

---

## Aplikasi Bakteri Endosimbion Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen dalam Mendekomposisi Berbagai Jenis Kayu dan Tanah Mineral

---

Rini Susanti<sup>\*)</sup>, Wizni Fadhillah, Andini Hanif

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia.

Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia.

<sup>\*)</sup>Correspondence author: [rinisusanti@umsu.ac.id](mailto:rinisusanti@umsu.ac.id)

### Abstrak

Rayap adalah sekelompok serangga eusosial yang menampung konsorsium bakteri aerobik, anaerobik, dan mikroaerofilik yang bertanggung jawab atas degradasi selulosa dan hemiselulosa serta bermanfaat bagi organisme inangnya. Kemampuan rayap dalam mencerna lignoselulosa 74-99%. Rayap mempunyai potensi dalam mendegradasi dengan bakteri yang terdapat di dalam tubuh rayap baik di usus atau pun pencernaannya. Bakteri didalam tubuh rayap dapat mencerna selulosa lebih besar 65% dibandingkan dengan bakteri yang terdapat pada cacing tanah, ulat bulu dalam bentuk kertas filter. Bakteri yang terdapat di usus rayap *Macrotermes gilvus* Hagen sangat berperan pada proses degradasi bahan organik yang ada di alam. Tujuan dari penelitian adalah melihat kemampuan bakteri dari perut rayap *Macrotermes gilvus* Hagen dalam mendegradasi media pakan rayap dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan faktor pertama yaitu konsentrasi starter bakteri terdiri dari kontrol, 40%, 50% dan 60 %, sedangkan faktor kedua adalah faktor media dekomposisi rayap diantaranya kayu kelapa sawit, kayu karet, kayu mahoni dan tanah mineral. Parameter yang diamati yaitu pengukuran pH, kelembaban, dan suhu, ratio c/n, jumlah bakteri per satu gram media yang digunakan. Hasil yang didapat di penelitian ini adalah perlakuan starter 60% mampu mendekomposisi berbagai jenis kayu dan tanah mineral memberikan pengaruh nyata pada parameter berat media kayu dan tanah mineral dengan hasil rata-rata terbaik pada media kayu kelapa sawit (948.42 gr), dengan pH 5,3-6,89, RH 74-98 dan suhu 26-29,4<sup>o</sup>C.

**Kata kunci:** Bakteri endosimbion, dekomposisi, kayu, rayap, tanah mineral.

## Application Of Endosymbion Bacteria *Macrotermes gilvus* Hagen in Composing Different Types of Wood and Mineral Soil

### Abstract

Termites are a group of eusocial insects that host a consortium of aerobic, anaerobic and microaerophilic bacteria that are responsible for the degradation of cellulose and hemicellulose and are beneficial to the host organism. The ability of termites to digest lignocellulose is 74-99%. Termites have the potential to degrade the bacteria found in the termites' bodies, both in their intestines and digestive tract. The bacteria in termites' bodies can digest 65% more cellulose than the bacteria found in earthworms and caterpillars in the form of filter paper. The bacteria found in the intestines of the *Macrotermes gilvus* Hagen termite play an important role in the degradation process of organic materials found in nature. The aim of the research was to see the ability of bacteria from the stomach of the *Macrotermes gilvus* Hagen termite to degrade termite food media at different concentrations. This study used a completely randomized factorial design with the first factor, namely the starter bacterial concentration consisting of control, 40%, 50% and 60%, while the second factor was the termite decomposition media factor including oil palm wood, rubber wood, mahogany wood and mineral soil. The parameters observed were measurements of pH, humidity and temperature, c/n ratio, number of bacteria per gram of media used. The results

obtained in this research were that the 60% starter treatment was able to decompose various types of wood and mineral soil, providing a real influence on the weight parameters of the wood and mineral soil media with the best average results on oil palm wood media (948.42 gr), with a pH of 5.3- 6.89, RH 74-98 and temperature 26-29.4°C.

**Keywords:** Endosymbiont bacteria, decomposition, wood, termites, mineral soil.

**Received:** 22 September 2023; **Revised:** 27 February 2024; **Accepted:** 05 May 2024

## PENDAHULUAN

Rayap adalah komponen hidup ekosistem alami. Rayap di seluruh ekosistem merupakan konsumen energi, konsumen primer, dan pengurai bahan organik. Rayap dapat merusak dan memakan bagian tanaman yang mati dan hidup, sekaligus memanfaatkan symbiosis dengan organisme lain untuk menguraikannya menjadi bahan anorganik. atau endosimbion didalam sistem pencernaannya. Rayap makan kayu atau bahan yang terutama terdiri dari selulosa. Karena saluran pencernaannya yang penuh dengan mikroorganisme simbiosis, seperti bakteri dan protozoa, rayap memiliki kemampuan untuk mendegradasi selulosa. Usus depan, usus tengah, dan usus belakang rayap membentuk sistem pencernaan pada rayap. Sebagian besar simbiosis tinggal di usus belakang. Salah satu jenis hubungan yang saling menguntungkan yang disebut mutualisme adalah ketika usus rayap mengandung mikroorganisme (Berlanga *et al.*, 2011), Karena selulosa, makanan utama rayap, tersusun dalam kayu, rayap menyukai semua jenis kayu. (Herlinda *et al.*, 2010) menyelidiki serangan rayap *C. curvignathus* pada tanaman karet di Sumatera Selatan. Mereka menemukan bahwa rayap jenis ini sangat berpotensi merusak pohon karet yang sedang berproduksi, menurunkan produktivitas, dan bahkan dapat menyebabkan kematian pohon. 13 spesies rayap ditemukan dalam penelitian yang dilakukan pada perkebunan kelapa sawit di Sarawak, Malaysia. Ini termasuk *C. curvignathus*, *C. sepangensis*, *C. gestroi*, *Parrhinotermes aequalis*, *S. breviaulatus*, *S. javanicus*, *S. sarawakensis*, *Pericapritermes dolchocephalus*, *Macrotermes curvignathus*, *Nasutitermes haviliandi*, *N. langinasoides*, *N. matangensiformis*, dan *Havilanditermes atripennis* (Bong *et al.*, 2012) Rayap juga menyerang fase pembibitan kakao, yang membuatnya sangat berbahaya (Du, 2009).

