
MANFAAT SARANG RAYAP BAGI EKOSISTEM DAN ILMU PENGETAHUAN

Anita Wulandari^{1*}, Anisa O.S Pratama¹, Lathifatul Azizah¹, Mely Safitri¹, Ninda Rozaini¹, Risna Dewi Anggin¹, Desmalinda¹.

¹Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung Lampung, Indonesia

*e-mail korespondensi:
anitawulandari939@gmail.com

Abstrak. Sarang rayap memiliki banyak sekali manfaat khususnya pada bidang ekosistem dan juga ilmu pengetahuan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat manfaat dari penelitian studi sarang rayap bagi ekosistem dan ilmu pengetahuan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan pendekatan kepustakaan (studi literatur) dan empiris. Berdasarkan hasil Pustaka sarang rayap diketahui mengandung produk biogenik yaitu C-organik yang dihasilkan oleh rayap *Schedorhinotermes spp.* sebagai sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme, sarang rayap juga mengandung *Actinomycetes* mengandung senyawa bioaktif. Struktur dan arsitektur sarang rayap spesies *B. germanus* dalam strateginya membangun sarang mengurangi resiko pemangsaan. Arsitektur gundukan berpengaruh besar pada suhu sarang. Sarang rayap juga bermanfaat sebagai pendekatan biomimikri untuk inspirasi hunian manusia, contoh bangunan yang paling terkenal yaitu Eastgate Center di Harare, di Zimbabwe.

Kata Kunci : Arsitektur, Biomimikri, Produk Biogenik Sarang Rayap,

Abstract. The purpose of this research was to figure the benefits of research on termite nests for ecosystems and science. The method used in this study was a qualitative method with a literature review and empirical approach. Based on the results, the termite nest contains a biogenic product, namely C-organic produced by *Schedorhinotermes spp.* As a source of food and energy for microorganisms, termite nests also contain *Actinomycetes* containing bioactive compounds. *B. germanus* species nest structure and architecture in its nest-building strategy reduces the risk of predation. The architecture of the mound has a large effect on the temperature of the nest. Termite nests are also useful as a biomimicry approach to make various architecture inspiration, the most famous example is the Eastgate Center in Harare, in Zimbabwe.

Keywords: Architecture, Biogenic Products Biomimicry, Termite Nest,

PENDAHULUAN

Rayap merupakan serangga yang termasuk ke dalam Ordo Isoptera. Rayap hidup secara berkoloni dan memiliki tatanan kasta dalam koloninya. Dalam satu koloni

rayap terdiri dari tiga kasta dengan pembagian tugas berbeda dan jelas (Habibi, 2017). Diketahui, terdapat tiga famili rayap di wilayah Indonesia yaitu: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, dan Termitidae. Secara umum, rayap dikenal sebagai hama yang

menyerang bangunan yang terdiri atas material kayu, menyerang kayu, serta sebagai hama dalam pertanian dan perkebunan (Hasman *et al.*, 2019).

Rayap merupakan kelompok serangga social yang berkerabat dekat dengan kecoa (Syaukani, 2017). Mereka hidup dalam koloni besar yang terdiri atas raja, ratu, tentara dan pekerja yang masing-masing memiliki tingkah laku dan fungsi berbeda. Rayap tanah memainkan peran penting dalam sirkulasi nutrisi dari bahan tanaman mati yang membusuk di ekosistem tanah. Koloni rayap sering ditemukan di tempat pelindung struktur yang disebut "sarang rayap".

Sarang rayap terbuat dari matriks mineral yang dicampur oleh depoposisi partikel tanah liat atau bahan tanaman, karbon organik, dengan feses atau air liur, tergantung pada spesies rayap dan membentuk habitat khusus bagi mikroba tanah karena sifat fisik dan kimianya berbeda dengan tanah di sekitarnya (Ervany *et al.*, 2019) Ada tiga jenis sarang rayap, yaitu sarang gundukan (dataran atas), sarang karton (di atas pohon), dan sarang di bawah tanah (di bawah tanah). Jenis sarang yang dibangun tergantung pada kebiasaan makan spesies rayap.

Keberadaan rayap ternyata juga memiliki manfaat bagi ekosistem maupun ilmu perkembangan sains (pengetahuan lain) (Syaukani, 2017). Rayap dapat membangun gundukan sarang yang sangat tinggi hingga mencapai ketinggian sekitar 312 meter. Selain tingginya yang fantastis, kelebihan lain sarang tersebut adalah dapat mengatur suhu, kelembaban, serta konsentrasi gas karbondioksida internal sarang sehingga memungkinkan rayap beraktivitas tanpa gangguan.

