhan telah menunjukkan potensinya dalam pencegahan serangan rayap pada bahan berlignoselulosa (Kartal *et al.* 2012, Tascioglu *et al.* 2012, Pandey *et al.* 2012, Maranhão *et al.* 2013, Shiny & Remadevi 2014).

Daun tumbuhan kumis kucing (*Orthosiphon* sp.) dan pepaya (*Carica* sp.) memiliki potensi sebagai bahan antirayap dan insektisida. Ekstrak daun *O. thymiflorus* menunjukkan aktivitas larvasida terhadap beberapa spesies nyamuk (Kovendan *et al.* 2012). Penggunaan ekstrak daun pepaya dapat menurunkan serangan ulat krop (*Crocidolomia binotalis*) pada tanaman sawi (Julaily *et al.* 2013). Sementara itu, pada penelitian lainnya telah dilaporkan bahwa ekstrak daun pepaya menunjukkan aktivitas larvasida terhadap nyamuk *Anopheles mosquito* (Sesanti *et al.*, 2014) dan *Aedes aegypti* (Wahyuni 2015). Pada penelitian sebelumnya telah dilaporkan bahwa baik ekstrak daun kumis kucing maupun pepaya telah menunjukkan sifat antirayap terhadap rayap kayu kering (Azis *et al.* 2015).

Ekstrak-ekstrak tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan ekstrak terbaik dari penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan beberapa pelarut (Azis *et al.* 2015). Mortalitas rayap yang ditunjukkan pada penggunaan ekstrak etil asetat dan etanol toluena daun pepaya serta ekstrak heksana daun kumis kucing adalah 32; 25,33; dan 30% secara

berurutan pada konsentrasi 0,5%. Di lain pihak, sifat penolakan makan atau *antifeedant* yang ditunjukkan oleh pengurangan berat karena impregnasi ekstrak-ekstrak tersebut adalah 12,08; 15,16; dan 17,82% secara berurutan atau sudah cukup optimum. Mengingat bahwa hasil terbaik masih menunjukkan nilai yang belum memuaskan khususnya untuk mortalitas rayap sehingga perlu dilakukan penambahan konsentrasi ekstrak.

Salah satu cara yang biasa dilakukan untuk meningkatkan sifat antirayap adalah dengan menaikkan konsentrasi ekstrak tumbuhan. Hasil penelitian Kartal *et al.* (2012) dan Tascioglu *et al.* (2012, 2013) menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi yang lebih tinggi dapat diperoleh efektivitas pengawetan yang lebih baik. Dalam penelitian ini akan diuji sifat antirayap ekstrak-ekstrak tumbuhan tersebut pada beberapa konsentrasi serta analisis komponen dalam ekstrak. Penelitian ini dilakukan terutama untuk menentukan ekstrak terbaik yang dapat direkomendasikan aplikasinya pada penelitian selanjutnya yaitu impregnasi pada kayu solid.

Bahan dan Metode

Penyiapan bahan

Bahan yang digunakan adalah ekstrak heksana daun kumis kucing dan ekstrak etil asetat serta etanol-toluena daun pepaya yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Ekstrak-ekstrak tersebut berasal dari daun dewasa tumbuhan yang segar, sehat, dan hijau. Daun kumis kucing dibeli dari penyedia tumbuhan herbal di kota Solo. Daun pepaya dibeli dari petani yang berasal dari Lamongan. Selain itu bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas saring

no. 1 (untuk sampel uji), rayap kayu kering *Cryptotermes* sp. diperoleh dari peternak rayap yang khusus menyediakannya untuk penelitian di daerah Yogyakarta, serta pelarut-pelarut teknis (etanol-toluena, *n*-heksana, etil asetat, dan etanol 96%).

Ekstraksi

Pelarut yang digunakan adalah campuran etanol dan etanol toluena atau EET (1:1v/v) untuk melarutkan ekstrak etanol-toluena pepaya (PET). Campuran pelarut heksana dan etil asetat atau HEa (1:1v/v) untuk melarutkan baik ekstrak heksana kumis kucing (KH) maupun etil asetat pepaya (PEa). Sebanyak 0,02; 0,10; 0,20; dan 0,30 g ekstrak tumbuhan ditimbang, kemudian masing-masing dilarutkan dalam setiap 2 ml pelarut untuk menghasilkan larutan dengan konsentrasi 1, 5, 10, dan 15% (w/v) secara berurutan.

Penyiapan sampel kertas saring

Penelitian menggunakan kertas saring no. 1 berukuran (4 x 4) cm² mencakup sampel uji dan kontrol. Kontrol terdiri dari (1) kontrol negatif yaitu sampel-sampel yang hanya diberikan pelarut bersesuaian dan (2) kontrol tanpa makanan dimana ke dalam wadah hanya dimasukkan rayap tanpa kertas saring.

Impregnasi ekstrak

Peresapan ekstrak pada kertas saring mengacu pada Wahyudi *et al.* (2012) dan Maranhao *et al.* (2013) yang telah dimodifikasi. Peresapan larutan ekstrak pada kertas saring dilakukan dengan cara meneteskan 200 µl larutan ekstrak pada masing-masing sampel uji. Selain peresapan larutan ekstrak, peresapan larutan tanpa ekstrak (hanya pelarut saja) pada setiap sampel kontrol dilakukan pula. Sampel uji yang telah ditetesi

ekstrak demikian pula dengan sampel kontrol tanpa ekstrak dikeringudarkan selama 24 jam lalu dikering-ovenkan pada suhu 60 °C selama 3 jam. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam desikator selama 10 menit dan ditimbang untuk memperoleh berat sebelum diumpankan (Ba).

Pengujian ekstrak terhadap rayap kayu kering *Cryptotermes* sp.

Pengujian ekstrak tumbuhan pada sampel kertas terhadap serangan rayap kayu kering *Cryptotermes* sp. di laboratorium mengacu pada standar D 3345-74 (ASTM 2005) yang telah dimodifikasi.

Masing-masing sampel uji dan kontrol dimasukkan ke dalam tiap wadah. Lalu sebanyak 25 ekor nimfa rayap kayu kering yang sehat dan aktif dimasukkan ke dalam wadah-wadah tersebut. kontrol dengan jumlah rayap yang sama dimasukkan ke dalam tiap wadah tanpa kertas saring (kontrol makanan) dipersiapkan pula. Kemudian wadah tersebut disimpan di ruang gelap selama 4 minggu. Pengamatan dilakukan terhadap sejumlah individu rayap yang mati serta suhu dan kelembaban udara setiap hari. Perkiraan tingkat mortalitas rayap dinyatakan dalam standar D 3345-74 (ASTM 2005). Pada akhir pengamatan, sampel dipisahkan dari rayap yang tersisa dan dibersihkan selanjutnya dikering-oven pada suhu 60 °C selama 3 jam. Sampel dimasukkan dalam desikator selama 10 menit dan ditimbang untuk memperoleh berat setelah diumpankan (Bb) untuk mengetahui pengurangan bobot akibat serangan rayap.

