

**Survivabilitas Rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes*
(*Isoptera* : *Termitidae*) Terhadap Perlakuan Kadar
Karbon Dioksida Bervariasi**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan syarat-syarat guna
mendapatkan gelar Sarjana S1

Oleh :
Ferry Andreansyah
2011060064



Program Studi : Pendidikan Biologi

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG
1446 H/2024 M**

**Survivabilitas Rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes*
(*Isoptera* : *Termitidae*) Terhadap Perlakuan Kadar
Karbon Dioksida Bervariasi**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan syarat-syarat guna
mendapatkan gelar Sarjana S1

Oleh :
Ferry Andreansyah
2011060064



Program Studi : Pendidikan Biologi

Pembimbing I : Dr. Eko Kuswanto, M.Si
Pembimbing II : Anisa Oktina Sari Pratama, M.Pd

PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG
1446 H/2024 M

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh karbon dioksida bervariasi terhadap survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes* (Isoptera : *Termitidae*). Metode pengumpulan sampel yang digunakan adalah teknik *Direct Sampling* (pengambilan langsung). Jumlah sampel yang digunakan yaitu 50 rayap *Nasutitermes* dan 50 rayap *Macrotermes*. Penelitian ini menggunakan kadar karbon dioksida bervariasi mulai dari 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm dengan menggunakan tiga kali pengulangan selama satu jam. Jenis penelitian ini merupakan penelitian Kuantitatif yang dianalisis lebih lanjut menggunakan (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon dioksida bervariasi berpengaruh terhadap kemampuan *Survivabilitas* rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes*. Secara umum, pada rayap *Nasutitermes* semakin tinggi kadar karbon dioksida, semakin rendah juga persentase rayap yang bertahan hidup. Titik optimum terjadi pada kadar karbondioksida 500 ppm, dimana seluruh rayap bertahan hidup. Kadar karbon dioksida yang tinggi sebesar 2000 ppm dapat mengurangi kelangsungan hidup rayap. Sama halnya dengan kemampuan hidup rayap *Macrotermes*, pada grafik *Macrotermes* menunjukkan pola yang jelas, semakin tinggi kadar karbondioksida, semakin rendah juga persentase rayap yang bertahan hidup. Jadi dapat disimpulkan bahwa kadar karbon dioksida bervariasi berpengaruh terhadap *Survivabilitas* rayap.

Kata kunci: Rayap *Nasutitermes*, Rayap *Macrotermes*, Karbon Dioksida

ABSTRACT

*This research aims to determine the effect of varying concentration of carbon dioxide on the survivability of *Nasutitermes* and *Macrotermes* termites (Isoptera: Termitidae). The sample collection method used was the Direct Sampling technique. The sample size consisted of 50 *Nasutitermes* termites and 50 *Macrotermes* termites. The study employed varying carbon dioxide levels of 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, and 2000 ppm, with three repetitions over one hour. This research is quantitative and was further analyzed using ANOVA. The results indicate that varying levels of carbon dioxide influence the survivability of *Nasutitermes* and *Macrotermes* termites. In general, for *Nasutitermes* termites, the higher the carbon dioxide level, the lower the survival percentage. The optimum point was at 500 ppm, where all termites survived. High carbon dioxide levels of 2000 ppm reduced the survival rate of the termites. Similarly, the survival pattern for *Macrotermes* termites showed that the higher the carbon dioxide level, the lower the survival percentage. Therefore, it can be concluded that varying levels of carbon dioxide affect termite survivability.*

Keywords: *Nasutitermes termites, Macrotermes termites, Carbon Dioxide*

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ferry Andreansyah

NPM : 2011060064

Jurusan : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa penelitian yang berjudul “*Survivabilitas Rayap Nasutitermes dan Macrotermes (Isoptera : Termitidae)* Terhadap Perlakuan Kadar Karbondioksida Bervariasi” adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusun sendiri, bukan duplikasi dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah di rujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya tulis ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun. Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, 12 Mei 2024

Penulis



Ferry Andreansyah

NPM: 2011060064



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN
INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarane 1 Bandar Lampung 35131 telp (0721) 703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Survivabilitas Rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes* (Isoptera: *Termitidae*) Terhadap Perlakuan Karbondioksida Bervariasi

Nama : Ferry Andreansyah

NPM : 2011060064

Program Studi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

Untuk dimunaqsyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqsyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

Pembimbing I

Dr. Eko Kuswanto, M.Si.
NIP. 197505142008011009

Pembimbing II

Anisa Oktina Sari Pratama, M.Pd.
NIK. 2021120119911029100

Ketua Program Studi,

Dr. Heru Juabdin Sada, M.Pd.I.
NIP. 198409072015031001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN
INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIIYAH DAN KEGURUAN

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarane 1 Bandar Lampung 35131 ☎(0721) 703260

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Survivabilitas Rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes* (Isoptera: *Termitidae*) Terhadap Perlakuan Karbondioksida Bervariasi”** yang disusun oleh: **Ferry Andreansyah, NPM 2011060064**, Program Studi **Pendidikan Biologi** telah diujikan pada sidang Munaqosyah di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada Hari/Tanggal: **Rabu, 12 Juni 2024** pukul **13.00 – 14.00** WIB.

TIM PENGUJI

Ketua Sidang : Drs. Sa'idy, M.AG

Sekretaris : Iqlima Amelia, M.Si

Penguji I : Dr. Yuni Satitiningrum, M.Si

Penguji II : Dr. Eko Kuswanto, M. Si.

Penguji II : Anisa Oktina Sari Pratama, M. Pd.


(.....)


(.....)


(.....)


(.....)

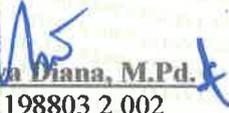
Mengetahui,

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Prof. Dr. Hj. Nurya Diana, M.Pd.

NIP. 19640828 198803 2 002



MOTTO

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah : 5)

“Tidak ada mimpi yang gagal, yang ada hanyalah mimpi yang tertunda, sekiranya kalau teman-teman merasa gagal dalam mencapai mimpi, jangan khawatir, mimpi-mimpi lain bisa diciptakan”

(Winda Basudara)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis beserta keluarga dan saudara lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala rahmat, ridho dan karunia yang telah diberikan.
2. Kedua orang tua ku Bapak Drs. Edi Apriadi dan Ibu Yuzarni yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, motivasi, dan tak berhenti berdoa untuk penulis serta segala pengorbanan yang tak pernah terhenti tercurah setiap waktu demi tercapainya cita-citaku.
3. Kedua kakak ku Putri Haryani dan Meilina Dian Sari yang telah memberikan semangat.
4. Almamater tercinta UIN Raden Intan Lampung.



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Ferry Andreansyah, Lahir di Prabumulih pada tanggal 30 Mei 2002. Anak ketiga dari tiga bersaudara yang terlahir dari pasangan Bapak Edi Apriadi dan Ibu Yuzarni. Pendidikan formal yang pernah ditempuh dimulai dari Taman kanak-kanak (TK) Perwanidah lulus pada tahun 2007. Kemudian dilanjutkan ke jenjang Pendidikan Madrasah Ibtidayah Negeri 1 Prabumulih (MI) dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya penulis melanjutkan di MTS Negeri 1 Prabumulih dan lulus tahun 2017. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 6 Prabumulih dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Biologi. Selama masa kuliah penulis aktif dalam kegiatan HMJ pendidikan Biologi.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Survivabilitas Rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera:Termitidae)* Terhadap Perlakuan Kadar Karbon dioksida Bervariasi”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke zaman yang terang benderang ini. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S1) Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd, sebagai Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan beserta seluruh staf atas bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
2. Bapak Heru Juabdin Sada, M.Pd selaku Kepala Prodi Pendidikan Biologi, dan Bapak Irwandani, M.Pd selaku sekretaris Prodi Pendidikan Biologi.
3. Dr. Eko Kuswanto, M.Si, selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau, memberikan kritik, saran dan pengarahan kepada penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
4. Anisa Oktina Sari Pratama, M.Pd, selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktu dalam mendampingi, membimbing, mengarahkan, dan memberikan berbagai masukan serta nasihat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Seluruh dosen Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan

- Lampung, terimakasih atas segala ilmu, motivasi serta pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi Angkatan 2020 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
 7. Sahabat seperjuanganku kelas B yang telah mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
 8. Keluarga besar KKN kelompok 229 Kecamatan Jatimulyo, Kabupaten Lampung Selatan dan keluarga PPL SMK Bina Latih Karya Bandar Lampung.
 9. Teman seperjuangan TIM MERAYAP Nico, Zikri, Aksel, yang telah memberikan saran, masukan, motivasi, hiburan, kegaduhan dan kegurauan yang tiada henti ditengah kesulitan mengerjakan skripsi ini.
 10. Sahabat-sahabatku Agung Pratama, Aldi, Gilang, Yunta, Tony yang tiada henti selalu memberikan motivasi, dan saran kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal itu tidak lain karena keterbatasan waktu, dan kemampuan yang dimiliki penulis dan menulis skripsi ini. Untuk itu kepada para pembaca dapat memberikan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya.

Bandar Lampung, 12 Mei 2024

Penulis



Ferry Andreansyah
NPM. 2011060064

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	iii
SURAT PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
RIWAYAT HIDUP	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Penegasan Judul	1
B. Latar Belakang Masalah	2
C. Identifikasi Masalah	8
D. Batasan Masalah.....	8
E. Rumusan Masalah	8
F. Tujuan Penelitian.....	8
G. Manfaat Penelitian.....	9
H. Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan.....	9
I. Sistematika Penulisan	12
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Survivabilitas	13
1. Pengertian survivabilitas	13
B. Rayap	14
1. Pengertian rayap	14
2. Kelebihan dan kekurangan dari rayap	16
3. Sistem kasta rayap	17
4. Morfologi rayap	18
5. Rayap <i>nasutitermes</i>	19
6. Rayap <i>macrotermes</i>	22
C. Hipotesis penelitian	29

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Bahan Penelitian	
1. Alat.....	32
2. Bahan	36
C. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel	
1. Populasi.....	36
2. Sampel.....	36
3. Teknik Pengambilan Sampel	37
D. Cara Kerja	
1. Persiapan Alat dan Bahan.....	37
2. Runtutan Kegiatan	37
3. Analisis Data	38
E. Teknik Analisis Data	
1. Perhitungan Karbon dioksida	40
2. Uji Hipotesis.....	40

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 41

A. Hasil Penelitian	41
B. Pembahasan	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 51

A. Kesimpulan	51
B. Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN..... 61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat.....	32
Tabel 3.2 Bahan	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Rayap.....	18
Gambar 2.2 Rayap <i>Nasutitermes</i>	20
Gambar 2.3 Sarang Rayap <i>Nasutitermes</i>	21
Gambar 2.4 Rayap <i>Macrotermes</i>	23
Gambar 2.5 Sarang Rayap <i>Macrotermes</i>	24
Gambar 2.6 Pabrik Industri	28
Gambar 3.1 Pulau Sebesi.....	31
Gambar 3.2 Peta Penelitian Kawasan Pulau Sebesi.....	38





BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Sebagai langkah awal dalam memahami judul skripsi ini, dan untuk menghindari kesalahpahaman memahami sebuah judul, maka penulis merasa perlu menjelaskan dan menegaskan beberapa kata menjadi judul skripsi. Adapun judul skripsi yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Rayap memiliki kemampuan bertahan hidup yang disebut “survivabilitas rayap”. Mereka dapat menyesuaikan diri dengan mudah di berbagai habitat dan memanfaatkan sumber daya yang ada. Rayap dapat bertahan hidup di tanah yang subur, rumah, bangunan, taman, dan lahan pertanian, serta di lingkungan yang kurang menguntungkan seperti tanah kering, tingkat keasaman tinggi, dan suhu ekstrem. Penelitian baru-baru ini menunjukkan bahwa rayap dapat bertahan hidup dengan melakukan adaptasi kecil, seperti menggunakan pertahanan mekanis dan tahan cemar untuk bertahan di lingkungan yang panas. Rayap adalah serangga sosial yang hidup dalam koloni terdiri dari tiga kasta dengan bentuk fisik yang berbeda. Awalnya rayap memiliki peran penting dalam hidup manusia sebagai pengurai sampah alam, namun saat ini rayap perusak menjadi meresahkan karena serangan yang ganas dan menimbulkan kerusakan yang parah.¹

2. Rayap pohon *Nasutitermes* (*Isoptera* : *Termitidae*) memiliki tubuh yang kecil, mandibula yang berbentuk penusuk (nasut) dan bersarang di atas pohon, serta warna tubuh kuning kecoklatan. Panjang kepala 1,2 mm dengan antena memiliki 12-13 ruas, dan rayap seringkali memiliki kebiasaan pada siang hari.² Rayap *Macrotermes* membuat

¹ Andi Saputra Febri Ayu, Syamsul bachry, Vebrita Sari, ‘Identifikasi Spesies Rayap Di Perkebunan Karet Desa Naga Beralih Kec. Kampar Utara, Kampar’, *Metrik Serial Teknologi Sains*, 4.1 (2023), 1–8.

