

BIOAKTIVITAS ANTI RAYAP MINYAK ATSIRI DARI DAUN JERUK SAMBAL (*Citrus microcarpa* Bunge) TERHADAP RAYAP TANAH *Macrotermes* sp.

Novitasari^{1*}, Afghani Jayuska¹, Muhamad Agus Wibowo¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi,

*Email : novie_chem45@yahoo.com

ABSTRAK

Jeruk sambal (Citrus microcarpa Bunge) merupakan tanaman yang banyak dijumpai di Kalimantan Barat, mempunyai potensi sebagai penghasil minyak atsiri, salah satunya adalah dari bagian daun. Minyak atsiri pada daun juga berpotensi sebagai anti rayap. Penelitian ini bertujuan menentukan bioaktivitas anti rayap minyak atsiri terhadap rayap tanah *macrotermes* sp. Penelitian ini dibagi dalam tiga tahap yaitu destilasi uap, analisis minyak atsiri menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), dan uji bioaktivitas minyak atsiri terhadap rayap tanah. Hasil destilasi uap diperoleh rendemen sebesar 0,3594% (%b/b). Analisis GC-MS menghasilkan 23 komponen, dengan senyawa mayor terdiri dari elemol (14,59%), β -eudesmol (11,52%), 1- β -pinen (8,73%), germakren D (8,61%), dan aristolen (6,26%). Uji bioaktivitas anti rayap menunjukkan bahwa pada konsentrasi 12% (%v/v) dapat membasmi rayap dengan mortalitas sebesar 82% dan persentase kehilangan berat kertas uji tertinggi adalah pada konsentrasi 3% (%v/v) yaitu sebesar 6,948%. Hasil uji bioaktivitas anti rayap yang dilakukan menunjukkan minyak atsiri daun jeruk sambal mempunyai aktivitas anti rayap alami dengan tingkat aktivitas yang tergolong kuat.

Kata kunci : Minyak atsiri daun *Citrus microcarpa* Bunge, hasil GC-MS, bioaktivitas anti rayap

PENDAHULUAN

Rayap merupakan salah satu serangga perusak kayu paling berbahaya dan juga dapat merusak tanaman yang masih hidup. Umumnya rayap dikendalikan dengan menggunakan senyawa kimia sintetik yang dapat membahayakan lingkungan. Oleh karena itu ada alternatif untuk pengendalian rayap yang ramah lingkungan, termasuk penggunaan ekstrak dan minyak atsiri yang berasal dari tanaman, seperti minyak kulit jeruk (orange oil), minyak cengkeh dan minyak serai wangi. Formula anti rayap dari minyak kulit jeruk sudah dijual di Amerika Serikat, tetapi masih terdapat kontroversi tentang keefektifan jangka panjang (Supriadi, dan Ismanto, 2010).

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangan rayap adalah minyak atsiri dari genus *Citrus* seperti *Citrus microcarpa* Bunge (jeruk sambal). Menurut Casimiro, *et al* (2010), *C. microcarpa* merupakan salah satu jenis jeruk dari famili rutaceae. Buah jeruk ini mengandung minyak atsiri sebanyak 0,9-1,06% dan pada daunnya belum ditemukan kadar minyak atsirinya. Buah jeruk ini biasanya digunakan sebagai bumbu masakan dan sebagai tambahan untuk makanan berkuah tertentu.

Penggunaan anti rayap dari genus *Citrus* sudah pernah ada yang meneliti seperti Raina, *et al* (2007) melaporkan bahwa minyak dari

ekstrak jeruk dapat membunuh rayap tanah *coptotermes formosanus* dalam waktu 5 hari dengan mortalitas sebesar 68%. Kartini, dkk, (2014) melaporkan konsentrasi minyak daun *Citrus Nobilis* Lour yang efektif sebagai biotermitisida adalah 20% dan 25% dengan mortalitas sebesar 100%. Dari hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa minyak atsiri dari genus ini memiliki sifat sebagai anti rayap. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian terkait dengan bioaktivitas anti rayap dari minyak daun *C. microcarpa* Bunge terhadap rayap tanah *macrotermes* sp. Minyak atsiri yang diperoleh, diharapkan dapat berfungsi sebagai pembasmi rayap, sehingga minyak atsiri ini dapat direkomendasikan sebagai termitisida alami yang ramah lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah aquades, dietil eter, natrium sulfat anhidrat, kertas saring *Whatman* No.1, pasir, rayap tanah dan daun jeruk sambal yang berasal dari daerah Pontianak, Kalimantan Barat yang telah dideterminasi di Herbarium Bogoriense Puslit Biologi LIPI.

