

CONTROL OF SUBTERRANEAN TERMITE PESTS *Coptotermes* sp. (Blattodea: Rhinotermitidae) USING COCONUT SHELL LIQUID SMOKE

Pengendalian Hama Rayap Subteran *Coptotermes* sp. (Blattodea: Rhinotermitidae) Menggunakan Asap Cair Berbahan Tempurung Kelapa

Patricia Tiffany Mandagi¹, Arthur Gehart Pinaria², Jackson Franky Watung², Frangky Jessy Paat², James Bright Kaligis², Sandra Engelin Pakasi².

¹Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado

²DosenFakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado

*Corresponding author:
arthur.pinaria@unsrat.ac.id

Manuscript received: 9 June 2023.
Revision accepted: 7 July 2023.

Abstract

Subterranean termite *Coptotermes* sp. is one of the important pests that pose a threat to agriculture. Coconut shell liquid smoke is the result of a pyrolysis distillation process. The content of compounds in liquid smoke includes phenolic compounds, carboxylic acids, and carbonyls. The objective of the study was to determine the effective concentration of coconut shell liquid smoke to control the subterranean termite *Coptotermes* sp. This study used a completely randomized design (CRD) with 5 treatments, 1 treatment (control), and 4 replications. Subterranean termites used were 300 subterranean termites, each treatment filled with 15 termites (12 workers and 3 soldiers). The research data was calculated to obtain the total mortality percentage of *Coptotermes* sp. on the last observation. Data were analyzed using Sidik Ragam (ANOVA). If the concentration of the treatment shows a significant effect, then proceed with the 5% LSD (Least Significant Difference) test.

Control of the *Coptotermes* sp. subterranean termite. with coconut shell liquid smoke grade 3 effect on the mortality of *Coptotermes* sp. subterranean termites. Treatment with a concentration of 1 ml of coconut shell liquid smoke is effective and economical to be used as an organic insecticide among other treatments in controlling *Coptotermes* sp. subterranean termites.

Keywords: Control, Mortality, Rayap Subteran, Coconut Shell Liquid Smoke

Abstrak

Rayap bawah tanah *Coptotermes* sp. merupakan salah satu hama penting yang menjadi ancaman dalam bidang pertanian. Asap cair tempurung kelapa merupakan hasil proses destilasi pirolisis. Kandungan senyawa pada asap cair antara lain senyawa fenolik, asam karboksilat dan karbonil. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui konsentrasi asap cair tempurung kelapa yang efektif untuk mengendalikan rayap tanah *Coptotermes* sp. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, 1 perlakuan (kontrol) dan 4 ulangan. Rayap tanah yang digunakan sebanyak 300 ekor rayap, masing-masing perlakuan diisi 15 ekor rayap (12 pekerja dan 3 prajurit). Data penelitian dihitung untuk memperoleh persentase kematian total *Coptotermes* sp. pada pengamatan terakhir. Data dianalisis menggunakan Sidik Ragam (ANOVA). Apabila konsentrasi perlakuan menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji LSD (Beda Nyata Terkecil) 5%.

Pengendalian *Coptotermes* sp. rayap bawah tanah. dengan asap cair tempurung kelapa grade 3 berpengaruh terhadap mortalitas *Coptotermes* sp. rayap bawah tanah. Perlakuan dengan konsentrasi 1 ml asap cair tempurung kelapa efektif dan ekonomis untuk digunakan sebagai insektisida organik diantara perlakuan lain dalam mengendalikan *Coptotermes* sp. rayap bawah tanah.

Kata Kunci: Pengendalian, Kematian, Rayap Subteran, Asap Cair Batok Kelapa

PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu hasil hutan yang sangat diperlukan manusia untuk memenuhi kebutuhan produk

berbahan kayu. Beberapa jenis kayu yang sudah lama dikenal diantaranya seperti Jati (*Tectona grandis*), Keruing (*Dipterocarpus* sp), dan ada beberapa kayu lainnya yang

saat ini mulai langka dan mahal (Hartono, 2007). Indonesia merupakan Negara tropis yang mempunyai kelembaban lingkungan dan bahan organik dalam tanah yang tinggi (Darmono dkk, 2012). Keadaan ini dapat menyebabkan organisme perusak kayu berkembang baik dan yang sering ditemukan menyerang material kayu adalah rayap.