Berdasarkan pengurangan berat (Kb) dapat ditentukan derajat kerusakan. Derajat kerusakan (Dr) dihitung dengan persamaan :

$$Dr (\%) = \frac{Kb}{Kbk} \times 100\% \quad (1)$$

dengan Kbk adalah pengurangan berat sampel kontrol yang dinyatakan dalam persen. Nilai derajat kerusakan yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan skala derajat kerusakan relatif terhadap kontrol, mengacu pada standar ASTM No. 1758-62 tahun 1970 yang dimodifikasi oleh Hadikusumo (2004).

Aktivitas *antifeedant* (penolakan makanan) ditentukan dengan rumus *the absolute coefficient of antifeedancy* (Aca) (Ohmura *et al.* 2000):

$$Aca (\%) = \frac{Kbk-Kb}{Kbk+K} \times 100\% \quad (2)$$

Klasifikasi aktivitas *antifeedant*: kesukaan makan/ *feeding preference* ($Aca < 0$), kelas I ($0 \leq Aca < 50$), kelas II ($50 \leq Aca < 100$) dan kelas III ($Aca = 100$).

Lethal concentration 50 (LC_{50}) yaitu konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50% dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan. Penghitungan LC_{50} dilakukan dengan metode grafis XY (*scatter chart*) menggunakan program Microsoft Office Excel. Persentase mortalitas rayap diletakkan pada sumbu Y dan konsentrasi ekstrak (dalam satuan $\mu\text{g/ml}$) pada sumbu X. Kemudian dilakukan penentuan konsentrasi yang mematikan rayap 50%.

Analisis gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS)

Analisis GC-MS masing-masing ekstrak tumbuhan menggunakan GC-MS-QP 2010 (Shimadzu, Japan). Alat tersebut dilengkapi dengan DB-1 *capillary column* (30 m x 0.25 mm I.D. dan 0.25 μm df; Rtx-5MS, USA). Helium digunakan sebagai gas pembawa. GCMS dioptimalkan pada suhu oven 70 °C

yang dipertahankan selama 6 menit, suhu kemudian ditingkatkan menjadi 300 °C dengan kenaikan 15 °C per menit. Suhu pada sumber ion diatur pada 200 °C sedangkan suhu injector diatur pada 250 °C. Analisis ini menggunakan gas helium yang memiliki kemurnian 99,99% dengan tekanan gas 108,1 kPa. Komponen diidentifikasi perbandingan database pada *the NIST 147 library*. Konsentrasi komponen dihitung berdasarkan perbandingan antar luas puncak.

Analisis statistik

Analisis varian (anova) dilakukan pada data rata-rata mortalitas rayap dan pengurangan berat kertas saring untuk mengetahui perbedaan faktor ekstrak tumbuhan, konsentrasi, dan interaksinya menggunakan software SPSS 16 kemudian dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk membandingkan nilai rerata yang berbeda. Bila nilai $P < 0,05$, perbedaan dianggap nyata.

Hasil dan Pembahasan

Aktivitas antirayap

Mortalitas rayap

Nilai mortalitas rayap setelah 28 hari disajikan dalam Tabel 1. Mortalitas pada perlakuan ekstrak PEa menunjukkan kisaran nilai 74,67-91,20%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan perlakuan ekstrak PET dan KH. Hasil analisis anova menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata dalam interaksi perlakuan namun perbedaan yang nyata ditunjukkan baik pada perlakuan ekstrak maupun konsentrasi terhadap mortalitas rayap yang dilanjutkan dengan uji DMRT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

Secara umum, peningkatan konsentrasi cenderung meningkatkan mortalitas rayap bahkan bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pada konsentrasi yang lebih rendah (0,5%). Mortalitas pada semua tingkatan konsentrasi lebih tinggi daripada kontrol pelarut. Mortalitas rayap tertinggi ditunjukkan dalam pengujian ekstrak PEa konsentrasi 10% (91,2%) kemudian disusul ekstrak KH pada konsentrasi yang sama (88%) dan ekstrak PEa konsentrasi 15% (84%). Hasil DMRT menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan ekstrak PEa dengan ekstrak KH terhadap mortalitas rayap. Demikian pula antara konsentrasi 10 dan 15%.

Tingkat mortalitas rayap yang ditunjukkan semua ekstrak tergolong berat atau tinggi. Sampel kontrol tanpa makanan (NK) memberikan nilai mortalitas yang tinggi (84%) bila dibandingkan dengan sampel kontrol

yang lain yaitu sampel kontrol dengan pelarut HEa (32%) dengan tingkat mortalitas rayap tergolong ringan serta EET (38,4%) dengan tingkat sedang (Tabel 1). Dengan membandingkan nilai antara kontrol tanpa makanan dengan kontrol pelarut dapat disimpulkan bahwa rayap sangat memerlukan makanan untuk kelangsungan hidupnya. Tingkat mortalitas yang ditunjukkan oleh kontrol NK sama dengan yang ditunjukkan oleh perlakuan ekstrak PEa konsentrasi 15%.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kenaikan mortalitas rayap perhari pada semua ekstrak. Mortalitas rayap mulai terjadi pada hari pertama dan cenderung stabil hingga hari ke-28 pengujian. Penggunaan konsentrasi yang semakin meningkat cenderung menaikkan mortalitas rayap perhari. Kenaikan mortalitas hingga hari ke-28 cenderung selaras dengan mortalitas perhari setiap ekstrak pada perlakuan konsentrasi.