Rayap memainkan peran penting dalam ekosistem karena mereka mendaur ulang bahan limbah seperti kotoran, kayu mati, tanaman, dan jaringan mati di setiap tahap pembusukan (Freymann *et al.*, 2008);(Bignell *et al.*, 2011). Spesies yang mengkonsumsi selulosa melalui bantuan protozoa yang ada di usus tengah tertentu (Tokuda *et al.* 1997). Usus belakangnya mengandung sekitar 200 spesies mikroba yang berbeda (Ibrahim dan Adebote, 2012). Mereka bergantung pada protozoa simbiosis (metamonad) dan protozoa flagellata (mikroba lain) untuk melakukan tugas ini (Ikeda-Ohtsubo dan Brune, 2009). Namun, protozoa, seperti *Trichonympha*, menggunakan bakteri simbiosis di permukaannya untuk menghasilkan enzim pencernaan yang dibutuhkan.

Diketahui bahwa bakteri ada di usus rayap tingkat tinggi dan rendah. Hasil penelitian (Mubin, 2013) tentang keanekaragaman spesies rayap dan bakteri simbiosis menunjukkan bahwa jenis bakteri menentukan warna pada setiap jenis rayap: *Macrotermes gilvus*, *Macrotermes insperatus*, *Coptotermes mohri*, *Schedorinotermes javanicus*, dan *Coptotermes curvignathus*. Bakteri yang diisolasi dari saluran usus rayap *Macrotermes spp.* melalui uji oksidase yang dilakukan oleh (Antriana, 2014) juga menunjukkan karakteristik warna yang berbeda.

Setelah rayap mencerna lignoselulosa sebagai molekul yang lebih kecil, organisme lain seperti cacing dan bakteri tanah memaksimalkan proses degradasi material organik menjadi komponen penyusun tanah. 20-50% selulosa, 15-35% hemiselulosa, dan 18 – 35% lignin adalah komponen lignoselulosa. Enzim yang dibuat oleh rayap dan mikroorganisme yang ada di ususnya membantu rayap menghancurkan selulosa (Ni dan Tokuda, 2013). Banyak molekul glukosa memiliki polimer linear selulosa yang terikat dengan tipe ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik. Ikatan tersebut dihidrolisis oleh enzim selulase, yang juga bertanggung jawab untuk daur ulang polisakarida. Kemampuan rayap untuk mencerna lignoselulosa berkisar antara 74 dan 99 persen. Kemampuan ini dapat digunakan untuk membuang sampah organik secara efektif dengan mengisolasi dan meningkatkan jumlah mikroorganisme yang ada di saluran pencernaan rayap.

Bahan organik (BO) dimasukkan ke dalam tanah akan terjadi suatu proses dekomposisi, yang akan menghasilkan senyawa organik yang lebih sederhana dan senyawa anorganik yang tidak stabil. BO juga sebagai source dari segala macam unsur hara yang terdapat pada tanaman yang terpenting unsur N dan P. Selain itu dapat menaikkan pH tanah dan KTK 8, yang merupakan kapasitas tukar kation. Ada beberapa

cara untuk mempercepat pengomposan, artinya memanipulasi faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan, seperti: Mengatur rasio C/N bahan kompos, mengontrol ukuran bahan, kadar air, menambahkan mikroorganisme yang dapat mempercepat proses pengomposan, dan lain-lain. Komponen bahan organik dalam tanah terus berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya karena adanya aktivitas biota tanah. Biota tanah memberi tanaman nutrisi dengan mengonsumsi bahan organik dan menghasilkan produk samping, limbah, dan jaringan tubuh pada tanaman (Susanti dan Halwany, 2017).

Rayap dapat hidup di berbagai jenis tanah, tetapi rayap tanah biasanya lebih suka tanah yang banyak mengandung liat. Keberadaan jenis rayap tertentu dapat merubah profil tanah, mempengaruhi tekstur tanah dan pendistribusian bahan organik. Sarang rayap *Macrotermes gilvus* pada tanah liat memiliki kandungan N total yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah (Arifin, 2018).

Sedang dilakukan penelitian tentang aktivitas fungsi ekologis rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen yang berfungsi sebagai pengurai utama di hutan dan sebagai agen biologis yang meningkatkan vegetasi dan kualitas tanah. Rayap *M. gilvus* Hagen dapat mengubah sifat fisik dan kimia tanah dan sangat berperan dalam memodifikasi berbagai unsur mineral pada tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan bahan organik dalam sarang menghasilkan 98,33% padatan, yang terdiri dari 1,67% abu, 23,95% lemak, 39,52% protein, dan 29,18% mineral (Subekti, 2012).