Rayap dikenal sebagai hama penting yang menjadi ancaman manusia karena menyerang tanaman perkebunan, hutan, maupun bangunan (Luth, 2020). Perkembangan rayap khususnya di Indonesia belum dapat dicegah secara efektif. Kerugian yang disebabkan oleh hama rayap ini dapat mencapai nilai triliun rupiah karena merusak material kayu yang mengandung selulosa. Menurut Yulis dan Desita (2011), kerugian yang disebabkan oleh rayap tiap tahun di Indonesia tercatat sekitar Rp. 224 miliar – Rp. 238 miliar. Kerugian akibat serangan rayap lebih besar dibandingkan akibat kebakaran, badai atau banjir (Nandika, 2015).

Rayap subteran *Coptotermes* sp. sulit dikendalikan karena sering berada dalam tanah dan pada sisa-sisa kayu yang menjadi makanan, tempat persembunyian serta tempat perkembangbiakannya (Pradana dan Rurini, 2015). Di wilayah Sulawesi Selatan, rayap subteran dilaporkan menyerang bangunan rumah-rumah adat serta dokumen dan arsip yang ada di beberapa Kabupaten (Arif dan Nurdianty, 2015).

Pengendalian hama rayap subteran diketahui selama ini dilakukan secara kimiawi yaitu menggunakan pestisida kimia. Pestisida kimia termasuk dapat mengendalikan hama rayap subteran, tetapi hal ini jika dilakukan dalam jangka panjang dapat menyebabkan hal-hal yang tidak di inginkan terjadi yakni, pencemaran lingkungan (air dan tanah), timbulnya hama resisten, serta matinya musuh alami dan predator hama (Maghfiratul dkk, 2017). Oleh karena itu, diperlukan cara

alternatif mengendalikan hama rayap subteran dengan menggunakan bahan bersifat ramah lingkungan dan diperlukan pemahaman tentang pengelolaan agroekosistem dengan prinsip Pengelolaan Hama Terpadu dan pengendalian secara nabati (Fauzan, 2019).

Sulawesi Utara merupakan daerah penghasil tanaman kelapa yang melimpah. Dari seluruh tanaman perkebunan di Sulawesi Utara luas areal perkebunan kelapa yang paling besar. Luas perkebunan pada tahun 2012 sebesar 250.141,65 kemudian meningkat tahun 2013 menjadi 278.599,53 dan terus meningkat hingga tahun 2014 mencapai luas areal 278.484,10 ha. Kelapa merupakan komoditas perkebunan yang perkembangannya turun temurun tersebar di berbagai Nusantara khususnya di daerah Sulawesi Utara (Makatita dkk, 2016). Hampir seluruh dari bagian tanaman kelapa dapat dimanfaatkan. Salah satu yang dapat dimanfaatkan adalah bagian dari kelapa yaitu tempurung kelapa yang bisa dijadikan bahan untuk membuat asap cair (*liquid smoke*). (Fauzan, 2019).

Tempurung kelapa dianggap masyarakat hanya sebagai limbah, tetapi pada saat ini ditemukan bahwa bagian dari kelapa ini dapat diproses menjadi asap cair (Kumala, 2021). Pembuatan asap cair dari limbah ini memiliki keunggulan yakni, tidak akan mengganggu kesehatan manusia, penggunaan dari bahan-bahan alami, mudah dibuat dan tentunya harga yang relatif murah (Mubarak, 2021). Asap cair (*liquid smoke*) merupakan cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis atau pengembunan dari hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung yang mengandung senyawa penyusun utama asam, fenol, dan karbonil hasil degradasi termal komponen lignin, selulosa, hemiselulosa dan senyawa karbon lainnya. Senyawa asam, fenol dan karbonil dalam asap cair memiliki kontribusi dalam karakteristik warna, aroma dan flavor.

Asap cair ternyata mempunyai senyawa bioaktif *antifeedant*. Senyawa ini yang dibutuhkan tanaman dalam melindungi diri dari serangan hama atau berfungsi sebagai pengendali hama secara alami, mikroba dan organisme lainnya. Asap cair pada grade 3 diyakini dapat digunakan sebagai anti bakteri dan anti oksidan atau bahan pengawet alami (Reta dkk, 2016). Menurut Jernita dkk, (2019), Asap cair grade 3 sangat cocok untuk pengawetan kayu dan bisa dijadikan koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair pengganti asam formiat, anti jamur, anti bakteri, dan pertahanan terhadap rayap. Dengan adanya asap cair tempurung kelapa sebagai bahan untuk mengendalikan, maka diharapkan tidak terjadi lagi pencemaran yang dikarenakan penggunaan bahan kimia beracun.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengendalian hama rayap subteran *Coptotermes* sp. menggunakan asap cair berbahan tempurung kelapa agar dapat diketahui pada konsentrasi berapa yang paling efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Entomologi dan Fitopatologi Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado. Waktu pelaksanaan penelitian ini pada bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023.

