
ENTOMOTERAPI SEBAGAI PENDEKATAN BARU DALAM PENGEMBANGAN AGEN TERPEUTIK BERBASIS INSEKTA: SEBUAH TINJAUAN NARATIF

Kiky Martha Ariesaka^{1,*}, Moh. Mirza Nuryady^{2,3}, Angelica Igsanti Putri¹,
Anindya Zerlina Tsaqif¹

¹Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia 65415

²Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia 65144

³Institute of Parasitology, Department of Biological Science and Pathology, University of Veterinary Medicine, Vienna, Austria 1210

*)Email Korespondensi: kiky.martha.fk@um.ac.id

Abstract: Entomotherapy as a Novel Approach to the Development of Insect-Based Therapeutic Agents: A Narrative Review. *Entomotherapy, the therapeutic use of insects and their derivatives, is increasingly recognized as a potential source of novel bioactive agents for modern medicine. Although insects have long been used in traditional practices, scientific evidence supporting their clinical applications remains limited. This narrative review summarizes current findings on insect-based therapeutic compounds and evaluates their potential pharmacological benefits. Various insect-derived molecules demonstrate antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, immunomodulatory, antitumor, and wound-healing activities, supporting their relevance for further biomedical exploration. This narrative review was conducted through a comprehensive literature search of PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar. Articles published between 2015 and 2025 were considered for inclusion, with emphasis on studies investigating insect-derived bioactive compounds and their potential applications in medicine. Research on molecular characterization, standardized extraction, dosage determination, and toxicity profiling remains insufficient. Safety issues, particularly allergenicity and potential cross-reactivity, are not yet well clarified, creating barriers for clinical translation. Differences in insect species, preparation techniques, and bioactive content further challenge reproducibility and therapeutic standardization. Current evidence, largely from in vitro and in vivo models, provides promising insights but remains inadequate to establish clinical efficacy. Comprehensive studies involving controlled trials, mechanistic investigation, and adverse-effect assessment are needed to validate therapeutic claims and guide the safe development of insect-based interventions. Overall, entomotherapy holds considerable promise as an emerging therapeutic approach, yet robust scientific validation is essential before integration into clinical practice.*

Keywords : Apitherapy, Drug discovery, Entomotherapy, Insect-derived bioactive compounds, Maggot therapy.

Abstrak: Entomoterapi sebagai Pendekatan Baru dalam pengembangan Agen Terapeutik Berbasis Insekta: Sebuah Tinjauan Naratif. Entomoterapi, yaitu pemanfaatan insekta dan produk turunannya sebagai agen terapeutik, semakin menarik perhatian sebagai sumber senyawa bioaktif baru dalam dunia medis. Meskipun penggunaan insekta telah lama dikenal dalam pengobatan tradisional, bukti ilmiah terkait efektivitas dan keamanan kliniknya masih terbatas. Tinjauan ini merangkum temuan terkini mengenai senyawa terapeutik berbasis insekta serta menilai potensi farmakologisnya. Berbagai molekul yang dihasilkan oleh insekta menunjukkan aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, imunomodulator, antitumor, dan penyembuhan luka, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut dalam bidang biomedis. Artikel ini disusun menggunakan pendekatan narrative review melalui penelusuran Pustaka pada PubMed, Scopus, ScienceDirect dan Google

Scholar terhadap publikasi tahun 2015-2025 dengan focus pada senyawa bioaktif insekta dan aplikasinya dalam bidang medis. Karakterisasi molekuler, standarisasi metode ekstraksi, penentuan dosis, serta profil toksisitas masih belum memadai. Isu keamanan, terutama alergenitas dan kemungkinan reaktivitas silang, juga belum dipahami dengan baik sehingga menghambat penerapannya secara klinis. Perbedaan spesies insekta, teknik preparasi, dan variasi kandungan bioaktif turut menjadi tantangan dalam memastikan reproduktibilitas dan standarisasi terapeutik. Bukti yang tersedia, sebagian besar berasal dari penelitian *in vitro* dan *in vivo*, menunjukkan prospek yang menjanjikan tetapi belum cukup kuat untuk memastikan efikasi klinis. Diperlukan penelitian komprehensif melalui uji terkontrol, penelusuran mekanisme kerja, dan evaluasi efek samping untuk memvalidasi manfaat entomoterapi dan memastikan keamanannya. Secara keseluruhan, entomoterapi menawarkan peluang besar sebagai pendekatan terapeutik baru, namun memerlukan dasar ilmiah yang lebih kuat sebelum dapat diintegrasikan ke dalam praktik kedokteran modern.

Kata Kunci : Apitherapy, Drug Discovery, Entomotherapy, Insect-Derived Bioactive Compounds, Maggot Therapy.

PENDAHULUAN

Entomoterapi merupakan penggunaan insekta atau produk turunan insekta untuk tujuan terapeutik (Dev et al., 2020). Insekta dan produk turunannya mengandung senyawa alami yang memiliki potensi signifikansi biologis sebagai antibakteri, antifungi, antivirus, antikanker, antioksidan, antiinflamasi, dan sifat imunomodulator (Guarnieri et al., 2022; Hadj Saadoun et al., 2022; Khayrova et al., 2022; Seabrooks & Hu, 2017; Sinha & Choudhury, 2024). Insekta dapat diaplikasikan sebagai plester, salep, dikonsumsi per oral atau berbagai cara lainnya (Seabrooks & Hu, 2017). Entomoterapi sebenarnya bukan hal baru, praktik ini telah diterapkan di beberapa negara seperti India, Cina, dan Thailand, yang menggunakan insekta untuk mengobati penyakit ginjal, pembengkakan, gangguan gastrointestinal, *postpartum hemorrhage*, penyakit paru seperti asma dan batuk kronis, dan kondisi lainnya. Beberapa penelitian juga menunjukkan potensi madu, larva lebah madu, dan pupanya dapat digunakan untuk berbagai kondisi kesehatan, termasuk gangguan gastrointestinal, gangguan mental, pengobatan luka luar, dan terapi maggot (*maggot therapy*) (Al-Kafaween et al., 2023; Costa-Neto, 2005; Hossain et al., 2021). Saat ini minat dan arah penelitian pengembangan agen terapeutik dari

insekta dan turunannya semakin berkembang. Ilmu ini mengubah arah pandangan bahwa insekta tidak hanya sekedar menjadi vektor parasit, namun juga sebagai agen yang berpotensi untuk menyembuhkan penyakit (Ouango et al., 2024).

Berbagai tantangan pengobatan tengah dihadapi dunia saat ini, resistensi obat, tingginya efek samping, dan kebutuhan terapi komplementer mendorong eksplorasi senyawa-senyawa baru, termasuk dari insekta (Temesgen & Shiferaw, 2025; Theodoridis & Carvalho, 2025; Wang et al., 2019). Saat ini diketahui terdapat sekitar 1000 spesies insekta di seluruh dunia yang digunakan secara terapeutik [5]. Terdapat sekitar 300 spesies insekta obat yang terdiri atas 70 genera, 63 famili dan 14 ordo dilaporkan dari Tiongkok saja (Al-Kafaween et al., 2023) dan ratusan insekta lainnya untuk mengobati penyakit yang telah dilaporkan dari berbagai negara lain seperti: Jepang, Korea, India, Spanyol, Turki, Tibet, Afrika, Amerika Selatan, dan lainnya (Siddiqui et al., 2023).

Informasi tentang aplikasi klinis insekta di Indonesia saat ini masih sangat terbatas, dengan sebagian besar studi berfokus pada pemanfaatan lebah dan produk turunannya sedangkan potensi entomoterapi jauh lebih luas. Meskipun beberapa tinjauan pustaka mengenai entomoterapi telah dipublikasikan, sebagian besar hanya

membahas produk lebah, *maggot debridement therapy*, atau *edible insects* secara terpisah. Hingga saat ini, belum banyak tinjauan yang mengintegrasikan berbagai pendekatan entomoterapi, mencakup beragam kelompok insekta, mekanisme aksi, serta potensi translasi klinis dalam satu pembahasan yang komprehensif. Oleh karena itu, tinjauan ini disusun untuk menjelaskan berbagai aplikasi insekta dan produk turunannya sebagai agen terapeutik, mekanisme aksi, serta tantangan dalam pengembangan terapi. Studi ini diharapkan dapat memberi landasan ilmiah bagi para peneliti untuk mengeksplorasi potensi insekta dalam dunia medis.

METODE

Artikel ini disusun menggunakan pendekatan tinjauan naratif melalui penelusuran literatur pada basis data PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Penelusuran dilakukan terhadap artikel yang dipublikasikan pada rentang 2015–2025 menggunakan kombinasi kata kunci "*entomotherapy*", "*medicinal insects*", "*insect-derived therapeutics*", "*bee venom*", "*propolis*", "*maggot therapy*", "*apitherapy*", "*bioactive compounds*", dan "*insect bioactive compounds*", yang dikombinasikan menggunakan operator Boolean (AND dan OR).

Kriteria inklusi meliputi artikel berbahasa Indonesia atau Inggris, tersedia dalam teks lengkap (full-text), telah melalui proses peer review, serta membahas pemanfaatan insekta atau produk turunannya sebagai agen terapeutik, mekanisme aksi, atau aplikasi medis. Kriteria eksklusi meliputi artikel duplikat, abstrak konferensi, editorial, surat kepada editor, paten, artikel yang tidak tersedia dalam teks lengkap, serta publikasi yang tidak relevan dengan topik entomoterapi.

KONSEP ENTOMOTERAPI

Terapi berbasis insekta memiliki sejarah panjang di seluruh dunia oleh berbagai suku. Penggunaan insekta untuk pengobatan, seperti ulat sutra (*Bombyx mori* L.), sudah ada sejak

setidaknya 4600 tahun yang lalu di Tiongkok (Hăbeanu et al., 2023). Pada saat yang sama, lebah madu (*Apis mellifera* L.) pertama kali tercatat pada sekitar 3000 SM di Mesir (El-Seedi et al., 2022). Penelitian lain menunjukkan bahwa suku Maya telah menggunakan maggot untuk tujuan terapeutik antara tahun 1500-1800 (Harvey et al., 2021). Secara umum, penggunaan insekta sebagai terapi telah dimulai sejak zaman dahulu.

Terdapat sejumlah besar spesies insekta dari berbagai ordo, seperti Blattodea, Coleoptera, Diptera, Odonata, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Mantodea, Orthoptera, yang telah diketahui manfaatnya dalam pengobatan berbagai penyakit (Seabrooks & Hu, 2017), rangkuman ini disajikan pada Tabel Suplemen 1. Manfaat terapeutik yang didokumentasikan sangat beragam, mencakup pengobatan untuk berbagai penyakit, mulai dari gangguan kulit, masalah gastrointestinal (termasuk ulkus peptikum dan hemoroid), masalah respirasi (termasuk asma dan batuk rejan), demam, nyeri/rematik, hingga pengobatan untuk kanker/tumor dan masalah ginekologi/andrologi (Sinha & Choudhury, 2024). Bagian yang digunakan bervariasi, mencakup insekta dewasa, larva, pupa, sarang, atau produk khusus seperti madu, propolis, lilin, dan berbagai ekstrak kimia seperti peptida, asam lemak tak jenuh, dan turunan fenolik. Metode pemanfaatannya sebagian besar dilakukan secara oral atau topical (Siddiqui et al., 2023).

Salah satu ordo yang paling banyak diteliti adalah Blattodea, khususnya *Periplaneta americana*, yang telah digunakan secara luas untuk terapi gangguan gastrointestinal, gangguan pernapasan, serta kondisi kulit. Spesies ini umumnya dimanfaatkan pada fase dewasa melalui konsumsi oral, dengan sejumlah senyawa aktif yang telah berhasil diidentifikasi, seperti asam lemak tak jenuh, oligosakarida, periplanetasin-2 (peptida antimikroba), turunan fenolik, serta ekstrak kangfuxin yang kaya komponen bioaktif (Borah & Prasad, 2017). Pada famili Corydiidae,

Eupolyphaga sinensis juga menunjukkan potensi tinggi dalam pengobatan penyakit jantung iskemik, penyakit hati, dan aterosklerosis, terutama melalui keberadaan protein EPS72, polisakarida, serta berbagai peptida bioaktif seperti DP17 dan AR-9 (Xie et al., 2020). Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kelompok tertentu, karakteristik fase dan bahan aktif telah relatif jelas, memudahkan pemetaan mekanisme farmakologisnya.