Tabel 1 Aktivitas antirayap ekstrak selama 28 hari pengujian

Ekstrak tumbuhan	Konsentrasi, %	Mortalitas, %	Pengurangan berat, %	Derajat kerusakan, %	Aktivitas <i>antifeedant</i>	
					Aca, %	Kelas
Pea	1	74,67	3,59 b	32,05	51,46	II
	5	81,00	0,26 de	2,35	95,40	II
	10	91,20	0,00 e	0,00	100,00	III
	15	84,00	0,22 de	1,98	96,11	II
Kontrol (HEa)		32,00	11,19			
PET	1	47,00	4,18 b	27,08	57,38	II
	5	57,60	1,75 c	11,36	79,60	II
	10	73,60	0,00 e	0,00	100,00	III
	15	77,00	0,38 d	2,49	95,15	II
Kontrol (EET)		38,40	15,43			
KH	1	76,00	7,57 a	67,63	19,31	I
	5	68,80	0,16 de	1,43	97,18	II
	10	88,00	0,17 de	1,47	97,09	II
	15	76,80	0,00 e	0,00	100,00	III
Kontrol (HEa)		32,00	11,19			
Kontrol (NK)		84,00				

Keterangan : PEa = ekstrak etil asetat daun pepaya; PET = ekstrak etanol toluena daun pepaya; KH = ekstrak heksana daun kumis kucing; HEa = kontrol untuk ekstrak larut etil asetat dan larut heksana; EET = kontrol untuk ekstrak larut etanol toluena; NK = kontrol makanan; angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dinyatakan tidak berbeda nyata dalam uji statistik.

Tabel 2 Analisis anova pengaruh perlakuan terhadap mortalitas rayap dan pengurangan berat kertas saring

Perlakuan	Mortalitas		Pengurangan berat	
	F	Sig	F	Sig
Ekstrak	12,64	0,01>	4,24	0,03
Konsentrasi	7,99	0,01>	164,17	0,01>
Ekstrak*konsentrasi	1,09	0,39	10,46	0,01>

Tabel 3 Hasil DMRT nilai mortalitas rayap dengan perlakuan ekstrak tumbuhan dan konsentrasi

Ekstrak tumbuhan	Mortalitas, %
PEa	82,72 b
PET	63,80 a
KH	77,40 b
Konsentrasi, %	
1	65,89 a
5	69,13 a
10	84,27 b
15	79,27 b

Keterangan : PEa = ekstrak etil asetat daun pepaya; PET = ekstrak etanol toluena daun pepaya; KH = ekstrak heksana daun kumis kucing; angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dinyatakan tidak berbeda nyata

Tabel 4 Nilai LC₅₀ ekstrak daun tumbuhan dalam pengujian menggunakan rayap kayu kering

Ekstrak tumbuhan	LC ₅₀ , µg ml ⁻¹
Pepaya Etil asetat (PEa)	7844,20
Pepaya Etanol Toluena (PET)	13.258,70
Kumis kucing Heksana (KH)	15.157,76

Sifat toksik ekstrak tumbuhan yang ditunjukkan berdasarkan nilai LC₅₀ disajikan pada Tabel 4. Ekstrak PEa menunjukkan nilai LC₅₀ terendah menyusul ekstrak PET dan KH. Nilai LC₅₀ semua ekstrak menunjukkan angka > 1000 µg ml⁻¹ dan diklasifikasikan nontoksik (Meyer 1982 *dalam* Hamidi *et al.* 2014).

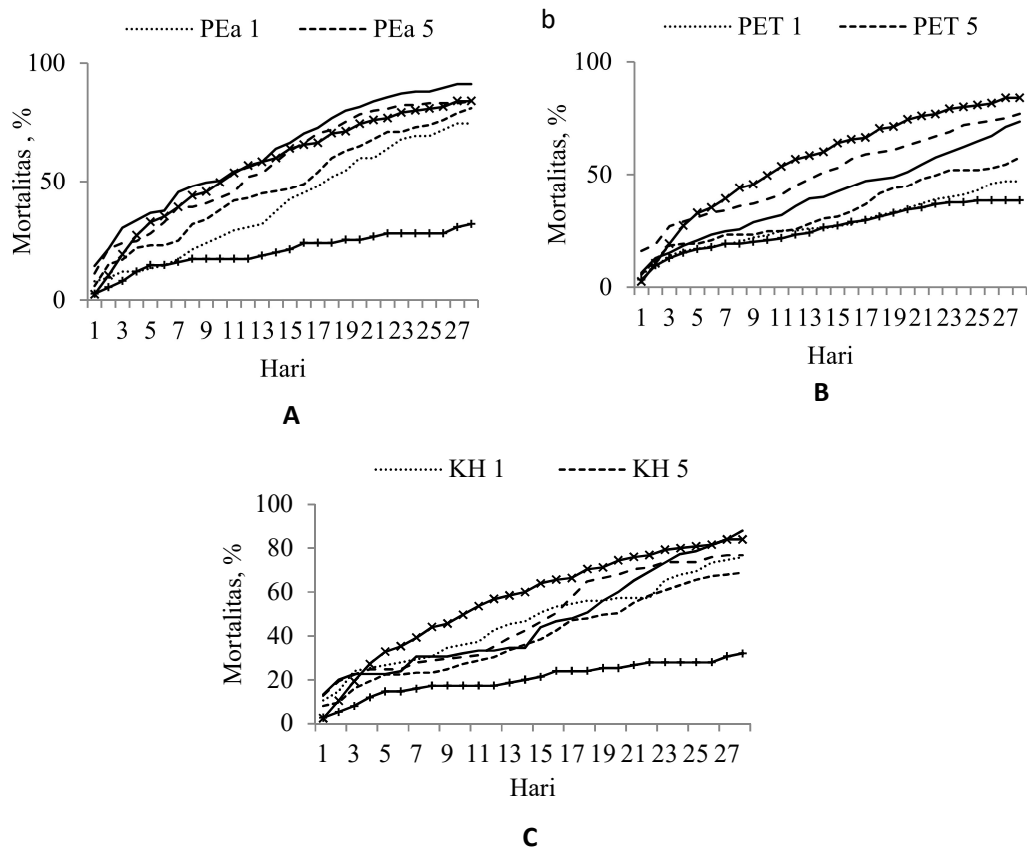
Dengan LC₅₀ dapat ditentukan hari mulai terjadinya mortalitas rayap 50% pada setiap perlakuan dan kontrol dengan menggunakan grafik pada Gambar 1.

Mortalitas rayap 50% dengan hari kejadian tercepat terbanyak ditunjukkan dalam perlakuan ekstrak PEa (pada kisaran 9-18 hari) menyusul ekstrak KH dan PET (Tabel 5). Ekstrak PET 1% menunjukkan hari kejadian mortalitas paling lambat hingga lebih dari 28 hari, meskipun demikian masih menunjukkan tercepat dibandingkan dengan kontrol pelarutnya. Ekstrak etil asetat pepaya konsentrasi 10% menunjukkan hari kejadian mortalitas tercepat dibandingkan perlakuan lainnya bahkan dengan kontrol tanpa makanan.