Bahan yang digunakan yaitu rayap subteran *Coptotermes* sp. kasta prajurit dan kasta pekerja, asap cair, aquades, dan bahan lainnya. Alat yang digunakan antara lain wadah, alat tulis, kuas, kertas label, kamera, pipet, kertas hvs dan alat pendukung lainnya.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancang Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, 1 perlakuan (Kontrol) dan dilakukan 4 kali ulangan seperti yang ada di bawah ini :

P₀ = Perlakuan Kontrol

P₁ = Perlakuan asap cair tempurung kelapa konsentrasi 1 ml/liter aquades.

P₂ = Perlakuan asap cair tempurung kelapa konsentrasi 3 ml/liter aquades.

P₃ = Perlakuan asap cair tempurung kelapa konsentrasi 5 ml/liter aquades.

P₄ = Perlakuan asap cair tempurung kelapa konsentrasi 7 ml/liter aquades.

Prosedur Penelitian

Persiapan

Kegiatan ini meliputi penyediaan alat dan bahan untuk melaksanakan penelitian. Kemudian adanya survey lokasi. Sebelum dilakukan penelitian dilakukan survey terhadap lokasi pengambilan rayap subteran. Selanjutnya pengamatan dilakukan di Laboratorium Entomologi dan Fitopatologi Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado.

Penyediaan Rayap

Pengumpulan rayap subteran *Coptotermes* sp. yaitu dengan mencari populasi rayap. Letakkan tumpukan kertas hvs di tempat yang digemari rayap subteran yaitu di atas permukaan tanah, kemudian biarkan tumpukkan kertas hvs selama 2 bulan. Setelah terlihat tanda-tanda adanya banyaknya rayap subteran yang akan membuat sarang maka dipindahkan tumpukan kertas hvs yang telah ada rayap prajurit dan pekerja ke wadah dan di bawah ke laboratorium untuk dilakukan penelitian.

Penyediaan Asap Cair

Asap cair yang digunakan ialah asap cair grade 3 yang terbuat dari tempurung kelapa. Dan asap cair yang digunakan ini telah ada dipasarkan oleh produsen UMKM.

Persiapan Media Perlakuan

Media yang akan digunakan yaitu Tupperware plastic bening dengan adanya modifikasi yaitu di buat lubang pada penutup kemudian dipasangkan kain kasa,

tujuannya agar ada udara yang masuk dalam wadah.

Aplikasi Perlakuan

Rayap subteran yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam wadah yang sudah diberi bahan makanan berupa kertas hvs yang telah disemprot larutan asap cair sesuai dengan perlakuan konsentrasi masing-masing sampel yang sudah ditentukan. Setiap wadah di isi 15 ekor rayap yang terdiri dari 12 rayap kasta pekerja dan 3 kasta prajurit.

Parameter Pengamatan Persentase Mortalitas

$$M = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

Di mana :

M : Persentase mortalitas rayap subteran

n : Jumlah rayap subteran yang mati

N : Jumlah total rayap subteran (Rusdi, 2010).

Perilaku Rayap Sebelum Aplikasi

Pengamatan perilaku rayap subteran dilakukan dengan mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada rayap setelah aplikasi. Perilaku yang diamati yaitu gerak

tubuh dan aktivitas makan dari rayap. Perubahan tingkah laku diamati setiap 12 jam selama 96 jam (4 hari).

Analisis Data

Data hasil penelitian mortalitas hama rayap subteran *Coptotermes* sp. pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan analisis Sidik Ragam (ANOVA). Jika perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) 5%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh terhadap mortalitas *Coptotermes* sp. setelah pengaplikasian berbagai konsentrasi asap cair tempurung kelapa grade 3 pada perlakuan untuk pengendalian hama rayap subteran. Analisis statistik dilakukan pada data mortalitas *Coptotermes* sp. setiap jam ke-24 sampai jam ke-96 setelah aplikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 4.1. Mortalitas Rayap Subteran *Coptotermes* sp. pada Berbagai Konsentrasi Asap Cair tempurung kelapa pada Pengamatan ke-24 sampai ke-96 Jam.