² Eko Kuswanto and Anisa Oktina Sari Pratama, ‘SEBARAN DAN UKURAN KOLONI SARANG RAYAP POHON *Nasutitermes* Sp (ISOPTERA: TERMITIDAE) DI PULAU SEBESI LAMPUNG SEBAGAI SUMBER BELAJAR

sarangnya dalam bentuk lorong-lorong di dalam kayu atau tanah. Sarangnya terbuat dari tanah liat, pasir, humus dan air liur rayap. Di dalam sarangnya terdapat ruang-ruang dapat mencapai beratus-ratus meter dari permukaan tanah. Rayap ini memiliki kelenjar saliva yang menghasilkan cairan liur pekat yang berguna sebagai sinyal bahaya dan antimikroba.³

3. Karbon adalah zat yang ada di udara sebagai karbon dioksida (CO_2), di air sebagai CO_2 terlarut, dan di tanah sebagai batuan karbonat. Karbon adalah blok bangunan dasar dari semua kehidupan, dan senyawa ini dimakan oleh konsumen, sehingga karbon ditransfer sebagai gas dari tumbuhan ke hewan, dan dari hewan kembali ke udara.⁴

B. Latar Belakang

Rayap adalah jenis serangga yang memakan selulosa. Selain itu, rayap sangat dikenal sebagai hama yang memakan kayu dan beberapa material lain, seperti kertas, kain, dan kapas. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa selulosa terkandung dalam kayu dan material lain. Serangan hama rayap seringkali memiliki konsekuensi yang merugikan dan berbahaya. Misalnya, hama rayap sering menyebabkan bagian kayu bangunan runtuh. Hama rayap juga dapat merusak dokumen kertas, kardus, lemari kayu, dan pakaian. Tidak ada bangunan yang benar-benar aman dari hama rayap karena hama rayap menyebar dengan berbagai cara. Penanganan rayap juga berbeda dari penanganan hama (serangga) lain karena struktur dan sifat koloninya yang berbeda.⁵

BIOLOGI', *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 3.2 (2012), 1–7
<<https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v3i2.261>>.

³ Niken Subekti, 'Kandungan Bahan Organik Dan Akumulasi Mineral Tanah Pada Bangunan Sarang Rayap Tanah *Macrotermes Gilvus Hagen*', *Biosaintifika*, 4.1 (2012), 10–17
<<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/biosaintifika>>.

⁴ Indra Wirana, Jaya Gobel, and Rieneke L E Sela, '25787-52835-1-Sm', 6.3 (2019), 628–36.

⁵ Stefany Yonatan, Deny Tri Ardianto, and Paulus Benny Setyawan, 'Perancangan Video Edukasi Penanganan Hama Rayap Sebagai Upaya Penguatan

وَمَا ذَرَأَا لَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَذَكَّرُونَ

Artinya : dan (Dia juga mengendalikan) apa yang Dia ciptakan untukmu di bumi ini dengan berbagai jenis dan macam warnanya. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran.

Qs. An-Nahl ayat 13 menerangkan bahwa Allah SWT menciptakan di bumi ini dengan berlain-lainan macam baik manusia, hewan dan tumbuhan yang memiliki variasi yang berbeda-beda. Dalam hal ini Allah telah menciptakan rayap yang tidak hanya satu jenis tetapi banyak jenis-jenis rayap yang telah diciptakan Allah SWT

Rayap sangat mudah ditemui di berbagai tipe ekosistem seperti ekosistem hutan, pertanian, perkebunan dan juga ditemukan di ekosistem perkotaan dan pemukiman. Rayap (ordo : *Isoptera*) tersebar luas di berbagai ekosistem di berbagai negara. Ada 3.106 spesies rayap yang diidentifikasi dan di deskripsikan di dunia. Semua spesies tersebut termasuk dalam 9 famili dan 282 marga, yaitu *Mastotermitidae*, *Archotermopsidae*, *Hodotermitidae*, *Stlotermitidae*, *Kalotermitidae*, *Stylostermitidae*, *Rhinotermitidae*, *Serritermitidae* dan *Termitidae*.⁶

Rayap berlimpah dan beragam di sebagian besar wilayah Amerika Selatan terutama tersebar di hutan dataran rendah tropis, sabana, dan padang rumput. Beberapa spesies rayap asli telah dilaporkan sebagai hama struktural atau pertanian, dan beberapa hama struktural telah diintroduksi dari daerah lain. Karena habitat alami secara bertahap digantikan oleh ruang perkotaan dan pertanian, hama baru ditemukan, sementara peningkatan perdagangan dengan negara dan benua lain memfasilitasi masuknya hama baru. Namun informasi mengenai hama rayap di Amerika Selatan masih sangat terbatas. Tidak ada perkiraan

Branding Cv. Anugerah Jaya Rayap Surabaya', *Jurnal DKV Adiwarna*, 1.16 (2020), 12.

⁶ Arung Ezra Hasman, Musrizal Muin, and Ira Taskirawati, 'Keragaman Jenis Rayap Pada Lahan Pemukiman Dengan Berbagai Kelas Umur Bangunan', *Perennial*, 15.2 (2019), 74 <<https://doi.org/10.24259/perennial.v15i2.7637>>.

yang dibuat tentang kerugian ekonomi yang disebabkan oleh rayap atau kepentingan relatif dari setiap spesies.⁷

Pertanian Lebih banyak dan lebih sedikit penelitian yang dilakukan pada hama rayap pertanian daripada hama perkotaan. Selain itu, penelitian rayap dan keahlian rayap di Amerika Selatan sebagian besar terkonsentrasi di Brasil. Ada sekitar 400 spesies rayap yang tercatat di Amerika Selatan. Secara umum, taksonomi taksonomi rayap Amerika Selatan masih jauh dari lengkap, masih banyak spesies yang belum dideskripsikan, dan hanya sedikit marga yang telah direvisi dengan baik. Rayap di Nigeria milik keluarga: *Termitidae*, *Kalotermitidea* dan *Rhinotermitidae*, dan spesies *Macrotermes bellicosus*, *M. subhyalinus*, *Odontotermes sudanensis*, *O. magdalanae* dan *O. smeatmani* adalah spesies yang paling terpengaruh.⁸

Indonesia merupakan negara multi-level di dunia atau yang sering disebut *mega-biodiversity country* yang menyimpan banyak sumber daya alam dengan berbagai manfaat penting. Adanya bentang alam yang berbeda seperti dataran rendah, perbukitan dan pegunungan berarti tumbuhan dan hewan hidup di sana sesuai dengan pola ekologiannya. Rayap tersebar luas di Indonesia, terutama di daerah tropis yang lembap seperti Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Beberapa spesies rayap yang paling umum di Indonesia antara lain rayap kayu kering, rayap tanah, dan rayap pemakan kayu basah. Rayap dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan tanaman, sehingga perlu diwaspadai dan dikendalikan dengan cara yang tepat, seperti rayap tanah yang lebih banyak ditemukan di daerah

⁷ R. Constantino, 'The Pest Termites of South America: Taxonomy, Distribution and Status', *Journal of Applied Entomology*, 126.7-8 (2002), 355-65 <<https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00670.x>>.

⁸ Aiki P. Istifanus and others, 'Predicting the Habitat Suitability and Distribution of Two Species of Mound-Building Termites in Nigeria Using Bioclimatic and Vegetation Variables', *Diversity*, 15.2 (2023) <<https://doi.org/10.3390/d15020157>>.

dataran rendah dan rayap kayu kering yang lebih umum ditemukan di daerah perkotaan.⁹

Di Indonesia sendiri terdiri dari beberapa provinsi salah satunya yaitu provinsi Lampung. Lampung dikenal dengan kadar karbon dioksida yang minim dan ini berdampak pada siklus pertumbuhan rayap. Wilayah Lampung terletak antara 105°12'-105°18' BT dan antara 5°24'-5°32' LS, dengan iklim tropis dengan suhu minimum 22-26 °C dan suhu maksimum 28-33° C. Daerah tersebut tergolong tinggi. ketinggian 0 hingga 700 m dpl, dengan kelembapan 80 hingga 88%, kecepatan angin rata-rata 5,83 km/jam, curah hujan tahunan rata-rata 1.293 hingga 3.130 mm/tahun. Kondisi ini umumnya sangat menguntungkan tangan untuk hidup dan bereproduksi dengan baik.¹⁰ Dilihat dari posisinya Provinsi Lampung sangat strategis, wilayah ini berbatasan langsung dengan Provinsi Bengkulu dan Provinsi Sumatera Selatan di sebelah utara. Kondisi cuaca yang tropis ini sangat memungkinkan untuk perkembangbiakan rayap dengan baik.

Pulau Sebesi adalah sebuah pulau yang terletak di sekitar perairan Teluk Lampung, dekat Selat Sunda. Pulau ini berbentuk seperti gunung berapi, tingginya sekitar 844 meter di atas permukaan laut. Secara geografis, Pulau Sebesi terletak di selatan Pulau Sebesi, di timur Pulau Serdang dan Pulau Legundi, serta di Timur Laut Gugusan Krakatau. Pulau Sebesi merupakan pulau terdepan Provinsi Lampung, dan merupakan pintu gerbang provinsi tersebut. Wilayah Pulau Sebesi termasuk dalam Desa Tejang, Kecamatan Raja Basa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Desa Tejang terdiri dari empat dusun, yaitu Dusun I Bangunan, Dusun II Inpres, Dusun III Regahan Lada, dan Dusun IV Segenom. Pulau Sebesi memiliki luas sekitar 2.620 hektar dengan panjang pantai sekitar 19,55 kilometer. Sebagian besar daratan Pulau Sebesi terdiri dari endapan gunung api muda dan merupakan daratan perbukitan. Bukit tertinggi di pulau ini mencapai 884 meter di atas permukaan laut, dengan bentuknya seperti kerucut yang memiliki tiga puncak.

⁹ CN Alvinda and others, 'Identifikasi Spesies Rayap Pada Zona Referensi Dan Zona Rehabilitasi Taman Nasional Meru Betiri', *Jurnal.Unej.Ac.Id*, 15.2 (2019), 74-82 <<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/STF/article/view/9727>>.

¹⁰ Ibid.

Rayap *Macrotermes gilvus* adalah jenis rayap yang memiliki tubuh besar dan biasanya membuat sarang di tanah dengan struktur yang besar dan kompleks. Rayap *Macrotermes gilvus* memiliki ciri ciri perut gelap, jumlah antena 16-17 ruas, abdomen 6 ruas, dan gigi melainkan mandibula dengan ujung bertemu, spesies berukuran besar.¹¹ Dampak negatif dari rayap *Macrotermes gilvus* yaitu mengganggu sistem perakaran dan dapat menyebabkan pohon tumbang.¹² *Nasutitermes sp* tergolong dalam family *Termitidae* dengan subfamily *Nasutitemitidae*. Jenis ini khususnya pada kasta prajurit ditandai dengan penonjolan bagian depan kepalanya (nasut). rayap *Nasutitermes sp* memiliki ciri umum berupa warnanya coklat tua, kepala bulat, memiliki panjang $\pm 4,5$ mm dengan jumlah antena 13-15 ruas. *Nasutitermes sp* merupakan rayap tanah yang bersifat arboreal. Sarang yang dihuninya adalah sarang katon, terbentuk dari campuran tanah, serasah kayu dan cairan feses.¹³

Seperti yang kita ketahui karbon dioksida memiliki dampak buruk bagi lingkungan sekitar, baik untuk kelangsungan lingkungan maupun makhluk hidup. Kadar karbon dioksida yang tinggi dapat menyebabkan kematian pada rayap. Karbon dioksida yang berlebih dapat mengganggu sistem pernapasan rayap dan menyebabkan kegagalan fisiologis, akibatnya rayap tidak mampu bertahan hidup. Peningkatan kadar karbon dioksida juga dapat berdampak pada tumbuhan yang menjadi sumber makanan rayap. Kadar karbon dioksida yang tinggi dapat mempengaruhi fotosintesis tumbuhan dan mengurangi ketersediaan makanan yang dibutuhkan oleh rayap. Penurunan ketersediaan makanan dapat mengurangi kelangsungan

¹¹ Rahmad Isnandar and Diana Ulfah, 'KETAHANAN KAYU RANDU (*Ceiba Pentandra* L .) DAN KAYU KEMIRI (*Aleurites Molucana* Willd) YANG DIAWETKAN DENGAN DAUN KIRINYUH (*Choromolaena Odorata*) TERHADAP SERANGAN RAYAP TANAH (*Macrotermes Gilvus*) Randu Wood Resistance (*Ceiba Pentandra* L .) and Kem', 03.2 (2020), 338–45.

