

ANALISIS KOMPARATIF SERANGAN HAMA DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN POHON SERTA KENYAMANAN PENGUNJUNG: STUDI KASUS HUTAN KOTA PAGUTAN DAN HUTAN KOTA UDAYANA

COMPARATIVE ANALYSIS OF PEST ATTACKS AND THEIR IMPACT ON TREE HEALTH AND VISITOR COMFORT: A CASE STUDY OF PAGUTAN CITY FOREST AND UDAYANA CITY FOREST

Husnul Jannah^{1,2*}, Wayan Wangiyana¹, I Gde Adi Suryawan Wangiyana², Baiq Arriyadul Badi'ah², Ida Ayu Widhiantari¹

¹Program Studi Doktor Pertanian Berkelanjutan Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

²Program studi Kehutanan, Fakultas Sains Teknologi dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Mataram, Indonesia

*Email Penulis korespondensi: husnuljannah@undikma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tingkat serangan hama serta dampaknya terhadap kesehatan pohon dan kenyamanan pengunjung di dua kawasan hutan kota, yaitu Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana, di Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan adalah deskriptif komparatif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif berbasis data sekunder, yang diperoleh dari laporan instansi terkait, penelitian terdahulu, dan dokumentasi lapangan. Hasil dari penelitian ini adalah rata-rata tingkat serangan hama di Hutan Kota Pagutan sebesar 27,5%, yang dikategorikan sebagai serangan sedang. Jenis hama yang dominan di lokasi ini adalah ulat penggerek daun (Lepidoptera) dengan tingkat serangan 35%, dan penggerek batang (Cerambycidae) sebesar 20%. Sementara itu, di Hutan Kota Udayana, tingkat serangan mencapai 37,5%, yang termasuk dalam kategori serangan tinggi, dengan jenis hama utama adalah ulat penggerek daun (45%) dan kutu putih (Aleyrodidae) (30%). Serangan hama di kedua lokasi berdampak pada penurunan kesehatan pohon, ditandai dengan gejala seperti daun menguning, rontok dini, dan pertumbuhan yang terhambat. Dampak terhadap kenyamanan pengunjung juga terlihat dari keluhan terkait bau tidak sedap akibat pembusukan, kehadiran serangga yang mengganggu, serta penurunan estetika lanskap. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan hama secara berkelanjutan dalam menjaga fungsi ekologis dan sosial hutan kota.

Kata-Kata Kunci: Hutan Kota, Serangan Hama, Kesehatan Pohon, Kenyamanan Pengunjung, Analisis Komparatif

Abstract

This study aimed to analyze and compare pest infestation levels and their impacts on tree health and visitor comfort in two urban forest areas: Pagutan City Forest and Udayana City Forest in Mataram City, West Nusa Tenggara Province. The method used was a comparative descriptive method, with qualitative and quantitative approaches, based on secondary data from reports of related agencies, previous research, and field documentation. The results of this study indicate an average pest infestation level of 27.5% in Pagutan City Forest, which is categorized as a moderate infestation. The dominant pests in this location are leafminer caterpillars (Lepidoptera) at 35% and stem borers (Cerambycidae) at 20% intensity. Meanwhile, in Udayana City Forest, the infestation level reached 37.5%, categorized as high, with the main pest types being leafminer caterpillars (45%) and mealybugs (Aleyrodidae) (30%). Pest infestations in both locations contribute to declining tree health, characterized by symptoms such as yellowing leaves, premature leaf fall, and stunted growth. The impact on visitor comfort was also evident as complaints about unpleasant odors from decay, the presence of annoying insects, and a decline in landscape aesthetics. These findings underscore the importance of sustainable pest management in maintaining the ecological and social functions of urban forests.

Keywords: Urban forests, pest attacks, tree health, visitor comfort, comparative analysis

PENDAHULUAN

Kawasan hutan kota memainkan peranan penting dalam ekosistem perkotaan modern. Fungsi ekologisnya mencakup mitigasi suhu, penyaringan udara, konservasi keanekaragaman hayati, dan penyediaan ruang hijau yang berdampak pada kesejahteraan fisik dan psikologis manusia (Konijnendijk et al., 2020). Selain itu, lingkungan hijau di dalam kota sering dianggap sebagai salah satu indikator kualitas hidup serta kenyamanan pengunjung karena adanya nilai estetika dan pengalaman interaksi dengan alam.