Perlakuan	Pengamatan			
	24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam
P0 (Kontrol)	0,00	3,3325 a	4,9975 a	6,6625 a
P1 (1 ml)	23,33	49,9975 b	83,33 b	100,00 b
P2 (3 ml)	28,33	59,9975 b	91,665 b	100,00 b
P3 (5 ml)	29,9975	71,6625 b	88,33 b	100,00 b
P4 (7 ml)	31,6625	54,9975 b	69,9975 b	100,00 b
F-hit	2,06 ^{TN}	3,55*	18,55*	11176,69*
F-tabel 0,05	3,06	3,06	3,06	3,06
Nilai BNT 5%	27,38	41,94	25,18	3,66

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang tidak sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata setelah diuji lanjut BNT 5%. (*=beda nyata)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada 24 jam setelah diaplikasikan asap cair pada perlakuan 1 ml (P1), 3 ml (P2), 5 ml (P3) ,dan 7 ml (P4) menghasilkan jumlah tidak berpengaruh nyata sehingga tidak lanjut uji

BNT 5%. Pada 48,72, dan 96 jam setelah perlakuan menunjukkan ada pengaruh nyata dan setelah diuji lanjut menggunakan BNT 5% menghasilkan notasi berbeda dengan kontrol, namun konsentrasi perlakuan 1 ml (P1), 3 ml (P2), 5 ml (P3)

,dan 7 ml (P4) setiap jam 48, 72, dan 96 menghasilkan notasi yang sama. Konsentrasi 1,3,5 hingga 7 ml pada pengamatan 24,48,72 sampai 96 jam memiliki hasil akhir yang sama yaitu memiliki rata-rata mortalitas 100,00 %. (Tabel 4.1). Dari hasil perhitungan mortalitas terlihat bahwa perlakuan konsentrasi 1 ml asap cair tempurung kelapa grade 3 efektif dan bersifat ekonomis untuk dijadikan insektisida organik diantara perlakuan lainnya dalam mematikan rayap subteran *Coptotermes* sp.

Gambar 1 merupakan grafik dari mortalitas rayap *Coptotermes* sp. Jam ke-24,48,72,dan 96 setelah aplikasi pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan gambar 4.1. dapat diketahui bahwa konsentrasi asap cair tempurung kelapa terendah (1 ml) hingga tertinggi (7 ml) dapat menjadi racun bagi rayap yaitu membuat jumlah mortalitas hama rayap subteran *Coptotermes* sp. meningkat sedikit demi sedikit sejalan dengan waktu pengamatan dengan hasil akhir yang sama, maka dengan itu diketahui bahwa konsentrasi terendah (1 ml) sudah efektif untuk mengendalikan hama rayap subteran *Coptotermes* sp.

Pembahasan

Penelitian ini menggunakan metode semprot dimana larutan asap cair dengan air aquades (air murni) sebagai pelarut untuk membuat larutan asap cair menjadi

berbeda-beda perlakuan. Variable yang diamati yaitu mortalitas dan perubahan-perubahan tingkah laku (gerak tubuh) dan aktivitas makan.

Hasil analisis sidik ragam mortalitas *Coptotermes* sp. setelah diaplikasikan berbagai konsentrasi asap cair tempurung kelapa menunjukkan ada pengaruh nyata pada jam pengamatan 48,72, dan 96 namun notasi yang dihasilkan setelah diuji BNT 5% pada konsentrasi 1 ml hingga 7 ml setiap jam pengamatan (48,72,dan 96) tidak berbeda nyata. Kandungan senyawa yang berpotensi sebagai insektisida organik pada asap cair tempurung kelapa grade 3 yaitu fenol, asam karboksilat dan karbonil (Herawati, dkk, 2012).