¹² Muhammad Ali Rafli, Sylvia Madusari, and Jojon Soesatrijo, 'KOMPARASI EFEKTIVITAS METODE PENGENDALIAN RAYAP *Macrotermes Gilvus* DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT', *Jurnal AGROSAINS Dan TEKNOLOGI*, 5.2 (2021), 77 <<https://doi.org/10.24853/jat.5.2.77-86>>.

¹³ E. A. Nego and others, 'Jenis Rayap Yang Menyerang Rumah Penduduk Di Kecamatan Sidoan Kabupaten Parigi Moutong Sulawesi Tengah', *Jurnal Warta Rimba*, 8.September (2020), 262–67 <<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/WartaRimba/article/view/16763>>.

hidup rayap. Rayap mengandalkan feromon untuk berkomunikasi dalam koloni mereka.¹⁴ Kadar karbon dioksida yang tinggi dapat mengganggu sinyal feromon yang ditransmisikan oleh rayap, mengganggu sistem komunikasi mereka. Gangguan ini dapat menyebabkan ketidakmampuan rayap untuk berkoordinasi dalam melakukan tugas koloni dan dapat mengurangi kelangsungan hidup mereka. Kadar karbon dioksida yang tinggi dapat mengubah perilaku rayap. Mereka mungkin menghindari area dengan kadar karbon dioksida yang tinggi atau memodifikasi pola migrasi mereka. Perubahan perilaku ini dapat mempengaruhi pola makan, reproduksi, dan interaksi dengan lingkungan sekitarnya.¹⁵

Penelitian tentang rayap *Nasutitermes sp* telah dilakukan oleh Eko Kuswanto dan Annisa Oktina Sari Pratama di pulau Sebesi Lampung Selatan, menemukan ada banyak rayap *Nasutitermes sp* di sana dan sangat mendominasi disana. Dari hasil penelitian diketahui ada yang koloninya besar, sekitar 38.086 ekor, dan ada juga yang koloninya kecil, sekitar 20.192 ekor. Di koloni besar, sekitar 9.825 rayap adalah yang bisa berkembang biak, sedangkan di koloni kecil, sekitar 5.686 rayap yang bisa berkembang biak.¹⁶

Berdasarkan hasil survei lapangan yang peneliti lakukan pada tanggal 21 Oktober 2023 banyak ditemukan rayap *Nasutitermes sp* dan *Macrotermes sp* yang hidup di pulau sebesi. Berdasarkan hasil pengamatan, peneliti mengamati lingkungan sekitar pulau sebesi yang ternyata cocok untuk habitat rayap ditinjau dari faktor suhu, kelembaban dan karbon dioksida. Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian ini untuk melihat kemampuan survivabilitas tiap jenis rayap di setiap kadar karbon dioksida yang berbeda.

¹⁴ Sebastian Oberst and others, 'Revisiting Stigmergy in Light of Multi-Functional, Biogenic, Termite Structures as Communication Channel', *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 18 (2020), 2522–34 <<https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.08.012>>.

¹⁵ Baek Yong Choi and Tsuyoshi Yoshimura, 'Effects of Induced High Carbon Dioxide and Desiccated Atmospheres on the Water Loss and Survival of Subterranean and Invading Drywood Termites', *Journal of Economic Entomology*, 109.2 (2016), 753–61 <<https://doi.org/10.1093/jee/tov332>>.

¹⁶ *ibid*

C. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka masalah tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Belum adanya penelitian tentang survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)* terhadap perlakuan kadar karbon dioksida bervariasi.
2. Survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (isoptera : termitidae)* berpengaruh terhadap kadar karbon dioksida yang bervariasi.
3. Peningkatan kadar karbon dioksida mempengaruhi kemampuan survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (isoptera : termitidae)*.

D. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, penulis membatasi masalah sehingga penelitian lebih terstruktur yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini dibatasi pada survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)*.
2. Penelitian ini dibatasi pada 4 kali perlakuan pada kadar karbon dioksida yang masing-masing berkadar 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm.

E. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah yang akan diungkapkan dalam penelitian ini yaitu apakah terdapat pengaruh kadar karbon dioksida yang bervariasi terhadap survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)* ?

F. Tujuan Penelitian

Ditinjau dari rumusan masalah di atas, maka tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh kadar karbon dioksida yang bervariasi terhadap survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)*

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi peneliti, sebagai tambahan pengetahuan survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes* terhadap kadar karbon dioksida bervariasi.
2. Bagi peserta didik, sebagai pengayaan pengetahuan pembelajaran biologi pada materi Identifikasi Hayati Indonesia.
3. Bagi Institusi Universitas Islam Raden Intan Lampung sebagai bahan tambahan keustakaan, referensi, dan acuan untuk peneliti selanjutnya.
4. Informasi bagi masyarakat umum, pemerintah, dan pihak pengelolaan hutan.
5. Sebagai bahan bacaan yang disediakan dalam bentuk online maupun offline

H. Kajian Penelitian terdahulu Yang Relevan

Penulis disini telah melakukan kajian terhadap penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian ini.

1. Penelitian oleh Chaba F Ambele, Hervé DB Bisseleua, Komivi S Akuts, dkk yang berjudul Testing a co-formulation of CO²-releasing material with an entomopathogenic fungus for the management of subterranean termite pests, penelitian ini menyelidiki apakah CO²-memancarkan kapsul bisa menarik rayap. Kapsul yang diformulasikan tanpa jamur (KTK) serta yang diformulasikan dengan *M. brunneum* Cb15-III (CECEPF) diuji daya tariknya terhadap rayap dengan komponen menarik lainnya menggunakan olfaktometer empat lengan yang dimodifikasi. Infeksi rayap pekerja oleh jamur yang tumbuh dari kapsul serta penularannya secara horizontal dinilai melalui pendekatan autodiseminasi. Secara signifikan, lebih banyak rayap yang tertarik pada KTK dibandingkan dengan komponen menarik lainnya. Jumlah rayap yang lebih

tinggi tertarik oleh CECEPF dan bibit kakao daripada kayu kering dan ragi dalam uji pilihan.¹⁷

2. Penelitian oleh J.R.J. French, R.A. Rasmussen, D.M. Ewart dan M.A.K. Khalil yang berjudul *The gaseous environment of mound colonies of the subterranean termite *Coptotermes lacteus* (Isoptera: Rhinotermitidae) before and after feeding on mirex-treated decayed wood bait blocks* Berdasarkan studi mereka, temuan bahwa hidrokarbon dan kloroform secara signifikan lebih tinggi di tumpukan rayap dibandingkan dengan lingkungan hutan sekitarnya agak mengejutkan. Aliran kloroform yang diukur relatif terhadap karbon dioksida sekitar 10 kali lebih tinggi dari yang diharapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa kloroform dan hidrokarbon mungkin diproduksi di atau dekat permukaan tumpukan rayap. Terlihat bahwa rayap kemungkinan bukan sumber kloroform yang signifikan secara global. Namun, gas ini tampaknya meningkat di dalam tumpukan setelah kematian koloni aktif dibandingkan dengan jumlah yang tercatat di koloni yang hidup. Hal yang berkebalikan tampaknya berlaku untuk karbon monoksida. Setelah kematian koloni, emisi gas ini cenderung menurun. Sekali lagi, signifikansi nyata dari pengamatan ini masih belum diketahui.¹⁸
3. Penelitian oleh Musrizal Muin Kunio Tsunoda yang berjudul *Termiticidal Performance of Wood-Based Composites Treated with Silafluofen Using Supercritical Carbon Dioxide*, menyatakan bahwa Perlakuan Silafluofen/SC-CO² secara signifikan meningkatkan ketahanan terhadap rayap dari semua komposit berbasis kayu, meskipun kinerja termitisida bervariasi tergantung jenis komposit dan kondisi perlakuan.

¹⁷ Chaba F. Ambele and others, 'Testing a Co-Formulation of CO₂-Releasing Material with an Entomopathogenic Fungus for the Management of Subterranean Termite Pests', *Mycological Progress*, 18.9 (2019), 1201–11 <<https://doi.org/10.1007/s11557-019-01517-y>>.

¹⁸ J. R.J. French and others, 'The Gaseous Environment of Mound Colonies of the Subterranean Termite *Coptotermes Lacteus* (Isoptera: Rhinotermitidae) before and after Feeding on Mirex-Treated Decayed Wood Bait Blocks', *Bulletin of Entomological Research*, 87.2 (1997), 145–49 <<https://doi.org/10.1017/s0007485300027280>>.

Kinerja terbaik untuk MDF, kayu lapis keras, kayu lapis lunak, dan papan partikel diperoleh pada suhu 35°C dan tekanan 7,85 MPa dalam hal penghambatan pakan, dan memberikan tingkat kematian rayap yang tinggi serta konservasi energi yang baik. Sementara itu, kinerja terbaik untuk OSB adalah pada suhu 35°C dan tekanan 9,81 MPa atau 11,77 MPa.¹⁹

4. Penelitian oleh Leif Abrell, Pablo G Guerenstein, Wendy L Mechamber, dkk yang berjudul *Effect of elevated atmospheric CO² on oviposition behavior in Manduca sexta moths*, menyatakan bahwa Jumlah telur yang disimpan pada tanaman yang tumbuh dan dipelihara di bawah CO² yang terus meningkat. tingkat menunjukkan sedikit variasi pada konsentrasi 400-1200 ppm.²⁰
5. Penelitian oleh K. Viswajoyhi, Jawala Jindal, dan Naveen Aggarwal yang berjudul *The effect of temperature and CO² on the development of pink stem borer on maize*, menyatakan bahwa Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu dan CO² pada biologi *S. inferens* pada jagung adalah signifikan dan dampak dari suhu mendominasi yang dari CO². Suhu langsung mempengaruhi *S. inferens* dengan memperpendek siklus hidup yang menghasilkan lebih banyak orang dewasa yang subur. Pertumbuhan yang cepat dari *S. inferens* di iklim hangat mungkin sedikit dikurangi oleh efek negatif dari peningkatan CO² pada perkembangan serangga. Peningkatan konsumsi total oleh populasi *S. inferens* dapat juga terjadi karena makanan tambahan untuk mengkompensasi nutrisi.²¹

¹⁹ Musrizal Muin and Kunio Tsunoda, 'Termiticidal Performance of Wood-Based Composites Treated with Silafluofen Using Supercritical Carbon Dioxide', *Holzforchung*, 57.6 (2003), 585–92 <<https://doi.org/10.1515/HF.2003.088>>.

²⁰ Leif Abrell and others, 'Effect of Elevated Atmospheric CO₂ on Oviposition Behavior in Manduca Sexta Moths', *Global Change Biology*, 11.8 (2005), 1272–82 <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00989.x>>.

²¹ K. Viswajoythi, Jawala Jindal, and Naveen Aggarwal, 'The Effect of Temperature and CO₂ on the Development of Pink Stem Borer on Maize', *International Journal of Tropical Insect Science*, 40.1 (2020), 63–69 <<https://doi.org/10.1007/s42690-019-00052-3>>.

I. Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, kajian penelitian terdahulu yang relevan, dan sistematika penulisan.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan dan pengajuan hipotesis dalam penelitian yang menjelaskan variabel-variabel penelitian. Landasan teori diambil dari berbagai sumber yang berkaitan dengan permasalahan penelitian yang dilakukan. Pengajuan hipotesis menjelaskan mengenai gambaran jawaban tentatif yang diajukan dari penelitian dan dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

pada bab ini menjelaskan mengenai waktu dan tempat penelitian, pendekatan dan jenis penelitian, populasi, sampel, dan teknik pengumpulan data penelitian, definisi operasional penelitian, instrumen penelitian, uji validitas dan reliabilitas data, uji prasarat analisis, dan yang terakhir menjelaskan mengenai uji hipotesis.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan mengenai hasil dari data penelitian yang sudah didapatkan serta disajikan pembahasan dari data yang sudah di dapatkan.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini diuraikan mengenai kesimpulan dan saran serta rekomendasi dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

BAB II LANDASAN TEORI

A. Survivabilitas

1. Pengertian Survivabilitas

Survival berasal dari kata bahasa Inggris *survive* atau *to survive*, yang berarti bertahan hidup. Kemampuan untuk bertahan hidup dimaksudkan disini. *Survival* juga dapat berarti bertahan hidup dan keluar dari situasi yang sulit. *Survival* juga dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi di mana seseorang atau kelompok orang tiba-tiba atau secara tidak sengaja masuk ke dalam situasi yang tidak normal atau diluar rencananya. Suharto mendefinisikan pengeluaran sebagai kemampuan seseorang untuk mengatasi berbagai masalah dalam kehidupannya dengan berbagai cara. Dalam hal ini, pengelolaan aset yang dimiliki merupakan bagian penting dari upaya bertahan hidup.²²

Survival adalah mempertahankan hidup di alam bebas dari hambatan alam sebelum mendapat pertolongan. *Survival* adalah suatu kondisi dimana seseorang atau kelompok orang dari kehidupan normal (masih sebagaimana direncanakan) baik tiba-tiba atau disadari masuk ke dalam situasi tidak normal. *Survivability* adalah kata serapan dari Bahasa Inggris, yang berarti bertahan hidup. Lebih jauh *Survivability* dapat diartikan sebagai kemampuan untuk tetap bertahan hidup atau tetap eksis dalam menghadapi tantangan-tantangan di dalamnya. Meskipun banyak hambatan, tantangan serta persaingan yang dihadapi terutama dimasa yang akan datang, namun dengan melakukan berbagai Upaya untuk tetap *Survive*, maka keberlangsungan untuk tetap ada kedepannya akan lebih terjamin.²³

Survivabilitas rayap mengacu pada kemampuan rayap untuk bertahan hidup dalam berbagai kondisi lingkungan dan tantangan yang mereka hadapi. Rayap adalah serangga sosial yang memiliki peran penting dalam ekosistem, terutama dalam daur ulang material organik dan pemrosesan tanah. Namun, ketika berada di lingkungan manusia,

22 Yessi Wahyu Angga and others, 'Februari 2021, Hal 79-85 Yessi Wahyu Angga', Henny Oktavianti.... BEP, 2.1 (2021), 1.

23 Nur Indah, 'Tinjauan Terhadap Survivability Lembaga Keuangan Syari ' Ah Tahun 2020-2021 (Analisis Terhadap Lembaga Perbankan S Yari ' Ah)', 3 (2023), 787-96.

mereka juga dapat menjadi hama yang merusak bangunan dan tanaman.²⁴

Lingkungan memiliki peran penting dalam mempengaruhi kemampuan hidup rayap, ada beberapa aspek lingkungan yang dapat mempengaruhi *Survivabilitas* rayap antara lain yang pertama adalah suhu, suhu memiliki pengaruh ataupun dampak yang signifikan terhadap rayap, suhu yang terlalu panas ataupun yang terlalu dingin dapat mempengaruhi hidup rayap bahkan bisa saja menyebabkan kematian. Pemahaman tentang bagaimana lingkungan mempengaruhi rayap adalah penting untuk melindungi dan menjaga keseimbangan ekosistem, kita sebagai manusia jika memang memiliki kesadaran yang tinggi maka harus memperdulikan lingkungan sekitar agar tidak mengganggu keberlangsungan hidup rayap. Pusat konservasi dan juga pengelolaan haruslah bijaksana dalam mempertimbangkan semua faktor lingkungan untuk memastikan keberlangsungan hidup rayap dan keberlanjutan ekosistem secara keseluruhan dan agar dapat menjaga keseimbangan dan keberlangsungan hidup rayap.²⁵

B. Rayap

1. Pengertian Rayap

Rayap adalah serangga sosial yang termasuk dalam kelompok *Blatodea*. Mereka mudah ditemukan di dataran rendah tropis karena dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan. Rayap memiliki peran penting dalam daur ulang nutrisi tanaman melalui proses pemecahan dan dekomposisi bahan organik. Mereka memberikan manfaat besar bagi ekosistem bumi. Sebagai serangga tanah, rayap membantu membuat jalan-jalan di tanah dan membuatnya menjadi lebih gembur, sehingga baik untuk pertumbuhan tanaman.²⁶

²⁴ L. A. Ashton and others, 'Termites Mitigate the Effects of Drought in Tropical Rainforest', *Science*, 363.6423 (2019), 174–77 <<https://doi.org/10.1126/science.aau9565>>.

²⁵ Teguh Pribadi, 'Bagaimana Rayap Dapat Digunakan Sebagai Bioindikator', *Anterior Jurnal*, 14.1 (2014), 20–28 <<https://doi.org/10.33084/anterior.v14i1.219>>.

²⁶ Sri Heriza and others, 'Komposisi Rayap Dapat Menentukan Tingkat Ketergangguan Habitat : Studi Kasus Di Kabupaten Dharmasraya Provinsi Sumatera Barat', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20.3 (2022), 678–84 <<https://doi.org/10.14710/jil.20.3.678-684>>.

Di hutan tropis, rayap berperan sebagai pengurai yang mengembalikan bahan organik ke dalam tanah. Kehidupan rayap sangat tergantung pada pasokan bahan organik sebagai sumber energi. Rayap tinggal di hutan dan berperan penting dalam menjaga kebersihan dan mengatur ekosistem. Mereka mudah ditemukan di dataran rendah tropis, tetapi beberapa jenis rayap juga bisa hidup di daerah dingin seperti *Archotermopsis* yang ada di pegunungan Himalaya pada ketinggian 3000 meter di atas permukaan laut. Di Indonesia, terdapat lebih dari 200 spesies rayap yang terbagi menjadi tiga keluarga: *Kalotermitidae*, *Rhinotermitidae*, dan *Termitidae*.²⁷

Rayap adalah serangga sosial yang hidup berkoloni dengan sistem kasta, terdiri dari pekerja, prajurit, dan individu reproduktif. Jumlah spesies rayap cukup banyak, dengan sekitar 2500 spesies, 7 famili, dan 200 genus yang tersebar di berbagai negara, termasuk Indonesia yang memiliki 200 spesies dari 3 famili yang sudah diidentifikasi. Rayap memberikan manfaat penting bagi ekosistem, seperti sebagai serangga tanah yang membuat tanah menjadi gembur dan berperan sebagai dekomposer. Namun, beberapa spesies rayap juga dapat menjadi hama. Keanekaragaman rayap dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, curah hujan, karakteristik tanah, topografi, intensitas cahaya, tipe vegetasi, iklim, dan ketersediaan air.²⁸

Perubahan lingkungan, seperti perubahan habitat alami menjadi buatan atau penurunan penutupan tajuk, dapat mengurangi keanekaragaman rayap. Keanekaragaman rayap juga dipengaruhi oleh vegetasi habitat, kandungan selulosa tanaman, dan umur tanaman. Faktor seperti ketinggian tempat dan jenis tanaman di suatu wilayah juga memengaruhi keberadaan rayap. Perbedaan keanekaragaman rayap antar wilayah dapat dipengaruhi oleh faktor geografis, seperti garis lintang dan ketinggian, serta faktor-faktor lain seperti gangguan

²⁷ Mahasiswa Fakultas and others, 'Keragaman Jenis Rayap Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Desa Rahmat Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi', 3.Subekti 2011 (2015), 121–26.

²⁸ Deffi Surya Ningsih, 'Jenis-Jenis Rayap (Isoptera) Pada Kawasan Cagar Alam Lembah Anai Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat (Termites Species (Isoptera) at Lembah Anai Nature Reserve Tanah Datar', 4.2 (2015), 1–8 <<https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/ejurnal/mipa/article/view/4474>>.

fisik pada ekosistem, isolasi habitat, dan interaksi biologis seperti kompetisi, predasi, dan parasitisme.²⁹

Rayap adalah serangga yang bisa digunakan sebagai petunjuk perubahan lingkungan. Mereka mudah ditemukan di dataran rendah tropis karena penyebaran dan aktivitas mereka dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan. Rayap hidup secara alami di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia, terdapat 3 famili rayap, yaitu *Rhinotermitidae*, *Termitidae*, dan *Kalotermitidae*. Mereka bisa ditemukan mulai dari pantai hingga ketinggian 3.000 meter di atas permukaan laut. Jumlah spesies rayap paling banyak terdapat di hutan hujan tropis dataran rendah, dan jumlahnya cenderung menurun seiring dengan kenaikan ketinggian dan lintang tempat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman rayap lebih tinggi di daerah yang belum terganggu dibandingkan dengan daerah yang sudah terganggu. Pembukaan hutan umumnya menyebabkan penurunan jumlah, biomassa, dan keanekaragaman spesies rayap dengan cepat. Rayap memberikan respons yang cepat terhadap kerusakan lingkungan, terutama akibat deforestasi yang sering diikuti oleh pembukaan kanopi hutan.³⁰

2. Kelebihan dan Kekurangan dari Rayap

Adapun beberapa pertimbangan yang dapat dijadikan acuan terhadap perkembangbiakan rayap ditinjau dari beberapa aspek :

a. Dampak Ekologi

Rayap memiliki peran penting dalam ekosistem, terutama dalam proses daur ulang materi organik di alam. Mereka membantu mengurai kayu mati dan memperkaya tanah dengan

²⁹ Manap Trianto and others, 'Bioma : Jurnal Biologi Makassar Diversity of Termites on Oil Palm and Rubber Plantation in Banjar Regency, South Kalimantan', *Jurnal Biologi Makassar*, 5.2 (2020), 199–209 <<http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>>.

³⁰ Farid Adytia and Syauckani Syauckani, 'Pengaruh Ketinggian Terhadap Keragaman Jenis Rayap (Isoptera) Di Kawasan Ekosistem Seulawah', *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2017*, 4.1 (2017), 137–46.

nutrisi. Oleh karena itu, ada argumen untuk melestarikan rayap agar ekosistem tetap seimbang.

b. Kerusakan Struktural

rayap juga bisa menjadi hama serius di dalam rumah dan bangunan. Mereka dapat menyebabkan kerusakan struktural yang signifikan dengan memakan kayu dan material bangunan lainnya. Dalam situasi seperti ini, dimusnahkan menjadi pilihan yang lebih masuk akal untuk melindungi properti dari kerusakan.

c. Penelitian dan Pendidikan

Penting untuk memahami lebih lanjut tentang perilaku rayap dan dampaknya terhadap lingkungan. Penelitian dan pendidikan tentang cara mengelola populasi rayap secara berkelanjutan dapat membantu menemukan keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan perlindungan properti.

Jika ditinjau dari dampak-dampak diatas diperlukan pengendalian yang khusus dan seksama terhadap populasi hidup rayap, agar memiliki keseimbangan di dalam ekosistem secara keseluruhan namun tidak memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap kehidupan dan aktifitas manusia.

3. Sistem kasta rayap

Rayap merupakan serangga berukuran kecil yang hidup dalam suatu koloni. Sebuah koloni rayap selalu terdiri dari beberapa kasta, yaitu kasta prajurit, kasta pekerja dan kasta reproduktif yang terdiri dari sepasang ratu dan raja.

- 1) Kasta Prajurit dapat dikenali dengan bentuk kepalanya yang besar dan memiliki kulit kepala yang tebal. Peranan kasta prajurit adalah melindungi koloni dari gangguan luar, semut dan predator lainnya.
- 2) Kasta pekerja adalah anggota yang sangat penting dalam koloni rayap. Mereka berkomunikasi dengan anggota koloni lain dengan menggunakan feromon. Mereka mengandalkan indra pendeteksi

(*Olfactory*), pendeteksi rasa (*Gustatory*), dan pendeteksi mekanis (*Mechanoreceptor*). Kasta pekerja dapat disebut sebagai "inti koloni rayap".