Hal ini bisa terjadi karena sarang rayap dapat bekerja seperti paru-paru, menghirup dan menghembuskan udara secara otomatis. Sifat inilah yang ingin ditiru oleh para

peneliti, insinyur maupun arsitek untuk dapat diaplikasikan pada bentuk bangunan modern (biomimikri). Terdapat dua jenis gundukan sarang rayap dengan struktur yang berbeda. Salah satunya adalah yang dijumpai pada koloni rayap tanpa jamur (Vesala *et al.*, 2019)

Inspirasi struktur lainnya dijumpai pada koloni rayap yang membudidayakan jamur di dalam sarangnya. Keberadaan jamur ini dapat meningkatkan karbon dioksida (CO₂), sehingga untuk menanggulangnya, sarang jenis ini dilengkapi dengan saluran ventilasi berdiameter lebar yang terhubung dengan lubang pori di permukaan luar sarang (Vesala *et al.*, 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan pemahaman diatas bahwa sarang rayap tidak hanya merugikan tapi juga dapat menguntungkan jika dapat menggali dan mempelajarinya dengan baik.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan pendekatan kepustakaan (studi literatur atau review artikel maupun jurnal) dan pendekatan empiris. Pencarian artikel dilakukan dengan menggunakan mesin pencari internet *google scholar* dengan memasukkan kata kunci, yaitu: 'sarang rayap' dan '*termite nests/mounds*'. Berdasarkan penelusuran yang dilakukan, ditemukan sekitar 30-125 artikel dengan rentang tahun publikasi 2001-2021. Kriteria pemilihan artikel yang akan direview adalah sebagai berikut: artikel penelitian yang dapat berupa penelitian kualitatif, kuantitatif, atau menggunakan metode campuran, dan penelitian yang telah dilakukan di berbagai daerah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan artikel tinjauan pustaka dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Manfaat Sarang Bagi Ekosistem dan Ilmu Pengetahuan

Penulis (Tahun)	Judul	Negara	Metode	Jenis Rayap	Temuan
Risto Vesala, Anni Harjuntausta, Anni Harjuntausta, dan Anu Hakkarainen. (2019)	“Arsitektur Sarang Rayap Mengatur Suhu Sarang Dan Berkorelasi Dengan Identitas Spesies Jamur Simbiosis”	Helsinki, Finlandia	Kuantitatif	Macrotermes, Termitomyces, Rayap yang tumbuh jamur, Basidiomycota, Termoregulasi, dan Bangunan gundukan	Arsitektur gundukan berpengaruh besar pada suhu sarang. Suhu yang relatif dingin selalu dicatat dari gundukan besar dengan sistem ventilasi terbuka, sedangkan suhu internal gundukan dengan sistem ventilasi tertutup dan gundukan kecil dengan sistem ventilasi terbuka secara konsisten lebih tinggi.
Ni Putu Ratna Ayu Krishanti, Deni Zulfiana, Bramantyo, Wikantyo, dan Apriwi Zulfritri, Sulaeman Yusuf (2018)	“Produksi Antimikroba oleh <i>Actinomyces</i> yang Diisolasi dari Sarang Rayap”	Bogor, Indonesia	Kuantitatif	<i>Actinomyces</i> , antimikroba, <i>Nasutitermes</i> sp., <i>Streptomyces prasinopilosus</i> , sarang rayap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat ini memiliki daya hambat aktivitas antijamur sebesar 80% terhadap <i>F. oxysporum</i> , 61% melawan <i>F. palustris</i> , dan 62% menentang <i>T. viridae</i> . Disarankan, isolat ini juga memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap <i>B. subtilis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , dan <i>E. coli</i> . Analisis sekuens gen 16S rRNA menunjukkan bahwa isolat PnTN2 termasuk dalam genus <i>Streptomyces</i> . Ini berbagi 99% kesamaan dengan <i>S. prasinopilosus</i> .
Yohannes Alen, Rezki Amelia, dan Akmal Djamaan, 2018	“TLC Profile and Activity Test of Secondary Metabolites <i>Aspergillus flavus</i> “InHabitin g” Queen Termite’s Nest Macrotermes gilverson Enriched Media.”	Indonesia	Kuantitatif	Jamur. Sarang Rayap, Media SDA (Sabouraud Dextrose Agar) media untuk mengisolasi jamur	Metabolit sekunder golongan terpenoid yang dihasilkan oleh jamur <i>A. flavus</i> lain adalah senyawa ophiobolins yang termasuk kedalam golongan sesterterpen25. Metabolit sekunder lain yang dihasilkan <i>A. flavus</i> pada habitat lain diantaranya Aflatoxin, Sterigmatocystin, Asam siklopiazonik, Asam kojik, Asam β-nitropropionik, Aspertoxin, Aflatrem, Gliotoxin dan Asam aspergillik, serta Dihydroxyflavinine, Indole, Paspalinine dan Versicolorin A26
Syaukani, 2013	“Termites Species Richness And Distribution At Residential Area In Pt Arun Lng”	Indonesia	Kualitatif	Sarang rayap	Hasil penelitian Pengoleksian rayap yang dilakukan pada Juni 2012 berhasil mengoleksi sebanyak 102 koloni rayap yang tersebar disebelas lokasidalam kawasan PT Arun dan sekitarnya. Keenam jenis rayap yang ditemukan tersebut terdiri dari dua familia (<i>Kalotermitidae</i> , <i>Rhinotermitidae</i>). Semua jenis rayap ditemukan terdiri dari empat genera, yaitu <i>Cryptotermes</i> , <i>Glyptotermes</i> , <i>Coptotermes</i> , dan <i>Schedorhinotermes</i> .