Fenol bersifat racun setelah ditelan rayap subteran bisa mengalami iritasi tenggorokan dan radang pencernaan, merusak bagian tubuh rayap subteran setelah masuk di mulut dan saluran makanan.(Pike, dalam Rahmaniari 2021). Asap cair tempurung kelapa memiliki zat-zat berfungsi sebagai *anti-feedant*, racun perut, dan racun saraf yang berpengaruh terhadap kehidupan rayap. Hal ini yang membuat perilaku rayap subteran setelah perlakuan menjadi berubah yaitu cara makan, beraktivitas berjalan lambat, kaki menjadi kaku dan terjadi perubahan warna kepala menghitam hingga isi dalam perut menjadi hancur membuat tubuh rayap menjadi kempes. (Gambar 2).



Gambar 1. Diagram Mortalitas Rayap Subteran *Coptotermes* sp. Jam ke-24, 48, 72, 96 setelah Perlakuan.10.8 (SIG)



Gambar 2. Perubahan rayap subteran setelah mati

Hasil pengamatan rayap yang telah diaplikasikan konsentrasi asap cair memperlihatkan gejala berupa jalan yang tidak teratur, malas makan. Hal ini menunjukkan senyawa bioaktif pada asap cair juga bekerja secara depresen pada sistem saraf. Pengamatan dilaboratorium, memperlihatkan bahwa rayap yang pakannya diberi semprotan asap cair peka terhadap konsentrasi asap cair tempurung kelapa grade 3.

Saluran pencernaan rayap terbagi tiga bagian yaitu usus depan (*foregut*), usus tengah (*midgut*) dan usus belakang (*hindgut*). Protozoa flagellata banyak ditemukan pada rayap pada usus bagian belakang dan tempat inilah yang menjadi tempat utama terjadinya pencernaan selulosa oleh organisme simbiosis melumatkan atau memutuskan selulosa (McFarlane, 1985 dalam Dwisiska, P. 2013).

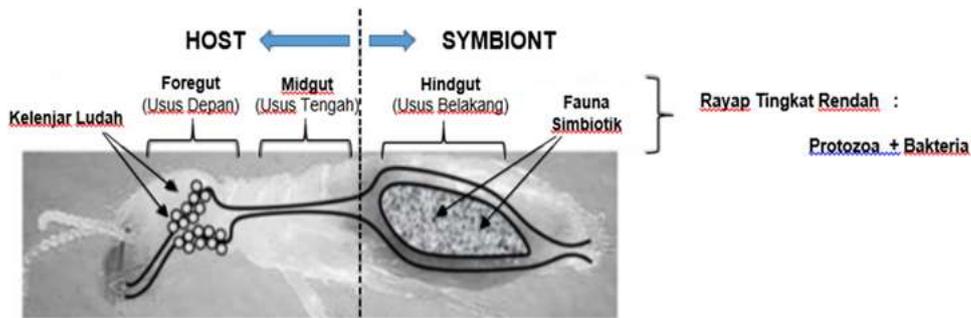
Ada beberapa kemungkinan mekanisme kematian rayap yang diakibatkan oleh senyawa yang ada pada asap cair tempurung kelapa grade 3. Kemungkinan pertama, menurut Syafii (2002) dalam Rahmiani (2021) senyawa bioaktif (asam dan fenol) mematikan protozoa flagellata yang merupakan simbiosis rayap subteran *Coptotermes* sp. dalam mendekomposisi selulosa dalam perut rayap subteran. Matinya protozoa mengakibatkan aktivitas enzim selulase yang dikeluarkan protozoa tersebut

terganggu. Hal ini dapat mengakibatkan rayap tidak memperoleh makanan dan energi yang dibutuhkan sehingga rayap *Coptotermes* sp. tersebut mati. Kemungkinan kedua yaitu senyawa bioaktif yang ada pada asap cair merusak sistem saraf yang mengakibatkan sistem saraf pada rayap subteran tidak berfungsi dan pada akhirnya akan membuat rayap mati. (Arif dkk, 2012).

Oleh karena itu, larutan konsentrasi asap cair tempurung kelapa dapat digunakan sebagai pengendalian *Coptotermes* sp. karena asap cair yang berbahan dasar tempurung kelapa dapat menjadi insektisida organik yang lebih aman bagi lingkungan dan manusia.

Rayap subteran mudah dikenali dari cairan putih seperti susu yang dikeluarkan oleh kasta prajurit, yang menjadi penciri utama genus *Coptotermes* untuk pertahanan dari musuh (Arif dkk, 2020) yang dapat dilihat pada gambar 4.