Kemampuan bakteri dalam mendegradasi bahan organik diketahui sangatlah tinggi. Bakteri yang dibahas dalam penelitian ini berasal dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen, yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan bahan organik. Tujuan dari penelitian adalah melihat kemampuan bakteri endosimbion dari perut rayap *Macrotermes gilvus* Hagen dalam mendegradasi media pakan rayap dengan konsentrasi yang berbeda-beda.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Tuar No.65 Kota Medan, Kecamatan Medan Amplas, ketinggian  $\pm$  27 meter di atas permukaan laut pada bulan Juni - September 2023

### Bahan dan Alat

Adapun bahan pada penelitian ini bakteri endosimbion pada rayap, natrium agar, tanah mineral, kayu kelapa sawit, kayu mahoni dan kayu batang karet, tali plastik. alat-alat yang dipakai dalam penelitian shacker, cawan petri, jarum opset, autoclave, stopwatch, kalkulator, alat tulis.

Penelitian ini menggunakan Rancangan acak Lengkap Faktorial (RAL) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi starter usus rayap yang terdiri 4 taraf yaitu: R<sub>0</sub> (0% konsentrasi bakteri (kontrol)), R<sub>1</sub> (40% konsentrasi bakteri), R<sub>2</sub> (50% konsentrasi bakteri), dan R<sub>3</sub> (60% konsentrasi bakteri), sedangkan faktor kedua adalah media perkembangan rayap (M) yang terdiri dari 4 taraf, yaitu: M<sub>1</sub> (kayu kelapa sawit), M<sub>2</sub> (kayu karet), M<sub>3</sub> (kayu mahoni), dan M<sub>4</sub> (tanah mineral).

### Prosedur Penelitian

#### Persiapan usus rayap *M. gilvus*

Rayap dikumpulkan dari pengamatan di sekitar perkebunan kelapa sawit rakyat di Bagan Batu. Rayap yang diteliti merupakan rayap bawah tanah dari kasta pekerja *M. gilvus* Hagen. Permukaan tubuh rayap yang terkumpul disterilkan dengan etanol 70% dan dibersihkan dengan cairan aquades yang steril. Organ dalam *M. gilvus* Hagen dikeluarkan dengan aseptik memakai pinset mikro juga makro yang menahan tubuh rayap. Usus yang dibuang dikumpulkan dalam microtube (Annisa, 2015).

#### Kultur mikroba rayap

Metode (Rifaat, 2024) digunakan untuk mengkultur mikroba rayap *M. gilvus* Hagen di bawah tanah.

#### Pembuatan starter bakteri dari usus rayap *M. gilvus*

Untuk membuat larutan stok starter, 9 mililiter media NB dimasukkan bersamaan dengan bakteri yang tumbuh dalam media NA. Bakteri ini diinkubasi dua kali selama 24 jam pada suhu 30 °C. Setelah inkubasi, larutan stok starter disimpan di dalam freezer (Annisa, 2015).

**Penetapan konsentrasi starter mikroba dari usus rayap *M. gilvus***

Larutan stok awal diencerkan dengan konsentrasi yang berbeda: 0%, 40%, 50%, dan 60%. Konsentrasi 40% dicapai dengan melarutkan 4 ml larutan starter stock dalam 6 ml NB. Konsentrasi 50% dicapai dengan melarutkan 5 ml larutan starter stock dalam 5 ml NB. Konsentrasi 60% dicapai dengan melarutkan 6 ml larutan starter stock dalam 4 ml NB. Konsentrasi 0% hanya terdiri dari 10 mL NB yang digunakan sebagai kontrol (Annisa, 2015).

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Berat Media Kayu dan Tanah Mineral****Tabel 1. Rataan Berat Media Media Kayu dan Tanah Mineral**

Konsentrasi Strater Usus Rayap	Media Perkembangan Rayap				Total	Rataan
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>		
R <sub>0</sub>	963.78	963.56	970.67	972.67	3870.67	967.67a
R <sub>1</sub>	956.11	953.56	962.78	972.00	3844.44	961.11b
R <sub>2</sub>	942.22	953.44	956.89	970.89	38427.4	956.86c
R <sub>3</sub>	927.56	938.78	956.00	963.78	3786.11	946.53d
<b>Total</b>	3793.67	3809.33	3846.33	3879.33	15328.7	3832.17
<b>Rataan</b>	948.42d	952.33c	961.58b	969.83a	3832.17	958.04

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata, pada taraf 5 % uji jarak Duncan.

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pemberian aplikasi bakteri endosimbion rayap *macrotermes gilvus* hagen dalam mendekomposisi berbagai jenis kayu dan tanah mineral menghasilkan dampak sangat nyata pada pengamatan berat media kayu dan tanah mineral dengan hasil rata-rata terbaik yaitu pada media kayu kelapa sawit (948.42 gr) dan dengan perlakuan terbaik pada konsentrasi usus rayap R<sub>3</sub> (60% konsentrasi bakteri). Pada kayu kelapa sawit mengalami tingkat dekomposisi lebih tinggi dari media lainnya yaitu karet, mahoni dan tanah mineral. Hal ini dikarenakan batang kelapa sawit memiliki kelemahan yaitu banyak mengandung air dan pati (Hermawan et al., 2014). Rayap adalah serangga yang memakan kayu (*Xylophagus*) dan bahan mengandung serat dan selulosa yang merupakan sumber makanan utama bagi rayap. Dalam simbiosis mutualisme, mikroba ada di usus rayap. Rayap menyediakan tempat anaerob dan makanan bagi mikroba. Untuk membantu rayap mencerna serat kasar, pihak mikroba memberikan enzim selulase. Di dalam saluran pencernaan rayap terdapat mikroba selulolitik yang membantu mengubah partikel kayu menjadi senyawa terlarut yang banyak mengandung selulosa. Ini terdiri dari sekitar 40% hingga 45% dari bahan kering (Gergonius dan Yuni, 2016).