Pengurangan berat, derajat kerusakan, dan koefisien antifeedant

Pengurangan berat sampel disajikan pada Tabel 1. Peningkatan konsentrasi cenderung menurunkan pengurangan berat sampel pada setiap jenis ekstrak. Kisaran pengurangan berat sampel terendah terdapat pada penggunaan ekstrak PEa dengan nilai 0-3,59%. Pengurangan berat sampel nihil ditunjukkan dalam penggunaan ekstrak PEa dan PET 10%, serta ekstrak KH

15%. Sementara itu, pengurangan berat terendah selanjutnya ditunjukkan dalam perlakuan dengan ekstrak KH 5% (0,16%) kemudian disusul oleh konsentrasi 10% (0,17%) dan ekstrak PEa konsentrasi 15% (0,22%) secara berturut-turut. Semua ekstrak yang diujikan menunjukkan pengurangan berat yang lebih rendah daripada kontrolnya masing-masing (HEa: 11,19% dan EET: 15,43%).



Gambar 1 Kenaikan mortalitas rayap perhari dari ekstrak PEa (A), PET (B), dan KH (C). Keterangan : PEa = ekstrak etil asetat daun pepaya; PET = ekstrak etanol toluena daun pepaya; KH = ekstrak heksana daun kumis kucing; HEa = ekstrak heksana daun kumis kucing; HEa = kontrol untuk ekstrak larut etil asetat dan larut heksana; EET = kontrol untuk ekstrak larut etanol toluena; NK = kontrol makanan; 1, 5, 10, dan 15 adalah konsentrasi

Tabel 5 Perkiraan hari kejadian mortalitas 50% pada ekstrak tumbuhan dengan beberapa konsentrasi

Ekstrak	Konsentrasi				Kontrol		
	1%	5%	10%	15%	Pelarut HEa	Pelarut EET	NK
PEa	18	16	9	12	>28	-	
PET	>28	22	20	14	-	>28	10
KH	15	20	18	16	>28	-	

Keterangan : PEa = ekstrak etil asetat daun pepaya; PET = ekstrak etanol toluena daun pepaya; KH = ekstrak heksana daun kumis kucing; HEa = kontrol untuk ekstrak larut etil asetat dan larut heksana; EET = kontrol untuk ekstrak larut etanol toluena; NK = kontrol makanan

Hasil analisis anova menunjukkan perbedaan yang nyata pada semua perlakuan termasuk interaksinya terhadap pengurangan berat kertas saring yang dilanjutkan dengan uji DMRT (Tabel 1 dan 2). Uji lanjut DMRT menunjukkan peningkatan konsentrasi dari 10 ke 15% tidak berbeda nyata pada semua ekstrak kecuali PET. Baik ekstrak PEa maupun KH peningkatan konsentrasi 5% menunjukkan pengurangan berat yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 10 dan 15%. Dibandingkan penelitian sebelumnya, semua ekstrak menunjukkan pengurangan berat yang cenderung berkurang dengan peningkatan konsentrasi.

Derajat kerusakan sampel pada penggunaan ekstrak PET sebesar 0-27,08% (tanpa serangan hingga sedang). Kisaran derajat kerusakan yang ditunjukkan lebih ringan dibandingkan dengan perlakuan ekstrak PEa dan KH. Derajat kerusakan sampel dengan perlakuan ekstrak PEa dan KH menunjukkan kisaran 0-32,05% (kelas serangan : tanpa serangan hingga berat) dan 0-67,63% (tanpa serangan hingga sangat berat) secara berurutan. Peningkatan konsentrasi $\geq 5\%$ cenderung menurunkan derajat kerusakan (tanpa serangan hingga serangan ringan) pada perlakuan ekstrak PEa dan KH (Tabel 1).

Aktivitas *antifeedant* ekstrak tumbuhan (Tabel 1) menunjukkan nilai yang meningkat bahkan pada konsentrasi $\geq 5\%$ dapat melebihi tektokinon yang memiliki nilai 72,29% (dari penelitian sebelumnya dengan konsentrasi 0,5%). Aktivitas *antifeedant* ekstrak PEa dan PET menunjukkan nilai yang berkisar 51,46-100% (kelas II-III) dan 57,38-100% (kelas II-III) secara berturut-turut, sedangkan ekstrak KH menunjukkan nilai yang berkisar 19,31-100% (I-III). Ekstrak pepaya menunjukkan nilai koefisien *antifeedant* sebesar 100% pada konsentrasi 10%, sementara itu ekstrak kumis kucing masih menunjukkan nilai $<100\%$.

Analisis komponen ekstrak melalui GC-MS

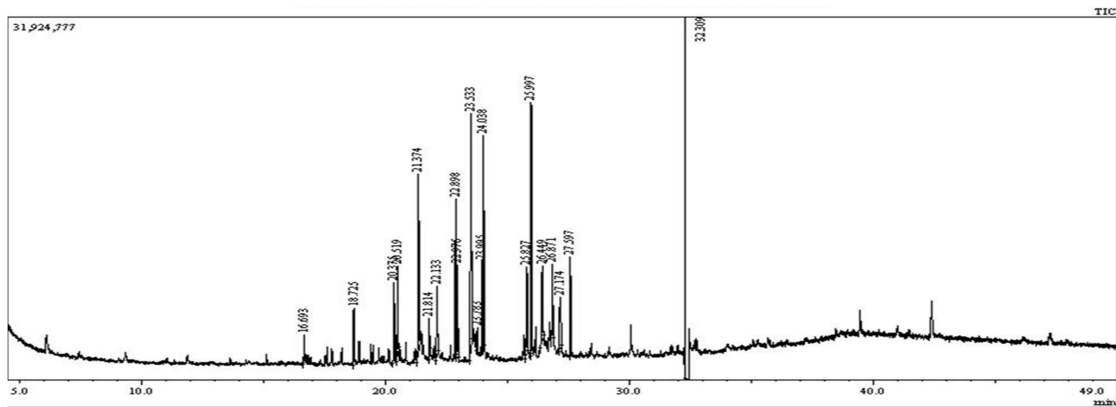
Kromatogram analisis GC-MS ekstrak tumbuhan ditunjukkan pada Gambar 2, 3, dan 4. Sementara itu komponen fitokimia tiap-tiap ekstrak disajikan dalam Tabel 6, 7, dan 8. Analisis ekstrak PEa menunjukkan 3 puncak (*peak*) dengan konsentrasi tertinggi yaitu puncak ke-10 (*n-hexadecanoic acid*), puncak ke-15 (*DL-citronellol*), dan puncak ke-5 (*3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol*) masing-masing dengan konsentrasi 14,36; 11,2; dan 10,11% secara berurutan. Selanjutnya, ekstrak PET menunjukkan konsentrasi tertinggi pada

puncak ke-8 (*n-hexadecanoic acid*), puncak ke-11 (*11,14,17-eicosatrienoic acid, methyl ester*), dan puncak ke-12 (*DL-citronellol*) dengan konsentrasi masing-masing adalah 17,62; 12,65; dan 12,35% secara berturut-turut. Konsentrasi tertinggi ekstrak KH dimulai dengan puncak ke-8 (*n-hexadecanoic acid*) kemudian puncak ke-11 (*(2E)-2-*