Selain memanfaatkan insektisida atau konsentrasinya, dapat dimanfaatkan sifat tropalaksis rayap, dimana racun yang dimakan disebar oleh rayap pekerja. Untuk itu penggunaan konsentrasi asap cair 1 ml dapat bermanfaat karena racun yang digunakan harus bekerja secara lambat (*slow action*) sehingga rayap yang memakan masih sempat kembali ke sarangnya dan menyebarkan racun kepada anggota koloni lainnya (Nandika, 2003).



Gambar 4.3 Saluran Pencernaan Rayap (Sumber : Arif, 2020)

Gambar 4.4 Penciri utama genus *Coptotermes* (Kasta Prajurit)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengendalian rayap subteran *Coptotermes* sp. dengan asap cair tempurung kelapa grade 3 berpengaruh terhadap mortalitas rayap subteran *Coptotermes* sp. Perlakuan konsentrasi 1 ml asap cair tempurung kelapa efektif dan bersifat ekonomis untuk dijadikan insektisida organik diantara perlakuan lainnya dalam mengendalikan rayap subteran *Coptotermes* sp.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengaplikasikan asap cair tempurung kelapa langsung pada koloni rayap subteran di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Annural, A. 2021. Efektivitas Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Maja (*Aegle marmelos* (L.) Correa) Terhadap Mortalitas Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus*) Kasta Pekerja (Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Arif, A. 2020. Rayap: Peran, Biologi, Pencegahan dan Pengendaliannya.

Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

- Arif, A., Putri, G., Lestari, P. I., Widawati, W., Nurqalbi, M., & Saira, A. 2020. Keragaman Rayap Rhinotermitidae (Isoptera, Insekta) di Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin. *PERENNIAL*, 16(2), 59-67.
- Arif, A., Usman, M. N., & Samma, F. 2012. Sifat Anti Rayap Dari Ekstrak Ijuk Aren Aren *pinnata* Merr. *Jurnal Parrenial*, 3, 15-18.
- Bakti, Darma. 2004. "Strategi Pengendalian Rayap Secara Terpadu Pada Pertanaman Kelapa Sawit." *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu pertanian* 2(2): 8– 14.
- Bakti, D. 2002. Kajian Aspek Biologi *Coptotermes curvignathus* Holmgren sebagai Dasar Pengendalian Rayap pada Pertanaman Kelapa Sawit (Dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Boer, F. D. "Sekilas Tentang Rayap" https://www.academia.edu/download/35208923/sekilas_tentang_rayap.pdf Diakses 18 Februari 2023

- Darmono, S. Atun, dan S. Prasetyo. 2012. Pemanfaatan Campuran Boraks dan Asam Borat Sebagai Bahan Pengawetan Kayu Terhadap Serangan Rayap. *Inotekl* 17(1): 82–99.
- Diba, F., dan Siahaan, S. 2017. Keanekaragaman Jenis Rayap di Kebun Kelapa Sawit PT. Bumi Pratama Khatulistiwa Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(2).
- Dwisiska, P. 2013. Identifikasi Protozoa dalam Usus Rayap (*Macrotermes cilvus hagen*) di Daerah Cihanjuang Bandung (Dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Fachraniah, Fona, Z., dan Rahmi, Z., 2009. Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Distilasi, *Jurnal Reaksi*, Vol. 7(14), pp. 1-11
- Fauzan, M. R. 2019. Aplikasi Asap Cair Tempurung Kelapa Grade 3 dan Jamur *Beauveria Bassiana* Terhadap Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annuum L.*) Dari Serangan Kutu Daun (*Aphis Gossypii*) (Dissertation, Universitas Medan Area).
- Ginting, C.S, P. Sudarto, dan Chenon. D. R., 2002. Strategi Pengendalian Rayap Pada Kelapa Sawit di Lahan Gambut. Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Medan
- Gunawan, H. 2020. Perancangan dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa (Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Hasan, T. 1984. Rayap dan Pemberantasannya (Penanggulangan dan Pencegahannya). Yayasan Pembinaan Watak dan Bangsa. Jakarta.
- Hartono. 2007. Estimasi Kebutuhan Kayu dan Teknologi untuk Barang Kerajinan dan Mebel. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Hasil Hutan. Bogor
- Herawati., Resi dan Diahilda. 2012. Chemistry Journal. Karakterisasi dan Uji Toksisitas Asap Cair dari Sabut Pinang (*Areca catechu L.*). 2(1): 47-51.
- Isa, I., Musa, W. J., dan Rahman, S. W. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa sebagai Pestisida Organik terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura F.*). *Jambura Journal of Chemistry*, 1(1), 15-20.
- Jenita, J., dan Angraini, S. P. A. 2019. Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Bambu Menggunakan Proses Slow Pyrolysis. *Eureka: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3(1), 42-49.
- Kilinc B., dan Cakli S. 2012. Growth of *Listeria Monocytogenes* as Affected by Thermal Treatment of Rainbow Trout Fillets Prepared With Liquid Smoke. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. Vol. 2, pp. 285-290
- Kumala, A. G. 2021. Efektivitas Konsentrasi Insektisida Nabati Asap Cair Tempurung Kelapa Terhadap Mortalitas Larva *Spodoptera frugiperda* (*Lepidoptera: Noctuidae*) (Dissertation, UPN Veteran Jawa Timur).
- Kuswanto, E., Elen, D. J. 2012. Studi Distribusi Rayap dan Tingkat Kerugian Ekonomi Akibat Serangannya pada Bangunan MI di Bandar Lampung. *Jurnal Biosfer Vol. VI, No.1.*
- Lakalet, M. 2021. Perbandingan Asap Cair Tempurung Kelapa Dan Cangkang Kemiri Terhadap Mutu Ikan Layang. Universitas Tribuana Kalabahi.
- Lastri, L. 2017. Pengaruh Pemberian Perasan Daun Sirih (*Piper betle L.*) untuk Pengendalian Hama Rayap