Serat dan selulosa memberikan energi yang dibutuhkan oleh rayap untuk bertahan hidup dan berkembang biak, keadaan kelembapan yang tinggi merupakan kondisi yang paling disukai oleh rayap *macrotermes gilvus* selain itu kelembapan tinggi juga merupakan keadaan yang paling sesuai dalam pertumbuhan bakteri. Struktur kayu pada tanaman kelapa sawit dapat memberikan perlindungan dan tempat berlindung bagi koloni rayap. Rayap membangun terowongan dan sarang di dalam kayu, yang membantu mereka terhindar dari predator dan mempertahankan kelembapan, selain itu tanaman kelapa sawit mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat menarik rayap seperti fenol, terpenoid dan flavonoid adalah senyawa metabolit sekunder berfungsi sebagai atraktan (menarik organisme (Susanti et al., 2020). Fenol adalah senyawa organik aromatik yang ditemukan di berbagai tanaman dan memiliki aroma khas yang menarik bagi rayap. Fenol dapat ditemukan dalam kayu dan jaringan tanaman kelapa sawit, dan kehadirannya dapat meningkatkan daya tarik rayap terhadap tanaman tersebut (Yin et al., 2013).

Senyawa kimia fenol dan terpenoid yang ditemukan dalam tanaman kelapa sawit memiliki kemampuan untuk menarik rayap. Fenol adalah senyawa kimia yang biasanya ditemukan dalam tanaman dan memiliki sifat yang dapat menarik rayap. Studi telah menunjukkan bahwa fenol dapat berfungsi sebagai atraktan rayap, menarik mereka ke sumbernya. Selain itu, fenol dapat membantu mengatur

interaksi antara tanaman dan mikroba dalam tanah, yang berpotensi berdampak pada jumlah rayap yang ada. Senyawa terpenoid yang umumnya ditemukan dalam tanaman, termasuk kelapa sawit. Terpenoid memiliki berbagai efek biologis, salah satunya adalah berfungsi sebagai atraktan rayap. Beberapa terpenoid telah diteliti karena kemampuan mereka untuk menarik rayap dan mempengaruhi perilaku mereka. Kandungan total lignin pada kelapa sawit adalah sekitar 20,5%, rayap mampu mengkonsentrasikan kandungan lignin atau menggunakan tanah gambut bersama dengan serat kelapa sawit dalam pembuatan sarang untuk keperluan konstruksi (Chan *et al.*, 2011).

Hampir seluruh bagian tanaman kelapa sawit, dari akar sampai pucuk berpotensi menjadi sumber makanan rayap karena mengandung selulosa. tidak hanya mampu merusak pelepah daun, terutama bagian pangkalnya Liang-liang kembara yang terbentuk di dalam batang kelapa sawit dapat juga menembus ke permukaan batang sehingga pada permukaan batang sering terlihat lubang-lubang. Lubang-lubang inilah yang menghubungkan liang-liang kembara di dalam batang kelapa sawit dengan liang-liang kembara atau sasaran serangan di bagian luar batang (Nandika, 2014).

Rayap memakan bahan tanaman mati atau hidup seperti kayu dan serasah daun, tanah atau kotoran hewan, serta akar tanaman sehat. Rayap kayu kering menginfeksi struktur kayu, sedangkan spesies kayu basah menginfeksi material yang hanya terkena curah hujan, kelembapan, atau tanah, misalnya kayu di daerah tropis, subtropis, dan lainnya.

Dekomposisi pohon mati dan tunggul pohon yang mati akibat rayap dapat mempengaruhi dinamika populasi dan distribusi burung, kelelawar, mamalia, dan arthropoda termasuk bibit pohon (Evans, 2011). Sisi positifnya, rayap meningkatkan infiltrasi air dengan mempercepat perendaman air hujan melalui terowongan di dalam tanah, sehingga mengurangi risiko erosi. Fenomena ini disebut turbasi biologis (Katayama *et al.*, 2008). Selain itu, rayap juga bermanfaat bagi pertanian, karena rayap merupakan agen utama penguraian mulsa permukaan menjadi humus yang berperan penting dalam agregasi tanah, memungkinkan aerasi dan infiltrasi air, meningkatkan hasil panen, dan menyuburkan tanah, secara tidak langsung (Nhamo, 2007). Rayap dan semut dapat mengkolonisasi kembali lahan yang belum digarap yang berisi tunggul tanaman, yang digunakan koloni sebagai makanan ketika mereka membangun sarang. Biokonversi mulsa setelah direndam dengan air hujan meningkatkan jumlah nitrogen dalam tanah, yang merupakan nutrisi utama untuk produksi tanaman

#### Suhu, Kelembapan dan pH Pada Media Kayu dan Tanah Mineral

Endosimbion pada rayap, khususnya bakteri dan protista, hidup di lingkungan internal rayap, seperti jaringan rayap atau saluran pencernaan. Suhu rayap biasanya stabil dan biasanya cocok untuk bakteri dan protista. Kondisi ini memungkinkan endosimbion menjalani siklus hidupnya dengan baik dan melakukan fungsi terbaik mereka. Pencernaan selulosa yang efektif membutuhkan kelembapan yang tinggi juga. Sumber nutrisi ini dimanfaatkan oleh Endosimbion rayap, terutama bakteri, untuk tumbuh dan berkembang biak. pH rayap cenderung netral hingga sedikit asam.