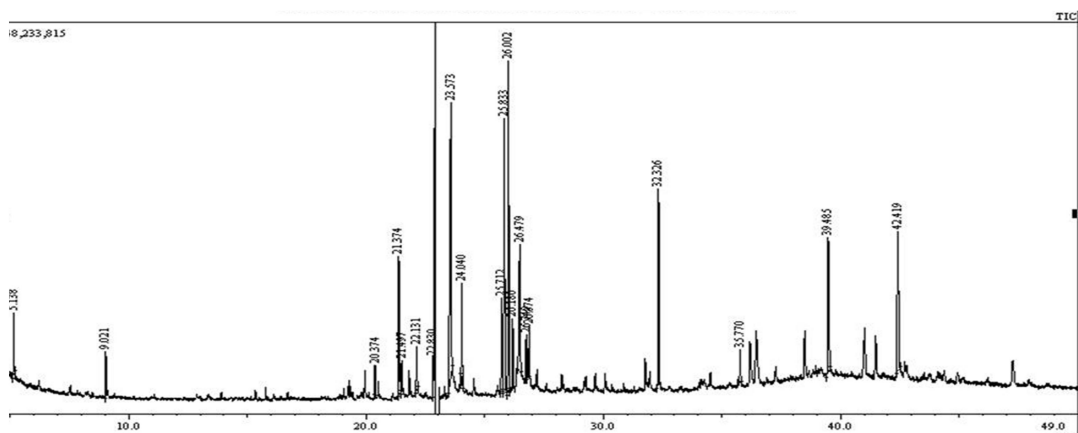
tetradecen-1-ol) dan diikuti oleh puncak ke-4 (*3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol*) dengan konsentrasi masing-masing secara berturut-turut yaitu 15,44; 10,93; dan 10,58%. Konsentrasi tertinggi semua ekstrak didominasi oleh senyawa *n-hexadecanoic acid* atau asam palmitat dari kelompok asam lemak.

Tabel 6 Komponen fitokimia ekstrak etil asetat daun pepaya (PEa) dari analisis GC-MS

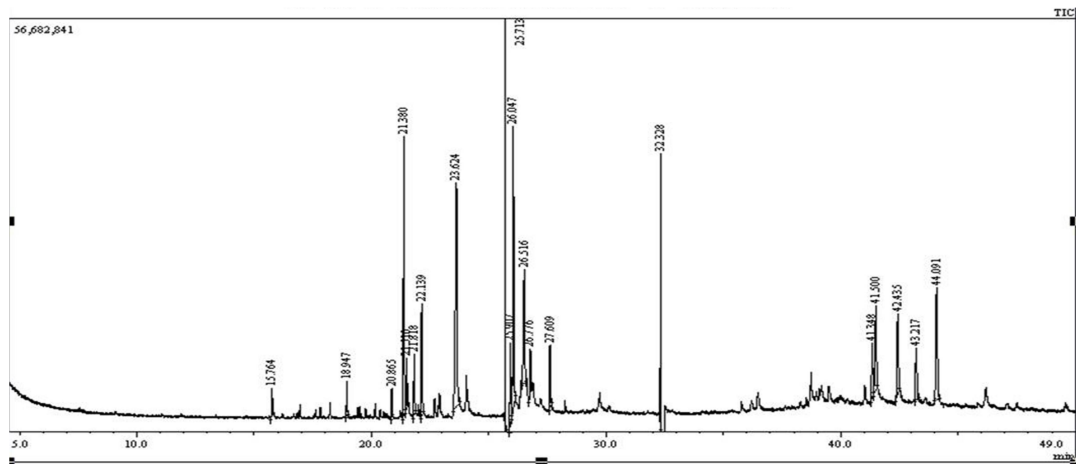
No. Puncak	Waktu retensi, menit	Konsentrasi, %	Nama	Berat molekul	Rumus molekul	Indeks kesamaan
1	16,7	1,07	<i>(3Z)-3-Hexadecene</i>	224	C ₁₆ H ₃₂	94
2	18,7	2,19	<i>2,4-Ditert-butyl-6-nitrophenol</i>	251	C ₁₄ H ₂₁ N O ₃	82
3	20,4	3,60	<i>Acetic acid, 2-(2,2,6-trimethyl-7-oxa-bicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-propenyl ester</i>	238	C ₁₄ H ₂₂ O ₃	77
4	20,5	3,34	<i>1-Octadecene</i>	252	C ₁₈ H ₃₆	97
5	21,4	10,11	<i>3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol</i>	296	C ₂₀ H ₄₀ O	92
6	21,8	1,53	<i>1,4-Eicosadiene</i>	278	C ₂₀ H ₃₈	89
7	22,1	3,73	<i>9-Eicosyne</i>	278	C ₂₀ H ₃₈	89
8	22,9	6,43	<i>Hexadecanoic acid, methyl ester</i>	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	95
9	23,0	3,76	<i>7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione</i>	276	C ₁₇ H ₂₄ O ₃	82
10	23,5	14,36	<i>n-Hexadecanoic acid</i>	256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	94
11	23,8	0,96	<i>Ethyl 9-hexadecenoate</i>	282	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	87
12	24,0	3,33	<i>1-Heptadecene</i>	238	C ₁₇ H ₃₄	90
13	24,0	9,43	<i>Hexadecanoic acid, ethyl ester</i>	284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	93
14	25,8	4,63	<i>11,14,17-Eicosatrienoic acid, methyl ester</i>	320	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	94
15	26,0	11,20	<i>DL-Citronellol</i>	156	C ₁₀ H ₂₀ O	90
16	26,4	4,50	<i>Linolenic acid</i>	278	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	91
17	26,9	2,57	<i>9,12,15-Octadecatrien-1-ol, (Z,Z,Z)-</i>	264	C ₁₈ H ₃₂ O	88
18	27,2	3,60	<i>10-Heneicosene (c,t)</i>	294	C ₂₁ H ₄₂	93
19	27,6	4,41	<i>Z-3-Octadecen-1-ol acetate</i>	310	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	85
20	32,3	5,26	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester</i>	278	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	96



Gambar 2 Kromatogram analisis GC-MS ekstrak etil asetat daun pepaya (PEa).