Penulis (Tahun)	Judul	Negara	Metode	Jenis Rayap	Temuan
Andi Sri Rahayu Diza Lestari A. Musrizal Muin, dan Astuti Arif (2019)	“Karakteristik Struktur Dan Sifat Kimia Produk Biogenik Rayap Schedorhinotermes Spp Dari Campuran Limbah Kertas Koran Dengan Limbah Pengolahan Tahu”	Indonesia Makasar	Kuantitatif (Eksperimen)	Produk Biogenik Rayap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk biogenik yang dihasilkan oleh rayap Schedorhinotermes spp. baik pada bagian luar maupun dalam, memiliki konsentrasi kadar C-organik lebih tinggi dibandingkan dengan tanah sekitar sampel uji di lapangan
Nicholas Claggett, AMASCE, Andrea Surovek, F.ASCE, William Capehart, AMASCE, dan Khosro Shahbazi (2018)	“Gundukan Rayap: Pemeriksaan Bioinspired dari Peran Material dan Lingkungan di Multifungsi Bentuk Struktural”	Amerika Serikat	Pengumpulan data dr sistem informasi geografis (GIS)	Struktural Sarang rayap, biomimikri	Sebagian besar literatur tentang sarang rayap menunjuk pada iklim sebagai faktor utama yang mempengaruhi bentuk sarang rayap. Meta-analisis ini menunjukkan bahwa, meskipun iklim berkorelasi dengan ukuran gundukan, jenis tanah yang tersedia mungkin memiliki pengaruh yang lebih kuat pada bentuk gundukan yang dihasilkan.
Facchini G, Lazarescu A dan Douady S. (2020)	“Model pertumbuhan yang didorong oleh kelengkungan mereproduksi fitur geometris sarang rayap arboreal”	Inggris	Kuantitatif dan kualitatif	Model tiga dimensi sederhana, Pembangunan sarang, Pemindai tomografi mikro-komputasi, Sarang nyata dan simulasi.	Hasil penelitian menyajikan model tiga dimensi yang cukup sederhana untuk menggambarkan ekspansi otonom substrat yang pertumbuhannya didorong oleh kelengkungan rata-rata lokal permukaannya. Model tersebut bertujuan untuk mereproduksi proses dari pembangunan sarang di arboreal rayap jenis <i>Nasutitermes</i> .
Alexander A. Khaustov, Elizabeth A. Hugo Coetzee, dan Sergey G. Ermilov. (2020)	“Spesies Baru Dari Lorryia (Acari: Tydeidae) Dari Sarang Rayap Di Afrika Selatan”	Afrika Selatan	Kualitatif	Tydeoidea, Sarang Rayap, sistematika, morfologi, mikroskop SEM, wilayah Ethiopia.	Spesies yang ditemukan pada penelitian ini yaitu <i>Lorryia</i> superba Oudemans. Pada betina. Tubuh bulat telur, pada tungau hidup panjang idiosoma 270 (260-270), lebar maksimum 150. Jantan mirip dengan betina, hanya berbeda dalam memiliki lubang genital seperti celah memanjang dan empat pasang setae eugenital pendek dan berduri.