Pada kelompok termites (Termitidae), pemanfaatan insekta untuk mengobati asma, bronkitis, influenza, tonsilitis, hingga gangguan hati telah tercatat dalam berbagai laporan etnofarmakologi. Misalnya, *Odontotermes formosanus* digunakan untuk ulkus, rematik, anemia, dan peningkatan laktasi, dengan mikrobiota sebagai komponen aktif yang diduga berperan (Figueirêdo et al., 2015). Demikian pula, *Macrotermes* sp. digunakan baik secara topikal maupun oral untuk berbagai kondisi mulai dari impotensi, inflamasi, hingga gonore, dan beberapa studi mengungkap potensi aktinomisetes yang hidup dalam sarangnya sebagai sumber metabolit bioaktif (Ouango et al., 2022). Namun, meskipun pemanfaatannya luas, sebagian besar spesies dalam ordo ini belum memiliki data sistematis mengenai fase yang digunakan, komponen aktif, atau mekanisme farmakodinamiknya. Referensi seperti Siddiqui et al. (2023) dan Figueirêdo et al. (2015) menunjukkan bahwa laporan tradisional lebih banyak menekankan manfaat empiris daripada karakterisasi biokimia sehingga penelitian lanjutan masih sangat dibutuhkan.

Dalam ordo Coleoptera, beberapa spesies seperti *Mylabris* sp. telah memiliki penjelasan mendalam mengenai bahan aktif, misalnya norcantharidin yang dikenal sebagai agen antitumor (Liu et al., 2020). Namun sebagian besar spesies lain, seperti *Batocera rubus*, *Orthosoma brunneum*, hingga *Chloridolum thaliodes*, meski digunakan untuk terapi seperti analgesik, malaria, smallpox, atau kelumpuhan, tidak memiliki data yang memadai mengenai senyawa aktif

maupun tahap perkembangan yang paling berperan (Meyer-Rochow, 2017; Mozhui et al., 2021). Situasi serupa juga terjadi pada ordo Odonata dan Diptera: beberapa spesies digunakan pada fase nimfa (misalnya *Orthetrum albistylum* dalam terapi asma), atau larva dan dewasa seperti *Musca domestica* yang diketahui mengandung peptida antimikroba seperti cecropin, attacin, lebocin, serta senyawa antitumor (Peng et al., 2022; Velayutham et al., 2017). Meski demikian, banyak spesies lain hanya tercatat manfaatnya tanpa penjelasan mengenai bioaktif spesifik atau tahapan organisme yang relevan.

Melihat pola umum tersebut (Tabel Suplemen 1), terlihat bahwa kesenjangan penelitian (*research gap*) masih sangat besar. Banyak entri yang masih berada pada kategori NS (nonspesifik) untuk fase yang digunakan, komponen bioaktif, maupun cara pemanfaatannya. Ketidakjelasan ini menunjukkan bahwa sebagian besar komoditas entomoterapi masih bersifat tradisional dan belum didukung oleh karakterisasi biokimia modern. Hal ini membuka peluang penelitian multidisiplin, mulai dari isolasi metabolit sekunder, eksplorasi mikrobiota endosimbion, studi efek farmakologis berbasis in vitro dan in vivo, hingga potensi bioteknologi untuk mengembangkan agen terapeutik baru berbasis insekta. Dengan demikian, entomoterapi bukan sekadar warisan budaya, tetapi dapat menjadi sumber kandidat obat masa depan apabila kesenjangan data ini diisi melalui penelitian yang lebih sistematis dan terstandar.

KLASIFIKASI BERDASARKAN JENIS TERAPI

Maggot Debridement Therapy (MDT)

Maggot Debridement Therapy (MDT) atau 'terapi larva' merupakan pengobatan untuk debridemen (pengangkatan jaringan nekrosis) pada luka kronis (Lin et al., 2025). Metode debridemen luka dapat diklasifikasikan sebagai bedah, autolitik, mekanis, enzimatis, atau biologis (Manna et al., 2025). MDT terutama membantu

penyembuhan luka melalui debridemen jaringan nekrotik baik secara mekanis maupun biokimia. Debridemen mekanis dicapai dengan "kait mulut" maggot dan tubuh kasarnya yang menggores jaringan nekrotik. Mereka juga dapat mengeluarkan campuran enzim proteolitik (tripsin dan kolagenase mirip kimotripsin) yang melisiskan jaringan yang tidak dapat hidup, sehingga memudahkan maggot untuk mencerna (Naik & Harding, 2017).

Di antara berbagai spesies, larva *Lucilia sericata* telah dievaluasi secara ekstensif dan ditemukan efektif (Tombulturk & Kanigur-Sultuybek, 2021a). *Lucilia cuprina* juga dilaporkan memiliki kemampuan serupa terutama untuk luka terinfeksi (Dillmann et al., 2022). Selain itu, masih banyak spesies lain seperti *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Phormia regina*, *Chrysomya albiceps*, *Sarcophaga carnaria*, dan *Hermetia illucens* diindikasikan memiliki potensi untuk penggunaan yang sama (Raposio et al., 2017).

Praktik MDT di Inggris dilakukan dengan menempatkan BioBag (larva *Lucilia sericata* yang dibesarkan secara aseptik), ke dasar luka selama 3–7 hari pada suatu waktu dan dianggap bekerja melalui tiga mekanisme: debridemen, disinfeksi, dan akselerasi penyembuhan luka (All Wales Tissue Viability Nurse Forum, 2022). Larva melakukan debridemen luka dengan menempel pada dasar luka dan merangkak menggunakan kaitnya. Larva ini mengeluarkan enzim proteolitik yang memecah jaringan yang tidak dapat hidup, yang kemudian dicerna (Greene et al., 2021). Sekresi larva memberikan manfaat lebih lanjut dengan mengganggu biofilm bakteri yang umum terjadi pada luka kaki kronis, menghilangkan strain bakteri yang resisten, dan membantu disinfeksi (Morris et al., 2023). Krisis resistensi antibiotik yang semakin meluas secara global menjadikan upaya atau terapi yang dapat menurunkan risiko infeksi sebagai komponen yang sangat vital dalam praktik medis modern. MDT juga dapat meningkatkan penyembuhan luka melalui efek positif potensial pada

beberapa tahap penyembuhan luka seperti migrasi fibroblas, angiogenesis, dan produksi faktor pertumbuhan (Tombulturk & Kanigur-Sultuybek, 2021b). Molekul bioaktif dalam ekskresi/sekresi (ES) larva turut berkontribusi terhadap efek ini melalui mekanisme enzimatik yang dibahas lebih lanjut pada bagian Mekanisme Molekuler

Bee Venom

Dalam pengobatan klasik, *bee venom* dan toksin turunan lebah digunakan untuk mengobati gangguan inflamasi kronis, karena memiliki potensi efek anti-arthritis, anti-kanker, dan pereda nyeri (Bava et al., 2023; Bindlish & Sawal, n.d.; Sun et al., 2024). Pada *bee sting therapy*, lebah madu dibiarkan menyengat langsung pada titik tubuh yang menjadi target, sedangkan pada *bee venom therapy*, *venom* yang sebelumnya dikumpulkan dari lebah lalu dikeringkan dengan metode *freeze-drying* diberikan melalui injeksi dalam berbagai dosis sesuai kebutuhan. Injeksi *bee venom* memiliki kemampuan untuk mengobati berbagai kondisi seperti gangguan autoimun (rheumatoid arthritis, psoriasis, dan sebagainya), gangguan neurologis, peradangan kronis, nyeri, penyakit kulit, dan infeksi mikroba (Khalil et al., 2021).

Honeybee venom adalah cairan bening dengan rasa pahit, aroma tajam, berat jenis 1,13, dan pH 4,5–5,5 (Szabat et al., 2021). Ketika *honeybee venom* terpapar udara, zat ini cepat mengering dan berubah menjadi kristal. *Venom* yang telah mengering biasanya berwarna kuning muda, namun beberapa produk komersial tampak coklat, kemungkinan akibat oksidasi pada sebagian protein di dalamnya. *Honeybee venom* larut dalam air, tetapi tidak larut dalam alkohol maupun amonium sulfat. Selain itu, *venom* ini mengandung sejumlah senyawa yang sangat mudah menguap, sehingga sebagian komponennya dapat hilang selama proses pengumpulan (Wehbe et al., 2019).

Honeybee venom mengandung beragam komponen dengan fungsi biologis yang berbeda. Di dalamnya

terdapat kelompok protein yang berperan sebagai enzim, seperti fosfolipase A2, fosfolipase B, asam fosfomonoesterase, hyaluronidase, fosfatase, serta lisofosfolipase (Szabat et al., 2021; Wehbe et al., 2019). Selain itu, *venom* ini juga mengandung protein berukuran lebih kecil dan berbagai peptida, termasuk melittin, apamin, adolapin, tertiapin, dan secapin (Kurek-Górecka et al., 2020). Komponen lain mencakup fosfolipid dan amina bioaktif seperti histamin, dopamin, dan noradrenalin. *Honeybee venom* juga mengandung asam amino, gula (glukosa dan fruktosa), feromon, serta mineral seperti kalsium dan magnesium (Sadek et al., 2024).

Di antara semua komponen tersebut, melittin merupakan konstituen utamanya. Melittin adalah peptida yang terdiri atas 26 asam amino yang menyusun sekitar 40–50% dari total *venom* kering (Rady et al., 2017). Melittin berperan dalam melisis sel, menentukan tingkat toksisitas *venom*, serta memicu rasa gatal dan iritasi. Bagian ujung amino (residu 1–20) bersifat hidrofobik dan tidak memiliki efek pelisisan, sedangkan bagian ujung karboksil (residu 21–26) bersifat hidrofilik dan bertanggung jawab terhadap aktivitas litiknya. Karena sifatnya yang amfoterik, melittin larut dalam air dalam bentuk monomer. Selain itu, melittin memiliki beragam aktivitas biologis, termasuk antikanker, antiinflamasi, antivirus, antibakteri, dan efek neuroprotektif (Lee & Bae, 2016).

Apamin adalah polipeptida kecil yang mampu melewati sawar darah otak, terdiri dari 18 asam amino, mengandung dua jembatan disulfida, dan hanya menyusun kurang dari 2% berat *honeybee venom* kering. Senyawa ini memiliki aktivitas antiinflamasi dan antioksidan (Azam et al., 2019; Kim et al., 2020).

Mast Cell Degranulating peptide (MCD) merupakan komponen neurotoksik yang menyumbang sekitar 2–3% dari *honeybee venom* kering. Peptida ini memiliki struktur mirip apamin dan tersusun atas 22 residu asam amino. Pada penelitian hewan,

MCD menimbulkan penurunan tekanan darah yang signifikan, sehingga dianggap sebagai penyebab hipotensi yang terlihat pada kasus keracunan *venom* (Wehbe et al., 2019).

Adolapin, polipeptida yang terdiri dari 103 asam amino, menyusun sekitar 1% dari *honeybee venom* kering. Zat ini memiliki efek antiinflamasi, analgesik (antinyeri), dan antipiretik (Bellik, 2015).

Produk Lebah Lainnya (Propolis, Royal Jelly)

Selain *venom* dan sengatannya, lebah madu juga menghasilkan berbagai produk biologis lain yang memiliki nilai terapeutik tinggi. Produk-produk ini telah digunakan secara tradisional maupun modern sebagai agen antiinflamasi, antimikroba, imunomodulator, hingga penyembuhan luka (Pasupuleti et al., 2017). Setiap produk memiliki karakteristik kimia, fungsi biologis, dan potensi farmakologis yang berbeda, sehingga memberikan spektrum manfaat yang lebih luas dalam bidang pengobatan berbasis lebah (*apitherapy*) (Kemp et al., 2025). Dengan memahami perbedaan komponen aktif dan mekanisme kerja masing-masing produk, kita dapat menilai potensi aplikasinya secara lebih tepat dalam konteks kesehatan dan terapi komplementer.

Propolis, yang biasa disebut "lem lebah" (*bee glue*), adalah bahan resin yang diproses oleh lebah madu (*Apis mellifera*) dari eksudat tumbuhan yang dicampur dengan lilin lebah dan enzim saliva. Lebah menggunakannya untuk menutup celah di dalam sarang, menstabilkan kelembapan dan suhu, serta melindungi koloni dari mikroorganisme patogen dan predator (Shanahan & Spivak, 2021).