- 3) Kasta reproduktif adalah individu-individu rayap yang memiliki kemampuan untuk mendukung proses perkembangbiakan. Laron adalah serangga-serangga dewasa yang bersayap yang berbentuk didalam koloni rayap. Apabila laron telah mendapatkan pasangan, masing-masing pasangan akan berjaln beriringan mencari tempat yang sesuai untuk kawin dan berkembangbiak membentuk koloni baru. Jadi laron adalah pendiri koloni: betina menjadi ratu, sedangkan yang jantan menjadi raja.³¹

4. Morfologi rayap

Secara morfologi rayap memiliki tiga bagian utama yang meliputi: kepala, torak, dan abdomen. Dibeberapa negara sub-tropika rayap dikenal dengan semut putih karena selintas antar keduanya mempunyai penampilan hampir sama.



Gambar 2.1
Morfologi Rayap³²

³¹ IRAWANSYAH, 'IDENTIFIKASI RAYAP (ORDO ISOPTERA) DI PULAU PISANG DAN TEMBAKAK KABUPATEN PESISIR BARAT Skripsi Universitas Islam Negri Raden Intan Lampung, Bandar Lampung', 2019.

³²<https://images.search.yahoo.com/search/images?p=gambar+Morfologi+rayap&fr=mcafee&type=E211US0G0&imgurl=https%3A%2F%2Fsolusiantirayap.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F04%2Fa-256x300-1.jpg#id=5&iurl=https%3A%2F%2Fsolusiantirayap.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F04%2Fa-256x300-1.jpg&action=click>

Morfologi batas-batas bagian tubuh rayap antara bagian torak (dada) dan abdomen (perut) mempunyai ukuran yang sama besar. Rayap memiliki sistem sosial, dengan raja, ratu, pekerja dan prajurit. Morfologi berbeda-beda sehingga memiliki sistem pembagian tugas masing-masing. Rayap prajurit memiliki mulut bertipe penggigit dengan capit yang lebih besar. Rayap yang berhasil diidentifikasi di Indonesia terbagi dalam tiga kelompok besar yang *Kalotermitidae*, *Rhinoitermitidae*, dan *Termitidae*. Rayap *Kalotermitidae* membuat lubang kecil saat memakan kayu-kayu yang lapuk. Koloni rayap jenis ini biasanya dalam jumlah kecil, memiliki kasta pekerja dan prajurit, namun tanpa kasta pekerja sejati yang memakan kayu dan membuat sarang. *Kalotermitidae* dipercaya hasil revolusi dari *Mastotermitidae*.³³ *Termitidae* termasuk ke kelompok rayap tinggi, 75% dari jenis ini telah dikenal didunia. Prajurit memiliki pronotum berbentuk pelana. *Termitidae* terbagi dalam empat subFamili yaitu *Amitermitinae*, *Termitinae*, *Macrotermitinae*, dan *Nasutitermitinae*. Adapun jenis rayap yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

5. Rayap *Nasutitermes*

Rayap *Nasutitermes* adalah jenis rayap yang unik. Mereka memiliki kepala besar yang menyerupai belalai yang disebut nasus. Nasus ini berfungsi untuk melindungi diri dari predator dan membantu dalam pembuatan sarang. Selain itu, Rayap *Nasutitermes* juga bisa memakan kayu dan serat tumbuhan lainnya. Rayap *Nasutitermes* termasuk dalam subfamili terbesar di antara rayap yang lebih tinggi, yaitu *Termitidae*. Subfamili *Nasutitermitinae* memiliki lebih dari 650 spesies dari lebih dari 80 genus. Mereka tersebar luas di seluruh dunia. Genera dari subfamili ini ada di semua wilayah biogeografis kecuali palearctic, dan terdapat setidaknya 16 genus yang endemik di Asia Tenggara.³⁴ Tubuh rayap *Nasutitermes* kecil, dengan warna tubuh

³³ R.E. Caraka and others, 'Variational Approximation Multivariate Generalized Linear Latent Variable Model in Diversity Termites Riau and Peninsular Malaysia', *Sylwan*, 164.1 (2020).

³⁴ Syauckani and Graham J. Thompson, 'Taxonomic Notes on *Nasutitermes* and *Bulbitermes* (Termitidae, Nasutitermitinae) from the Sunda Region of Southeast Asia Based on Morphological and Molecular Characters', *ZooKeys*, 148 (2011), 135–60 <<https://doi.org/10.3897/zookeys.148.2055>>.

kuning ke coklatan (krem), antena 12–13 ruas, panjang kepala 1,2 mm sarang di atas pohon, dan mandibula berbentuk penusuk (nasut).³⁵ Banyak spesies *Nasutitermes*, seperti *Nasutitermes acatus*, *Nasutitermes alticola*, *Nasutitermes bulbiceps*, *Nasutitermes havilandi*, *Nasutitermes dimorphus*, *Nasutitermes joharicus*, *Nasutitermes longinasus*, *Nasutitermes metagensis*, *Nasutitermes metagensisformis*, *Nasutitermes ovipennis*, *Nasutitermes tungsalangensis*. Adapun klafisikasi rayap *Nasutitermes* adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*
 Phylum : *Arthropoda*
 Class : *Insecta*
 Order : *Isoptera*
 Family : *Termitidae*
 Subfamily : *Nasutitermitinae*
 Genus : *Nasutitermes*
 Species : *Nasutitermes Matangensis*



Gambar 2.2
Rayap *Nasutitermes*³⁶

³⁵ R. C. Tarumingkeng, *Biologi Dan Perilaku Rayap*, 2001.

³⁶https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=Awr93LmzGIdkrUYzdVIXNy0A;_ylu=Y29sbwNncTEEcG9zAzEEdnRpZANBREVOR1QyXzEEc2VjA3BpdnM-?p=gambar+Rayap+Nasutitermes&fr2=piv-web&type=E211US0G0&fr=mcafee#id=23&iurl=https%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F-q7Ry--

Rayap *Nasutitermes* memiliki sarang yang besar dan berbentuk bulat. Sarang ini sangat kompleks dan bahkan memiliki sistem ventilasi, serta kamar-kamar khusus untuk berbagai tugas seperti menyimpan telur, merawat makanan, dan melindungi sarang dari serangan. Sarang ini dihuni oleh jutaan individu dan ratu yang sangat besar, yang dapat menghasilkan lebih dari seratus miliar telur setiap tahun. Ratu tidak dapat bergerak dan bergantung sepenuhnya pada perawatan orang lain. Dia hidup di kamar kerajaan yang terlindungi di dalam sarang. Pertumbuhan individu rayap tergantung pada jalur ontogenetik yang diatur oleh faktor genetik, kolonial, dan lingkungan. Ada dua jalur ontogenetik dasar. Pertama, jalur linear di mana pekerja sementara yang terkhususkan pada tugas tertentu kemudian berkembang menjadi nimfa atau prajurit. Kedua, jalur bercabang di mana beberapa individu kehilangan kemampuan untuk tumbuh sayap dan memilih menjadi pekerja sejati sejak awal kehidupan mereka. Kebanyakan individu tetap steril selama perkembangannya.³⁷



Gambar 2.3
Sarang Rayap *Nasutitermes*³⁸

xeauM%2FTeY2tjArGSI%2FAAAAAAAACTQ%2FI5JPLBJGWVE%2Fs280%2FN
ASUTITERMESSP0004B01F018r.jpg&action=click

³⁷ 'Czech University of Life Sciences Prague Faculty of Environmental Sciences Department of Ecology', 2019.

³⁸<https://www.istockphoto.com/id/foto/sarang-rayap-di-koloni-di-pohon-serangga-ini-bertanggung-jawab-untuk-menghancurkan-gm1175802446-32757761>

6. Rayap *Macrotermes*

Jenis rayap tanah di Indonesia berasal dari keluarga *Termitidae*. Mereka membuat sarang di dalam tanah dekat dengan bahan organik yang mengandung selulosa seperti kayu, serasah, dan humus. Rayap ini sangat penting dalam ekosistem tropis karena berperan dalam dekomposisi, siklus nutrisi, dan proses tanah. Beberapa jenis rayap yang ada di Indonesia antara lain *Coptotermes curvignathus* dan *Macrotermes gilvus*. Kedua jenis ini bisa merusak kayu, bangunan, dan material organik dengan cepat. *Macrotermes gilvus* bahkan bisa mengganggu akar dan membuat pohon tumbang jika membuat koloni di dekat batang. Rayap juga menyebabkan kerugian ekonomi yang besar di Indonesia, diperkirakan mencapai 2,8 triliun rupiah setiap tahunnya. Kerugian ini meliputi kerusakan pada rumah, bangunan, perkebunan, dan hutan. Serangan rayap tanah juga dapat menyebabkan penurunan hasil panen dan bahkan kematian pada tanaman inangnya. Beberapa jenis rayap seperti *Macrotermes sp*, *Odontotermes sp*, dan *Microtermes sp* sangat agresif dan bisa menyerang objek yang berjarak hingga 200 meter dari sarang mereka. Mereka bahkan mampu menembus tembok yang tebal beberapa sentimeter dengan bantuan enzim yang mereka keluarkan.³⁹ Adapun klasifikasi rayap *Macrotermes* adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Phylum : *Arthropoda*

Class : *Insecta*

Order : *Isoptera*

Family : *Termitidae*

Subfamily : *Macrotermitinae*

Genus : *Macrotermes*

³⁹ Habibi, Farah Diba, and Sarma Siahaan, 'Keanekaragaman Jenis Rayap Di Kebun Kelapa Sawit PT. Bumi Pratama Khatulistiwa Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya', *Jurnal Hutan Lestari*, 5.2 (2017), 481–89.

Species : *Macrotermes gilvus*



Gambar 2.4
Rayap *Macrotermes*⁴⁰

Macrotermes adalah banyak rayap tersebar di Asia Tenggara, ditemukan di Indonesia, Malaysia dan Thailand. Rayap jenis memiliki habitat alami di kawasan hutan alam yang mengaruh suhu, kelembaban dan curah hujannya relatif stabil. Perubahan iklim global dan habitat hutan alami dewasa memungkinkan terjadi perubahan sebarannya. Ketiga faktor tersebut berpengaruh terutama pada perkembangan kasta reproduksi (laron) saat keluar dari sarang, dengan rentang perkembangan optimum RH 75-90%, kisaran suhu 15-38⁰C, dan curah hujan tinggi (3000-4000 mm/thn).⁴¹

⁴⁰https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=Awrg0M9vFodkBgxXB3VXNyoA;_ylu=Y29sbwNncTEEEcG9zAzEEdnRpZANBREVOR1QyXzEEc2VjA3BpdnM?p=gambar+rayap+Macrotermes&fr2=pivweb&type=E211US0G0&fr=mcafee#id=126&iurl=https%3A%2F%2Fwww.rudyc.com%2Fbiologi_dan_perilaku_rayap_files%2Fbiologi4.jpg&action=click

⁴¹ Niken Subekti and others, 'SEBARAN DAN KARAKTER MORFOLOGI RAYAP TANAH *Macrotermes Gilvus* Hagen DI HABITAT HUTAN ALAM (Distribution and Morphology Characteristic of *Macrotermes Gilvus* Hagen in The Natural Habitat)', *Sebaran Dan Karakter Morfologi Rayap Tanah Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 1.1 (2008), 27–33.