Penulis (Tahun)	Judul	Negara	Metode	Jenis Rayap	Temuan
Syaukani, S. (2017)	“Deskripsi ulang dan sarang Bulbitermes germanus (Haviland) (Isoptera: Termitidae) di Indonesia”	Indonesia, Kota Banda Aceh	Standardized Sampling Protocol	Arsitektur sarang rayap	Beberapa koloni terlihat membangun sarang dengan bentuk agak bulat atau oval yang bergantung pada liana. Material utama sarang rayap terdiri atas pecahan-pecahan kecil kayu lapuk, dedaunan kering/lapuk, dan tanah yang dilekatkan dengan saliva. Lapisan sarang terdiri atas dua bagian, yaitu 1) lapisan luar yang relatif tipis dan lembut yang lebih berperan dalam mencegah sarang ketika hujan, dan 2) lapisan dalam relatif keras, kaku, serta banyak terdapat material kayu lapuk dan tanah.
Nikita Zakariah, Saurabh Singh, Saurabh Singh, tejas G. Murthy ² & Renee M. Borges. (2020)	“Bi Layered Architecture Facilitates High Strength And Ventilation In Nest Mounds Of Fungus Farming Termites”	India	Eksperimen	Arsitektur sarang rayap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sarang rayap memiliki bentuk atau geometri perpaduan antara bangun segitiga dan trapesium memiliki faktor keamanan yang sangat tinggi. Peneliti menyimpulkan bahwa gundukan rayap <i>Odontotermes obesus</i> adalah struktur dua lapis dengan inti yang padat dan kuat serta pinggiran berpori yang memungkinkan perpindahan massa panas yang diatur melalui batas-batasnya. Struktur komposit ini membantu dalam mencapai dua tujuan utama yang agak bertentangan secara bersamaan, yaitu kekuatan tinggi dan ventilasi optimal/maksimal sehingga memungkinkan sirkulasi udara yang baik.
Eko Kuswanto dan Anisa Oktina Sari Pratama. (2012)	“Sebaran Dan Ukuran Koloni Sarang Rayap Pohon Nasutitermes sp (ISOPTERA: Termitidae) Di Pulau Sebesi Lampung Sebagai Sumber Belajar Biologi”	Indonesia	Direct count	Sarang rayap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 60 (enam puluh) sarang rayap <i>Nasutitermes sp.</i> yang tersebar di pesisir bagian utara Pulau Sebesi secara merata. Semua (60) sarang <i>Nasutitermes sp.</i> tersebut menempati sembilan jenis pohon inang, yaitu antara lain: kedondong hutan (<i>Spandias sp.</i>), pohon petai cina (<i>Leucaena leucocephala</i>), pohon kelapa (<i>Cocos nucifera</i>), bunga merak (<i>Caesalpinia pulcherrima</i>), pohon kelor (<i>Moringa oleifera</i>), tanaman bakau (<i>Rhizophora apiculata</i>), flamboyan (<i>Delonix regia</i>), pandan berduri (<i>Pandanus sp.</i>), dan pohon mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>). Ukuran koloni rayap <i>Nasutitermes sp.</i> dapat diketahui dengan cara melakukan direct count (perhitungan langsung) terhadap seluruh individu yang terdapat di dalam sarang.

Penulis (Tahun)	Judul	Negara	Metode	Jenis Rayap	Temuan
Hendra Ervany, Syaukani dan Husni (2019)	“Biologi Sarang Rayap Subfamili <i>Nasutitermi tinae</i> Di Stasiun Penelitian Suaq Balimbing Taman Nasional Gunung Leuser”	Indonesia	Kualitatif	Sarang rayap	Sarang rayap yang ditemukan padapenelitian ini terdapat 18 titik yang terbagi kedalam dua area yaitu area rawa dan area bukit. Pada area rawa terdapat 7 titik temuan sarang rayap yang dibangun oleh <i>Nasutitermes havilandi</i> (Desneux) berjumlah 1 koloni, <i>N. proatripennis</i> (Ahmad) berjumlah 2 koloni, <i>H. bicolor</i> (3 koloni), dan <i>Nasutitermes roboratus</i> (Silvestri) berjumlah 1 koloni. Sedangkan pada area bukit ditemukan 11 titik sarang rayap yang dibangun oleh <i>N. roboratus</i> (1 koloni), <i>Nasutitermes matangensis</i> (Haviland) berjumlah 2 koloni, <i>Nasutitermes neoparvus</i> (Thapa) berjumlah 1 koloni, <i>Hospitalitermes bicolor</i> (1 koloni), <i>Hospitalitermes hospitalis</i> (Haviland) berjumlah 1 koloni, <i>Bulbitermes neopusillus</i> (Snyder & Emerson) berjumlah 1 koloni, <i>Longipeditermes longipes</i> (1 koloni), <i>Leucopitermes leucops</i> (Holmgren) berjumlah 2 koloni dan <i>Aciculitermes sp.1</i> (1 koloni).