Keberadaan hutan kota merupakan bagian dari strategi Pemerintah Kota Mataram dalam memperluas Ruang Terbuka Hijau (RTH) sesuai dengan amanat Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang menetapkan minimal 30% wilayah kota terdiri dari RTH, dengan 20% di antaranya adalah RTH publik (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2008). Selain itu, hutan kota ini juga tercatat dalam dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Mataram sebagai elemen penting dalam pengendalian kualitas lingkungan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat urban (Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram, 2023).

Namun, kesehatan pohon di hutan kota sering terganggu oleh berbagai faktor stres, termasuk serangan hama dan patogen yang dapat menurunkan fungsi vegetasi (misalnya tumbukan pertumbuhan, tajuk rusak, atau pohon mati). Studi "*Tree insect pests and pathogens: a global systematic review of their impacts in urban areas*" menyediakan bukti bahwa serangan hama dan patogen mengakibatkan kerusakan pohon, mortalitas, pertumbuhan yang lambat, dan perubahan fungsi pohon dalam banyak kasus urban di berbagai negara (Raum et al., 2023). Selain itu, perubahan iklim juga meningkatkan kerentanan pohon terhadap hama di lingkungan perkotaan melalui tekanan seperti stres udara panas, kekeringan, dan perubahan pola curah hujan (Tabassum et al., 2024).

Selain itu, studi "Identifikasi Kerusakan Pohon di Kawasan Agrowisata Tahura Sultan Adam" menunjukkan bahwa serangan hama menyebabkan berbagai bentuk kerusakan pada pohon: daun/tunas rusak, cabang mati, luka terbuka, dan bahwa pemantauan kesehatan pohon menggunakan metode monitoring kesehatan hutan (*forest health monitoring*) memberikan gambaran kondisi pohon secara menyeluruh di kawasan yang juga memiliki fungsi wisata. (Ramadhan et al., 2022).

Dari sisi sosial, kenyamanan bagi pengunjung hutan kota dipengaruhi tidak hanya oleh fasilitas fisik (jalur, tempat duduk, kebersihan), tetapi juga oleh kondisi lingkungan hidup, termasuk kesehatan pohon. Pohon yang terserang hama dapat menghasilkan daun rontok, cabang mati, bau tidak sedap, atau bahkan populasi serangga yang terlihat, yang semua ini menurunkan estetika dan persepsi keamanan serta kenyamanan pengunjung. Studi persepsi pengunjung pada Taman Tugu *Urban Forest* di Kuala Lumpur menunjukkan bahwa persepsi terhadap layanan ekosistem, fasilitas dan estetika hijau sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan kepuasan pengunjung (Jamean dan Abas, 2023).

Deteksi dini serangan hama menjadi strategi kunci dalam pengelolaan hutan kota agar kerusakan dapat diminimalkan. Teknologi modern termasuk penggunaan citra satelit, drone multispektral, dan indeks vegetasi (NDVI, SAVI, NDRE) telah berhasil mendeteksi infestasi pohon sebelum gejala klinis yang kasat mata muncul pada pohon yang terinfestasi (Bozzini et al., 2024; Luo et al., 2023), serta melalui monitoring berbasis citra *PlanetScope* untuk mendeteksi serangan serangga dalam lahan hijau kota (Falanga et al., 2024).

Lebih lanjut, deteksi dini serangan hama dan monitoring kesehatan pohon menjadi penting sebagai strategi pengelolaan hutan kota yang berkelanjutan. Metode metode seperti observasi visual terhadap gejala awal (daun rontok, pucuk tunas mati, lubang di daun), penggunaan plot atau transek untuk mengukur persentase serangan dan intensitasnya, serta pemantauan

mikroklimat (suhu, kelembapan, cahaya) telah diterapkan di berbagai studi lokal seperti pada hutan mangrove dan vegetasi perkotaan. Contohnya di hutan mangrove Jorong Sikabau, metode *belt transect* digunakan untuk menentukan persentase dan intensitas serangan hama, sekaligus kerapatan vegetasi, menghasilkan data yang dapat dihubungkan dengan kondisi kerusakan pohon akibat hama. (Budiman, 2021).

Meski banyak penelitian telah mengeksplorasi dampak hama terhadap vegetasi dan manfaat kesehatan pohon, masih terdapat kekosongan studi komparatif di konteks lokal di Indonesia, khususnya perbandingan antar hutan kota dalam satu kota atau wilayah. Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana memiliki karakteristik berbeda dalam hal spesies pohon, intensitas pemeliharaan, kepadatan pengunjung, dan kondisi lingkungan mikro; oleh karenanya, analisis komparatif kedua lokasi ini dapat mengungkap perbedaan tingkat serangan hama, sejauh mana dampaknya terhadap kesehatan pohon, serta sejauh mana hal tersebut mempengaruhi kenyamanan pengunjung.