Alat-alat yang digunakan antara lain labu ukur 10ml, pipet ukur (1mL, 10mL), neraca analitik merk OHAUS Adventurer, oven,

termometer, seperangkat alat destilasi uap dan GC-MS Shimadzu QP2010.

Prosedur Kerja

Penyulingan minyak atsiri dengan destilasi uap

Sebanyak 3 kg daun jeruk sambal yang masih dalam keadaan segar. Kemudian, dirajang dan dilakukan destilasi menggunakan metode destilasi uap selama 4 jam. Hasil dari destilasi ditampung dalam botol kaca. Selanjutnya, pada minyak atsiri ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat. Botol disimpan dalam lemari pendingin dan dihitung % rendemennya serta di analisis dengan alat GC-MS. Berikut ini rumus untuk mencari rendemen minyak atsiri:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{massa minyak atsiri (g)}}{\text{massa daun (g)}} \times 100\%$$

Uji Bioaktivitas Anti Rayap Minyak Atsiri Daun *C.Microcarpa* terhadap Rayap Tanah *Macrotermes* sp.

Sebelum penelitian dimulai rayap tanah *Macrotermes* sp. sebagai organisme uji dikumpulkan dari kayu-kayu yang terserang rayap, kemudian dipelihara dalam akuarium berisi kayu-kayu sebagai makanannya. Pemeliharaan sebelum penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa hanya rayap yang sehat dan aktif yang digunakan dalam penelitian.

a. Persiapan Gelas Uji

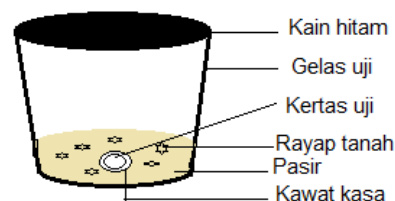
Gelas uji dibuat dari gelas plastik berbentuk silinder dengan ukuran diameter atas 7,5 cm, diameter bawah 5,5 dan tinggi 4 cm. Kedalam gelas uji dimasukkan 15 g pasir dan diberi 2 ml aquades untuk memberi kelembaban (Gambar 1.).

b. Pengujian minyak atsiri terhadap rayap (Sudrajat, 2012 dan Indrayani, 2012)

Untuk menggambarkan daya racun minyak atsiri daun jeruk sambal dengan menggunakan metode *antifeedant bio-assay* test seperti yang digunakan oleh Ohmura *et al*, (1997) di dalam Sudrajat (2012) dengan beberapa modifikasi.

Disiapkan kertas saring berukuran 3,5 cm yang sudah dioven pada suhu 50°C selama 1 jam. Setelah itu, ditimbang untuk mengetahui berat awalnya. Pada pengujian ini, sebagian minyak atsiri dilarutkan dengan pelarut dietil eter. Kemudian kertas saring direndam dalam zat destilat dengan konsentrasi berturut-turut yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% (v/v). Konsentrasi 0% sebagai kontrol negatif yang tidak diberi

perlakuan minyak atsiri tetapi hanya diberi pelarut dietil eter dan pestisida buatan (fipronil) sebagai kontrol positif. Kemudian, dikeringanginkan untuk menguapkan pelarutnya.



Gambar 1. Metode pengujian rayap

Kertas uji yang telah direndam dengan zat tersebut dimasukkan ke dalam gelas uji yang telah diisi dengan pasir steril lembab (diatas pasir lembab diletakkan dalam kawat kasa sebagai tempat kertas saring agar tidak bersentuhan langsung dengan pasir lembab). Selanjutnya, tiap-tiap gelas uji tersebut dimasukkan 50 ekor rayap sehat yang terdiri atas 45 ekor rayap pekerja dan 5 ekor rayap prajurit.

Seluruh gelas uji yang telah diisi rayap kemudian ditutup dengan kain hitam, lalu diletakkan dalam baki yang berisi air dan kapas. Baki-baki yang berisi gelas uji diletakkan dalam ruang gelap. Setelah 7 hari, kertas saring diangkat, dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 1 jam dan disimpan dalam desikator selama 1 hari kemudian ditimbang. Pengamatan dilakukan setiap satu hari sekali selama 1 minggu. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali (duplo).