- Tanah (*Coptotermes curvignathus* H.) dan Sumbangsihnya Pada Materi Hama Dan Penyakit pada Tanaman Kelas VIII SMP/MTs (Dissertation, UIN Raden Fatah Palembang).
- Luth, F. 2020. Pengaruh Zat Ekstraktif Beberapa Tumbuhan Terhadap Mortalitas Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 8(1), 8-16.
- Maghfiratul, S., Suharto dan Wagiyana. 2017. Efektivitas Agensia Pengendalian Hayati dan Insektisida Sintetik terhadap Hama Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Kecamatan Mayang Kabupaten Jember. *Gontor Agrotech Science Journal*. 3(2), hal 23-37.
- Makatita, J. M., Kumaat, R. M., dan Mandei, J. R. 2016. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekspor Tepung Kelapa Sulawesi Utara. *Agri-Sosioekonomi*, 12(2A), 273-282.
- Mubarak, T. 2021. Pembuatan Asap Cair Kulit Durian dan Uji Efektivitasnya Sebagai Termitisida Nabati Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren) (Dissertation, Universitas Siliwangi).
- Nandika, D. 2015. Kerugian akibat Rayap di Indonesia. *Republika* co.id. <https://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/15/03/13/nl5fq0-peneliti-ipbkerugian-akibat-rayap-di-indonesia-capairp-28-triliun>.
- Nandika D, Rismayadi Y, dan Diba F. 2003. Biologi Rayap dan Pengendaliannya. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Natawiria, D. 1989. Teknik Pengenalan Hama Hutan Tanaman Industri. Informasi Teknik No. 4. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Bogor.
- Ngatiman, N. 2014. Serangan Rayap *Coptotermes* Sp. pada Tanaman Meranti Merah (*Shorea Leprosula* Miq.) di Beberapa Lokasi Penanaman di Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 8(1), 59-64.
- Ningsih, D. K. 2022. Keefektifan Insektisida Asap Cair Tempurung Kelapa Terhadap Belalang Hijau (*Oxya chinensis*) Pada Tanaman Padi (Dissertation, Politeknik Negeri Jember).
- Nuria, F. D. C. 2022. Efikasi Insektisida Asap Cair Tempurung Kelapa terhadap Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*) pada Tanaman Kedelai Edamame (Dissertation, Politeknik Negeri Jember).
- Pradana, P.Y., dan R. Rurini. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Turunan Acetogenin dari Daun Sirsak (*Anona miricata*) serta Uji Toksisitas. *Kim. Student J*. 1(1): 789-804
- Prasetyo, K. dan Sulaeman Yusuf. 2005. Mencegah dan Membasmi Rayap Secara Ramah Lingkungan dan Kimiawi. Penerbit PT. AgroMedia Pustaka.
- Purnawati, E., U. R. Nilasari., S. P. A. Anggraini., S. Yuningsih. 2017. Optimalisasi Kandungan Asap Cair dari Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa Melalui Proses Pirolisis. 4 hal.
- Rafli, M. A., Madusari, S., & Soesatrijo, J. 2021. Komparasi Efektivitas Metode Pengendalian Rayap *Macrotermes gilvus* di Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 5(2), 77-86.
- Rahmaniar, R. 2021. Pembuatan Asap Cair Serbuk Kayu Jati dan Efektivitasnya Sebagai Termitisida Nabati Bagi Rayap (*Coptotermes curvignathus*) (Dissertation, Universitas Siliwangi).