Keterkaitan antara kesehatan pohon dan kenyamanan pengunjung menjadi faktor penting yang perlu diteliti. Beberapa penelitian lokal telah menunjukkan bahwa persepsi pengunjung terhadap kondisi vegetasi dan fasilitas hutan kota sangat memengaruhi kenyamanan dan kecenderungan mereka untuk berkunjung. Misalnya, penelitian Yuardi dan Suprayogo (2024) tentang “Evaluasi Tingkat Kenyamanan Pengunjung Berdasarkan Distribusi Vegetasi dan Analisis Persepsi Pengunjung untuk Rekomendasi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau di Hutan Kota Joyoboyo Kota Kediri” menemukan bahwa variabel seperti distribusi vegetasi, keanekaragaman vegetasi, intensitas cahaya, suhu dan kelembapan udara memberikan kontribusi signifikan terhadap tingkat kenyamanan pengunjung; ketika vegetasi lebih padat dan distribusi pohon lebih merata, kenyamanan meningkat. Demikian pula, di Hutan Kota Blitar, penelitian menunjukkan bahwa persepsi masyarakat terhadap kenyamanan sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu, kelembapan, luas dan tutupan tajuk pohon serta fasilitas penunjang kenyamanan seperti jalur, tempat duduk, dan kebersihan. Atmajayani (2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan melakukan analisis komparatif di dua hutan kota, yaitu Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana, dalam tiga aspek utama: (1) jenis dan tingkat infestasi hama; (2) dampak hama terhadap kesehatan pohon berdasarkan indikator morfologis/fisiologis (daun, tajuk, pertumbuhan, mortalitas, vitalitas); dan (3) pengaruh terhadap kenyamanan pengunjung, meliputi variabel kenyamanan termal, visual, bau/aroma, keamanan psikologis dan fasilitas pendukung. Dengan basis data lokal dan perbandingan antar situs, diharapkan hasil penelitian ini akan menyediakan rekomendasi pengelolaan hutan kota yang lebih spesifik dan adaptif terhadap kondisi lokal, khususnya di Pulau Lombok dan Bali.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif komparatif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif (metode campuran/*mix-method*). Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk membandingkan kondisi serangan hama, dampaknya terhadap kesehatan pohon, serta pengaruhnya terhadap kenyamanan pengunjung di dua lokasi hutan kota, yaitu Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana (Sugiyono, 2017; Raum et al., 2023).

Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari pengukuran dan observasi langsung di lapangan. Parameter yang diamati adalah kesehatan pohon dan Kenyamanan pengunjung, kepadatan vegetasi Hutan Kota Pagutan dan Udayana; kondisi lingkungan dan mikroklimat kedua hutan kota; perbandingan faktor manajemen dan intervensi manusia di kedua hutan kota; perbandingan usia dan kesehatan pohon di kedua

lokasi, dan pengaruh serangan hama terhadap kesehatan pohon; dan survey kenyamanan pengunjung. Adapun data sekunder yaitu data yang telah tersedia dan dikumpulkan oleh pihak lain. Data sekunder digunakan karena relevansi dan ketersediaannya yang dapat diakses dari berbagai sumber resmi dan terpercaya Hasan (2002). Sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi: laporan resmi Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram; penelitian terdahulu terkait hutan kota dan serangan hama; artikel ilmiah dalam jurnal nasional dan internasional; dokumentasi visual dan statistik dari instansi terkait, dan sumber daring dari media dan publikasi pemerintah.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dua teknik utama: Studi Pustaka (*Literature Review*). Menganalisis teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan, baik dari jurnal ilmiah nasional maupun internasional (Zed, 2004; Zemek dan Pastirčáková, 2023). Studi Dokumentasi. Mengumpulkan data berupa laporan tahunan, data statistik, foto kondisi pohon, jenis hama, dan data kunjungan pengunjung dari dokumen resmi maupun media daring (Arikunto, 2010). Adapun pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi langsung, wawancara, dan kuisioner.