Uji daya racun minyak atsiri daun jeruk sambal terhadap rayap dilakukan secara kuantitatif yaitu meliputi :

a. Tingkat kematian rayap (*Mortalitas*)

Mortalitas rayap di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ mortalitas} = \frac{\text{jumlah rayap mati-kontrol negatif}}{\text{jumlah rayap awal}} \times 100\%$$

b. Kehilangan berat (*Weight Loss*)

Persentase kehilangan berat contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{KB (\%)} = \frac{w_0 - w_1}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan:

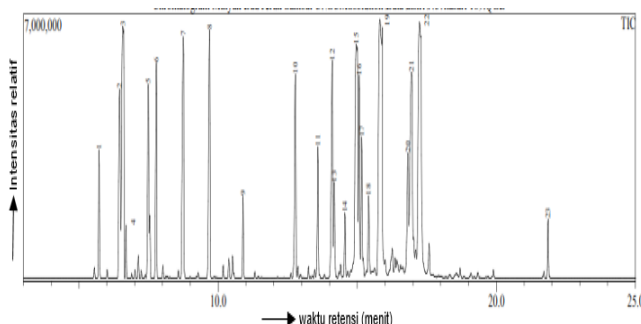
- KB : Kehilangan berat
- w₀ : Berat kertas uji sebelum pengumpanan (g)
- w₁ : Berat kertas uji stelah pengumpanan (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak *C.microcarpa* Bunge

Hasil destilasi uap yang dilakukan terhadap daun *C.microcarpa* menghasilkan minyak atsiri sebanyak 12,5 ml dengan rendemen sebesar 0,3594% (%b/b). Minyak yang diperoleh berwarna hijau bening, dengan massa jenis sebesar 0,8670 g/ml.

Hasil identifikasi minyak atsiri *C.microcarpa* dengan menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa minyak ini menghasilkan 23 komponen penyusun yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kromatogram GC minyak daun *C.microcarpa*

Tabel 1. Komponen penyusun minyak daun *C.microcarpa*

Puncak	Waktu Retensi (menit)	Luas Area (%)	SI (%)	Rumus Molekul	Dugaan Komponen
1.	5,716	1,88	98	C ₁₀ H ₁₆	α-pinen
2.	6,461	5,03	96	C ₁₀ H ₁₆	Sabinen
3.	6,576	8,73	96	C ₁₀ H ₁₆	1-β-pinen
4.	6,690	0,65	97	C ₁₀ H ₁₆	β-mirsen
5.	7,488	3,78	95	C ₁₀ H ₁₆	Bornilen
6.	7,781	4,00	97	C ₁₀ H ₁₆	1,3,6-oktatrien
7.	8,748	5,67	97	C ₁₀ H ₁₈ O	L-linalool
8.	9,692	5,56	97	C ₁₀ H ₁₈ O	Sitronella
9.	10,893	1,11	98	C ₁₀ H ₂₀ O	β-sitronelol
10.	12,775	3,61	95	C ₁₅ H ₂₄	Delta-elemen
11.	13,583	2,03	96	C ₁₅ H ₂₄	β-elemen
12.	14,102	4,88	96	C ₁₅ H ₂₄	Trans(beta)-kariopilen
13.	14,170	1,58	93	C ₁₅ H ₂₄	Germakren B (CAS)
14.	14,560	1,08	94	C ₁₅ H ₂₄	1,5-siklodekadiena
15.	14,963	8,61	96	C ₁₅ H ₂₄	α-humulen
16.	15,056	3,09	95	C ₁₅ H ₂₄	Germakren-D
17.	15,168	2,00	92	C ₁₅ H ₂₄	β-salina
18.	15,408	1,25	90	C ₁₅ H ₂₆ O	Bisiklogermakren
19.	15,815	14,59	95	C ₁₅ H ₂₆ O	Elemol
20.	16,821	2,21	91	C ₁₅ H ₂₄	Elemol
21.	16,954	6,26	86	C ₁₅ H ₂₄	10-epi-gamma-eudesmol
22.	17,237	11,52	95	C ₁₅ H ₂₄	Aristolen
23.	21,856	0,90	96	C ₂₀ H ₄₀ O	β-eudesmol
					2-heksadekena-1-ol

Tabel 1. menunjukkan bahwa dari 23 komponen penyusun tersebut mengandung senyawa terpenoid yang terdiri dari senyawa monoterpen, sesquiterpen dan diterpen. Jika dilihat dari luas area (%), terdapat lima senyawa mayor yaitu elemol (14,59%), β-eudesmol (11,52%), 1-β-pinen (8,73%),

germakren-D (8,61%), dan aristolen (6,26%) dan selebihnya adalah senyawa minor. Hasil identifikasi ini sesuai dengan data *Library:WILEY7.LIB*.