Gambar 3 Kromatogram analisis GC-MS ekstrak etanol toluena daun pepaya (PET).



Gambar 4 Kromatogram analisis GC-MS ekstrak heksana daun kumis kucing (KH).

Tabel 7 Komponen fitokimia ekstrak etanol toluena daun pepaya (PET) melalui analisis GC-MS

No. puncak	Waktu retensi, menit	Konsentrasi, %	Nama	Berat molekul	Rumus molekul	Indeks kesamaan
1	5,1	1,70	<i>Benzyl Alcohol</i>	108	C ₇ H ₈ O	90
2	9,0	1,52	<i>Benzoyl ethyl ether</i>	240	C ₁₆ H ₁₆ O ₂	89
3	20,4	0,98	<i>Acetic acid, 2-(2,2,6-trimethyl-7-oxa-bicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-propenyl ester</i>	238	C ₁₄ H ₂₂ O ₃	74
4	21,4	5,78	<i>3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol</i>	296	C ₂₀ H ₄₀ O	92
5	21,5	1,22	<i>Hexahydrofarnesyl acetone</i>	268	C ₁₈ H ₃₆ O	92
6	22,1	1,56	<i>9-Eicosyne</i>	278	C ₂₀ H ₃₈	89
7	22,8	0,77	<i>7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-</i>	268	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	83
8	23,6	17,62	<i>n-Hexadecanoic acid</i>	256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	95
9	24,0	2,89	<i>Hexadecanoic acid, ethyl ester</i>	284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	95
10	25,7	3,33	<i>9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester</i>	294	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	95
11	25,8	12,65	<i>11,14,17-Eicosatrienoic acid, methyl ester</i>	320	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	94
12	26,0	12,35	<i>DL-Citronellol</i>	156	C ₁₀ H ₂₀ O	89
13	26,2	2,50	<i>Octadecanoic acid, methyl ester</i>	298	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	96
14	26,5	7,50	<i>Linolenic acid</i>	278	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	92
15	26,7	1,51	<i>12-Methyl-E,E-2,13-octadecadien-1-ol</i>	280	C ₁₉ H ₃₆ O	83
16	26,9	2,19	<i>9,12,15-Octadecatrien-1-ol, (Z,Z,Z)-</i>	264	C ₁₈ H ₃₂ O	89
17	32,3	7,28	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester</i>	278	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	97
18	35,8	1,05	<i>Squalene</i>	410	C ₃₀ H ₅₀	91
19	39,5	7,02	<i>.alpha.-Tocopherol acetate</i>	472	C ₃₁ H ₅₂ O ₃	91
20	42,4	8,56	<i>.gamma.-Sitosterol</i>	414	C ₂₉ H ₅₀ O	92

Pengaruh konsentrasi ekstrak

Peningkatan konsentrasi memberikan sifat-sifat yang lebih baik terhadap parameter mortalitas rayap dan pengurangan berat sampel. Dengan peningkatan konsentrasi, mortalitas rayap dapat mencapai 2,85-3,04 kali lebih besar dan pengurangan berat menurun hingga 39,89-111,38 kali daripada penelitian sebelumnya. Ekstrak PEa dan PET menunjukkan mortalitas yang cenderung meningkat seiring

dengan meningkatnya konsentrasi kecuali ekstrak KH yang bervariasi namun cenderung meningkat. Sementara itu, efek ekstrak menunjukkan pola pengurangan berat dan derajat kerusakan yang cenderung menurun dengan semakin naiknya konsentrasi ekstrak. Chieng *et al.* (2008) dalam penelitiannya menunjukkan terdapat kenaikan mortalitas rayap dengan peningkatan konsentrasi ekstrak *Piper sarmentosum*. Parameter lainnya yaitu pengurangan

Tabel 8 Komponen fitokimia ekstrak heksana daun kumis kucing (KH) melalui analisis GC-MS

No. puncak	Waktu retensi, menit	Konsentrasi, %	Nama	Berat molekul	Rumus molekul	Indeks kesamaan
1	15,8	0,99	(2,6,6-Trimethyl-2-hydroxycyclohexylidene) acetic acid lactone	180	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	91
2	18,9	1,15	Undecane, 2-phenyl-	232	C ₁₇ H ₂₈	95
3	20,9	1,03	2-Phenyldodecane	246	C ₁₈ H ₃₀	94
4	21,4	10,58	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	296	C ₂₀ H ₄₀ O	90
5	21,5	1,84	6,10-Dimethylundecan-2-one	198	C ₁₃ H ₂₆ O	91
6	21,8	2,42	9-Eicosyne	278	C ₂₀ H ₃₈	89
7	22,1	4,38	1,4-Eicosadiene	278	C ₂₀ H ₃₈	89
8	23,6	15,44	n-Hexadecanoic acid	256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	95
9	25,7	5,91	9-Octylheptadecane	352	C ₂₅ H ₅₂	95
10	25,9	4,37	6-Propyltridecane	226	C ₁₆ H ₃₄	93
11	26,0	10,93	(2E)-2-Tetradecen-1-ol	212	C ₁₄ H ₂₈ O	89
12	26,5	7,26	alpha.-Linolenic acid	278	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	90
13	26,8	1,81	Octadecanoic acid, 2-(2-hydroxyethoxy)ethyl ester	372	C ₂₂ H ₄₄ O ₄	85
14	27,6	2,40	Z-4-Nonadecen-1-ol acetate	324	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	87
15	32,3	4,11	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	390	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	95
16	41,3	3,24	Tetratetracontane	618	C ₄₄ H ₉₀	95
17	41,5	5,21	Stigmasterol	412	C ₂₉ H ₄₈ O	88
18	42,4	5,31	.gamma.-Sitosterol	414	C ₂₉ H ₅₀ O	90
19	43,2	3,34	Olean-12-en-3-one	424	C ₃₀ H ₄₈ O	88
20	44,1	8,29	alpha.-Amyrin acetate	468	C ₃₂ H ₅₂ O ₂	85

berat dilaporkan oleh Wahyudi *et al.* (2012). Dalam penelitiannya diperoleh pengurangan berat terendah pada konsentrasi tertinggi menggunakan ekstrak tali kuning (*Tinospora dissitiflora* Diels) terhadap rayap *Coptotermes formosanus* Shiraki dan *Reticulitermes speratus* Kolbe. Pengaruh perlakuan konsentrasi terhadap efektivitas pengawetan telah dilaporkan oleh Kartal *et al.* (2012) dan Tascioglu *et al.* (2012 & 2013).