Berdasarkan kajian literatur ditemukan bahwa sarang rayap memiliki banyak sekali manfaat baik dari segi ekosistem dan juga dari segi ilmu pengetahuan. Sampel penelitian diambil dari berbagai negara di dunia dan tidak ketinggalan juga Indonesia. Sarang dapat ditemukan pada kayu, menempel pada batang, dahan atau pangkal pohon, serta di atas permukaan tanah. Diduga kondisi tumbuhan yang umumnya tidak terawat dengan baik secara tidak langsung telah menyediakan media yang mendukung terhadap pertumbuhan dan perkembangan berbagai jenis rayap. Rayap umumnya sangat menyukai area yang lembab (Kuswanto & Pratama, 2012).

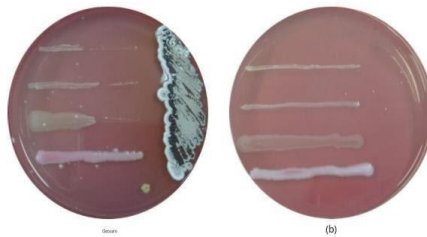
Sarang rayap hampir ditemukan diseluruh dunia sebagai contoh kita ambil sarang rayap yang ditemukan di Pulau Sebesi di Lampung, hasil dari penelitian tersebut ditemukan 60 sarang rayap *Nasutitermes sp.* yang tersebar di pesisir bagian utara Pulau

Sebesi secara merata (Kuswanto & Pratama, 2012). Kami juga menemukan penelitian dari Kota Banda Aceh lebih tepatnya di Stasiun Penelitian Suaq Balimbing Taman Nasional Gunung Leuser. Hasil dari yang ditemukan bahwa terdapat 18 titik sarang rayap yang terbagi kedalam dua area yaitu area rawa dan area bukit, pada area rawa terdapat 7 titik temuan sarang rayap yang dibangun oleh *Nasutitermes havilandi* berjumlah 1 koloni, *N. proatripennis* berjumlah 2 koloni, *H. bicolor* sebanyak 3 koloni, dan *Nasutitermes roboratus* berjumlah 1 koloni (Syaukani, 2013). Masih di kota yang sama yaitu Banda Aceh kami menemukan penelitian terkait pengkoleksian rayap sebanyak 102 koloni dari keenam jenis rayap yang ditemukan tersebut terdiri dari dua familia (*Kalotermitidae*, *Rhinotermitidae*). Koloni tersebut ditemukan dari sarang rayap yang terdapat di kawasan PT Arun dan sekitarnya (Syaukani, 2013).

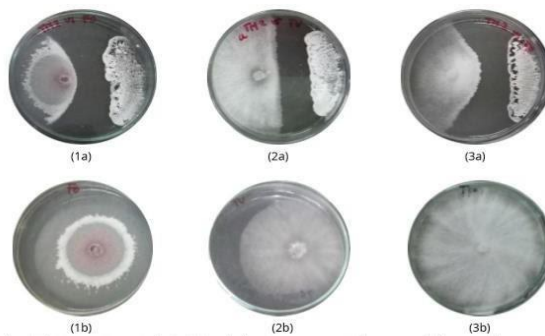
Penelitian AA Khustov menunjukkan bahwa didalam sarang rayap terdapat tungau, hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah terdapat tungau spesies *Lorryia superba Oudemans* pada betina tubuhnya berbentuk bulat telur, pada tungau yang masih hidup panjang idiosoma 270 mm (260-270), lebar maksimum 150mm. Jantan sendiri bentuknya hampir mirip dengan betina, hanya membedakannya ada pada kepemilikan lubang genital seperti celah memanjang dan empat pasang setae eugenital pendek dan berduri (Harry, 2001). Nama spesies baru ini merupakan kombinasi dari bahasa Yunani semu, berarti Salah, dan bahasa Latin yang berarti ketenangan, julukan spesies ini diambil dari spesies yang

berkerabat dekat, yaitu *L.placita* (Alen *et al.*, 2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat sarang rayap jenis *Nasuttitermes sp.* memiliki daya hambat aktivitas anti jamur sebesar 80% terhadap *F. oxysporum*, 61% melawan *F. palustris*, dan 62% terhadap jamur *T. viridae*. Analisis sekuens gen 16S rRNA menunjukkan bahwa isolat Pn-TN2 termasuk dalam genus *Streptomyces* yang memiliki 99% tingkat kesamaan dengan *S. prasinopilosus* (Krishanti, 2018). Para peneliti menyimpulkan bahwa sarang rayap merupakan sumber *Actinomycetes* yang dapat dibudidayakan yang dapat memberikan kontribusi terhadap keanekaragaman hayati (Robert, 2007).