Uji Bioaktivitas Anti Rayap Minyak Atsiri Terhadap Rayap Tanah

Uji biokativitas ini menggunakan hewan umpan yaitu rayap tanah dengan jenis *Macrotermes* sp. Rayap tanah jenis ini dipilih karena *Macrotermes* sp. merupakan rayap dari famili *Termitidae* yang tinggal didalam tanah. Pada habitatnya didalam tanah, *macrotermes* sp. dapat berperan sebagai konsumen, dekomposer dan hama bagi bahan yang berselulosa. Melalui peranannya sebagai konsumen dan dekomposer, *Macrotermes* sp. dapat mempercepat pengembalian unsur hara dalam tanah (Subekti, *et al*, 2007).

Parameter pertama yang digunakan dalam pengujian anti rayap adalah mortalitas rayap. Mortalitas ini berdasarkan banyaknya rayap tanah yang mati akibat dari minyak atsiri.

Tabel 2. Mortalitas rayap tanah dari berbagai konsentrasi minyak daun *C.microcarpa* setelah 7 hari pengumpanan

Konsentrasi (%)	Rata-rata rayap yang mati	Persentase mortalitas (%)
Kontrol negatif	9	0
3	22	26
6	27	36
9	44	70
12	50	82
15	50	82
Kontrol positif	50	82

Tabel 2. menunjukkan bahwa minyak atsiri memiliki pengaruh terhadap mortalitas rayap tanah, semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang ditambahkan pada kertas uji maka akan semakin tinggi pula tingkat mortalitas yang terjadi pada rayap. Hal ini sesuai yang dikatakan oleh Astuthi, dkk (2012) bahwa persentase mortalitas meningkat pada konsentrasi tinggi. Konsentrasi 12% merupakan konsentrasi tertinggi yang dapat membunuh rayap dengan mortalitas sebesar 82%. Hadi (2008) mengatakan kematian tersebut disebabkan karena adanya perilaku menolak makanan yang memiliki aroma pada kertas yang semakin menyengat, sehingga dengan adanya pengaruh aroma tersebut menyebabkan terjadinya sifat anti makan rayap terhadap kertas uji.

Berdasarkan klasifikasi tingkat aktivitas rayap yang digunakan Sholehah (2011), konsentrasi 3% dan 6% tergolong dalam tingkat aktivitas agak lemah dengan kisaran mortalitas sebesar 25-36%, diikuti konsentrasi 9% dengan mortalitas sebesar 70% yang tergolong dalam aktivitas cukup kuat, sedangkan konsentrasi 12% dan 15% tergolong dalam tingkat aktivitas yang kuat.

Kontrol negatif digunakan untuk melarutkan minyak atsiri supaya minyak atsiri dapat menyebar didalam pori-pori kertas saring dan untuk menghilangkan pengaruh lain diluar ekstrak uji yang dapat menyebabkan kematian pada rayap. Penggunaan pestisida sintetik (fipronil) berfungsi sebagai kontrol positif dan sebagai pembanding.

Jika dibandingkan dengan fipronil, aktivitas anti rayap pada minyak atsiri daun *C. microcarpa* Bunge memiliki aktivitas yang sama kuatnya, tetapi jika dilihat dari proses kematian rayap, yang mengalami kematian pertama dan paling banyak adalah pada penggunaan fipronil, hal ini terjadi karena Menurut Nandika *et al* (2003), pada fipronil mempunyai mekanisme mengganggu sistem syaraf pusat khususnya pada pertukaran ion-ion klorida melalui *Gamma Amino Butyric Acid* (GABA). Kandungan GABA pada serangga lebih tinggi bila dibandingkan dengan mamalia, sehingga penggunaan insektisida reaktif kurang berbahaya pada hewan mamalia maupun manusia. Tobing (2007) mengatakan bahwa penggunaan insektisida kimia dengan bahan fipronil lebih efektif mempengaruhi susunan syaraf serangga dan berdaya racun kontak dibandingkan dengan penggunaan bahan biopestisida. Jadi, apabila dibandingkan dengan minyak atsiri, fipronil memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membunuh rayap.