Tingginya mortalitas rayap yang ditunjukkan oleh ketiga ekstrak tersebut dibandingkan kontrol pelarutnya tidak terlepas dari peran zat bioaktif yang telah

dilaporkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Azis *et al.* (2015). Zat bioaktif yang terdeteksi pada ekstrak etil asetat daun pepaya yaitu saponin, tanin, alkaloid dan steroid. Demikian pula senyawa yang sama terdeteksi pada ekstrak etanol toluena daun pepaya yang dilengkapi dengan flavonoid. Sementara itu ekstrak heksana daun kumis kucing hanya mendeteksi keberadaan saponin dan steroid.

Fraksi lebih detail beberapa komponen yang terdeteksi antara lain senyawa *hexadecanoic acid* dalam ekstrak PEa memiliki aktivitas pestisida (Iyappan *et al.* 2014, Ezekwe & Chikezie 2017a),

n-hexadecanoic acid yang bersifat antimikrobal dan pestisida (Ezekwe & Chikezie 2017b), serta *linolenic acid* dengan aktivitas antibakterinya (Muhamad *et al.* 2017). Selain senyawa-senyawa *hexadecanoic acid* dan *linolenic acid*, turut terdeteksi dalam ekstrak PET antara lain: *9,12-octadecadienoic acid methyl ester* yang menunjukkan aktivitas insektisida, *octadecanoic acid methyl ester* yang bersifat antibakterial (Ezekwe & Chikezie 2017a) dan pestisida, *squalene* dengan aktivitas pestisida (Iyappan *et al.* 2014), serta *gamma-sitosterol* yang merupakan steroid. Dalam ekstrak KH terdeteksi juga senyawa *n-hexadecanoic acid*, *octadecanoic acid*, *alpha.-linolenic acid*, serta steroid (*stigmasterol* dan *gamma-sitosterol*). Mortalitas rayap diduga terkait dengan senyawa-senyawa tersebut.

Pepaya dan kumis kucing sebagai sumber ekstrak selama ini dikenal tidak toksik. Tumbuhan tersebut telah digunakan sebagai bahan obat-obatan tradisional maupun sebagai bahan pangan. Bahan yang toksik, bila konsentrasinya dinaikkan akan lebih bersifat toksik, namun penggunaan ekstrak dari tumbuhan yang tidak toksik menunjukkan mortalitas rayap yang bervariasi dan tidak mutlak meningkat daya racunnya dengan meningkatnya konsentrasi. Grafik mortalitas rayap harian dapat dibandingkan antara perlakuan ekstrak dan kontrol pada Gambar 1. Grafik mortalitas antara perlakuan ekstrak dengan kontrol menunjukkan kesamaan pola yang fluktuatif dan terus terjadi pada akhir pengujian. Adanya kesamaan pola dengan kontrol, diduga mencerminkan sifat bahan yang tidak toksik. Toksisitas telah dipertegas dengan nilai LC_{50} ekstrak tumbuhan terhadap rayap kayu

kering digolongkan non toksik (Tabel 4). mortalitas yang terjadi selama pengujian selain disebabkan oleh sifat bahan juga berkaitan dengan peluang. Jumlah rayap yang tinggi pada awal pengujian menunjukkan peluang terjadinya mortalitas yang tinggi dibandingkan dengan waktu-waktu pengujian selanjutnya. Adanya mortalitas yang tinggi di awal dan selama pengujian pada perlakuan ekstrak dibandingkan kontrol menunjukkan bahwa ekstrak memiliki efek yang positif sebagai antirayap. Kemungkinan kematian rayap bisa juga disebabkan oleh faktor psikis oleh pengaruh sifat bahan aktif ekstrak.

Terdapat hubungan dengan semakin tinggi nilai mortalitas maka semakin rendah pengurangan berat sampel yang diujikan. Ini terkait dengan berkurangnya jumlah rayap uji sehingga kondisi kerusakan fisik atau berat sampel semakin berkurang. Bila membandingkan mortalitas pada kontrol tanpa makanan dengan sampel uji maka memungkinkan terdapat indikasi bahwa ekstrak yang diresapkan pada kertas menjadi penghambat laju makan rayap. Kandungan bahan aktif ekstrak mampu mempengaruhi rayap dengan efek penolakan terhadap aktivitas makan. Penurunan pengurangan berat merupakan akibat dari efek menolak makan rayap bahkan pada konsentrasi yang semakin meningkat. Pada akhirnya diduga rayap kehabisan energi dan mati. Terdapat rayap yang mampu bertahan hidup hingga akhir pengujian pada sampel yang diberikan perlakuan ekstrak dapat dikaitkan dengan kontrol tanpa makanan.

Peningkatan konsentrasi dapat menaikkan sifat *antifeedant* ekstrak dari kelas I menjadi kelas II dan III. Sifat ini semakin baik dengan meningkatnya koefisien *antifeedant*. Terjadi penurunan

sifat dengan peningkatan konsentrasi dari 10% ke 15% pada perlakuan dengan ekstrak pepaya. Bila dibandingkan dengan konsentrasi 1 dan 5%, secara umum sifat tersebut semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi sampai dengan 15%. Rendahnya kelas *antifeedant* pada ekstrak KH konsentrasi 1% dan turunnya sifat antirayap ekstrak pepaya pada konsentrasi 15% diduga berkaitan dengan kemampuan dan perilaku rayap terhadap bahan ekstrak yang tidak toksik, yang diduga menyebabkan adanya fluktuasi terhadap nilai-nilai pengurangan berat dengan perlakuan konsentrasi.

Hasil penelitian menunjukkan ekstrak etil asetat daun pepaya pada konsentrasi 10% sekaligus memiliki sifat yang terbaik pada mortalitas rayap dan pengurangan berat. Oleh karena itu, ekstrak etil asetat daun pepaya direkomendasikan untuk penggunaan atau aplikasi pada penelitian berikutnya menggunakan kayu sengon.

Kesimpulan

Peningkatan konsentrasi ekstrak dari 1% hingga 15% menghasilkan mortalitas rayap 2,85-3,04 kali lebih besar dan pengurangan berat menurun hingga 39,89-111,38 kali daripada penelitian sebelumnya, serta tingkat derajat kerusakan paling rendah. Koefisien *antifeedant* tertinggi 100% dengan klasifikasi *antifeedant* kelas III diperoleh pada ekstrak PEa dan PET 10% serta KH 15%. Ekstrak etil asetat daun pepaya menunjukkan nilai LC_{50} terendah ($7844,20 \mu\text{g ml}^{-1}$). Sifat antirayap yang ditunjukkan lebih mengarah kepada menolak makan dan tidak bersifat toksik. Senyawa-senyawa asam lemak seperti *hexadecanoic acid*, *linolenic acid*, dan *octadecanoic acid* serta senyawa steroid

yang terdeteksi dalam persentase tinggi diduga berperan sebagai antirayap. Ekstrak PEa pada konsentrasi 10% menunjukkan sifat yang baik terhadap dua parameter pengawetan yaitu mortalitas rayap dan pengurangan berat.