Gambar 1. Aktivitas anti bakteri isolat Pn-TN2 terhadap bakteri patogen 1. *E. coli*, 2. *S. aureus*, 3. *B. subtilis*, 4. *S. marcescens* (a) dan pengendalian negatif pertumbuhan bakteri patogen di media ISP 2 (b) Sc: <https://doi.jpg/23.97548/s41598-020-70058-2>



Gambar 2. Aktivitas antijamur isolat Pn-TN2 terhadap jamur patogen (a) dan pengendalian negatif jamur pertumbuhan patogen di media ISP 2 (b).Catatan 1. *F. oxysporum*, 2. *T. viridae*, 3. *F. Palustris*. Sc: <https://rud.rcl/10.1541/s023498-020-70058-2>

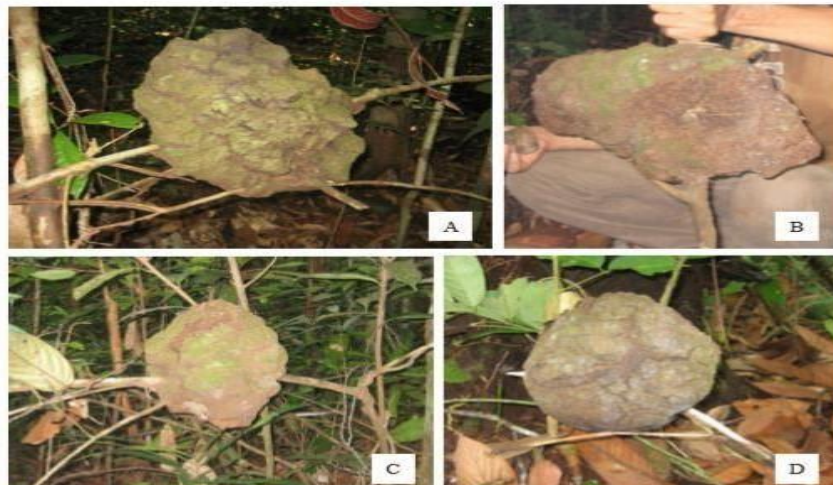
Masih terkait senyawa yang terdapat pada sarang rayap, terdapat penelitian yang menguraikan kandungan jamur *Aspergillus*

flavus yang terdapat pada sarang rayap. *Aspergillus flavus* pada media diperkaya hingga subkultur pada biakan kesepuluh

membentuk 6 spot noda senyawa metabolit yang merupakan golongan terpenoid. Aktivitas antibakteri dari *A. flavus* yang hidup pada sarang ratu termite *Macrotermes gilvus* hagen bersifat rendah dan bakteriostatik. Metabolit sekunder golongan terpenoid yang dihasilkan oleh jamur *A. flavus* antara lain adalah senyawa *ophiobolins* yang termasuk kedalam golongan terpenoid, Jamur *A. flavus* lain yang diisolasi dari tanah menghasilkan *aflatoksin* 50 μ l. *Aflatoksin* ini menunjukkan aktivitas anti bakteri terhadap *Escherichia coli*, dan *Micrococcus* (Alen *et al.*, 2018).

Lalu yang tak kalah menakjubkan bagi ilmu pengetahuan dari ajaibnya sarang rayap

adalah struktur dan arsitektur dari sarang rayap. Penelitian yang kami temukan terkait hal ini didapatkan hasil bahwa secara umum, model arsitektur sarang antara *B. germanus* yang ditemukan di Kalimantan, Sumatra, dan Jawa tidak menunjukkan perbedaan. Lapisan sarang terdiri atas dua bagian, yaitu lapisan luar relatif tipis dan lembut yang lebih berperan dalam mencegah sarang ketika hujan, sedangkan lapisan dalam relatif keras dan kaku, serta banyak terdapat material kayu lapuk dan tanah. Arsitektur sarang terhubung secara rapi antara satu ruangan dengan lainnya dan setiap lorong penghubung selalu dijaga oleh rayap kasta prajurit (Syaukani, 2017).



Gambar 3. Morfologi sarang *Bulbitermes germanus* di Indonesia. A: Taman Nasional Betung Kerihun, Kalimantan; B: Cagar Alam Pararawen, Kalimantan; C: Taman Nasional Gunung Leuser, Sumatera; dan D: Taman Nasional Gunung Halimun, Jawa. Sc: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70058-2>

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sarang rayap memiliki geometri perantara antara segitiga dan trapesium dengan faktor keamanan yang sangat tinggi. Kebanyakan konstruksi manusia dirancang dengan faktor keamanan antara 1 dan 2 kecuali untuk struktur yang berpotensi berbahaya seperti bendungan dan pembangkit listrik tenaga nuklir. Peneliti menyimpulkan bahwa gundukan rayap *Odontotermes obesus* adalah struktur dua lapis dengan inti yang padat dan

kuat serta pinggiran berpori yang memungkinkan perpindahan massa panas yang diatur melalui batas-batasnya. Struktur komposit ini membantu dalam mencapai dua tujuan yang agak bertentangan secara bersamaan, yaitu kekuatan tinggi dan ventilasi optimal. Solusi arsitektural yang ditawarkan rayap ini memiliki implikasi yang lebih luas bagi teknologi bangunan alam dan industry (Zakaria *et al.*, 2020).