Secara kimia, propolis adalah zat yang sangat kompleks dan heterogen. Ia mengandung lebih dari 800 senyawa yang teridentifikasi, meliputi flavonoid, asam fenolik, terpenoid, asam aromatik, steroid, dan minyak esensial (Ayad et al., 2025). Sebagian besar komponennya adalah resin dan balsam (50%), sisanya lilin (30%), minyak

esensial, aromatik, serbuk sari dan berbagai zat lainnya. Propolis yang paling banyak dipelajari adalah propolis poplar (kaya akan flavon dan ester fenolik dari *Populus spp.*), propolis hijau Brasil (terutama mengandung artepillin C dari *Baccharis dracunculifolia*), dan propolis merah (kaya akan isoflavonoid yang berasal dari *Dalbergia ecastaphyllum*) (Ahangari et al., 2018). Profil kimia propolis sangat bervariasi dan bergantung pada asal geografis, sumber botani, dan spesies lebah yang tepat. Propolis zona beriklim sedang sebagian besar mengandung flavonoid seperti pinocembrin, galangin, dan krisin, sedangkan varian tropis kaya akan fenilpropanoid terprenilasi dan diterpene (Kasote et al., 2022). Identifikasi penanda kimia sangat penting untuk kontrol kualitas dan reproduktifitas dalam studi farmakologis (Ballouk et al., 2025).

Propolis menunjukkan berbagai aktivitas biologis yang didukung oleh banyak penelitian *in vitro* dan *in vivo*, seperti antioksidan, anti-inflamasi, antimikroba, antivirus, imunomodulator, dan antikanker. Efek-efek ini dikaitkan dengan konstituen bioaktifnya, seperti *caffeic acid phenethyl ester* (CAPE), chrysin, galangin, kaempferol, dan pinocembrin (Pierański et al., 2025).

Royal jelly (RJ), produk lain dari sarang lebah, disekresikan oleh kelenjar hipofaring dan mandibula lebah madu pekerja (*Apis mellifera*) dan digunakan sebagai makanan untuk larva lebah dan ratu. RJ diakui karena nilai gizinya yang luar biasa, mendapatkan reputasi sebagai "*superfood*" yang konsumsinya memiliki banyak manfaat kesehatan bagi manusia (Tsopmo & Hosseinian, 2022).

RJ, sebagai produk lebah yang paling bernilai, tidak hanya merupakan salah satu makanan fungsional yang paling menarik, tapi juga dapat digunakan dalam pengobatan sebagai produk obat. Di banyak negara, RJ direkomendasikan dalam pengobatan pediatri hingga geriatri, RJ dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk, baik asli atau sebagai komponen fungsional dari berbagai produk makanan. Menurut beberapa sumber, produksi tahunan RJ

di Tiongkok, produsen dan eksportir terbesar dunia, mencapai lebih dari 4000 ton, yang mewakili lebih dari 90% total produksi global (Ahmad et al., 2020).

Komponen bioaktif RJ, seperti polifenol, vitamin, hormon, dan enzim, sangat penting untuk reaksi redoks dan mengendalikan tingkat stres oksidatif serta kerusakan sel dan inflamasi yang diinduksi stres oksidatif, faktor-faktor yang menyebabkan perkembangan gejala yang berkaitan dengan sindrom metabolik, kanker, penuaan, dan penyakit neurodegeneratif. Berbagai aktivitas biologis dan khasiat RJ yang meningkatkan kesehatan sebagian besar dikaitkan dengan beragam senyawa fenolik dan glikosida dari RJ, seperti pinobanksin, hesperetin, kaempferol, isorhamnetin, isosakuranetin, naringenin, krisin, akasetin, luteolin, apigenin, dan formononetin (Guo et al., 2021). Temuan-temuan ini mengarahkan studi farmakologis terhadap efek kesehatan yang menguntungkan dari berbagai komponen RJ yang mampu mengganggu produksi radikal reaktif, mengurangi OS dan inflamasi, dan berpotensi memperlambat timbulnya dan perkembangan berbagai penyakit kronis (Gasbarri & Angelini, 2025).

Insekta Yang Dapat Dimakan

Banyak peneliti telah mendokumentasikan entomofagia dari berbagai komunitas etnis di dunia dan konsumsinya bervariasi dari satu negara ke negara lain karena distribusi habitat mereka (Kapesa et al., 2020). Selain rasanya yang unik, memakan insekta memiliki beberapa manfaat kesehatan karena mengandung berbagai nutrisi dan dapat digunakan sebagai bentuk pengobatan tradisional. Karena jumlah lemak, energi, protein, vitamin, mineral, dan seratnya yang sangat besar yang diperlukan untuk kesehatan manusia, insekta yang dapat dimakan ini dianggap sebagai gudang kaya nutrisi dan sebagai makanan sehat (Zielińska et al., 2018).

Kandungan nutrisinya bervariasi menurut spesies, makanan, tahap metamorfosis, jenis kelamin, dan habitatnya, misalnya, lemak dan energi

biasanya tinggi pada larva dan pupa, kandungan bahan kering protein spesies hymenoptera berkisar antara 13 hingga 77%, spesies orthoptera berkisar antara 23 hingga 65%, spesies lepidoptera berkisar antara 14 hingga 68%, dst. demikian pula komposisi nutrisinya juga berubah menurut proses atau persiapan sebelum dikonsumsi, yaitu merebus, mengeringkan, atau menggoreng (Kouřimská & Adámková, 2016).

Insekta yang dapat dimakan memiliki kandungan protein yang tinggi yaitu sekitar 35%–60% berat kering atau 10%–25% berat segar, kandungan ini lebih tinggi daripada protein nabati seperti sereal atau kacang kedelai (Schlüter et al., 2017). Komposisi nutrisi tertinggi kedua pada insekta adalah lemak, dengan kandungan rata-rata antara 10 dan 50%, sebagian besar pada tahap larva dan pupa dan relatif lebih rendah pada tahap dewasa (Seni, 2017). Ordo Orthoptera diketahui memiliki kandungan protein tertinggi, Coleoptera memiliki kandungan lemak tertinggi, Hemiptera memiliki kandungan serat tertinggi, dan Lepidoptera memiliki tingkat energi tertinggi (Devi et al., 2023).

Beragam spesies insekta sudah lama dimanfaatkan sebagai sumber pangan, baik untuk konsumsi langsung maupun sebagai bahan tambahan dalam produk olahan. Saat ini enam spesies insekta komersial paling umum dikonsumsi adalah *Acheta domesticus*, *Apis mellifera*, *Bombyx mori*, *Imbrasia belina*, *Rhynchophorus phoenicis*, dan *Tenebrio molitor* (Devi et al., 2023). Beberapa di antaranya dikonsumsi terutama pada fase larva seperti *R. phoenicis*, *T. molitor*, dan *I. belina* karena kandungan lemaknya yang tinggi dan cita rasanya yang lebih kuat, sementara *A. domesticus* umumnya dikonsumsi pada fase dewasa (Meyer-Rochow et al., 2021). *T. molitor* bahkan telah diindustrialisasi karena kemampuannya tumbuh cepat dengan pakan minimal (Zunzunegui et al., 2024).

Di banyak wilayah berkembang, serangga menjadi alternatif strategis untuk mengatasi kekurangan gizi karena

murah, mudah diakses, dan kaya protein, vitamin, serta mineral (Mohamad et al., 2025). Program seperti WinFood dan SOR-Mite (bubur sorgum yang diperkaya protein) menunjukkan bahwa integrasi insekta ke dalam pola makan lokal dapat meningkatkan kualitas gizi anak dan keluarga berpenghasilan rendah. Di negara maju, serangga biasanya diproses menjadi tepung atau camilan agar lebih mudah diterima konsumen (Devi et al., 2023; Owino et al., 2015).

MEKANISME MOLEKULER

Meskipun entomoterapi mencakup taksa insekta yang sangat beragam, telaah terhadap senyawa bioaktif yang telah dikarakterisasi menunjukkan bahwa mekanisme kerja molekulernya dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jalur yang saling tumpang tindih: gangguan membran sel mikroba, modulasi jalur inflamasi, aktivasi jalur apoptosis, regulasi redoks, serta degradasi matriks ekstraseluler yang mendasari penyembuhan luka. Pengelompokan ini memperlihatkan bahwa spesies insekta yang secara taksonomi berjauhan dapat konvergen pada strategi molekuler yang serupa.

Gangguan Membran dan Aktivitas Antimikroba

Sebagian besar aktivitas antimikroba insekta diperankan oleh peptida antimikroba (antimicrobial peptide/AMP) yang bekerja dengan mengganggu integritas membran sel patogen. Periplanetasin-2 dari *Periplaneta americana* bekerja melalui mekanisme ini bersama sejumlah senyawa bioaktif lain seperti asam lemak tak jenuh, oligosakarida, turunan fenolik, dan ekstrak kangfuxin (Borah & Prasad, 2017). Pada *Musca domestica*, AMP seperti cecropin, attacin, dan lebocin turut berperan dalam aktivitas antimikroba larva (Peng et al., 2022; Velayutham et al., 2017), sementara *Bombyx mori* menghasilkan cecropin A, cecropin B, dan moricin dengan mekanisme serupa (Meyer-Rochow, 2017; Barretto & Vootla, 2020). Pada lebah tanpa sengat, simbiosis

Streptomyces sp. menghasilkan meliponamisin A dan meliponamisin B yang menunjukkan aktivitas antimikroba (Menegatti et al., 2020). Melittin, komponen utama bee venom, juga memiliki aktivitas litik terhadap membran sel yang mendasari sifat antibakteri, antivirus, dan antikankernya; struktur amfoteriknya, dengan ujung amino hidrofobik dan ujung karboksil hidrofilik, memungkinkan senyawa ini merusak susunan fosfolipid membran sel target (Lee & Bae, 2016). Mekanisme litik yang sama menjelaskan kemampuan melittin merusak selubung virus, termasuk retrovirus dan virus herpes (Yaacoub et al., 2023).

Modulasi Jalur Inflamasi

Beberapa senyawa insekta menekan inflamasi pada titik berbeda dalam kaskade sinyal yang sama. Melittin bekerja pada level reseptor permukaan dan faktor transkripsi dengan menekan Toll-like receptor (TLR)-2, TLR4, Cluster of Differentiation 14 (CD14), dan NF- κ B Essential Modulator (NEMO) (Lee & Bae, 2016; Wehbe et al., 2019). Adolapin bekerja lebih hilir, yaitu pada level enzim, melalui penghambatan siklooksigenase dan penekanan sintesis prostaglandin (Bellik, 2015). Apamin memodulasi produksi sitokin yang dikendalikan oleh TLR-4 serta menurunkan apoptosis sel melalui aktivasi caspase-3 (Kim et al., 2020). Pada level jaringan, mekanisme MDT turut berkontribusi pada modulasi inflamasi dengan menghambat produksi dan ekspresi mediator pro-inflamasi (Businaro et al., 2016); makrofag anti-inflamasi yang teraktivasi menghasilkan IL-10, Fibroblast Growth Factor (FGF), dan Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) yang mendorong proliferasi fibroblas dan neovaskularisasi (Riaz et al., 2025), sebagai bagian dari tiga proses utama penyembuhan luka yaitu inflamasi, angiogenesis, dan migrasi/proliferasi (Wallace et al., 2025).

Aktivasi Jalur Apoptosis dan Antitumor

Efek antikanker melittin merupakan salah satu mekanisme molekuler insekta yang paling banyak dikarakterisasi. Selain menekan jalur inflamasi di atas, melittin juga mengaktifkan p38 mitogen-activated protein kinase (p38 MAPK), extracellular signal-regulated kinase 1/2 (ERK1/2), protein kinase B (AKT), dan phospholipase C gamma 1 (PLC γ 1), meningkatkan aktivasi kanal kalsium, merangsang reseptor kematian death receptor 4 (DR4) dan death receptor 5 (DR5), serta secara tidak langsung mengaktifkan caspase-3 dan caspase-9 yang berperan dalam induksi apoptosis (Lee & Bae, 2016; Wehbe et al., 2019). Senyawa antitumor lain bekerja melalui target molekuler berbeda: norcantharidin dari *Mylabris* sp. (Liu et al., 2020), serta protein EPS72, polisakarida, dan peptida DP17 dan AR-9 dari *Eupolyphaga sinensis* (Xie et al., 2020).

Regulasi Redoks dan Aktivitas Antioksidan

Beberapa senyawa insekta bekerja dengan memodulasi keseimbangan redoks seluler. Apamin menurunkan stres oksidatif akibat lipopolisakarida dengan memengaruhi ekspresi NADPH oxidase 4 dan heme oxygenase-1 (Kim et al., 2020). Pada Royal Jelly, efek antioksidan dikaitkan dengan senyawa fenolik dan glikosida seperti pinobanksin, hesperetin, kaempferol, isorhamnetin, naringenin, krisin, dan apigenin (Guo et al., 2021), yang bekerja mengurangi peroksidasi lipid dan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan glutathione reduktase (GR), glutathione peroksidase (GPx), superoksida dismutase (SOD), dan katalase (CAT), terutama melalui aktivasi faktor transkripsi nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) yang mengatur ekspresi gen respons stres oksidatif (Chi et al., 2021). Konstituen propolis seperti caffeic acid phenethyl ester (CAPE), chrysin, galangin, kaempferol, dan pinocembrin turut memodulasi jalur seluler yang terkait apoptosis, inflamasi, dan regulasi siklus sel, sehingga berkontribusi pada

aktivitas antioksidan dan antikankernya secara bersamaan (Pierański et al., 2025).