Gejala rayap yang mati akibat memakan kertas uji yang mengandung minyak atsiri ditandai dengan rayap tidak aktif bergerak, berjalan mulai pelan, tubuh menyusut, perlahan-lahan rayap mati dan berubah menjadi kehitaman. Hal ini sesuai yang dikatakan oleh Astuthi,dkk (2012) dengan adanya zat bioaktif yang berfungsi sebagai pestisida nabati yang terkandung dalam tanaman akan menyebabkan aktivitas hewan uji terhambat, sehingga ditandai dengan gejala-gejala tersebut.

Kematian tersebut diakibatkan karena pada minyak atsiri terdapat senyawa bioaktif dari golongan terpenoid yaitu sesquiterpen. Menurut Harto (1998) dalam Hadi (2008), senyawa

sesquiterpen dapat merusak sistem syaraf pada rayap, masuknya senyawa tersebut diketahui dapat menghambat enzim asetilkolinesterase sehingga menyebabkan mortalitas rayap. Sastrodiharjo (1999) juga mengatakan zat ekstraktif yang digunakan dapat berpengaruh terhadap kematian rayap dan serangga lainnya yaitu sebagai penghambat sintesis protein, khususnya dari kelompok tanin, stilbena, alkaloid, dan resin, sedangkan kelompok terpenoid dapat merusak fungsi sel rayap yang pada akhirnya menghambat proses ganti kulit rayap.

Parameter kedua yang digunakan dalam pengujian sifat anti rayap adalah laju konsumsi rayap tanah *Macrotermessp*.

Tabel 3. Kehilangan berat kertas uji setelah 7 hari pengumpanan

Konsentrasi	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
Kontrol negatif	7,749
3 %	6,948
6 %	4,748
9 %	3,596
12 %	1,346
15 %	1,029
Kontrol positif	0,000

Tabel 3. menunjukkan bahwa persentase kehilangan berat kertas uji tertinggi adalah pada konsentrasi 3% dan 6% sebesar 6,948% dan 4,748%. Sedangkan, yang terendah adalah konsentrasi 15% sebesar 1,029% diikuti dengan kontrol positif sebesar 0%. Indrayani, dkk, (2012) melaporkan dalam penelitiannya semakin besar konsentrasi zat maka kehilangan berat *paper disc* semakin kecil. Pernyataan ini sesuai dengan yang dilakukan bahwa semakin besar konsentrasi minyak atsiri yang ditambahkan pada kertas uji maka akan semakin kecil kehilangan berat yang didapatkan.

Konsentrasi 12% dan 15% paling sedikit dimakan oleh rayap tanah, hal tersebut karena pada kertas uji mengandung banyak minyak atsiri dan aroma wangi yang tidak disukai oleh rayap, sehingga mampu membuat rayap tanah menolak untuk makan, dengan kata lain pada minyak atsiri daun jeruk sambal ini mempunyai sifat sebagai *antifeedant*.

Rendahnya kehilangan berat kertas uji dikarenakan rayap memiliki sifat *necrophagy* (memakan bangkai sesamanya) dan *kanibalisme* (memakan anggota rayap yang lemah), dari kedua sifat tersebut yang mempengaruhi kematian rayap dan

mengakibatkan kertas uji pada konsentrasi tinggi tidak berkurang banyak. Selain kedua sifat tersebut, yang menyebabkan kehilangan berat adalah karena rayap memiliki sifat *trofalaksis*, yaitu sifat rayap yang saling berkumpul untuk mengadakan pertukaran bahan makanan melalui mulut dan anus, dari sifat tersebut dapat mengindikasikan rayap yang memakan kertas uji akan bertukar makanan dengan rayap lain, sehingga akan mempercepat penyebaran racun (Nandika, *et al*, 2003).

Arif, dkk (2007) juga melaporkan pada penelitiannya, jika kehilangan berat contoh uji kecil maka penghambat aktivitas makannya tinggi. Hal ini disebabkan protozoa yang berperan dalam merombak polimer selulosa tidak dapat bekerja dengan baik sehingga rayap tidak memperoleh suplai makanan. Setelah ekstrak masuk ke dalam tubuh rayap menyebabkan dispersi poliribosom dan selanjutnya retikulum endoplasma kasar dihancurkan dalam gelembung yang dilarutkan ke dalam sel dan membengkak, nukleus menjadi rusak dan seluruh saraf menjadi kacau balau.