Penelitian lain juga menyebutkan bahwa arsitektur gundukan berpengaruh besar pada suhu sarang. Suhu yang relatif dingin selalu dicatat dari gundukan besar dengan sistem ventilasi terbuka, sedangkan suhu internal gundukan dengan sistem ventilasi tertutup dan gundukan kecil dengan sistem ventilasi terbuka secara konsisten lebih tinggi.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa suhu sarang penting bagi rayap untuk menghasilkan jamur. Rayap ini dari genus *Macrotermes* yang membudidayakan beberapa spesies *Termitomyces* yang berbeda. Hubungan antara struktur gundukan dan suhu sarang dan/atau ventilasi telah diamati dalam beberapa penelitian (Vesala et al, 2019). Penelitian lain yang menarik untuk dijadikan pengetahuan baru adalah yang dilakukan oleh G. Facchini dimana pada penelitian ini disajikan model tiga dimensi sederhana untuk menggambarkan ekspansi otonom substrat yang pertumbuhannya didorong oleh kelengkungan rata-rata lokal permukaannya. Model tersebut bertujuan untuk mereproduksi proses pembangunan sarang di arboreal *Nasutitermes* rayap, yang mungkin juga dimediasi oleh bentuk struktur tempat mereka berjalan, misalnya memfokuskan aktivitas rayap di tempat yang kelengkungan rata-rata lokalnya tinggi (Facchini et al., 2020).

Sarang arboreal dibangun oleh rayap *Nasutitermes* berada diantara dua kategori ini karena mereka berasal dari kerjasama ribuan pekerja individu tetapi interaksi di antara mereka sebagian besar dipandu oleh bentuk substrat itu sendiri, yang membuat pembangunan sarang menjadi proses yang diatur sendiri. Ini membenarkan pendekatan kami dalam merumuskan model di mana para agen' perilaku digabungkan dalam proses akresi klasik di mana pertumbuhan sarang difokuskan di wilayah kelengkungan tinggi (Facchini et al., 2020).

Meskipun bentuk struktural gundukan rayap mungkin tidak sesuai untuk bangunan manusia karena ditemukan di alam, rayap beradaptasi bentuk struktural agar sesuai dengan kondisi mungkin informatif dalam mempertimbangkan paradigma baru dalam bentuk struktural terintegrasi yang mempertimbangkan efek lingkungan yang sangat terlokalisasi. Contoh sarang rayap yang paling terkenal sebagai inspirasi desain adalah *Eastgate Center* di Harare, Zimbabwe. Pusat Eastgate dapat beroperasi tanpa memerlukan AC tradisional melalui penggabungan sistem ventilasi dan pengaturan termal yang efisien berdasarkan teori yang berlaku tentang fungsi sarang rayap pada saat konstruksi (Robert, 2007).



Gambar 4. Eastgate Center, Harare, Zimbabwe. Sc:
<https://hal.infp/612476/s41598-020-390854>

Desainnya menggunakan kipas besar yang memaksa udara dingin melalui struktur di malam hari saat suhu sekitar lebih rendah, menghilangkan panas yang dikumpulkan di siang hari dalam bentuk udara hangat yang keluar melalui cerobong asap besar. Bangunan seperti sarang rayap ini, mendorong pergerakan udara panas melalui perbedaan kepadatan antara udara panas dan dingin. Ini juga mirip dengan gundukan di mana kapasitas termal yang tinggi dari bahan yang digunakan dalam konstruksinya dengan mempertahankan suhu yang lebih konstan sepanjang hari. Pelajaran juga dapat dipelajari dari rayap tentang bagaimana mereka menyesuaikan konstruksi dengan lingkungan lokal mereka dan kemampuan mereka untuk menggunakan bahan lokal secara efisien dan adaptif (Claggett *et al.*, 2018).