Degradasi Matriks Ekstraseluler pada Penyembuhan Luka

Mekanisme molekuler MDT bertumpu pada aktivitas enzim proteolitik dalam ekskresi/sekresi (ES) larva. Glikosidase yang diidentifikasi dari ES larva instar pertama meningkatkan sensitivitas jaringan terhadap protease dengan melepaskan gula (Józefiak & Engberg, 2017), sementara enzim proteolitik seperti metaloprotease (kolagenase) dan protease mirip kimotripsin serta mirip tripsin mendegradasi protein matriks ekstraseluler sehingga melisiskan jaringan nekrotik (Isabela Avila-Rodríguez et al., 2020). Allantoin dalam cairan ES turut mempercepat penyembuhan dengan menciptakan lingkungan optimal bagi pertumbuhan sel (Barker et al., 2017; Zhu et al., 2024), sementara amonia dan garam dalam ES membawa pH lingkungan luka ke kisaran 8–9, yaitu pH optimal untuk aktivitas kolagenase, sehingga mempercepat proses proteolisis dan meningkatkan aktivitas fagositosis serta oksigenasi (Monaghan et al., 2023).

TANTANGAN TRANSLASI KLINIS

Meskipun insekta telah banyak digunakan sebagai sumber daya pengobatan di berbagai belahan dunia (Choudhary et al., 2022), uji klinis yang menilai pengobatan penyakit melalui entomoterapi kurang mendapat perhatian dibandingkan insekta dan produk turunan insekta yang digunakan sebagai makanan dan pakan. Negara-negara yang menggunakan insekta dan produk turunan insekta juga cenderung hanya berfokus pada beberapa lokasi geografis, sehingga catatan global tentang insekta dan produk turunan insekta untuk pengendalian penyakit kurang terdokumentasi di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Bukti ilmiah mengenai entomoterapi masih terbatas, termasuk terkait keamanan, perbedaan praktik antarnegara, serta persepsi dan penerimaan konsumen. Hubungan

antara penggunaan insekta atau produk turunannya dengan risiko alergi juga belum banyak dievaluasi. Di sisi lain, budidaya insekta menjadi perhatian tersendiri terkait isu lingkungan dan keselamatan, sementara sebagian insekta yang digunakan sebagai obat justru berstatus hama, sedangkan lainnya berperan penting dalam ekosistem, kondisi ini menambah kompleksitas dalam pemilihan spesies untuk pengembangan lebih lanjut.

PELUANG RISET

Insekta dapat digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan tanaman obat dalam pengobatan penyakit (Dev et al., 2020). Dalam bentuk telur, larva/nimfa, insekta dewasa, dan produk turunannya, insekta memberikan khasiat pengobatan alternatif bagi pengobatan modern, meskipun beberapa penelitian telah mencoba untuk mengatasi masalah ini di beberapa negara (Mozhui et al., 2021). Lebih dari 2.100 spesies insekta yang dimakan manusia di berbagai wilayah dan negara, tetapi hanya sedikit yang diketahui tentang kemungkinan penggunaan insekta yang dapat dimakan ini dalam studi dan pengembangan obat atau vaksin baru. Hal ini menunjukkan besarnya ruang riset yang belum tergarap.

Penelitian di masa mendatang perlu dilakukan secara ekstensif untuk mengidentifikasi insekta obat dengan tepat menggunakan metode molekuler, serta mengkarakterisasi senyawa aktif, efektivitas, dan potensi efek sampingnya. Bukti ilmiah mengenai entomoterapi masih terbatas, termasuk terkait keamanan, perbedaan praktik antarnegara, serta persepsi dan penerimaan konsumen.

Hubungan antara penggunaan insekta atau produk turunannya dengan risiko alergi juga perlu dievaluasi. Selain itu, dampak pemanfaatan insekta terhadap konservasi keanekaragaman hayati, perannya dalam kesehatan hewan, serta peluangnya dalam penemuan obat baru perlu diteliti lebih lanjut. Beberapa insekta yang digunakan sebagai obat merupakan hama,

sementara lainnya berperan penting dalam ekosistem. Oleh karena itu, pemilihan spesies untuk penelitian harus mempertimbangkan keseimbangan lingkungan.

KESIMPULAN

Tinjauan ini menunjukkan bahwa insekta, yang selama ini lebih dikenal sebagai vektor penyakit, menyimpan potensi besar sebagai agen terapeutik, dengan aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, dan antitumor yang didukung oleh berbagai jalur molekuler seperti gangguan membran sel, modulasi NF- κ B, aktivasi apoptosis, dan regulasi Nrf2. Temuan ini penting karena menegaskan bahwa entomoterapi memiliki dasar mekanistik yang dapat dijelaskan secara ilmiah, bukan sekadar praktik tradisional. Namun, bukti yang ada sebagian besar masih berasal dari studi in vitro/in vivo awal, sementara uji klinis terkontrol, standarisasi dosis, dan data keamanan (termasuk alergenitas) masih sangat terbatas. Penelitian ke depan perlu diarahkan pada karakterisasi molekuler yang lebih sistematis, uji klinis, serta pertimbangan keberlanjutan ekologis dalam pemanfaatan insekta. Integrasi pendekatan molekuler, farmakologi, bioteknologi, dan uji klinis akan menjadi langkah penting dalam mentranslasikan entomoterapi dari praktik tradisional menuju terapi berbasis bukti.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahangari, Z., Naseri, M., & Vatandoost, F. (2018). Propolis: Chemical Composition and Its Applications in Endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3), 285–292.
<https://doi.org/10.22037/iej.v13i3.20994>
- Ahlawat, S., Choudhary, V., Kaur, R., Arora, R., Sharma, R., Chhabra, P., Kumar, A., & Kaur, M. (2023). Unraveling the genetic mechanisms governing the host response to bovine anaplasmosis. *Gene*, 877, 147532.
<https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147532>
- Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New Insights into the Biological and Pharmaceutical Properties of Royal Jelly. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 382.
<https://doi.org/10.3390/ijms21020382>
- Al-Kafaween, M. A., Alwahsh, M., Mohd Hilmi, A. B., & Abulebdah, D. H. (2023). Physicochemical Characteristics and Bioactive Compounds of Different Types of Honey and Their Biological and Therapeutic Properties: A Comprehensive Review. *Antibiotics*, 12(2), 337.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12020337>
- All Wales Tissue Viability Nurse Forum. (2022). *Larval Debridement Therapy*.
https://www.wwic.wales/uploads/files/documents/Professionals/A_WTVNFlarval_finalforweb_opt.pdf
- Amer, A., Hamdy, B., Mahmoud, D., Elanany, M., Rady, M., Alahmadi, T., Alharbi, S., & AlAshaal, S. (2021). Antagonistic Activity of Bacteria Isolated from the Periplaneta americana L. Gut against Some Multidrug-Resistant Human Pathogens. *Antibiotics*, 10(3), 294.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics10030294>
- Ayad, A. S., Benchaabane, S., Daas, T., Smagghe, G., & Loucif-Ayad, W. (2025). Propolis Stands out as a Multifaceted Natural Product: Meta-Analysis on Its Sources, Bioactivities, Applications, and Future Perspectives. *Life*, 15(5), 764.
<https://doi.org/10.3390/life15050764>
- Azam, Md. N. K., Ahmed, Md. N., Biswas, S., Ara, N., Rahman, Md. M., Hirashima, A., & Hasan, Md. N. (2019). A Review on Bioactivities of Honey Bee Venom. *Annual Research & Review in Biology*, 30(2), 1–13.

- <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/45028>
- Ballouk, M. A.-H., Altinawi, M., & Fudalej, P. S. (2025). The multifaceted therapeutic potential of propolis: An integrative report on its pharmacological properties and emerging advances. *Discover Applied Sciences*, 7(9), 962. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07648-0>
- Barker, H., Aaltonen, M., Pan, P., Vähätupa, M., Kaipainen, P., May, U., Prince, S., Uusitalo-Järvinen, H., Waheed, A., Pastoreková, S., Sly, W. S., Parkkila, S., & Järvinen, T. A. (2017). Role of carbonic anhydrases in skin wound healing. *Experimental & Molecular Medicine*, 49(5), e334. <https://doi.org/10.1038/emm.2017.60>
- Barretto, D. A., & Vootla, S. K. (2020). Biological activities of melanin pigment extracted from Bombyx mori gut-associated yeast Cryptococcus rajasthanensis KY627764. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(10), 159. <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02924-0>
- Bava, R., Castagna, F., Musella, V., Lupia, C., Palma, E., & Britti, D. (2023). Therapeutic Use of Bee Venom and Potential Applications in Veterinary Medicine. *Veterinary Sciences*, 10(2), 119. <https://doi.org/10.3390/vetsci10020119>
- Bellik, Y. (2015). Bee Venom: Its Potential Use in Alternative Medicine. *Anti-Infective Agents*, 13(1), 3–16. <https://doi.org/10.2174/2211352513666150318234624>
- Bindlish, A., & Sawal, A. (n.d.). Bee Sting Venom as a Viable Therapy for Breast Cancer: A Review Article. *Cureus*, 16(2), e54855. <https://doi.org/10.7759/cureus.54855>
- Borah, M. P., & Prasad, S. B. (2017). Ethnozoological study of animals based medicine used by traditional healers and indigenous inhabitants in the adjoining areas of Gibbon Wildlife Sanctuary, Assam, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0167-6>
- Businaro, R., Corsi, M., Di Raimo, T., Marasco, S., Laskin, D. L., Salvati, B., Capoano, R., Ricci, S., Siciliano, C., Frati, G., & De Falco, E. (2016). Multidisciplinary approaches to stimulate wound healing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1378(1), 137–142. <https://doi.org/10.1111/nyas.13158>
- Cauich-Kumul, R., Sauri-Duch, E., Toledo-López, V., Acevedo-Fernández, J. J., Segura-Campos, M., Cauich-Kumul, R., Sauri-Duch, E., Toledo-López, V., Acevedo-Fernández, J. J., & Segura-Campos, M. (2020). Propolis of Apis mellifera from Yucatán, México: Study of biological properties. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3). <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2604>
- Chi, X., Liu, Z., Wang, H., Wang, Y., Wei, W., & Xu, B. (2021). Royal jelly enhanced the antioxidant activities and modulated the gut microbiota in healthy mice. *Journal of Food Biochemistry*, 45(5), e13701. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13701>
- Choudhary, P., Sharma, A. K., Mishra, Y. K., & Nayak, S. (2022). *Entomotherapy medicinal significance of insects: A review*.
- Costa-Neto, E. M. (2005). Animal-based medicines: Biological prospection and the sustainable use of zootherapeutic resources. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 77, 33–43.

- <https://doi.org/10.1590/S0001-37652005000100004>
- de Matos, F. M., de Lacerda, J. T. J. G., Zanetti, G., & de Castro, R. J. S. (2022). Production of black cricket protein hydrolysates with α -amylase, α -glucosidase and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities using a mixture of proteases. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39, 102276. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102276>
- Dev, S., Hassan, K., Claes, J., Mozahid, M. N., Khatun, H., & Mondal, M. F. (2020). Practices of entomophagy and entomotherapy in Bangladesh. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(5), 515–524. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0038>
- Devi, W. D., Bonysana, R., Kapesa, K., Mukherjee, P. K., & Rajashekar, Y. (2023). Edible insects: As traditional medicine for human wellness. *Future Foods*, 7, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100219>
- Dillmann, J. B., Lopes, T. R. R., da Rosa, G., Fracasso, M., Tapia Barraza, V. C., Barbosa, N. V., de Andrade, C. M., Kommers, G. D., Cargnelutti, J. F., & Monteiro, S. G. (2022). Safety and efficacy of *Lucilia cuprina* maggots on treating an induced infected wound in Wistar rats. *Experimental Parasitology*, 240, 108337. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108337>
- El-Seedi, H. R., El-Wahed, A. A. A., Zhao, C., Saeed, A., Zou, X., Guo, Z., Hegazi, A. G., Shehata, A. A., El-Seedi, H. H. R., Algethami, A. F., Al Naggar, Y., Agamy, N. F., Rateb, M. E., Ramadan, M. F. A., Khalifa, S. A. M., & Wang, K. (2022). A Spotlight on the Egyptian Honeybee (*Apis mellifera lamarckii*). *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 12(20), 2749. <https://doi.org/10.3390/ani12202749>
- Figueirêdo, R. E. C. R. de, Vasconcellos, A., Policarpo, I. S., & Alves, R. R. N. (2015). Edible and medicinal termites: A global overview. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s13002-015-0016-4>
- Gasbarri, C., & Angelini, G. (2025). Behind the Therapeutic Effects of Royal Jelly: Recent Advances in the Specific Properties of 10-Hydroxydecanoic Acid. *Molecules*, 30(13), 2694. <https://doi.org/10.3390/molecules30132694>
- Greene, E., Avsar, P., Moore, Z., Nugent, L., O'Connor, T., & Patton, D. (2021). What is the effect of larval therapy on the debridement of venous leg ulcers? A systematic review. *Journal of Tissue Viability*, 30(3), 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2021.05.005>
- Guarnieri, A., Triunfo, M., Scieuzo, C., Ianniciello, D., Tafi, E., Hahn, T., Zibek, S., Salvia, R., De Bonis, A., & Falabella, P. (2022). Antimicrobial properties of chitosan from different developmental stages of the bioconverter insect *Hermetia illucens*. *Scientific Reports*, 12(1), 8084. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12150-3>
- Guo, J., Wang, Z., Chen, Y., Cao, J., Tian, W., Ma, B., & Dong, Y. (2021). Active components and biological functions of royal jelly. *Journal of Functional Foods*, 82, 104514. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104514>
- Hăbeanu, M., Gheorghe, A., & Mihalcea, T. (2023). Silkworm *Bombyx mori*—Sustainability and Economic Opportunity, Particularly for Romania.