Pengamatan pH tanah, kelembapan dan suhu dilakukan pada kayu dan juga tanah pada pagi hari. Proses pengamatan dilakukan sepanjang 5 menit pada setiap media dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Nilai pH, Suhu dan Kelembapan Pada Media Kayu dan Tanah Mineral**

Indikator	Kayu Kelapa Sawit	Kayu Karet	Kayu Mahoni	Tanah Mineral
pH	5,3 - 69	6,1 - 7,3	5,0 - 6,4	6,3 - 6,8
Kelembapan	74 - 98	75 - 88	92 - 94	85 - 97
Suhu	26 - 29,4	25,2 - 27,3	26,4 - 28,1	27,8 - 29,1

Pengukuran pH yang didapatkan pada kayu dan tanah mineral rata-ratanya adalah 5,0 - 7,8 dengan pH tersebut ternyata dekomposisi pada kayu dan tanah dapat terjadi dengan baik. Ini sejalan dengan penelitian (Prabowo dan Subantoro, 2017) yang menemukan bahwa keasaman (pH) adalah komponen penting dalam pertumbuhan bakteri, yang memengaruhi tingkat tinggi dan rendahnya kepadatan bakteri yang dihasilkan. Nilai pH yang paling rendah dan paling tinggi untuk pertumbuhan bakteri biasanya antara 4 dan 9, sedangkan pH optimal antara 6,5 dan 7,5. pH mempunyai pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan bakteri karena berkaitan dengan aktivitas enzim yang dibutuhkan bakteri untuk mengkatalisis reaksi yang terlibat dalam pertumbuhan bakteri. Kerja enzim ini akan terhambat dalam situasi di mana kadar pH media atau lingkungan tidak ideal, yang pada gilirannya akan menghambat pertumbuhan bakteri itu sendiri (Syaukani, 2013). Selama proses hidrolisis, pH meningkat karena H

mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid, dan protein (Paramita *et al.*, 2012). Perbaikan pH menunjukkan aktivitas bakteri untuk menguraikan zat organik seperti karbohidrat menjadi glukosa. Selanjutnya, proses asetogenesis dan asidogenesis dilakukan oleh berbagai jenis bakteri. Bakteri obligat anaerob dan anaerob fakultatif adalah yang paling umum. Selama proses ini, asam organik seperti asam butirat, propionat, dan asetat diproduksi, yang menyebabkan pH turun. Kemudian, pH cenderung meningkat karena asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida (Aditiya, 2014).

Perubahan kelembapan berdampak signifikan terhadap aktivitas bakteri. Kelembapan yang rendah mengurangi aktivitas bakteri, namun bakteri memerlukan kelembapan yang tinggi untuk tumbuh. Rayap mempunyai kemampuan untuk menjaga kelembapan di dalam sarang (Pratiwi, 2021). Batang tanaman kelapa sawit yang batangnya tampak agak basah (lembab) memiliki tinggi, artinya rayap termasuk endosimbion umumnya sangat menyukai kelembapan tinggi sehingga frekuensi rayap pada batang kelapa sawit sangat tinggi.

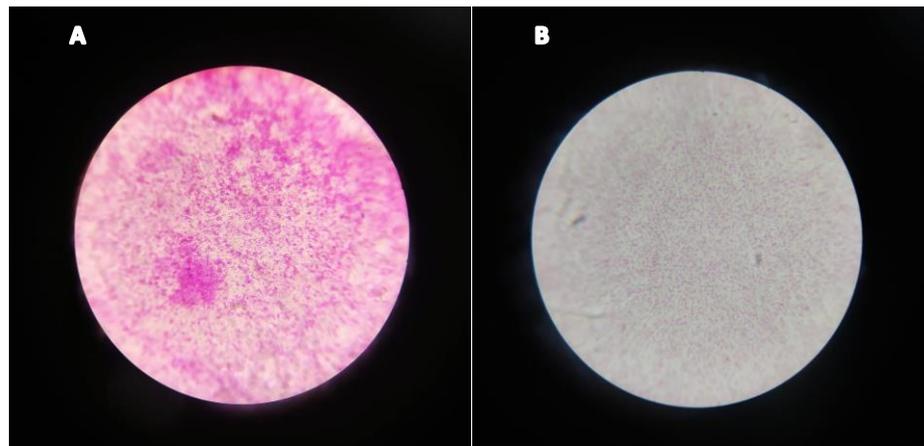
Kelembapan mempengaruhi dekomposisi bakteri dimana kelembapan yang tepat memungkinkan bakteri berkembang dengan paling baik. Bakteri membutuhkan air untuk bergerak, berkembang biak, dan melakukan aktivitas enzimatik yang diperlukan untuk menghancurkan bahan organik seperti kayu. Kelembapan mempengaruhi permeabilitas kayu, yang berarti seberapa mudah air dapat menembusnya. Kelembapan yang tinggi dapat membuat permeabilitas kayu lebih tinggi, yang berarti air dan nutrisi dapat masuk dengan lebih mudah dan memberikan lingkungan yang lebih baik bagi bakteri dekomposer. Selain itu suhu yang tinggi menyebabkan kelembapan yang tinggi, yang juga dapat meningkatkan laju metabolisme bakteri. Bakteri dapat bekerja lebih cepat dalam lingkungan dengan kelembapan yang tinggi.