Berdasarkan kajian pustaka di atas terlihat bahwa sarang rayap memiliki banyak sekali manfaat khususnya pada bidang ekosistem dan juga ilmu pengetahuan. Sarang terdapat di dalam kayu, menempel pada batang, dahan atau pangkal pohon. Sarang rayap mengandung produk biogenik yaitu C-organik. Sarang rayap juga mengandung *Actinomycetes* yang merupakan bakteri gram-positif yang diketahui mengandung senyawa bioaktif. Isolat sarang rayap dari jenis *Nasutitermes sp.* memiliki daya hambat aktivitas anti jamur dan anti bakteri. Penelitian lain menyimpulkan bahwa sarang rayap memiliki geometri perantara antara segitiga dan trapesium dengan faktor keamanan yang sangat tinggi. Dalam segi pemanfaatan teknologi terdapat penelitian yang menyajikan model tiga dimensi sederhana untuk menggambarkan ekspansi otonom substrat. Dalam segi arsitektur sarang rayap juga bermanfaat sebagai pendekatan biomimikri untuk inspirasi hunian manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim penulis berterimakasih kepada dosen pengampu, Ibu Anisa Oktina SP, M.Pd. dan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Andi S.R.D.L., Muin, M., & Arif, A. (2019). Karakteristik Struktur Dan Sifat Kimia Produk Biogenik Rayap Schedorhinotermes Spp Dari Campuran Limbah Kertas Koran Dengan Limbah Pengolahan Tahu. *Jurnal Perennial*, 83-86.
- Alen, Y., Amelia, R., & Djamaan, A. (2018). TLC Profile and Activity Test of Secondary Metabolites *Aspergillus flavus* "In-Habiting" Queen Termite's Nest *Macrotermes gilvus* on Enriched Media. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology (IJPST)*, 31-42.
- Claggett, N., Surovek, A., Capehart, W., & Shahbazi, K. (2018). Gundukan Rayap: Pemeriksaan Bioinspired dari Peran Material dan Lingkungan di Multifungsi Bentuk Struktural. *J. Struct. Eng*, 1-8.
- Ervany, H., Syauckani, & Husni. (2019). Biologi Sarang Rayap Subfamili Nasutitermitinae Di Stasiun Penelitian Suaq Balimbing Taman Nasional Gunung Leuser. *Jurnal Biotik*, 28-40.
- Facchini, G., Lazarescu, A., & Douady, S., (2020). A growth model driven by curvature reproduces geometric features of arboreal termite nests. *The Royal Society*, 1-11.
- Habibi, F. D. (2017). Keanekaragaman Jenis Rayap Di Kebun Kelapa Sawit PT. Bumi Pratama Khatulistiwa Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Hutan Lestari*, 481 - 489.

- Harry M, J. N. S. (2001). Use of RAPD markers for the study of microbial community similarity from termite mounds and tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 417 – 427.
- Hasman, A., Muin, M., & Taskirawati, I. (2019). Keragaman Jenis Rayap Pada Lahan Pemukiman Dengan Berbagai Kelas Umur Bangunan. *Jurnal Perennial*, 74-82.
- Khaustov, A., Hugo-Coetzee, E., & Ermilov, S. (2020). Spesies Baru Dari Lorryia (Acari: Tydeidae) Dari Sarang Rayap Di Afrika Selatan. *Jurnal Acarina*, 47-53.
- Krishanti, N., Zulfiana, D., Wikantyoso, B., Zulfitri, A., & Yusuf, S. (2018). Produksi Antimikroba oleh Actinomycetes yang Diisolasi dari Sarang Rayap. *Jurnal Ilmu Kehidupan Tropis*, 279 - 288.
- Kuswanto, E., & Pratama, A. (2012). Sebaran Dan Ukuran Koloni Sarang Rayap Pohon Nasutitermes sp (Isoptera: Termitidae) Di Pulau Sebesi Lampung Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Bioedukasi*, 1-7.
- Robert OE, F. U. (2007). Pengaruh aktivitas rayap pada beberapa sifat fisik dan kimia tanah di bawah pola penggunaan lahan yang berbeda: Tinjauan. *Jurnal Internasional Ilmu Tanah*, 1-14.
- Syaukani. (2013). Termites Species Richness And Distribution At Residential Area In Pt Arun Lng . *Jurnal Natural* , 43-49.
- Syaukani, S. (2017). Deskripsi ulang dan sarang Bulbitermes germanus (Haviland) (Isoptera: Termitidae) di Indonesia. *Jurnal Entomologi Indonesia.*, 44–50.
- Vesala , R., Harjuntausta, A., Hakkarainen, A., Ronnholm, P., Pellikka, P., & Rikkinen, J. (2019). Arsitektur sarang rayap mengatur suhu sarang dan berkorelasi dengan identitas spesies jamur simbiosis. *PeerJ*, 1-20.
- Zakaria, N., Singh , S., Murthy, T., & Borges, R. (2020). Bi layered architecture facilitates high strength and ventilation in nest mounds of fungus farming termites. *Scientific RepoRtS*.