- Reta, K. B., dan Anggraini, S. A. 2016. Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Bambu Menggunakan Proses Slow Pyrolysis. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1(1), 57-64.
- Rusdi, 2010. Presentase Mortalitas Larva. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Scheffrahn, R. H., Carrijo, T. F., Křeček, J., Su, N. Y., Szalanski, A. L., Austin, J. W., ... & Mangold, J. R. 2015. A Single Endemic and Three Exotic Species of the Termite Genus *Coptotermes* (Isoptera, Rhinotermitidae) in the New World. *Arthropod systematics & phylogeny*, 73(2), 333-348.
- Sinha, H., Jhalani, A., Ravi, M. R. and Ray, A. 2000. Modelling of Pyrolysis in Wood, Review. *Solar Energy Society of India Journal*. Vol. 10(1). pp. 41-62
- Siregar, Z. A. F. 2018. Uji Efektifitas Beberapa Entomopatogen dalam Mengendalikan Hama Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus Holmgren.*) Pada Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Laboratorium (Dissertation).
- Subekti, N. 2010. Karakteristik Populasi Rayap Tanah *Coptotermes* spp (Blattodea: Rhinotermitidae) dan Dampak Serangannya. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 2(2).
- Subekti, N., Solihin, D. D., Nandika, D., Surjokusumo, S., & Anwar, S. 2008. Sebaran dan Karakter Morfologi Rayap Tanah *Macotermes gilvus* Hagen di Habitat Hutan Alam.
- Syamsul Huda 2012, "Terstruktur Biologi Tanah Rayap" Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga
- Tarumingkeng, Rudy C. 2001 "Biologi dan Perilaku Rayap."
- https://www.rudyct.com/biologi_dan_perilaku_rayap.htm Diakses 19 Februari 2023
- Umboh, Willy & Wanto. 2014. Modul Pemanfaatan dan Pemasaran Biobriket dan Asap Cair. ETC Foundation the Netherlands: Bandung
- Utami, W. S. 2019. Studi Tingkat Serangan Rayap pada Bangunan Rumah di Kompleks Perumahan Kecamatan Sukabumi Kota Bandar Lampung (Dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Wastono, 2006. Kajian Sistem Produksi Distilat Asap Tempurung Kelapa dan Aplikasinya sebagai Disinfektan untuk Memperpanjang Masa Simpan Buah Pisang: Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Wijaya, M., Noor, E., Irawadi, T.T. dan Pari, G. 2008. Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia Asap Cair dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus, *Jurnal Hasil Hutan*. 1(2) Hal. 73-77
- Wikantyo, B., Tseng, S. P., Himmi, S. K., Yusuf, S., & Yoshimura, T. 2021. Morphometric analysis of *Coptotermes* spp. Soldier Caste (blattodea: Rhinotermitidae) in Indonesia and Evidence of *Coptotermes gestroi* Extreme Head-capsule Shapes. *Insects*, 12(5), 477.
- Windasari, N., Priyono, B., dan Martuti, N. K. T. 2012. Toksisitas Ekstrak Biji Srikaya dan Pengaruhnya terhadap Viabilitas Rayap Kayu Kering. *Life Science*, 1(1).
- Wititsiri, Sunan. 2011. "Production of Wood Vinegars from Coconut Shells and Additional Materials for Control of Termite Workers, *Odontotermes* Sp. and Striped Mealy Bugs, *Ferrisia virgata*." *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 33(3): 349–54.

Yulis, R.S., dan S.A. Desita. 2011. Pemberian Beberapa Konsentrasi Kitosan untuk Mengendalikan Hama Rayap *Coptotermes curvignatus* Holmgren (Isoptera; Rhinotermitidae).

Yuliyani, I. dan Sapto P. 2013. Rancangan Bangun Alat Pirolisis Sederhana dengan Redestilator untuk Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Politeknik Bandung*. No. 1:220-224.