- Agriculture*, 13(6), 1209.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13061209>
- Hadj Saadoun, J., Sogari, G., Bernini, V., Camorali, C., Rossi, F., Neviani, E., & Lazzi, C. (2022). A critical review of intrinsic and extrinsic antimicrobial properties of insects. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 40–48.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.018>
- Harvey, M. L., Dadour, I. R., & Gasz, N. E. (2021). Maggot Therapy in Chronic Wounds: New Approaches to Historical Practices. *Annals of the Entomological Society of America*, 114(4), 415–424.
<https://doi.org/10.1093/aesa/sab012>
- Hoenle, P. O., Blüthgen, N., Brückner, A., Kronauer, D. J. C., Fiala, B., Donoso, D. A., Smith, M. A., Ospina Jara, B., & von Beeren, C. (2019). Species-level predation network uncovers high prey specificity in a Neotropical army ant community. *Molecular Ecology*, 28(9), 2423–2440.
<https://doi.org/10.1111/mec.15078>
- Hossain, M. L., Lim, L. Y., Hammer, K., Hettiarachchi, D., & Locher, C. (2021). Honey-Based Medicinal Formulations: A Critical Review. *Applied Sciences*, 11(11), 5159.
<https://doi.org/10.3390/app1115159>
- Im, A.-R., Ji, K.-Y., Park, I., Lee, J. Y., Kim, K. M., Na, M., & Chae, S. (2019). Anti-Photoaging Effects of Four Insect Extracts by Downregulating Matrix Metalloproteinase Expression via Mitogen-Activated Protein Kinase-Dependent Signaling. *Nutrients*, 11(5), 1159.
<https://doi.org/10.3390/nu11051159>
- Isabela Avila-Rodríguez, M., Meléndez-Martínez, D., Licona-Cassani, C., Manuel Aguilar-Yañez, J., Benavides, J., & Lorena Sánchez, M. (2020). Practical context of enzymatic treatment for wound healing: A secreted protease approach (Review). *Biomedical Reports*, 13(1), 3–14.
<https://doi.org/10.3892/br.2020.1300>
- Józefiak, A., & Engberg, R. M. (2017). Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 26(2), 87–99.
<https://doi.org/10.22358/jafs/69998/2017>
- Kapesa, K., Devi, W. D., Bonyana, R. K., & Rajashekar, Y. (2020). Anthro-entomophagy and ethno-entomology among the ethnic Mao-Naga and Poumai-Naga tribes of Manipur, Northeast India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(5), 507–514.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0012>
- Kasote, D., Bankova, V., & Viljoen, A. M. (2022). Propolis: Chemical diversity and challenges in quality control. *Phytochemistry Reviews*, 21(6), 1887–1911.
<https://doi.org/10.1007/s11101-022-09816-1>
- Kemp, J. A., Mendonça, M., Chrispim, P., Ribeiro, M., Britto, I., Coutinho-Wolino, K. S., Ribeiro-Alves, M., Nakao, L. S., Kussi, F., Coelho, E. B., Berretta, A. A., Mafra, D., & Cardozo, L. (2025). Apitherapy with Royal Jelly and Green Propolis EPP-AF® Improves Cardiovascular Risk Markers in Patients Undergoing Hemodialysis. *Toxins*, 17(8), 369.
<https://doi.org/10.3390/toxins17080369>
- Khalil, A., Elesawy, B. H., Ali, T. M., & Ahmed, O. M. (2021). Bee Venom: From Venom to Drug. *Molecules*, 26(16), 4941.
<https://doi.org/10.3390/molecules26164941>
- Khayrova, A., Lopatin, S., Shagdarova, B., Sinitsyna, O., Sinitsyn, A., & Varlamov, V. (2022). Evaluation of Antibacterial and Antifungal

- Properties of Low Molecular Weight Chitosan Extracted from *Hermetia illucens* Relative to Crab Chitosan. *Molecules*, 27(2), 577. <https://doi.org/10.3390/molecules27020577>
- Kim, J.-Y., Leem, J., & Park, K.-K. (2020). Antioxidative, Antiapoptotic, and Anti-Inflammatory Effects of Apamin in a Murine Model of Lipopolysaccharide-Induced Acute Kidney Injury. *Molecules*, 25(23), 5717. <https://doi.org/10.3390/molecules25235717>
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Kurek-Górecka, A., Komosinska-Vassev, K., Rzepecka-Stojko, A., & Olczyk, P. (2020). Bee Venom in Wound Healing. *Molecules*, 26(1), 148. <https://doi.org/10.3390/molecules26010148>
- Lacroix, I. M. E., Dávalos Terán, I., Fogliano, V., & Wichers, H. J. (2019). Investigation into the potential of commercially available lesser mealworm (*A. diaperinus*) protein to serve as sources of peptides with DPP-IV inhibitory activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 696–704. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13982>
- Langthasa, S., Teron, R., & Tamuli, A. K. (2019a). Cross-cultural entomotherapy in Dima Hasao District, Assam. *Indian Journal of Entomology*, 81(3), 526. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2019.00114.7>
- Langthasa, S., Teron, R., & Tamuli, A. K. (2019b). Cross-cultural entomotherapy in Dima Hasao District, Assam. *Indian Journal of Entomology*, 81(3), 526–531.
- Lee, G., & Bae, H. (2016). Anti-Inflammatory Applications of Melittin, a Major Component of Bee Venom: Detailed Mechanism of Action and Adverse Effects. *Molecules*, 21(5), 616. <https://doi.org/10.3390/molecules21050616>
- Lin, C.-J., Lin, C.-W., Wu, S.-H., & Cheng, H.-M. (2025). Effectiveness of Maggot Debridement Therapy for Chronic Wounds: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Wound Repair and Regeneration*, 33(5), e70095. <https://doi.org/10.1111/wrr.70095>
- Liu, M., Tu, J., Feng, Y., Zhang, J., & Wu, J. (2020). Synergistic co-delivery of diacid metabolite of norcantharidin and ABT-737 based on folate-modified lipid bilayer-coated mesoporous silica nanoparticle against hepatic carcinoma. *Journal of Nanobiotechnology*, 18(1), 114. <https://doi.org/10.1186/s12951-020-00677-4>
- Manna, B., Nahirniak, P., & Morrison, C. A. (2025). Wound Debridement. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507882/>
- Menegatti, C., Lourenzon, V. B., Rodríguez-Hernández, D., da Paixão Melo, W. G., Ferreira, L. L. G., Andricopulo, A. D., do Nascimento, F. S., & Pupo, M. T. (2020). Meliponamycins: Antimicrobials from Stingless Bee-Associated *Streptomyces* sp. *Journal of Natural Products*, 83(3), 610–616. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01011>
- Meyer-Rochow, V. B. (2017). Therapeutic arthropods and other, largely terrestrial, folk-medicinally important invertebrates: A comparative survey and review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1), 9.

- <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0136-0>
- Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., & Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036. <https://doi.org/10.3390/foods10051036>
- Mohamad, A., Tan, C. K., Shah, N. N. A. K., Nayan, N., Ibrahim, A., Abdi, G., & Aadil, R. M. (2025). Insect protein: A pathway to sustainable protein supply chains, challenges, and prospects. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101678>
- Monaghan, M. G., Borah, R., Thomsen, C., & Browne, S. (2023). Thou shall not heal: Overcoming the non-healing behaviour of diabetic foot ulcers by engineering the inflammatory microenvironment. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 203, 115120. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2023.115120>
- Morris, D., Flores, M., Harris, L., Gammon, J., & Nigam, Y. (2023). Larval Therapy and Larval Excretions/Secretions: A Potential Treatment for Biofilm in Chronic Wounds? A Systematic Review. *Microorganisms*, 11(2), 457. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020457>
- Mozhui, L., Kakati, L. N., & Meyer-Rochow, V. B. (2021). Entomotherapy: A study of medicinal insects of seven ethnic groups in Nagaland, North-East India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00444-1>
- Naik, G., & Harding, K. G. (2017). Maggot debridement therapy: The current perspectives. *Chronic Wound Care Management and Research*, 4, 121–128. <https://doi.org/10.2147/CWCMR.S117271>
- Ouango, M., Cissé, H., Romba, R., Drabo, S. F., Semdé, R., Savadogo, A., & Gnankiné, O. (2024). Entomotherapy as an alternative treatment for diseases due to Gram-negative bacteria in Burkina Faso. *Scientific Reports*, 14(1), 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50622-2>
- Ouango, M., Romba, R., Drabo, S. F., Ouedraogo, N., & Gnankiné, O. (2022). Indigenous knowledge system associated with the uses of insects for therapeutic or medicinal purposes in two main provinces of Burkina Faso, West Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00547-3>
- Owino, V. O., Skau, J., Omollo, S., Konyole, S., Kinyuru, J., Estambale, B., Owuor, B., Nanna, R., Friis, H., & The WinFood Project Team. (2015). WinFood Data from Kenya and Cambodia: Constraints on Field Procedures. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(1_suppl1), S41–S46. <https://doi.org/10.1177/15648265150361S107>
- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1259510. <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>
- Peng, S., Ling, X., Rui, W., Jin, X., & Chu, F. (2022). LMWP (S3-3) from the Larvae of *Musca domestica* Alleviate D-IBS by Adjusting the Gut Microbiota. *Molecules*, 27(14), 4517. <https://doi.org/10.3390/molecules27144517>
- Pierański, M. K., Kaniowski, D., & Szweda, P. (2025). Therapeutic

- Potential of Propolis in Preclinical Models of Cancer and Infectious Diseases: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(16), 8041. <https://doi.org/10.3390/ijms26168041>
- Rady, I., Siddiqui, I. A., Rady, M., & Mukhtar, H. (2017). Melittin, a major peptide component of bee venom, and its conjugates in cancer therapy. *Cancer Letters*, 402, 16–31. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2017.05.010>
- Raposo, E., Bortolini, S., Maistrello, L., & Grasso, D. A. (2017). Larval Therapy for Chronic Cutaneous Ulcers: Historical Review and Future Perspectives. *Wounds: A Compendium of Clinical Research and Practice*, 29(12), 367–373.
- Riaz, M., Iqbal, M. Z., Klar, A. S., & Biedermann, T. (2025). Immunomodulatory Mechanisms of Chronic Wound Healing: Translational and Clinical Relevance. *MedComm*, 6(11), e70378. <https://doi.org/10.1002/mco2.70378>
- Sadek, K. M., Shib, N. A., Taher, E. S., Rashed, F., Shukry, M., Atia, G. A., Taymour, N., El-Nablaway, M., Ibrahim, A. M., Ramadan, M. M., Abdelkader, A., Abdo, M., Imbrea, I., Pet, E., Ali, L. S., & Abdeen, A. (2024). Harnessing the power of bee venom for therapeutic and regenerative medical applications: An updated review. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1412245. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1412245>
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jäger, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P., & Engel, K.-H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(6), 1600520. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>
- Seabrooks, L., & Hu, L. (2017). Insects: An underrepresented resource for the discovery of biologically active natural products. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 7(4), 409–426. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2017.05.001>
- Seni, A. (2017). Edible Insects: Future Prospects for Dietary Regimen. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8), 1302–1314. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.158>
- Shanahan, M., & Spivak, M. (2021). Resin Use by Stingless Bees: A Review. *Insects*, 12(8), 719. <https://doi.org/10.3390/insects12080719>
- Siddiqui, S. A., Li, C., Aidoo, O. F., Fernando, I., Haddad, M. A., Pereira, J. A. M., Blinov, A., Golik, A., & Câmara, J. S. (2023). Unravelling the potential of insects for medicinal purposes – A comprehensive review. *Heliyon*, 9(5), e15938. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15938>
- Sinha, B., & Choudhury, Y. (2024). Revisiting edible insects as sources of therapeutics and drug delivery systems for cancer therapy. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1345281. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1345281>
- Sun, H., Qu, Y., Lei, X., Xu, Q., Li, S., Shi, Z., Xiao, H., Zhang, C., & Yang, Z. (2024). Therapeutic Potential of Bee and Wasp Venom in Anti-Arthritic Treatment: A Review. *Toxins*, 16(11), 452. <https://doi.org/10.3390/toxins16110452>
- Szabat, P., Poleszak, J., Szabat, M., Boreński, G., Wójcik, M., & Milanowska, J. (2021). Apitherapy – the medical use of bee products. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(8), 384–396.