Rata-rata nilai suhu yang didapatkan selama penelitian adalah 26°C - 29,4°C dimana suhu tersebut merupakan suhu yang sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangan bakteri endosimbion, hal ini sesuai dengan pernyataan (Suriani *et al.*, 2013) bahwa semua isolat bakteri dapat tumbuh pada rentang suhu 20° C sampai dengan 40° C. Kecepatan sintesis enzim, inaktivasi enzim, dan pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh suhu (Knob dan Carmona, 2008), dengan peningkatan suhu meningkatkan laju pertumbuhannya. Suhu pertumbuhan minimum, optimum, dan maksimum dimiliki oleh setiap mikroba, termasuk bakteri. Jika suhu lingkungan lebih rendah dari suhu maksimum pertumbuhannya atau lebih tinggi dari suhu minimumnya, aktivitas enzim akan terhenti, dan bahkan jika suhu lingkungan terlalu tinggi, akan terjadi denaturasi enzim. Bakteri berkembang dengan lambat pada suhu sekitar 30°C, dengan naiknya suhu, kecepatan pertumbuhan mikroba meningkat dengan cepat di atas suhu maksimum (Prats *et al.*, 2006). Dimana peningkatan suhu merupakan faktor utama yang mempengaruhi fungsi sistem mikroba. Peningkatan suhu mengubah fluiditas dan permeabilitas membran mikroba yang pada gilirannya mempengaruhi kelangsungan hidupnya (Kannoja *et al.*, 2019). Namun, sedikit peningkatan suhu tanah merangsang kerja mikrobiota tanah yang semakin menguatkan peningkatan laju nitrifikasi, mineralisasi fosfor dan nitrogen, serta respirasi tanah secara keseluruhan. Namun demikian, reaksi komunitas mikroba terhadap pemanasan tanah hanya berlangsung dalam jangka waktu yang sangat singkat.

Dalam suatu ekosistem, suhu mampu mengatur pertumbuhan dan penyebaran hewan yang hidup di dalamnya (Widihastuty *et al.*, 2019). Daerah tropis yang relatif panas dan lembab memberikan kondisi yang sangat menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangan organisme perusak kayu, terutama rayap yang mengandung endosimbion dalam mendekomposisi bahan-bahan yang mengandung selulosa. (Ahmad *et al.*, 2020).

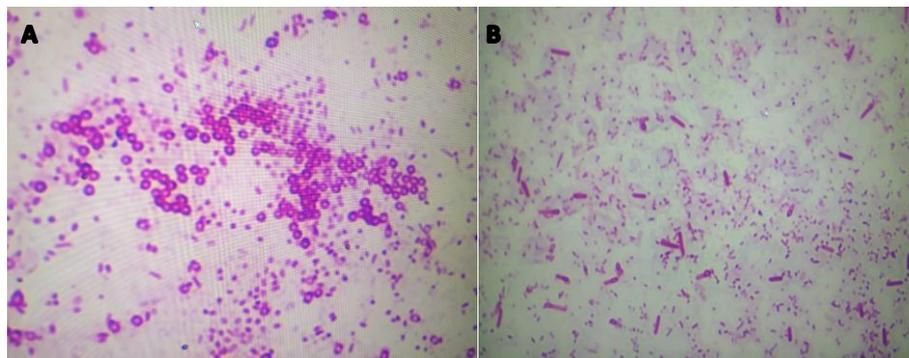
### **Sel Bakteri Pada Media Tanah dan Kayu**

Hasil pengamatan sel bakteri pada media tanah dan kayu dilakukan dengan Reaksi pewarnaan Gram didasarkan pada perbedaan komposisi kimia dinding sel bakteri. Identifikasi pewarnaan Gram adalah salah satu prosedur yang paling banyak digunakan untuk membedakan dua kelompok besar bakteri, yaitu Gram positif dan Gram negatif. Pada saat pewarnaan Gram, bakteri yang tetap berwarna ungu digolongkan ke dalam Gram positif, sedangkan bakteri berwarna merah digolongkan ke dalam Gram negatif. Bakteri gram positif akan menunjukkan warna biru keunguan (violet), sedangkan bakteri gram negatif akan menunjukkan warna merah muda ketika diamati melalui mikroskop (Anuar *et al.*, 2014). Sel Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal, sedangkan sel Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang jauh lebih tipis. Hasil penelitian sel bakteri pada media kayu dan tanah dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



**Gambar 1. Sel Bakteri Pada Media Tanah: A. Bakteri gram negatif (Berbentuk Coccus), B. Bakteri Gram Positif (Berbentuk Basil atau Batang)**

Pengamatan bakteri pada media tanah didapatkan yaitu bakteri gram negatif yang berbentuk coccus dan bakteri gram positif yang berbentuk basil atau batang. Jumlah bakteri gram positif didapatkan jumlahnya TUBD (terlalu banyak untuk dihitung), pada bakteri gram negatif juga jumlah bakterinya TUBD (terlalu banyak untuk dihitung).