Gambar 2.5
Sarang Rayap *Macrotermes*⁴²

C. Pernapasan Rayap

1. Fungsi sistem Pernapasan Rayap

Salah satu aspek terpenting dari anatomi rayap adalah sistem pernapasannya, yang berperan penting dalam kelangsungan hidupnya. Sistem pernapasan rayap adalah jaringan organ kompleks yang memungkinkan mereka bernapas dan bertukar gas dengan lingkungannya. Seperti semua serangga, rayap memiliki sistem trakea, yaitu saluran kecil yang bercabang ke seluruh tubuhnya dan mengantarkan oksigen langsung ke selnya. Hal ini berbeda dengan mamalia yang memiliki sistem paru-paru yang melakukan pertukaran gas di lokasi terpusat. Fungsi pernapasan pada rayap sangat banyak dan beragam. Pertama dan terpenting, hal ini memungkinkan mereka memperoleh oksigen yang mereka butuhkan untuk bertahan hidup. Oksigen adalah komponen penting dari respirasi sel, proses dimana sel menghasilkan energi dari molekul makanan. Tanpa oksigen, rayap tidak akan mampu melakukan proses ini dan akan cepat mati, elain menyediakan oksigen.⁴³

Respirasi juga memungkinkan rayap menghilangkan karbon dioksida, produk limbah respirasi sel. Karbon dioksida bersifat racun dalam konsentrasi tinggi dan harus dikeluarkan dari tubuh untuk mencegah efek berbahaya. Dengan mengeluarkan karbon

⁴²https://www.bbc.com/indonesia/vert_earth/2015/11/151125_vert_earth_ra

⁴³[yap](#)
⁴³ 'FISIOLOGI SERANGGA HUTAN (SISTEM PERNAPASAN SERANGGA)', RIDWANTI BATUBARA, 2002, 649.

dioksida melalui trakeanya, rayap mampu menjaga keseimbangan gas yang sehat dalam tubuhnya. Terakhir, respirasi memainkan peran penting dalam termoregulasi, yaitu proses dimana rayap mempertahankan suhu tubuhnya.⁴⁴

Rayap sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan harus mengatur suhu internalnya dengan hati-hati untuk menghindari panas berlebih atau beku. Respirasi memungkinkan mereka bertukar panas dengan lingkungannya, baik dengan menguapkan air dari tubuh atau dengan menukar panas melalui trakea. Sistem pernapasan rayap merupakan aspek kompleks dan penting dari anatomi mereka. Hal ini memungkinkan mereka memperoleh oksigen, menghilangkan karbon dioksida, dan mengatur suhu tubuh mereka. Tanpa sistem ini, rayap tidak akan mampu bertahan hidup di habitatnya yang beragam, dan ekosistem yang mereka huni akan sangat berbeda.⁴⁵

2. Ciri Fisik Sistem Pernapasan Rayap

Salah satu aspek yang paling menonjol dari sistem pernapasan rayap adalah keserbagunaannya. Serangga ini telah berevolusi untuk bertahan hidup di berbagai lingkungan, mulai dari hutan hujan yang lembap dan lembap hingga gurun yang gersang. Dengan demikian, sistem pernapasan mereka sangat mudah beradaptasi, memungkinkan mereka bernapas melalui berbagai mekanisme, termasuk spirakel, trakea, dan pernapasan kulit. Spirakel, yaitu lubang kecil di permukaan tubuh, merupakan alat utama pernapasan rayap. Bukaan ini mengarah ke jaringan trakea, yaitu tabung kecil yang mengangkut oksigen ke sel.⁴⁶

⁴⁴ Wa Ode Muliastuty Arsyad, Agus Ismanto, and Achmad Baedowi, 'Efikasi Ekstrak Akar Tuba Dalam Mengendalikan Rayap Tanah *Macrotermes Gilvus* Hagen Pada Pertanaman Kayu Putih', *Ecogreen*, 5.1 (2019), 57–62.

⁴⁵ D. Parks Collins, 'Termite Behavior: Measuring the Inve Stigat Ion Postanoxic Consumption Rates of Landscape Mulches by Eastern Subterranean Termites', *American Biology Teacher*, 75.1 (2013), 41–45 <<https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.1.9>>.

⁴⁶ Gustianda1) and Reni Hartika Sari2) dan Siti Zulaikha3), 'Dominansi Serangga Pohon Di Pegunungan Sawang Ba'U Kecamatan Sawang Kabupaten Aceh Selatan', *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2015*, 2015, 138–41.

Menariknya, rayap telah berevolusi untuk memiliki beberapa spirakel yang terletak di berbagai bagian tubuh mereka, memastikan bahwa oksigen disalurkan ke seluruh sel. Selain spirakel dan trakea, rayap juga memanfaatkan pernapasan kulit, suatu proses yang melaluinya mereka menyerap oksigen langsung melalui kerangka luarnya. Hal ini sangat berguna pada lingkungan lembab dimana spirakel mungkin tersumbat oleh air atau kotoran. Sistem pernapasan kulit juga penting selama perkembangan awal rayap ketika mereka kekurangan spirakel. Secara keseluruhan, ciri fisik sistem pernafasan rayap sangat efisien dan mudah beradaptasi, sehingga memungkinkan makhluk ini berkembang di berbagai lingkungan. Kemampuan mereka untuk memanfaatkan berbagai mekanisme untuk bernapas merupakan bukti ketahanan dan naluri bertahan hidup mereka.⁴⁷

3. Mekanisme Pertukaran Gas

Sistem pernapasan rayap adalah jaringan kompleks trakea, spirakel, dan kantung udara yang memungkinkan terjadinya pertukaran gas yang efisien. Rayap bernapas melalui lubang kecil yang disebut spirakel, yang terletak di sisi tubuhnya. Spirakel ini mengarah ke serangkaian trakea, atau saluran udara, yang bercabang ke seluruh tubuh rayap. Trakea dilapisi dengan struktur kecil seperti rambut yang disebut trakeol, yang memungkinkan terjadinya difusi gas antara udara dan jaringan tubuh rayap.⁴⁸

Rayap memiliki dua jenis kantung udara yang membantu mereka mengatur sistem pernapasannya. Jenis pertama yang disebut kantung udara toraks, terletak di dada rayap dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan udara. Salah satu fitur menarik dari sistem pernafasan rayap adalah ia mampu berfungsi bahkan di

⁴⁷ Merina Safitri, Evie Ratnasari, and Reni Ambarwati, 'Efektivitas *Steirnerma* Sp. Dalam Pengendalian Hama Serangga Tanah Pada Berbagai Tekstur Tanah', *Lentera Bio*, 2.1 (2013), 25–31.

⁴⁸ Gunarno Gunarno, 'Perbandingan Indeks Keanekaragaman Serangga Di Wilayah Ekosistem Hutan Penyangga Taman Nasional Gunung Leuser Bukit Lawang', *Jurnal Analisa Pemikiran Insaan Cendikia*, 4.2 (2021), 72–84 <<https://doi.org/10.54583/apic.vol4.no2.71>>.

lingkungan dengan oksigen rendah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa rayap mampu menyimpan oksigen dalam jumlah besar di kantung udara dan trakeanya, sehingga memungkinkan mereka bertahan hidup di lingkungan di mana organisme lain akan mati lemas. Selain itu, rayap mampu menghemat air dengan menutup spirakelnya selama periode kelembapan tinggi, sehingga membantu mencegah kehilangan air secara berlebihan. Secara keseluruhan, sistem pernapasan rayap adalah contoh menarik dari kemampuan beradaptasi serangga luar biasa ini. Melalui penggunaan trakea, spirakel, dan kantung udara, rayap mampu bertukar gas secara efisien dan bertahan hidup di berbagai lingkungan.⁴⁹

D. Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO^2) atau asam arang adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat dengan satu atom karbon. CO^2 berbentuk gas pada suhu dan tekanan biasa dan ada di udara kita. Rata-rata konsentrasi CO^2 di udara sekitar 387 ppm, tetapi bisa berbeda di tempat dan waktu tertentu.⁵⁰ CO^2 menyebabkan pemanasan global. Selain CO^2 , ada gas metana (CH_4), nitros oksida (N_2O), dan uap air (H_2O) yang juga berperan dalam efek rumah kaca. Secara alami, CO^2 membantu mengatur suhu di atmosfer dan menjaga keseimbangan energi di Bumi. Bersama dengan gas-gas lainnya, mereka menjaga agar suhu tetap nyaman untuk kehidupan. Tanpa efek rumah kaca, suhu akan jauh lebih rendah. Namun, ketika konsentrasi CO^2 meningkat secara signifikan, hal ini mengganggu fungsi tersebut. CO^2 sendiri adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar. Ia bisa larut di air dan lebih berat daripada udara.⁵¹

⁴⁹ Teresa Telles Gonçalves, Og DeSouza, and Johan Billen, 'A Novel Exocrine Structure of the Bicellular Unit Type in the Thorax of Termites', *Acta Zoologica*, 91.2 (2010), 193–98 <<https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2009.00398.x>>.

⁵⁰ Irnin Agustina Dwi Astuti and Thoha Firdaus, 'Analisis Kandungan CO_2 Dengan Sensor Dan Berbasis Logger Pro Di Daerah Yogyakarta', *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 1.1 (2017), 5–8 <<https://doi.org/10.30599/jipfri.v1i1.118>>.

⁵¹ Achmad Fadlih and Eka Megawati, 'ANALISA PENGARUH KONSENTRASI AMDEA TERHADAP PENYERAPAN GAS KARBON DIOKSIDA (CO_2)', *Petrogas*, 2.2 (2020), 11–17.



Gambar 2.6
Pabrik Industri⁵²

Gas CO² merupakan salah satu jenis gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. Gas rumah kaca ini terjadi ketika sinar matahari terperangkap di atmosfer bumi dan membuatnya menjadi lebih hangat. Hal ini dapat menyebabkan naiknya permukaan laut karena es di kutub selatan dan kutub utara mencair akibat suhu yang semakin tinggi.⁵³ Iklim di dunia selalu berubah seiring waktu. Perubahan ini terjadi ketika unsur-unsur iklim mengalami peningkatan atau penurunan yang signifikan. Perubahan iklim global terjadi karena konsentrasi gas di atmosfer meningkat. Hal ini terjadi sejak revolusi industri yang menggunakan sumber energi dari batu bara, minyak bumi, dan gas yang menghasilkan gas limbah seperti karbon dioksida (CO²), metana (CH₄), dan nitrous oksida (N₂O). Di daerah perkotaan, biasanya konsentrasi CO² lebih tinggi, dan di dalam ruangan tertutup, konsentrasinya bisa 10 kali lebih besar dari di atmosfer terbuka.⁵⁴

Karbon dioksida memiliki hubungan dengan rayap, saat proses pernafasan berlangsung rayap akan menghasilkan karbon dioksida yang akan dikontribusikan di alam. Rayap juga membantu dalam proses pemecahan materi organik yang dapat memperkaya tanah dengan karbon organik dan nutrisi sehingga pada saat proses

⁵² <https://portalindonesianews.com/posts/printpage/2382>

⁵³ Anik Vega Vitianingsih and others, 'Analisa Spasial Menggunakan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Penyerapan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Emisi Karbondioksida', *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 10.2 (2021), 91 <<https://doi.org/10.23887/janapati.v10i2.30007>>.

⁵⁴ Ni Luh Sri Wahyuni, Rina Ratianingsih, and Agus Indra Jaya, 'Mengontrol Laju Pelepasan Kalor Pada Model Dinamik Unsur Utama Iklim', *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 12.1 (2016), 12–22 <<https://doi.org/10.22487/2540766x.2015.v12.i1.7483>>.

fotosintesis berlangsung tumbuhan akan memiliki nutrisi yang bagus sehingga akan terbentuknya oksigen dengan kualitas yang baik yang akan digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari.