244.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.11.016>
- Verheyen, G. R., Pieters, L., Maregesi, S., & Van Miert, S. (2021). Insects as Diet and Therapy: Perspectives on Their Use for Combating Diabetes Mellitus in Tanzania. *Pharmaceuticals*, 14(12), 1273. <https://doi.org/10.3390/ph14121273>
- Vidhu, V. V., & Evans, D. A. (2015). Ethnoentomological values of *Oecophylla smaragdina* (Fabricius). *Current Science*, 109(3), 572–579.
- Vit, P., Vargas, O., Lpez, T., & Valle, F. (2015). Meliponini biodiversity and medicinal uses of pot-honey from El Oro province in Ecuador. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(6), 502. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.079>
- Wallace, H. A., Basehore, B. M., & Zito, P. M. (2025). Wound Healing Phases. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470443/>
- Wang, X., Zhang, H., & Chen, X. (2019). Drug resistance and combating drug resistance in cancer. *Cancer Drug Resistance*, 2(2), 141–160. <https://doi.org/10.20517/cdr.2019.10>
- Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., El Obeid, D., Sabatier, J.-M., & Fajloun, Z. (2019). Bee Venom: Overview of Main Compounds and Bioactivities for Therapeutic Interests. *Molecules*, 24(16), 2997. <https://doi.org/10.3390/molecules24162997>
- Xie, X., Shen, W., Zhou, Y., Ma, L., Xu, D., Ding, J., He, L., Shen, B., & Zhou, C. (2020). Characterization of a polysaccharide from *Eupolyphaga sinensis* walker and its effective antitumor activity via lymphocyte activation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 31–42.
- Temesgen, A. B., & Shiferaw, S. A. (2025). Antimicrobial Multidrug Resistance and Mechanisms of Action: An Overview. *BioMed Research International*, 2025, 8847267. <https://doi.org/10.1155/bmri/8847267>
- Theodoridis, L., & Carvalho, T. G. (2025). Antimalarial drug resistance and drug discovery: Learning from the past to innovate the future. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 28, 100602. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2025.100602>
- Tombulturk, F. K., & Kanigur-Sultuybek, G. (2021a). A molecular approach to maggot debridement therapy with *Lucilia sericata* and its excretions/secretions in wound healing. *Wound Repair and Regeneration: Official Publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*, 29(6), 1051–1061. <https://doi.org/10.1111/wrr.12961>
- Tombulturk, F. K., & Kanigur-Sultuybek, G. (2021b). A molecular approach to maggot debridement therapy with *Lucilia sericata* and its excretions/secretions in wound healing. *Wound Repair and Regeneration*, 29(6), 1051–1061. <https://doi.org/10.1111/wrr.12961>
- Tsopmo, A., & Hosseinian, F. (2022). Antioxidants in functional foods. *Journal of Food Biochemistry*, 46(4), e14167. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14167>
- Velayutham, V., Shanmugavel, S., Somu, C., & Sundaram, J. (2017). Purification, characterization, and analysis of antibacterial activity of a serum lectin from the grub of rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros*. *Process Biochemistry*, 53, 232–

- <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.120>
- Yaacoub, C., Wehbe, R., Roufayel, R., Fajloun, Z., & Coutard, B. (2023). Bee Venom and Its Two Main Components—Melittin and Phospholipase A2—As Promising Antiviral Drug Candidates. *Pathogens*, 12(11), 1354. <https://doi.org/10.3390/pathogens12111354>
- Yazan, L. S., Zainal, N. A., Ali, R. M., Zali, M. F. S. M., Sze, O. Y., Sim, T. Y., Gopalsamy, B., Ling, V. F., Sapuan, S., Esa, N., Haron, A. S., Ansar, F. H. Z., Mokhtar, A. M. A., & Alwi, S. S. S. (2018). Antiulcer properties of kelulut honey against ethanol-induced gastric ulcer. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 26(1), 121–132.
- Zhu, H., Ao, H. T., Fu, Y., Zou, C., Chen, Z., Jin, Z., Zhou, H., Sun, B., & Guo, S. (2024). Optimizing alginate dressings with allantoin and chemical modifiers to promote wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 275, 133524. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133524>
- Zielińska, E., Karaś, M., & Baraniak, B. (2018). Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. *LWT*, 91, 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.058>
- Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., & Poveda, J. (2024). Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth. *Journal of Cleaner Production*, 460, 142608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142608>

Tabel Suplemen 1. Insekta, manfaat terapeutik, tahapan dan komponen aktif yang digunakan dalam entomoterapi

Ordo	Famili	Spesies	Manfaat terapeutik	Cara peman-faan	Tahap atau bahan yang digunakan	Bahan aktif	Referensi
Blatodea	Blattidae	<i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus)	Gastroenteritis, gangguan telinga, prolaps rektum, herpes zoster, kulit, gangguan lambung, konstipasi, nyeri ulu hati, kolik; batuk rejan, ulkus peptikum, stimulan laktasi, antitumor, kesulitan buang air kecil, kolik ginjal, dan asma	Oral	Dewasa	Asam lemak tak jenuh, oligosakarida, ekstrak etanol – kangfuxin, peptida antimikroba (periplaneta sin-2), ekstrak, turunan fenolik, periplanpirazin, cairan kangfuxin	(Borah & Prasad, 2017)
		<i>Periplaneta fuliginosa</i> (Serville)	Gangguan kulit dan perut	NS	NS	Mikrobiota usus	(Amer et al., 2021)
		<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus)	Gangguan kulit dan perut	NS	Nimfa/Dewasa	NS	(Amer et al., 2021)
		<i>Blatta orientalis</i> (Linnaeus)	Gangguan kulit, perut, tetanus dan nyeri telinga, sifat anti-asma, anti-anafilaksis, dan perikarditis	NS	NS	NS	(Amer et al., 2021)
	Corydiidae	<i>Eupolyphaga sinensis</i> (Walker)	Penyakit jantung iskemik, fungsi jantung; penyakit hati, ginekopati, aterosklerosis dan epilepsi	NS	Nimfa/Dewasa	Protein - EPS72, Polisakarida, Peptida DP17, Peptida (AR-9), Peptida, Polipeptida, Protease serin	(Xie et al., 2020)
	Termitidae (termites)	<i>Microcerotermes exiguus</i> (Hagen)	Asma, bronkitis, influenza, batuk rejan, dan flu	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky)	Asma, batuk, flu, dan sakit tenggorokan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Nasutitermes macrocephalus</i> (Silvestri)	Asma, Bronkitis, batuk influenza, sakit tenggorokan, sinusitis, tonsilitis, dan suara serak	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Odontotermes feae</i> (Wasmann)	Asma	Oral	NS	NS	(Figueirêdo et al., 2015)
		<i>Macrotermes bellicosus</i> (Smeathman)	Luka jahitan	NS	NS	NS	(Figueirêdo et al., 2015)
		<i>Odontotermes formosanus</i> (Shiraki)	Ulkus, Nyeri, Rematik, Anemia dan Peningkatan laktasi	NS	NS	Mikrobiota	(Figueirêdo et al., 2015)

Coleoptera		<i>Macrotermes sp.</i>	Impotensi seksual, inflamasi, dislokasi, malformasi kongenital, nyeri kepala, muntah, diare, nyeri sendi, nyeri tulang, keseleo, kelelahan umum, fraktur, gonore, dan malnutrisi pada anak.	Topikal dan Oral	Dewasa/Sarang	Aktinomisetes	(Ouango et al., 2022)
		<i>Pseudacanthotermes spiniger (Sjoestedt)</i>	Infeksi jamur dan bakteri	NS	NS	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Nasutitermes sp.</i>	Inflamasi	Topikal	Sarang	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Microtermes obesi (Holmgren)</i>	Gangguan hati	Oral	NS	NS	(Choudhary et al., 2022)
		<i>Trinervitermes sp.</i>	Mumps, luka bakar, fraktur, kekurangan zat besi, inflamasi, edema, luka dan muntah	Topikal	Dewasa, Sarang	NS	(Ouango et al., 2022)
	Bruchidae	<i>Pachymerus nucleorum (Fabr.)</i>	Gangguan telinga	NS	NS	NS	(Ahlawat et al., 2023)
		<i>Cicindela chinensis (DeGeer)</i>	Masalah kulit, tumor dan ginekologi	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	Cicindelidae	<i>Pheropsophus spp.</i>	Alkoholisme	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
		<i>Apriona rugicollis (Chevrolat)</i>	Masalah paru-paru, kram, dan kelumpuhan	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	Cerambycidae	<i>Batocera rubus (Linnaeus)</i>	Masalah analgesik dan gastrointestinal, malaria, tifus dan afrodisiak	Oral	Larva	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Batocera parryi (Hope)</i>	Masalah analgesik dan gastrointestinal, malaria, tifus, dan afrodisiak	Oral	Larva	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Batocera rufomaculata (De Geer)</i>	Masalah analgesik dan gastrointestinal, malaria, tifus, dan afrodisiak	Oral	Larva	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Chloridolum thaliodes (Bates)</i>	Smallpox	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Batocera lineolata (Chevrolat)</i>	Meredakan kram, terapi kanker dan difteri, smallpox	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Orthosoma brunneum (Forster)</i>	Masalah analgesik dan gastrointestinal, malaria, tifus, dan afrodisiak	Oral	Larva	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Coccinella septempunctata (Linnaeus)</i>	Luka	NS	Dewasa	NS	(Ouango et al., 2022)
	Curculionidae	<i>Larinus maculatus (Gyllenhal)</i>	Organ respirasi	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Brachycerus ornatus (Drury)</i>	Masalah gastrointestinal	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	Dermestidae	<i>Ips typographus (Linnaeus)</i>	Vesikator dan pembukaan abses	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	Dytiscidae	<i>Cybister brevis (Aubé)</i>	Asma, masalah respirasi dan gastrointestinal	NS	Dewasa	NS	(Siddiqui et al., 2023)

	<i>Cybister chinensis</i> (Motschulsky)	Asma, masalah pernapasan dan gastrointestinal	NS	Dewasa	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Cybister tripunctatus</i> (Olivier)	Asma, masalah pernapasan dan gastrointestinal	NS	Dewasa	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Rhantus pulverosus</i> (Stephens)	Gangguan kulit	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Gyrinidae	<i>Gyrinus curtus</i> (Motschulsky)	Masalah paru-paru dan gastrointestinal, demam, dan kram	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Gyrinus japonicus</i> (Sharp)	Masalah paru-paru dan gastrointestinal, demam, dan kram	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Dineutus marginatus</i> (Sharp)	Masalah paru-paru dan gastrointestinal, demam, dan kram	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Hydrophilidae	<i>Sternolophus rufipes</i> (Fabricius)	Gangguan kulit, kram, dan batuk rejan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Hydrophilus affinis</i> (Thunberg)	Gangguan kulit, kram, dan batuk rejan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Hydrophilus acuminatus</i> (Motschulsky)	Gangguan kulit, kram, dan batuk rejan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Lampyridae	<i>Lampyridae spp.</i>	Kanker	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
	<i>Aquatica lateralis</i> (Motschulsky)	Perdarahan, tumor, batuk rejan, hemoroid, dan sebagai tonik rambut	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Lucanidae	<i>Lucanus macrifemoratus</i> (Motschulsky)	Pengobatan masalah ginekologi	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Prosopocoilus inclinatus</i> (Motschulsky)	Pengobatan masalah ginekologi	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Meloidae	<i>Epicauta gorhami</i> (Marseul)	Pengobatan rambut, sistem ekskresi kulit (ginjal), rabies dan kutil	NS	NS	NS	(Choudhary et al., 2022)
	<i>Mylabris pustulata</i> (Latreille)	Gigitan anjing dan Hidrofobia	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Mylabris sp.</i>	Lepuh dan kutil	Topikal	Dewasa	Norcanthari din	(Liu et al., 2020)
	<i>Lytta vesicatoria</i> (Linnaeus)	Gangguan saluran kemih dan afrodisiak	NS	Dewasa	NS	(Ouango et al., 2022)
	<i>Berberomeloe majalis</i> (Linnaeus)	Kutil	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Pseudomeloe andensis</i> Guérin-Méneville	Kutil	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Palembus dermestoides</i> (Farmaire)	Impotensi seksual, masalah mata, rematik, dan kelemahan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Lytta sp.</i>	Anemia sel sabit	Oral	NS	NS	(Ouango et al., 2022)
Scarabaeidae	<i>Melolontha vulgaris</i> (Fabricius)	Goresan, anemia, dan rematik	NS	NS	NS	(Ouango et al., 2022)
	<i>Propomacrus sp.</i>	Batuk	NS	NS	NS	(Dev et al., 2020)
	<i>Strategus aloeus</i> (Linnaeus)	Afrodisiak	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)