**Gambar 2. Sel bakteri Pada Media Kayu: A. Bakteri Gram Negatif (Berbentuk Coccus), B. Bakteri Gram Positif (Berbentuk Basil atau Batang)**

Pengamatan bakteri pada media kayu juga didapatkan yaitu bakteri gram negatif yang berbentuk coccus dan bakteri gram positif yang berbentuk basil atau batang. Jumlah bakteri gram positif 293, bakteri gram negatif 237. Mengetahui karakteristik dari suatu bakteri dapat dilihat dari bentuk-bentuk sel yaitu berbentuk bulat, batang dan koma. Pada pengamatan bentuk bakteri berbentuk basil yang terbentuk seperti batang atau silinder termasuk genus *Bacillus*. Sel bakteri basil yaitu *Bacillus subtilis*, adalah bakteri gram positif berbentuk basil yang dapat ditemukan dalam koloni rayap. *Bacillus subtilis* berperan dalam dekomposisi bahan organik (Mathew *et al.*, 2012). *B. subtilis* dapat melindungi rayap dari infeksi patogen, dimana *B. subtilis* dapat bersaing dengan patogen di lingkungan tanah yang sama dengan rayap, membantu menjaga koloni rayap tetap sehat. *B. subtilis* masih dapat berinteraksi dengan mikroba di lingkungan rayap. Ini terjadi jika *B. subtilis* ada di tanah di sekitar sarang rayap. Di sana, mereka dapat membantu komunitas mikroba yang membantu kesehatan tanah dan rayap secara tidak langsung.

Sel bakteri coccus pada rayap yaitu *Enterococcus*, bakteri gram positif berbentuk coccus yang sering ditemukan dalam usus dan lingkungan rayap. Bakteri *Enterococcus* dapat ditemukan dalam saluran pencernaan rayap karena mereka adalah bagian dari mikrobiota biasa di lingkungannya. Rayap bergantung pada mikroba untuk pencernaan selulosa dan bahan organik lainnya. Komunitas bakteri seperti *Enterococcus* mungkin termasuk dalam saluran pencernaan rayap. Rayap dapat mengambil bakteri *Enterococcus* dari tanah, air, atau bahan organik yang mereka konsumsi. Jika *enterococcus* ada di tempat rayap tinggal atau mencari makanan, mereka mungkin masuk ke sistem pencernaan rayap. Bakteri *Enterococcus* mungkin ditemukan dalam saluran pencernaan rayap sebagai bagian dari interaksi kompleks yang terjadi antara rayap dan makhluk lain di sekitarnya. Misalnya, *Enterococcus* dapat berpartisipasi dalam proses biokimia yang mendukung kesehatan atau bersaing dengan bakteri lain dalam saluran pencernaan rayap.

Peran bakteri-bakteri ini dalam koloni rayap mungkin meliputi pencernaan selulosa, penguraian bahan organik, serta memberikan perlindungan terhadap patogen. komposisi bakteri yang terdapat dalam rayap bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti spesies rayap, jenis makanan, dan lingkungan hidup (Andreas & Moriya, 2011).

### KESIMPULAN

Aplikasi bakteri endosimbion 60% konsentrasi bakteri mampu lebih banyak mendekomposisi berbagai media kayu dan tanah dimana media kayu kelapa sawit yang banyak terdekomposisi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih Kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) yang sudah memberikan dana Hibah internal kepada Peneliti untuk hibah Penelitian untuk Penelitian Dasar Nomor: 51/II.3-AU/UMSU-LP2M/C/2023.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, A. (2014). Characteristics of the physico-chemical composting of durian peel waste (*Durio zibethinus* L.) using cattle rumen fluid. *Protobiont*, 3(3), 75–80.
- Ahmad, T., Evy, W., & Wahdina. (2020). Uji Aktivitas Anti Rayap Ekstrak Rimpang Lempuyang Gajah (*Zingiber zerumbet smith*) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes Curvignathus Holmgren*). *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 809–820.
- Andreas, B., & Moriya, O. (2011). Biology of termites: A Modern synthesis. In *Biology of Termites: A Modern Synthesis*.
- Annisa, Nur, A. (2015). *Peranan Bakteri dalam Usus Rayao Tanah Macrotermes gilvus Hagen Sebagai Agen Biologis*.
- Antriana, N. (2014). Isolasi Bakteri Asal Saluran Pencernaan Rayap (*Macrotermes* spp.). *Unej*, Volume16(1), hlm. 18 – 28.
- Anuar, W., Dahliaty, A., & Jose, C. (2014). Isolasi Bakteri Selulolitik Dari Perairan Dumai. *Jom Fmipa*, 1(2), 149–159.
- Arifin, Z. (2018). Keberadaan Rayap Tanah (*Macrotermes gilvus*) dan Pertumbuhan Tanaman Karet di Kebun Karet Rakyat yang Dikelola Secara Alami: Suatu Contoh Pengelolaan Kebun Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, 5(2), 12–22.
- Berlanga, M., Paster, B. J., Grandcolas, P., & Guerrero, R. (2011). Comparison of the gut microbiota from soldier and worker castes of the termite *Reticulitermes grassei*. *International Microbiology*, 14(2), 83–93.
- Bong, M. C. F., King, P. J. H., Ong, K. H., & Mahadi, N. M. (2012). Termites assemblages in oil palm plantation in Sarawak, Malaysia. *Journal of Entomology*, 9(2), 68–78.
- Chan, S. P., Bong, C. F. J., & Lau, W. H. (2011). Damage pattern and nesting characteristic of *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in oil palm on peat. *American Journal of Applied Sciences*, 8(5), 420–427.
- David Edward Bignell, Yves Roisin, N. Lo. (2011). *Biology of Termites- a Modern Synthesis- A Modern Synthesis* - Google Books. *SpringerPlus*, 590.
- Du, L. Van. (2009). Termite Bio-control on Cacao Seedling : Vetiver Grass Application. *Working Paper*, 4(06), 1–6.
- Evans, A. M. (2011). *Ecology of dead wood in the Southeast*. *April*, 37.