Berdasarkan nilai mortalitas rayap tanah *Macrotermes* sp. dan kehilangan berat kertas uji menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik, namun kedua parameter tersebut memiliki fenomena yang sama, dimana semakin besar mortalitas rayap maka semakin kecil kehilangan berat kertas uji yang dimakan, dan sebaliknya.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi daya hambat minimum pada minyak atsiri daun jeruk sambal yang dapat membasmi rayap tanah adalah sebesar 12% dan tergolong dalam aktivitas anti rayap yang kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuthi, M. M. M., Sumiartha, K., Susila, I.W., Wirya, G.N.A.S., dan Sudarta, I. P., 2012., Efikasi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Meer. & Perry), Pala (*Myristica fragrans* Houtt), dan Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) Terhadap Mortalitas Ulat Bulu Gempinis Dari Famili Lymantriidae, *J.Agric.Sci. And Biotechnol*, 1(1):12-23.
- Arif, A., Usman, M., dan Fatmawaty, S., 2008., Sifat Anti Rayap Dari Ekstrak Ijuk Aren (*Arenga Pinnata* Merr.) *Antitermical Activities of Sugar- Palm Tree Fibers Extract.*, *J.Perennial*, 3 (1):15-18.
- Casimiro, Franchesca, M., Gutierrez, M., Leano, D.R., and Solidum, J.N., 2010, Evaluation of the Hepatoprotective Activity of *Citrus microcarpa* Bunge (Family Rutaceae) Fruit Peel Against Acetaminophen-induced Liver Damage in Male BFAD-Sprague Dawley Rats, *IJCEE*, 1(2):127-132.
- Harto., S., 1998., Toksisitas Ekstrak Akar dan Daun Paitan (*Tithoia diversivolia* Gray) dan Pengaruhnya terhadap Mortalitas serta Aktivitas Makan Anti Rayap Tanah (*Coptotermes* sp.) di Laboratorium, Fakultas MIPA UNDIP, Semarang (Skripsi). didalam Hadi, M., 2008., Pembuatan Kertas Anti Rayap Ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Ekstrak Daun Kirinyuh (*Eupatorium odoraum*)., *J.Bioma*, 6(2):12-18.
- Indrayani, Y., Oramahi, H. A. dan Nurhaida., 2012, Evaluasi Asap Cair Sebagai Bio-Termisida Untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp., *Jurnal Tengawang*, 1(2):87-96.
- Kartini, E., Jayuska, A., dan Alimuddin, A.H., 2014., Uji Aktivitas Biotermisida Minyak Atsiri Daun *Citrus nobilis* Lour Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* sp.), *JKK*, 3(1):1-6.
- Nandika, D., Rismayadi, Y., dan Diba, F., 2003., Rayap Biologi dan Pengendaliannya., Universitas Muhammadiyah Press, Surakarta.
- Ohmura, W., S. Ohara and A. Kato., 1997, Synthesis of Triterpenoid, Saponin and Their Antitermic Activities, *Journal Of The Japan Wood Research Society*, 43 (10). Didalam Sudrajat, 2012, Isolasi dan Identifikasi Senyawa Bioaktif Zat Ekstraktif Tumbuhan Kayu Bawang (*Scorodocarpus borneensis* Becc) Sebagai Termisida Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera : Rhinotermitidae), *Mulawarman Scientifie*, 11 (2):219-228.
- Raina, A., Bland, J., Doolittle, M, Lax, A., Boopathy, R., and Folkins, M., 2007., Effect of Orange Oil Extract on the Formosan Subterranean Termite (Isoptera:Rhinotermitidae)., *J.Econ Entomol*, 100(3):880-855.
- Sastrodiharjo, S. 1999., Arah Pembangunan dan Strategi Penggunaan Pestisida Nabati, Makalah Disajikan pada Forum

- Komunikasi Pemanfaatan Pestisida Nabati, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 9-10 November. Bogor : Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Sholehah, D. N., 2011, Uji Aktivitas Anti Rayap Tembakau dan Salak Madura, *Agrovigor*, 4(1):30-41.
- Subekti, N., Duryadi, D., Nandika, D., Surjokususumo, S. dan Anwar, S., 2008, Sebaran dan Karakter Morfologi Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen di Habitat Hutan Alam, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(1): 27-33.
- Supriadi dan Ismanto, A., 2010, Potential Use of Botanical Termicide., *Perspektif*, 9(1):12-20.
- Tobing, D.R.L., 2007, Penggunaan Berbagai Konsentrasi Khitosan dan Fipronil Terhadap Pengendalian Hama Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Isoptera : Termitidae) di Laboratorium, Universitas Sumatra Utara, Medan [Skripsi].