Odonata	Tenebrionidae	<i>Megasoma actaeon</i> (Linnaeus)	Afrodisiak	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer)	Diabetes dan obesitas	NS	NS	NS	(Lacroix et al., 2019)
		<i>Palembus dermestoides</i> (Farmaire)	Asma, arthritis, tuberkulosis dan impotensi seksual	NS	NS	NS	(Hoenle et al., 2019)
		<i>Blaps sulcata</i> (Laporte de Castelnau)	Gigitan kalajengking	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	Tenebrionidae	<i>Tenebrio molitor</i> (Linnaeus)	Anti-inflamasi (stroke)	NS	Kitin	Ekstrak	(Im et al., 2019)
	Libellulidae	<i>Sympetrum darwinianum</i> (Selys)	Sakit tenggorokan, asma, tumor, demam, dan batuk rejan	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Sympetrum pedemontanum</i> (Müller in Allioni)	Asma	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Sympetrum croceolum</i> (Selys)	Asma	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Sympetrum frequens</i> (Sélys)	Asma	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Orthetrum albistylum</i> (Selys)	Asma	NS	Nimfa	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Crocothemis servilia</i> (Drury)	Masalah telinga, mata, tenggorokan, dan usus, demam, difteri, dan batuk	NS	Nimfa		(Mozhui et al., 2021)
Diptera	Culicidae	<i>Culex pipiens</i> (Linnaeus)	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Aedes japonicus</i> (Theobald)	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Aedes albopictus</i> (Skuse)	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Anopheles japonicus</i> Coluzzi	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
	Dryomyzidae	<i>Dryomyza formosa</i> Wiedemann	Demam, gigitan ular, masalah gastrointestinal, serta penglihatan	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
	Muscidae	<i>Fannia canicularis</i> (Linnaeus)	Gigitan ular, demam, masalah gastrointestinal, penglihatan, sakit gigi, gangguan kulit dan hemoroid	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Musca domestica</i> (Linnaeus)	Anemia sel sabit , infertilitas pria, kista mata, kebotakan, gigitan kalajengking dan ular, demam, masalah gastrointestinal, penglihatan, demam, sakit gigi, gangguan kulit dan hemoroid	Oral	Larva/Dewasa	Peptida dengan berat molekul rendah Protein - Lektin AMP - Cecropin, attacin , lebocin Peptida antitumor Microbiota - Bacillus subtilis -	(Peng et al., 2022) (Velayutham et al., 2017)]

						extracellular polymeric substance Ekstrak Makanan larva	
	<i>Muscina stabulans (Fallen)</i>	Gigitan ular, demam, masalah gastrointestinal, penglihatan, sakit gigi, gangguan kulit, dan hemoroid.	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
	<i>Fannia canicularis (Linnaeus)</i>	Gigitan ular, demam, masalah gastrointestinal, penglihatan, sakit gigi, gangguan kulit, dan hemoroid.	NS	NS	NS		(Ouango et al., 2022)
	<i>Calliphora lata (Coquillett)</i>	Gigitan ular, demam, masalah gastrointestinal, penglihatan, sakit gigi, dan gangguan kulit serta penyakit kelamin.	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
Syrphidae	<i>Eristalis tenax (Linnaeus)</i>	Penglihatan, sakit gigi, demam, dan kram	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
Tabanidae	<i>Tabanus trigonus Coquillett</i>	Penglihatan dan tumor	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
	<i>Tabanus rufidens (Bigot)</i>	Penglihatan dan tumor	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
	<i>Tabanus chrysurus (Loew)</i>	Penglihatan dan tumor	NS	NS	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
	<i>Tabanus mandarinus (Schiner)</i>	Penglihatan dan tumor	NS	Larva/Dewa sa	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
Tipulidae	<i>Tipula oleracea (Linnaeus)</i>	Analgesik dan campak pada anak	Oral	Larva	NS		(Meyer- Rochow, 2017)
Hemiptera	Alydidae	<i>Leptocorisa varicornis (Fabricius)</i>	Demam	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
	Aphididae	<i>Schlechtendalia chinensis (Bell)</i>	Perdarahan, masalah intestinal dan uterus, batuk, disentri, dan hemoroid	NS	Telur/ Dewasa	NS	(Meyer- Rochow, 2017)
	Belostomatidae	<i>Lethocerus deyrollei (Vuillefroy)</i>	Perdarahan, masalah intestinal dan uterus, batuk, disentri, dan hemoroid	NS	Telur/ Dewasa	NS	(Meyer- Rochow, 2017)
		<i>Lethocerus indicus (Lepeletier and Serville)</i>	Emisi nokturnal, masalah gastrointestinal, artritis reumatoid, dan penyembuhan luka	Oral	Dewasa	NS	(Mozhui et al., 2021)
	Cicadidae	<i>Terpnosia vacua (Kato)</i>	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam serta masalah ginjal, tumor , cacar, batuk, dan hemoroid, sakit kepala migrain dan infeksi telinga	NS	NS	NS	(Meyer- Rochow, 2017)
		<i>Platypleura kaempferi (Fabricius)</i>	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor , cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer- Rochow, 2017)

	<i>Graptopsaltria nigrofuscata</i> (Motschulsky)	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor, cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Cryptotympana japonensis</i> (Kato)	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor, cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Huechys sanguinea</i> (DeGeer)	Sakit kepala migrain dan infeksi telinga	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Tanna japonensis</i> (Distant)	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor, cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Hyalessa maculaticollis</i> (Motschulsky)	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor, cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Meimuna opalifera</i> (Walker)	Anemia, masalah telinga, sakit gigi, demam, serta masalah ginjal, tumor, cacar, batuk, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Cimicidae	<i>Cimex lectularius</i> Linnaeus	Bisa ular, letargi, masalah urinaria, mata, telinga, sesak napas histeria, cacing, dan serangan epilepsi	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Coccidae	<i>Ericerus pela</i> (Chavannes)	Perdarahan, masalah paru-paru dan gastrointestinal, serta kutil	NS	Lilin yang dihasilkan oleh jantan	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Coreidae	<i>Thasus gigas</i> (Klug)	Diabetes	Oral	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
Dinidoridae	<i>Coridius singhalanus</i> (Distant)	Demam, penyakit kuning, malaria dan meningkatkan ASI	NS	NS	NS	(Verheyen et al., 2021)
Kerriidae	<i>Kerria lacca</i> (Kerr)	Diare, gangguan pencernaan, campak, makula, dan skabies	NS	NS	NS	(Seabrooks & Hu, 2017)
Kermesidae	<i>Kermes ilicis</i> (Linnaeus)	Untuk mencegah aborsi akibat strain dan cedera, serta masalah menstruasi	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Nepidae	<i>Laccotrephes japonensis</i> (Scott)	Perdarahan, masalah intestinal dan uterus, batuk, disentri dan hemoroid	NS	Telur/dewasa	NS	(Langthasa et al., 2019a)
	<i>Ranatra chinensis</i> (Mayr)	Perdarahan, masalah intestinal dan uterus, batuk, disentri dan hemoroid	NS	Telur/dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Ranatra unicolor</i> (Scott)	Perdarahan, masalah intestinal dan uterus, batuk, disentri dan hemoroid	NS	Telur/dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Laccotrephes ruber</i> (Linnaeus)	Kardiovaskular	Oral	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
Pentatomidae	<i>Udonga montana</i> (Distant)	Nyeri	Oral	Dewasa	NS	(Mozhui et al., 2021)

Apidae	<i>Apis cerana indica (Fabricius)</i>	Batuk, demam, kanker, diabetes dan bekas luka, pilek, sakit tenggorokan, luka bakar, sariawan, gastritis, dan kutil.	Oral	Larva/bee venom/ bee wax/ Madu/ Royal jelly/bee pollen	NS	(Dev et al., 2020)
	<i>Apis cerana japonica (Radoszkowski)</i>	Gangguan kulit, respirasi, saluran kemih, dan intestinal, gigitan ular dan rabies, masalah kulit, rematik, influenza, flu biasa dan batuk rejan, bintik-bintik dan hemoroid	Oral	Larva/ dewasa/ wax	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Apis dorsata Fabricius</i>	Bekas luka, gangguan kulit, respirasi, saluran kencing, dan gastrointestinal, gigitan ular dan rabies, rematik, influenza, flu biasa, batuk rejan; bintik-bintik dan hemoroid, pilek, batuk dan sakit tenggorokan, luka bakar, sariawan, gastritis, khasiat antiinflamasi, antinoseptif, dan antiarthritis.	Oral	Larva/ Pupa/ Kepompong / Dewasa/ Sarang lebah/ Lilin lebah/ Madu/ Serbuk sari	NS	(Seabrooks & Hu, 2017)
	<i>Apis florea (Fabricius)</i>	Gangguan pernapasan (batuk), pilek, sakit tenggorokan, luka bakar, sariawan, gastritis, dan kutil.	NS	Larva/Pupa /Kepompong/Madu/Sarang Lebah	NS	(Mozhui et al., 2021)
	<i>Apis laboriosa (Smith)</i>	Masalah pernapasan (batuk)	NS	Larva/ Pupa/ Kepompong /Madu/ Sarang Lebah/ Serbuk Sari	NS	(Cauch-Kumul et al., 2020)
	<i>Apis mellifera (Linnaeus)</i>	Sakit tenggorokan, menstruasi tidak teratur, batuk, pilek, kelelahan umum, anemia sel sabit, luka bakar, masalah menopause, gastrointestinal, helminthiasis, hernia strangulata, impotensi seksual, insomnia, amnesia, penyakit jantung, kesulitan bernapas, hilangnya suara, pneumonia, litiasis kandung kemih, diabetes, hemoroid	NS	Larva/ Dewasa/ Racun lebah/ Lilin lebah/ Madu/ Royal jelly/ Serbuk sari lebah/ Propolis	Propolis - epikatekin dan p-kumarat Bisa ular Racun - melittin Polifenol - epikatekin dan p-kumarat	(Cauch-Kumul et al., 2020)
	<i>Lepidotrigona arcifera (Cockerell)</i>	ginekologi /andrologi, dan gigitan hewan berbisa	NS	Madu/ Sarang	NS	(Mozhui et al., 2021)
	<i>Lophotrigona canifrons (Smith)</i>	ginekologi /andrologi, dan gigitan hewan berbisa	NS	NS	NS	(Langthasa et al., 2019b)
	<i>Melipona indecisa (Cockerell)</i>	Sakit tenggorokan	NS	NS	NS	(Vit et al., 2015)
	<i>Melipona mimetica (Cockerell)</i>	Balsem, ginjal, mata, inflamasi	NS	NS	NS	(Vit et al., 2015)