E. Hipotesis Penelitian

Uji hipotesis adalah salah satu cabang dalam ilmu statistika inferensial yang berguna untuk menguji kebenaran atas suatu pernyataan dan diikuti dengan menarik kesimpulan diterima atau ditolaknya pernyataan tersebut. Jadi hipotesis adalah suatu pernyataan ataupun pendapat sementara yang belum pasti akan kebenarannya sehingga harus dibuktikan dengan pengumpulan data. Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

H_0 = Tidak ada pengaruh kadar karbon dioksida yang bervariasi terhadap kemampuan survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)*

H_1 = Terdapat pengaruh kadar karbon dioksida yang bervariasi terhadap kemampuan survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)*



DAFTAR RUJUKAN

- Abrell, Leif, Pablo G. Guenstein, Wendy L. Mechaber, Gert Stange, Thomas A. Christensen, Koji Nakanishi, and others, 'Effect of Elevated Atmospheric CO₂ on Oviposition Behavior in *Manduca Sexta* Moths', *Global Change Biology*, 11.8 (2005), 1272–82 <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00989.x>>
- Adytia, Farid, and Syaokani Syaokani, 'Pengaruh Ketinggian Terhadap Keragaman Jenis Rayap (Isoptera) Di Kawasan Ekosistem Seulawah', *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2017*, 4.1 (2017), 137–46
- Alvinda, CN, W Subchan, J Prihatin - Saintifika, and undefined 2017, 'Identifikasi Spesies Rayap Pada Zona Referensi Dan Zona Rehabilitasi Taman Nasional Meru Betiri', *Jurnal.Unej.Ac.Id*, 15.2 (2019), 74–82 <<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/STF/article/view/9727>>
- Ambele, Chaba F., Hervé Db Bisseleua, Komivi S. Akutse, Olubukola O. Babalola, Pascal Humbert, Anant Patel, and others, 'Testing a Co-Formulation of CO₂-Releasing Material with an Entomopathogenic Fungus for the Management of Subterranean Termite Pests', *Mycological Progress*, 18.9 (2019), 1201–11 <<https://doi.org/10.1007/s11557-019-01517-y>>
- Arsyad, Wa Ode Muliastuty, Agus Ismanto, and Achmad Baedowi, 'Efikasi Ekstrak Akar Tuba Dalam Mengendalikan Rayap Tanah *Macrotermes Gilvus* Hagen Pada Pertanaman Kayu Putih', *Ecogreen*, 5.1 (2019), 57–62
- Ashton, L. A., H. M. Griffiths, C. L. Parr, T. A. Evans, R. K. Didham, F. Hasan, and others, 'Termites Mitigate the Effects of Drought in Tropical Rainforest', *Science*, 363.6423 (2019), 174–77 <<https://doi.org/10.1126/science.aau9565>>
- Astuti, Irnin Agustina Dwi, and Thoah Firdaus, 'Analisis Kandungan CO₂ Dengan Sensor Dan Berbasis Logger Pro Di Daerah Yogyakarta', *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan*

Riset Ilmiah), 1.1 (2017), 5–8
 <<https://doi.org/10.30599/jipfri.v1i1.118>>

Bernklau, Elisa Jo, Erich A. Fromm, Timothy M. Judd, and Louis B. Bjostad, 'Attraction of Subterranean Termites (Isoptera) to Carbon Dioxide', *Journal of Economic Entomology*, 98.2 (2005), 476–84 <<https://doi.org/10.1093/jee/98.2.476>>

Caraka, R.E., R.C. Chen, Y. Lee, M. Noh, T. Toharudin, B. Pardamean, and others, 'Variational Approximation Multivariate Generalized Linear Latent Variable Model in Diversity Termites Riau and Peninsular Malaysia', *Sylwan*, 164.1 (2020)

Choi, Baek Yong, and Tsuyoshi Yoshimura, 'Effects of Induced High Carbon Dioxide and Desiccated Atmospheres on the Water Loss and Survival of Subterranean and Invading Drywood Termites', *Journal of Economic Entomology*, 109.2 (2016), 753–61 <<https://doi.org/10.1093/jee/tov332>>

Collins, D. Parks, 'Termite Behavior: Measuring the Invertebrate Stigat Ion Postanoxic Consumption Rates of Landscape Mulches by Eastern Subterranean Termites', *American Biology Teacher*, 75.1 (2013), 41–45 <<https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.1.9>>

Constantino, R., 'The Pest Termites of South America: Taxonomy, Distribution and Status', *Journal of Applied Entomology*, 126.7–8 (2002), 355–65 <<https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00670.x>>

'Czech University of Life Sciences Prague Faculty of Environmental Sciences Department of Ecology', 2019

E. A. Nego, Abdul Hapid, Muthmainnah, and Erniwati, 'Jenis Rayap Yang Menyerang Rumah Penduduk Di Kecamatan Sidoan Kabupaten Parigi Moutong Sulawesi Tengah', *Jurnal Warta Rimba*, 8.September (2020), 262–67 <<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/WartaRimba/article/view/16763>>

- Fadlih, Achmad, and Eka Megawati, 'ANALISA PENGARUH KONSENTRASI AMDEA TERHADAP PENYERAPAN GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂)', *Petrogas*, 2.2 (2020), 11–17
- Fakultas, Mahasiswa, Kehutanan Universitas, Staf Pengajar, Fakultas Kehutanan, and Universitas Tadulako, 'Keragaman Jenis Rayap Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Desa Rahmat Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi', 3.Subekti 2011 (2015), 121–26
- Febri Ayu, Syamsul bachry, Vebrita Sari, Andi Saputra, 'Identifikasi Spesies Rayap Di Perkebunan Karet Desa Naga Beralih Kec. Kampar Utara, Kampar', *Metrik Serial Tekbnologi Sains*, 4.1 (2023), 1–8
- 'FISIOLOGI SERANGGA HUTAN (SISTEM PERNAPASAN SERANGGA)', *RIDWANTI BATUBARA*, 2002, 649
- French, J. R.J., R. A. Rasmussen, D. M. Ewart, and M. A.K. Khalil, 'The Gaseous Environment of Mound Colonies of the Subterranean Termite *Coptotermes Lacteus* (Isoptera: Rhinotermitidae) before and after Feeding on Mirex-Treated Decayed Wood Bait Blocks', *Bulletin of Entomological Research*, 87.2 (1997), 145–49
<<https://doi.org/10.1017/s0007485300027280>>
- Gonçalves, Teresa Telles, Og DeSouza, and Johan Billen, 'A Novel Exocrine Structure of the Bicellular Unit Type in the Thorax of Termites', *Acta Zoologica*, 91.2 (2010), 193–98
<<https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2009.00398.x>>
- Guerenstein, Pablo G., and John G. Hildebrand, 'Roles and Effects of Environmental Carbon Dioxide in Insect Life', *Annual Review of Entomology*, 53 (2008), 161–78
<<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093402>>
- Gunarno, Gunarno, 'Perbandingan Indeks Keanekaragaman Serangga Di Wilayah Ekosistem Hutan Penyanga Taman Nasional Gunung Leuser Bukit Lawang', *Jurnal Analisa Pemikiran*

Insaan Cendikia, 4.2 (2021), 72–84
<<https://doi.org/10.54583/apic.vol4.no2.71>>

Gustianda1), and Reni Hartika Sari2) dan Siti Zulaikha3), ‘Dominansi Serangga Pohon Di Pegunungan Sawang Ba’U Kecamatan Sawang Kabupaten Aceh Selatan’, *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2015*, 2015, 138–41

Habibi, Farah Diba, and Sarma Siahaan, ‘Keanekaragaman Jenis Rayap Di Kebun Kelapa Sawit PT. Bumi Pratama Khatulistiwa Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya’, *Jurnal Hutan Lestari*, 5.2 (2017), 481–89

Hasman, Arung Ezra, Musrizal Muin, and Ira Taskirawati, ‘Keragaman Jenis Rayap Pada Lahan Pemukiman Dengan Berbagai Kelas Umur Bangunan’, *Perennial*, 15.2 (2019), 74
<<https://doi.org/10.24259/perennial.v15i2.7637>>

Heriza, Sri, Damayanti Buchori, Idham Sakti Harahap, and Nina Maryana, ‘Komposisi Rayap Dapat Menentukan Tingkat Ketergangguan Habitat: Studi Kasus Di Kabupaten Dharmasraya Provinsi Sumatera Barat’, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20.3 (2022), 678–84 <<https://doi.org/10.14710/jil.20.3.678-684>>

Ibid, ‘No’

Indah, Nur, ‘Tinjauan Terhadap Survivability Lembaga Keuangan Syari ’ Ah Tahun 2020-2021 (Analisis Terhadap Lembaga Perbankan S Yari ’ Ah)’, 3 (2023), 787–96

IRAWANSYAH, ‘IDENTIFIKASI RAYAP (ORDO ISOPTERA) DI PULAU PISANG DAN TEMBAKAK KABUPATEN PESISIR BARAT Skripsi Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Bandar Lampung’, 2019

Isnandar, Rahmad, and Diana Ulfah, ‘KETAHANAN KAYU RANDU (*Ceiba Pentandra* L .) DAN KAYU KEMIRI (*Aleurites Molucana* Willd) YANG DIAWETKAN DENGAN DAUN KIRINYUH (*Choromolaena Odorata*) TERHADAP

SERANGAN RAYAP TANAH (*Macrotermes Gilvus*) Randu Wood Resistance (*Ceiba Pentandra L.*) and Kem', 03.2 (2020), 338–45

Istifanus, Aiki P., Azrag G.A. Abdelmutalab, Christian W.W. Pirk, and Abdullahi A. Yusuf, 'Predicting the Habitat Suitability and Distribution of Two Species of Mound-Building Termites in Nigeria Using Bioclimatic and Vegetation Variables', *Diversity*, 15.2 (2023) <<https://doi.org/10.3390/d15020157>>

Konaté, S., X. Le Roux, B. Verdier, and M. Lepage, 'Effect of Underground Fungus-Growing Termites on Carbon Dioxide Emission at the Point- and Landscape-Scales in an African Savanna', *Functional Ecology*, 17.3 (2003), 305–14 <<https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00727.x>>

Kuswanto, Eko, and Anisa Oktina Sari Pratama, 'SEBARAN DAN UKURAN KOLONI SARANG RAYAP POHON *Nasutitermes* Sp (ISOPTERA: TERMITIDAE) DI PULAU SEBESI LAMPUNG SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI', *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 3.2 (2012), 1–7 <<https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v3i2.261>>

Muin, Musrizal, and Kunio Tsunoda, 'Termiticidal Performance of Wood-Based Composites Treated with Silafluofen Using Supercritical Carbon Dioxide', *Holzforchung*, 57.6 (2003), 585–92 <<https://doi.org/10.1515/HF.2003.088>>

Ningsih, Deffi Surya, 'Jenis-Jenis Rayap (Isoptera) Pada Kawasan Cagar Alam Lembah Anai Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat (Termites Species (Isoptera) at Lembah Anai Nature Reserve Tanah Datar', 4.2 (2015), 1–8 <<https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/ejurnal/mipa/article/view/4474>>

Oberst, Sebastian, Joseph C.S. Lai, Richard Martin, Benjamin J. Halkon, Mohammad Saadatfar, and Theodore A. Evans, 'Revisiting Stigmergy in Light of Multi-Functional, Biogenic, Termite Structures as Communication Channel', *Computational*

and Structural Biotechnology Journal, 18 (2020), 2522–34
<<https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.08.012>>

Pribadi, Teguh, ‘Bagaimana Rayap Dapat Digunakan Sebagai Bioindikator’, *Anterior Jurnal*, 14.1 (2014), 20–28
<<https://doi.org/10.33084/anterior.v14i1.219>>

Rafli, Muhammad Ali, Sylvia Madusari, and Jojon Soesatrijo, ‘KOMPARASI EFEKTIVITAS METODE PENGENDALIAN RAYAP *Macrotermes Gilvus* DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT’, *Jurnal AGROSAINS Dan TEKNOLOGI*, 5.2 (2021), 77
<<https://doi.org/10.24853/jat.5.2.77-86>>

Safitri, Merina, Evie Ratnasari, and Reni Ambarwati, ‘Efektivitas *Steinernema* Sp. Dalam Pengendalian Hama Serangga Tanah Pada Berbagai Tekstur Tanah’, *Lentera Bio*, 2.1 (2013), 25–31

Shelton, Thomas G., and Arthur G. Appel, ‘Carbon Dioxide Release in *Coptotermes Formosanus* Shiraki and *Reticulitermes Flavipes* (Kollar): Effects of Caste, Mass, and Movement’, *Journal of Insect Physiology*, 47.3 (2001), 213–24
<[https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(00\)00111-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(00)00111-6)>

Subekti, Niken, ‘Kandungan Bahan Organik Dan Akumulasi Mineral Tanah Pada Bangunan Sarang Rayap Tanah *Macrotermes Gilvus* Hagen’, *Biosaintifika*, 4.1 (2012), 10–17
<<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/biosaintifika>>

Subekti, Niken, Dedy Duryadi, Dodi Nandika, Surjono Surjokusumo, and Syaiful Anwar, ‘SEBARAN DAN KARAKTER MORFOLOGI RAYAP TANAH *Macrotermes Gilvus* Hagen DI HABITAT HUTAN ALAM (Distribution and Morphology Characteristic of *Macrotermes Gilvus* Hagen in The Natural Habitat)’, *Sebaran Dan Karakter Morfologi Rayap Tanah Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 1.1 (2008), 27–33

SURYA DEWI, NI MADE NIA BUNGA, ‘Analisa Limbah Rumah Tangga Terhadap Dampak Pencemaran Lingkungan’, *Ganec Swara*, 15.2 (2021), 1159