Daftar Pustaka

- Ameer OZ, Salman IM, Asmawi MZ, Ibraheem ZO, Yam MF. 2012. *Orthosiphon stamienus*: Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology: A review. *J Med Food*. 15 (8): 1–13.
- Ashokan K, Muthuraman MS. 2011. Anticancer studies on *orthosiphon pallidus* royle. and *peristrophe bicalyculata* nees. *J Pharm Res*. 4(8): 2654-2656
- ASTM. 2005. *Annual book of ASTM standards*. Conshohocken: ASTM International. hlm. 213-453.
- Azis A, Prayitno TA, Lukmandaru G, Listyanto T. 2015. Aktifitas antirayap ekstrak daun *Orthosiphon* sp., *Morinda* sp. dan *Carica* sp. *JITKT*. 13(2):161-174.
- Chieng TC, Assim ZB, Fasihuddin BA. 2008. Toxicity and antitermite activities of the essential oils from *piper Sarmentosum*. *The Malay J Analyt Sci*. 12(1):234-239.
- Ezekwe SA, Chikezie PC. 2017a. GC-MS analysis, hypoglycemic activity of aqueous root extract of *Carica papaya* and its effects on blood lipid profile and hepatorenal tissues biomarkers of diabetic rats. *J Diabet Metabol*. 8(5):1-9.
- Ezekwe SA, Chikezie PC. 2017b. GC-MS analysis of aqueous extract of unripe fruit of *Carica papaya*. *J Nutr Food Sci*. 7(3):1-5.

- Hadikusumo SA. 2004. *Pengawetan Kayu*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Iyappan G, Daniel D, Poovanalingam T. 2014. Ascertaining the phytochemicals in the crude ethanolic extracts of *Carica papaya* seeds by GC-MS. *World J Pharm Sci*. 3(9):942-949.
- Julaily N, Mukarlina, Setyawati TR. 2013. Pengendalian hama pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) menggunakan ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.). *Protobiont*. 2(3):171-175.
- Kartal SN, Terzi E, Yoshimura T, Arango R, Clausen CA, Green III F. 2012. Preliminary evaluation of storax and its constituents: fungal decay, mold and termite resistance. *Internat Biodet Biodeg*. 70:47-54.
- Kovendan K, Murugan K, Vincent S, Barnard DR. 2012. Mosquito larvicidal properties of *Orthosiphon thymiflorus* (Roth) Sleesen. (Family: Labiatae) against mosquito vectors, *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific J Trop Med*. 299-305.
- Maranhão CA, Pinheiro IO, Santana ALBD, Oliveira LS, Nascimento MS, Bieber LW. 2013. Antitermitic and antioxidant activities of heartwood extracts and main flavonoids of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. *Internat Biodet Biodeg*. 79:9-13.
- Muhamad SAS, Jamilah B, Russly AR, Faridah A. 2017. *In vitro* antibacterial activities and composition of *Carica papaya* cv. Sekaki/Hong Kong Peel Extracts. *Internat Food Res J*. 24(3):976-984.
- Nguyen TT, Parat MO, Shaw PN, Hewavitharana AK, Hodson MP. 2016. Traditional aboriginal preparation alters the chemical profile of *Carica papaya* leaves and impacts on cytotoxicity towards human squamous cell carcinoma. *J Pone*:1-15.
- Nurain IO, Zhang Y, Bewaji CO, Johnson JS, Davenport RD. 2017. Potential of three ethnomedicinal plants as antisickling agents. *Mol Pharm*. 14:172-182.
- Pandey A, Chattopadhyay P, Banerjee S, Pakshirajan K, Singh L. 2012. Antitermitic activity of plant essential oils and their major constituents against termite *Odontotermes assamensis* Holmgren (Isoptera: Termitidae) of North East India. *Internat Biodet Biodeg*. 75:63-67.
- Sadashiva CT, Sharanappa P, Naidoo Y, Sulaimon CT, Balachandran I. 2013. Chemical composition of essential oil from *Orthosiphon diffuses* Benth. *J Med Plants Res*. 7(4):170-172.
- Saravanan R, Pemiah B, Narayanan M, Ramalingam S. 2017. *In Vitro* cytotoxic and gas chromatography-mass spectrometry studies on *Orthosiphon stamineus* Benth. (Leaf) against MCF-7 cell lines. *Asian J Pharm Clinical Res*. 10(3):129-135.
- Sesanti H, Arsunan AA, Ishak H. 2014. Potential test of papaya leaf and seed extract (*Carica papaya*) as larvicides against *Anopheles mosquito* larvae mortality. *Internat J Sci Res Pub*. 4(6):1-8.
- Shiny KS, Remadevi OK. 2014. Evaluation of termiticidal activity of coconut shell oil and its comparison to commercial wood preservatives. *Eur. J. Wood Prod*. 72:139-141.

- Shukla RS, Bhaskar VV. 2009. Steroidal composition of the root extract of *Orthosiphon tomentosus* Benth (Lamiaceae) used in tribal medicine. *J Pharm Res.* 2(6):1137-1138.
- Tascioglu C, Yalcin M, de Troya T, Sivrikaya H. 2012. Termicidal properties of some wood and bark extracts used as wood preservatives. *Bioresources* 7(3):2960-2969.
- Tascioglu C, Yalcin M, Sen S, Akcay C. 2013. Antifungal properties of some plant extracts used as wood preservatives. *Internat Biodet Biodeg.* 85:23-28.
- Wahyudi, Ohtani Y, Ichiura H. 2012. Berberine in the medicinal plant of tali kuning (*Tinospora dissitiflora* Diels). *Wood Res J.* 2(2):100-104.
- Wahyudi, Ohtani Y, Ichiura H. 2012. Significant feeding deterrent of berberine from tali kuning (*Tinospora dissitiflora* Diels) against two subterranean termites *Coptotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes speratus* Kolbe. *Wood Res J.* 3(1):18-22.
- Wahyuni D. 2015. New bioinsecticide granules toxin from extract of papaya (*Carica papaya*) seed and leaf modified against *Aedes aegypti* larvae. *Procedia Env Sci.* 23:323-328.

Riwayat naskah:

Naskah masuk (*received*): 14 Agustus 2017

Diterima (*accepted*): 25 Oktober 2017