	<i>Melipona scutellaris</i> (Latreille)	Batuk	NS	NS	AMP - meliponamis in A, meliponamis in B	(Menegatti et al., 2020)
	<i>Nannotrigona perilampoides</i> (Cresson)	Mata	NS	NS	NS	(Vit et al., 2015)
	<i>Paratrigona eutaeniata</i> Camargo et Moure	Mata	NS	NS	NS	(Vit et al., 2015)
	<i>Scaptotrigona ederi</i> Engel	Balsem, ginjal, mata, radang tenggorokan, tumor, penyembuhan luka	NS	NS	NS	(Vit et al., 2015)
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius)	Batuk	NS	NS	Madu	(Yazan et al., 2018)
	<i>Xylocopa appendiculata</i> (Smith)	Demam, penyakit pernapasan/paru-paru, dan hemoroid	NS	Dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Braconidae	<i>Euurobracon penetrator</i> (Smith)	Kasus kram	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Cynipidae	<i>Diplolepis rosae</i> (Linnaeus)	Diare dan disentri, dan batu ginjal dan cacangan	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
Formicidae	<i>Pogonomyrmex californicus</i> (Buckley)	Panasea	Oral	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Tetraponera rufonigera</i> (Jordan)	Nyeri tubuh	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
	<i>Oecophylla smaragdina</i> (Fabricius)	Batuk, demam, gastritis, malaria, tifus, edema, sinusitis, analgesik, flu biasa, penyakit kuning, masalah gastrointestinal, kanker dan mimisan, malaria, sakit tenggorokan, masalah respirasi, asma, bisul/cacar, campak, untuk pengobatan detoksifikasi darah, menghentikan perdarahan saat keguguran, pemulihan rahim, pembuangan sisa-sisa dari saluran rahim setelah melahirkan, merangsang denyut nadi dan detak jantung, dan pusing	Oral	Dewasa	Ekstrak etanol	(Vidhu & Evans, 2015)
	<i>Myrmicaria brunnea</i> (Saunders)	Sakit badan	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
	<i>Pseudoneoponer a rufipes</i> (Jerdon)	Skabies, sakit gigi, luka, hipertensi dan malaria	NS	NS	NS	{Citation}
	<i>Polyrhachis dives</i> Smith	Penyakit reumatoid, osteoarthritis, penyakit inflamasi, dan sistem saraf pusat	Oral	NS	Turunan dopamin	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Camponotus maculatus</i> (Fabricius)	Azoospermia	Oral	Dewasa	NS	(Ouango et al., 2022)

		<i>Pseudoneoponer a rufipes (Jerdon)</i>	Sakit gigi dan hipertensi	NS	NS	NS	(Seabrooks & Hu, 2017)
		<i>Tetramorium sp</i>	Antibakteri, sprain, radang, kista, nyeri pinggul, sakit kepala, masalah neurologis, retensi urin akut, masalah ginekologi, dan batuk kronis	Topikal dan Oral	Sarang	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Camponotus sp.</i>	Nyeri kaki dan retensi urin akut	Topikal dan Oral	Dewasa/Sar ang	NS	
		<i>Pachycondyla sp.</i>	Nyeri lutut, sakit kepala, masalah gastrointestinal, masalah neurologis, retensi urin akut dan toksin	Topikal dan Oral	Sarang	NS	(Ouango et al., 2022)
	Mutillidae	<i>Dasymutilla occidentalis (Linnaeus)</i>	Cacar air	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	Sphecidae	<i>Sceliphron sp.</i>	Inflamasi, muntah, alergi akibat sengatan, keseleo, cegukan, infertilitas wanita, lipoma, sakit tenggorokan , nyeri pinggul, nyeri kaki, gondongan, batuk, masalah ubun-ubun, muntah dan migrain	NS	Pupa/Kepo mpong/De wasa/Saran g	NS	(Choudhary et al., 2022)
	Vespidae	<i>Vespula vulgaris (Linnaeus)</i>	Lipoma, penyakit jantung dan whitlow	Topikal dan Oral	Sarang	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Polistes carolina (Linnaeus)</i>	Hemoroid dan luka umum	NS	NS	NS	(Choudhary et al., 2022)
		<i>Vespa affinis (Linnaeus)</i>	Kanker	Oral	Sisir lebah	AMP - Mastoparan -AF	(Borah & Prasad, 2017)
		<i>Vespa mandarinia (Smith)</i>	Penyakit kulit, demam, masalah pernapasan, batuk rejan, masalah telinga, mata, dan gigi, gangguan dan kram kulit	NS	Sisir lebah	NS	(Meyer- Rochow, 2017)
		<i>Vespa auraria (Smith)</i>	Penyakit kulit, demam, masalah pernapasan, batuk rejan, masalah telinga, mata, dan gigi, kram, dan hemoroid.	NS	NS	NS	(Meyer- Rochow, 2017)
Lepidoptera	Aegeriidae	<i>Paranthrene regalis (Butler)</i>	Masalah gastrointestinal, kram, masalah ginekologi , dan difteri	NS	NS	NS	(Meyer- Rochow, 2017)

Bombycidae	<i>Bombyx mori</i> (Linnaeus)	Pneumonia, menghentikan perdarahan, masalah tenggorokan, demam, dan gigitan ular Pupa digunakan sehubungan dengan masalah tenggorokan, TBC, masalah ginjal, perdarahan, melawan gigitan ular, vertigo dan kejang serta demam	NS	Telur/Larva /Pupa/Kepompong/Dewasa jantan/Larva yang terinfeksi Beauveria bassiana /Pupa/Exuviae	AMP - Cecropin A, Cecropin B, moricin Mikrobiota - Ragi-melanin Flavonoid dan asam amino bebas Larva yang terinfeksi Beauveria bassiana Siklodepsipeptida - bassianolida Cordycepin Cecropin A Peptida - BmCecA dan BmCecD Sirup sutra Protein - serisin Peptida Minyak pupa Peptida - Gloverin A2 (BMGlvA2) Bubuk ulat sutra dewasa yang dikeringkan beku Fibroin sutra	(Meyer-Rochow, 2017) (Barretto & Vootla, 2020)
Brahmaeidae	<i>Brahmaea japonica</i> (Butler)	Kram, pernapasan, anemia dan masalah gastrointestinal	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Cochlidionidae	<i>Cnidocampa flavescens</i> (Walker)	Kram, penglihatan	NS	Pupa/Kepompong	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> (Linnaeus)	Tingtur homeopati	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
	<i>Spilosoma obliqua</i> (Walker)	Gigitan anjing	NS	NS	NS	(Seabrooks & Hu, 2017)
Gracillariidae	<i>Stomphastis thraustica</i> (Meyrick)	Demam dan meningkatkan aliran ASI pada wanita menyusui	NS	NS	NS	(Seabrooks & Hu, 2017)
Hesperiidae	<i>Erionota torus</i> (Evans)	Kelemahan seksual dan gigitan binatang berbisa	Oral	Larva	NS	
Hepialidae	<i>Endocrita excrescens</i> (Butler)	Masalah paru-paru dan perut serta gigitan ular	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Notodontidae	<i>Bombyx processionea</i> (Linnaeus)	Tingtur homeopati	NS	NS	NS	
Papilionidae	<i>Pachliopta aristolochiae</i> (Fabricius)	Gigitan ular	NS	NS	NS	
	<i>Holocerus vicarious</i> Karsch	Demam dan kram	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Papilio xuthus</i> (Linnaeus)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	Larva/Pupa /Kepompong	NS	(Meyer-Rochow, 2017)

		<i>Papilio protenor</i> (Cramer)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Papilio macilentus</i> (Janson)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Byasa alcinous</i> (Klug)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Graphium sarpedon nipponus</i> (Fruhstorfer)	Demam dan kram, gangguan kulit, benjolan, dan tumor	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	Psychidae	<i>Cryptothelea minuscula</i> (Butler)	Sakit gigi dan masalah pernafasan	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Oiketicus kirbyi</i> (Guilding)	Asma, gangguan telinga, dan perdarahan	NS	NS	NS	
	Saturniidae	<i>Antheraea yamamai</i> (Guérin-Ménéville)	Asma, kram, masalah tenggorokan dan kulit, benjolan, dan kram	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Antheraea pernyi</i> (Guérin-Ménéville)	Pertumbuhan tumor dan benjolan	NS	Pupa/Kepompong	Fibroin sutra	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Samia cynthia</i> (Drury)	Analgesik, tekanan darah dan diabetes	NS	Larva	NS	(Choudhary et al., 2022)
		<i>Caligula japonica</i> (Moore)	Masalah kulit	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Cirina butyrospermi</i> (Vuillet)	Asma, arteria, hipertensi, avitaminosis, perut kembung, diabetes, dan tetanus	Oral	NS	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Rhodinia fugax</i> (Butler)	Batuk rejan	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	Sphingidae	<i>Deilephila elpenor</i> (Linnaeus)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, benjolan, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Agrius convolvuli</i> (Linnaeus)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, benjolan, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Psilogramma increta</i> (Walker)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, benjolan, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Theretra nessus</i> (Drury)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, benjolan, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Theretra oldenlandiae</i> (Fabricius)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, ambeien, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Macroglossum stellatarum</i> (Linnaeus)	Tuberkulosis, masalah gastrointestinal, ambeien, tumor dan demam	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Mantodea	Mantidae	<i>Hierodula coarctata</i> (Saussure)	Masalah urologi (enuresis)	Oral	Dewasa	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Mantis religiosa</i> (Linnaeus)	Otore, demam, beri-beri, sakit gigi, demam, rambut, dan masalah pernapasan	Topikal	Telur	NS	(Meyer-Rochow, 2017)

		<i>Tenodera sinensis</i> (Saussure)	Otore, demam, beri-beri, sakit gigi, kutil, demam, rambut dan masalah pernapasan	Mengunyah pada kutil	Telur/Dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Tenodera angustipennis</i> (Saussure)	Otore, demam, beri-beri, sakit gigi, demam, rambut, dan masalah pernapasan	Tidak ditentukan	Telur	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Statilia maculata</i> (Thunberg)	Otore, demam, beri-beri, sakit gigi, demam, rambut, dan masalah pernapasan	Tidak ditentukan	Telur/Dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Hierodula patellifera</i> (Serville)	Otore, demam, beri-beri, sakit gigi, demam, rambut, dan masalah pernapasan	Tidak ditentukan	Telur/Dewasa	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemerella danica</i> Müller	Gangguan gastrointestinal	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Neuroptera	Myrmeleontidae	<i>Hagenomyia micans</i> (McLachlan)	Demam, migrain/sakit kepala, beri-beri, gonore, dan batuk rejan	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Megaloptera	Sialidae	<i>Protohermes grandis</i> (Thunberg)	Masalah paru-paru, perut, dan usus	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Orthoptera	Acrididae	<i>Oxya sp.</i>	Emisi nokturnal	Oral	Ekstrak	NS	(Dev et al., 2020)
		<i>Oxya velox</i> (Fabricius)	Demam, gangguan respirasi, kulit, dan ginekologi, efektif untuk mengobati kanker, hemoroid, dan anemia.	NS	Dewasa	Dimer N-asetildopamin	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Oxya vicina</i> Wattenwyl.	Demam, pernapasan, kulit, masalah ginekologi, kanker, hemoroid dan anemia	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Acrida bicolor</i> (Thunber)	Hipertensi	NS	Dewasa	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Hieroglyphus banian</i> (Fabricius)	Gigitan anjing	NS	NS	NS	(Choudhary et al., 2022)
		<i>Locusta migratoria</i> (Linnaeus)	Gigitan kalajengking, hemoroid	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)
		<i>Schistocerca gregaria</i> (Forsskal)	Luka	Topikal	Dewasa	NS	(Ouango et al., 2022)
		<i>Melanoplus sp.</i>	Masalah gastrointestinal	Oral	Dewasa	NS	(Mozhui et al., 2021)
	Gryllidae	<i>Tarbinskiellus portentosus</i> (Lichtenstein)	Malaria, sakit kepala, dan masalah gastrointestinal	Oral	Dewasa	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Gryllus assimilis</i> (Fabricius)	Retensi urin	NS	NS	Hidrolisat protein	(de Matos et al., 2022)
		<i>Acheta domesticus</i> (Linnaeus)	Nyeri, gangguan pendengaran, penglihatan, dan pankreas	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
	Gryllotalpidae	<i>Scapteriscus borellii</i> (Giglio-Tos)	Cacing usus	Oral	NS	NS	(Borah & Prasad, 2017)
		<i>Gryllotalpa africana</i> (Palisot de Beauvois)	Demam, meredakan masalah kulit dan ginjal, melawan pertumbuhan tumor dan penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
	Tettigoniidae	<i>Tettigonia verrucivora</i> (Kirby)	Kutil	NS	NS	NS	(Siddiqui et al., 2023)

Psocodea	Pediculidae	<i>Pediculus humanus (Linnaeus)</i>	Penyakit kuning, penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
Plecoptera	Perlidae	<i>Perla tinctipennis (McLachlan)</i>	Kram	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
		<i>Perla tibialis (Pictet)</i>	Kram	NS	NS	NS	(Mozhui et al., 2021)
Siphonaptera	Pulicidae	<i>Pulex irritans (Linnaeus)</i>	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Ctenocephalides canis</i> (Curtis, 1826)	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)
		<i>Ctenocephalides felis</i> (Bouché, 1835)	Penyakit kelamin	NS	NS	NS	(Meyer-Rochow, 2017)

NS: nonspesifik.