- Freymann, B. P., Buitenwerf, R., Desouza, O., & Olff, H. (2008). The importance of termites (isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: A review. *European Journal of Entomology*, 105(2), 165–173.
- Gergonius, F., & Yuni, S. (2016). Isolasi Dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* Spp.). *Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), 27–29.
- Herlinda, S., Septiana, R., Irsan, C., Adam, T., & Thalib, R. (2010). Populasi dan Serangan Rayap (*Coptotermes curvignathus*) pada Pertanaman Karet di Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional*, 528–534.
- Hermawan, A., Diba, F., Mariani, Y., Setyawati, D., & Nurhaida. (2014). Sifat Kimia Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Berdasarkan Letak Ketinggian dan Kedalaman Batang. *Jurnal Hutan Lestari*, 2(3), 472–481.
- Ibrahim, B., & Adebote, D. (2012). Appraisal of the Economic Activities of Termites: A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(1).
- Ikeda-Ohtsubo, W., & Brune, A. (2009). Cospeciation of termite gut flagellates and their bacterial endosymbionts: *Trichonympha* species and “*Candidatus Endomicrobium trichonymphae*.” *Molecular Ecology*, 18(2), 332–342.
- Kannoja, P., Sharma, P. K., & Sharma, K. (2019). Climate change and soil dynamics: Effects on soil microbes and fertility of soil. In *Climate Change and Agricultural Ecosystems: Current Challenges and Adaptation*. Elsevier Inc.
- Katayama, N., Ishikawa, Y., Takaoki, M., Yamashita, M., Nakayama, S., Kiguchi, K., Kok, R., Wada, H., & Mitsuhashi, J. (2008). Entomophagy: A key to space agriculture. *Advances in Space Research*, 41(5), 701–705.
- Knob, A., & Carmona, E. C. (2008). Xylanase production by *Penicillium sclerotiorum* and its characterization. *World Applied Sciences Journal*, 4(2), 277–283.
- Mathew, G. M., Ju, Y. M., Lai, C. Y., Mathew, D. C., & Huang, C. C. (2012). Microbial community analysis in the termite gut and fungus comb of *Odontotermes formosanus*: The implication of *Bacillus* as mutualists. *FEMS Microbiology Ecology*, 79(2), 504–517.
- Mubin, N. (2013). *Keanekaragaman Spesies Rayap dan Bakteri Simbiotiknya: STUDI Kasus di Kampus IPB Dramaga, Bogor*.
- Nandika, D. (2014). *Rayap: Hama Baru di Kebun Kelapa Sawit*. 1, 1–106.
- Nhamo. (2007). *The contribution of different fauna communities to improved soil health: A case of Zimbabwean soils under conservation agriculture*. 56.
- Ni, J., & Tokuda, G. (2013). Lignocellulose-degrading enzymes from termites and their symbiotic microbiota. *Biotechnology Advances*, 31(6), 838–850.
- Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 1(1), 23–26.
- Prabowo, R., & Subantoro, R. (2017). Analisis Tanah Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Lahan Budidaya Pertanian Di Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 2008, 59–64.
- Pratiwi, N. N. (2021). *Individu dan Rasio Kasta Pada Tiga Sarang Rayap Nasutitermes matangensis ( Isoptera : Termitidae ) Studi Tentang Volume, Jumlah Individu dan Rasio Kasta Pada Tiga Sarang rayap Nasutitermes matangensis ( Isoptera : Termitidae )*.
- Prats, D., López, C., Vallejo, D., Varó, P., & León, V. M. (2006). Effect of temperature on the biodegradation of linear alkylbenzene sulfonate and alcohol ethoxylate. *Journal of Surfactants and Detergents*, 9(1), 69–75.
- Rifaat, S. M. (2024). *Rifaat, S. M., Tay, R., De Barros, A.(2010). Effect of Street Pattern on the Severity of Older Driver Involved Crashes: Are Policy Decisions Sensitive to Different Modeling Methodo... April*.

- Subekti, N. (2012). Kandungan Bahan Organik dan Akumulasi Mineral Tanah pada Bangunan Sarang Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen. *Biosaintifika*, 4(1), 10–17. Suriani, S., Soemarno, & Suharjo. (2013). Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus *Pseudomonas* yang diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 3(2), 58–62.
- Susanti, P. D., & Halwany, W. (2017). Dekomposisi Serasah dan Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Hutan Tanaman Industri Nyawai (*Ficus variegata*. Blume). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(2), 212.
- Susanti, R., Risnawati, R., & Fadhillah, W. (2020). A Qualitative test of Primary and Secondary Metabolites of Bintaro Plant as a Rat (*Rattus argentiventer*) Pest Repellent. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(5), 1300–1303.
- Syaukani. (2013). Termites S Species Ri Richness and Distribution At Residential Resident. *Jurnal Natural*, 13(1), 43–49.
- Widihastuty, W., Tobing, M. C., Marheni, M., & Kuswardani, R. A. (2019). Microhabitat Characteristics of *Myopopone Castanea* (Hymenoptera: Formicidae) in Oil Palm Plantation. *International Journal of Entomological Research*, 7(1), 19–25.
- Yin, N. S., Abdullah, S., & Phin, C. K. (2013). Phytochemical constituents from leaves of *Elaeis guineensis* and their antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(SUPPL.4), 137–140.