<<https://doi.org/10.35327/gara.v15i2.231>>

Susana, Tjuju, 'Karbondioksida', XIII.1 (1988), 1–11

Syaukani, and Graham J. Thompson, 'Taxonomic Notes on Nasutitermes and Bulbitermes (Termitidae, Nasutitermitinae) from the Sunda Region of Southeast Asia Based on Morphological and Molecular Characters', *ZooKeys*, 148 (2011), 135–60 <<https://doi.org/10.3897/zookeys.148.2055>>

Tarumingkeng, R. C., *Biologi Dan Perilaku Rayap*, 2001

Trianto, Manap, Fajri Marisa, Nuraini, and Sukmawati, 'Bioma : Jurnal Biologi Makassar Diversity of Termites on Oil Palm and Rubber Plantation in Banjar Regency, South Kalimantan', *Jurnal Biologi Makassar*, 5.2 (2020), 199–209 <<http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>>

Viswajyothei, K., Jawala Jindal, and Naveen Aggarwal, 'The Effect of Temperature and CO₂ on the Development of Pink Stem Borer on Maize', *International Journal of Tropical Insect Science*, 40.1 (2020), 63–69 <<https://doi.org/10.1007/s42690-019-00052-3>>

Vitianingsih, Anik Vega, Rachmad Ary Ramadhan, Anastasia Lidya Maukar, Erri Wahyu Puspitarini, and Yunus Susilo, 'Analisa Spasial Menggunakan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Penyerapan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Emisi Karbondioksida', *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 10.2 (2021), 91 <<https://doi.org/10.23887/janapati.v10i2.30007>>

Wahyu Angga, Yessi, Henny Oktavianti, Jurusan Ilmu Ekonomi, and Fakultas Ekonomi dan Bisnis, 'Februari 2021, Hal 79-85 Yessi Wahyu Angga', *Henny Oktavianti.... BEP*, 2.1 (2021), 1

Wahyuni, Ni Luh Sri, Rina Ratianingsih, and Agus Indra Jaya, 'Mengontrol Laju Pelepasan Kalor Pada Model Dinamik Unsur Utama Iklim', *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 12.1 (2016), 12–22

<<https://doi.org/10.22487/2540766x.2015.v12.i1.7483>>

Wirana, Indra, Jaya Gobel, and Rieneke L E Sela, '25787-52835-1-Sm', 6.3 (2019), 628–36

Yonatan, Stefany, Deny Tri Ardianto, and Paulus Benny Setyawan, 'Perancangan Video Edukasi Penanganan Hama Rayap Sebagai Upaya Penguatan Branding Cv. Anugerah Jaya Rayap Surabaya', *Jurnal DKV Adiwarna*, 1.16 (2020), 12

Ziesmann, J., 'The Physiology of an Olfactory Sensillum of the Termite *Schedorhinotermes Lamanianus*: Carbon Dioxide as a Modulator of Olfactory Sensitivity', *Journal of Comparative Physiology - A Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 179.1 (1996), 123–33 <<https://doi.org/10.1007/BF00193440>>



LAMPIRAN



A.1 Proses Pengambilan Sampel Rayap *Nasutitermes*

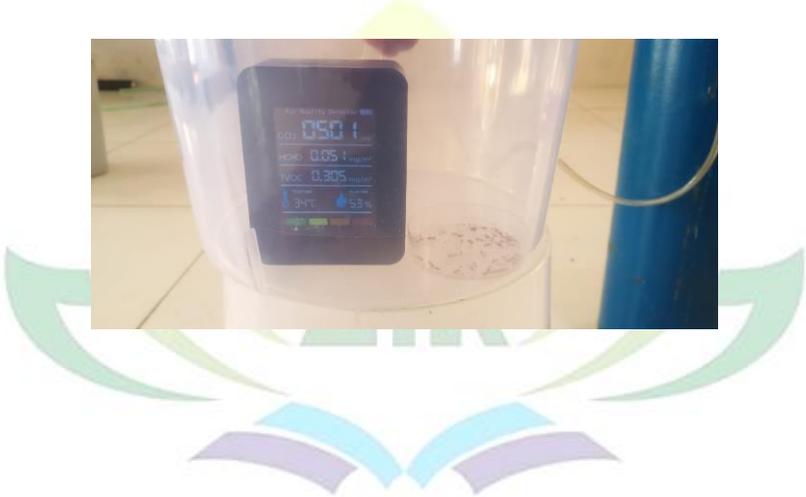


A.2 Proses Pengambilan Sampel Rayap *Macrotermes*



A.3 Proses Pengamatan Rayap *Nasutitermes* Dan *Macrotermes*





A.4 Tabel Persentase Mortalitas Dan Persentase Hidup Rayap *Nasutitermes*

Rayap <i>Nasutitermes</i>										
kadar karbondioksida	ulangan	waktu pengamatan				JML Rayap Hidup	JML Rayap Mati	JLM RH+RM	persentase mortalitas (%)	persentase hidup (%)
		15	30	45	60					
500 ppm	1	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
	2	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
	3	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
								Total	0%	100%
1000 ppm	1	0	0	4	7	50	16	66	24%	76%
	2	0	0	0	2	50	20	70	29%	71%
	3	0	0	1	5	50	22	72	31%	69%
								Total	28%	72%
1500 ppm	1	4	6	10	12	50	28	78	36%	64%
	2	2	7	8	15	50	25	75	33%	67%
	3	5	7	8	13	50	21	71	30%	70%
								Total	33%	67%
2000 ppm	1	5	7	7	11	50	40	90	44%	56%
	2	3	7	8	12	50	41	91	45%	55%
	3	3	7	9	13	50	38	88	43%	57%
								Total	44%	56%

A.5 Tabel Persentase Mortalitas Dan Persentase Hidup Rayap *Macrotermes*

Rayap <i>Macrotermes</i>										
kadar karbondioksida	ulangan	waktu pengamatan				JML Rayap Hidup	JML Rayap Mati	JLM RH+RM	persentase mortalitas%	persentase hidup(%)
		15	30	45	60					
500 ppm	1	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
	2	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
	3	0	0	0	0	50	0	50	0%	100%
								Total	0%	100%
1000 ppm	1	0	2	5	5	50	15	65	23%	77%
	2	0	0	3	3	50	17	67	25%	75%
	3	0	1	1	3	50	19	69	28%	72%
								Total	25%	75%
1500 ppm	1	3	5	9	9	50	39	89	44%	56%
	2	0	3	7	11	50	41	91	45%	55%
	3	1	5	7	12	50	39	89	44%	56%
								Total	44%	56%
2000 ppm	1	3	7	9	14	50	41	91	45%	55%
	2	5	5	9	11	50	44	94	47%	53%
	3	5	6	8	10	50	45	95	47%	53%
								Total	46%	54%

A.6 Hasil Output Uji Normalitas Rayap *Nasutitermes*

		Unstandardized Residual
N		24
Normal Parameters ^a	Mean	,0000000
	Std. Deviation	4,58468509
Most Extreme Differences	Absolute	,128
	Positive	,108
	Negative	-,128
Kolmogorov-Smirnov Z		,629
Asymp. Sig. (2-tailed)		,824

a. Test distribution is Normal.

A.7 Hasil Output Uji Homogenitas Rayap *Nasutitermes*

Test of Homogeneity of Variances

Hasil Tes

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,447	1	46	,507

A.8 Hasil Output Uji Normalitas Rayap *Macrotermes*

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		24
Normal Parameters ^a	Mean	,0000000
	Std. Deviation	4,58468509
Most Extreme Differences	Absolute	,128
	Positive	,108
	Negative	-,128
Kolmogorov-Smirnov Z		,629
Asymp. Sig. (2-tailed)		,724

a. Test distribution is Normal.

A.9 Hasil Output Uji Homogenitas Rayap *Macrotermes*

Test of Homogeneity of Variances

Hasil Tes

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,447	1	46	,707

A. 10 Hasil Output Uji ANOVA

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
MAKROTERMES	Between Groups	.803	1	.803	53.233	.000
	Within Groups	.936	62	.015		
	Total	1.739	63			
NASUTITERMES	Between Groups	.746	1	.746	12.337	.000
	Within Groups	3.749	62	.060		
	Total	4.495	63			



A. 11 Surat Permohonan Penelitian



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
 Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame I Bandar Lampung 35131 ☎️ (0721) 780887
 Email:humas@radenintan.ac.id Website:www.radenintan.ac.id

Nomor : B-4565 /Un.16/DT/PP.009.7/04/2024 Bandar Lampung, 30 April 2024
 Sifat : Penting
 Lampiran : -
 Perihal : Permohonan Mengadakan Penelitian

Kepada :
 Yth, Kepala Pulau Sebesi Kabupaten Selatan.
 Di
 Tempat

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Setelah memperhatikan Judul Skripsi dan *Out Line* yang sudah disetujui oleh dosen Pembimbing Akademik (PA), maka dengan ini Mahasiswa/i Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung :

Nama : Ferry Andreansyah
 NPM : 2011060064
 Semester/T.A : 8 (Delapan) 2023/2024
 Program Studi : Pendidikan Biologi
 Judul Skripsi : Survivabilitas rayap *Nasutitermes* dan *Macrotermes (Isoptera : Termitidae)* terhadap perlakuan kadar karbondioksida bervariasi.

Akan mengadakan penelitian di tempat tersebut di atas, guna mengumpulkan data dan bahan-bahan penulisan skripsi yang bersangkutan, maka waktu yang diberikan mulai 06 Mei 2024 sampai dengan Selesai.

Demikian, atas perkenan dan bantuannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Dekan



Prof. Dr. H. Niva Diana, M.Pd
 NIP. 196408211988032002



Tembusan :

- Wakil Dekan Bidang Akademik;
- Kabag TU;
- Kaprodi Pendidikan Biologi;
- Mahasiswa yang bersangkutan

A. 12 Surat Keterangan Turnitin



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
PUSAT PERPUSTAKAAN
 Jl. Letkol H. Endro Suratmin, Sukarame I, Bandar Lampung 35131
 Telp.(0721) 780887-74531 Fax. 780422 Website: www.radenintan.ac.id

SURAT KETERANGAN
 Nomor: B-1748/Un.16 / P1 /KT/VI/ 2024

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : **Dr. Ahmad Zarkasi, M. Sos. I**
 NIP : 197308291998031003
 Jabatan : Kepala Pusat Perpustakaan UIN Raden Intan Lampung
 Menerangkan bahwa Karya Ilmiah dengan judul :

**SURVIVABILITAS RAYAP NASUTITERMES DAN MACROTERMES (ISOPTERA :
 TERMITIDAE) TERHADAP PERLAKUAN KADAR KARBONDIOKSIDA BERVARIASI**
 Karya

NAMA	NPM	FAKULTAS/PRODI
FERRY ANDREANSYAH	2011060064	FTK/P Biologi

Bebas Plagiasi dengan tingkat kemiripan sebesar **18%**. Dan dinyatakan **Lulus** dengan bukti terlampir.

Demikian Keterangan ini kami buat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Bandar Lampung, 10 Juni 2024
 Kepala Pusat Perpustakaan



Dr. Ahmad Zarkasi, M. Sos. I
 NIP. 197308291998031003

Ket:

1. Surat Keterangan Cek Turnitin ini Legal & Sah, dengan Stempel Asli Pusat Perpustakaan.
2. Surat Keterangan ini Dapat Digunakan Untuk Repository
3. Lampirkan Surat Keterangan Lulus Turnitin & Rincian Hasil Cek Turnitin ini di Bagian Lampiran Skripsi Untuk Salah Satu Syarat Penyebaran di Pusat Perpustakaan.

A. 13 Surat Keterangan Hasil Turnitin

Survivabilitas Rayap Nasutitermes dan Macrotermes
(Isoptera : Termitidae) Terhadap Perlakuan Kadar
Karbondioksida Bervariasi

ORIGINALITY REPORT			
18%	17%	9%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	repository.radenintan.ac.id Internet Source	3%	
2	123dok.com Internet Source	2%	
3	Submitted to State Islamic University of Alauddin Makassar Student Paper	1%	
4	publication.petra.ac.id Internet Source	1%	
5	ojs.fkip.ummetro.ac.id Internet Source	1%	
6	experts.azregents.edu Internet Source	1%	
7	text-id.123dok.com Internet Source	1%	
8	link.springer.com Internet Source	<1%	
9	journal.ugm.ac.id Internet Source	<1%	
10	publications.goettingen-research-online.de Internet Source	<1%	
11	repository.ufrpe.br Internet Source	<1%	
12	rsdjournal.org Internet Source		