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen utama penelitian ini berupa kuisioner dan lembar identifikasi data sekunder yang dirancang untuk mengklasifikasikan dan mencatat informasi penting. Lembar identifikasi data sekunder untuk mengklasifikasikan informasi seperti: jenis hama dominan; intensitas serangan hama; jenis pohon terdampak; dan dampak visual atau ekologis;. Adapun data primer menggunakan kuisioner dan wawancara mendalam. Survey kenyamanan pengunjung melibatkan 100 responden yang merupakan pengunjung Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana. Alat ukur data primer, seperti: densitometer / *Canopy Scope* untuk mengukur struktur tajuk dan kepadatan vegetasi; *hygrometer* dan *thermometer* untuk data mikroklimat; dan formulir penilaian kesehatan pohon untuk mengevaluasi tingkat kerusakan akibat hama.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif komparatif, yaitu: Analisis Kuantitatif Deskriptif, dan Analisis Kualitatif.

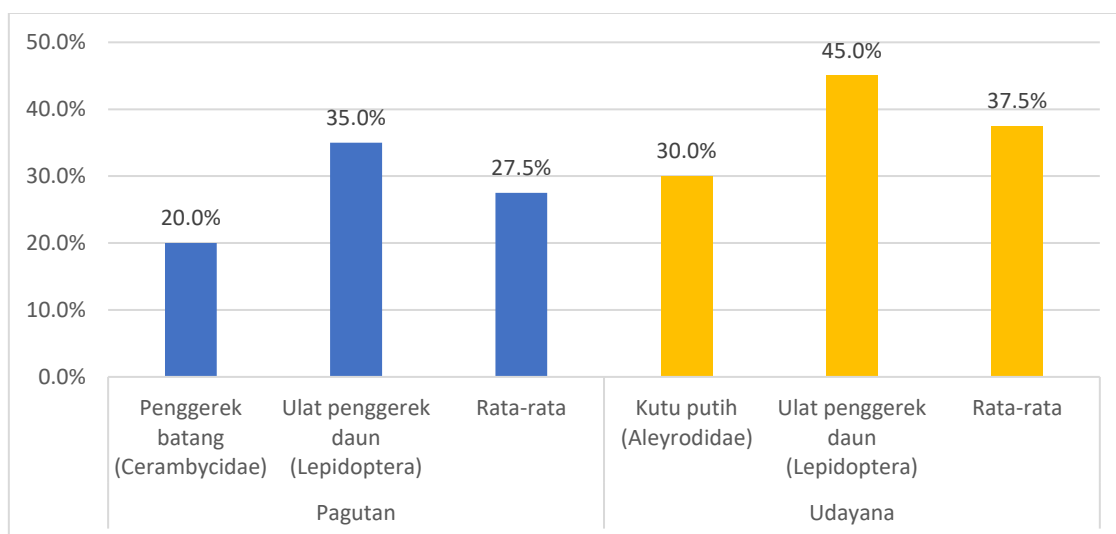
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil komparasi jenis hama, tingkat kerusakan, dan persentase serangan hama di Hutan Kota Pauatan dan Hutan Kota Udayana, dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan tingkat serangan hama pada vegetasi di Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, baik dari segi intensitas serangan, jenis hama, maupun kondisi lingkungan yang mendukung atau menghambat penyebarannya.

Berdasarkan data sekunder dari Dinas Kehutanan Kota Mataram (2023), rata-rata tingkat serangan hama di Hutan Kota Pagutan tercatat sebesar 27,5%, yang dikategorikan sebagai serangan sedang. Jenis hama yang dominan di lokasi ini adalah ulat penggerek daun (*Lepidoptera*, *Diptera*) dengan tingkat serangan 35%, dan penggerek batang (*Cerambycidae*) sebesar 20%. Sementara itu, di Hutan Kota Udayana, tingkat serangan mencapai 37,5%, masuk dalam kategori serangan tinggi, dengan jenis hama utama adalah ulat penggerek daun (45%) dan kutu putih (*Aleyrodidae*) (30%).

Tabel 1. Jenis hama, Tingkat dan Kategori Serangan pada Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana

No	Lokasi Hutan Kota	Jenis Hama	Tingkat/kategori serangan (%)	Jenis pohon rentan	Mikroklimat
1	Pagutan	Ulat penggerek daun (Lepidoptera) Penggerek batang (Cerambycidae) Total rata-rata Serangan	35% / sedang 20% / ringan $\pm 27,5\%$ / sedang	Sengon dan Mahoni	Lebih terbuka, sirkulasi baik
Sumber: Dinas Kehutanan Kota Mataram (2023); Budiman et al. (2022)					
2	Udayana	Ulat penggerek daun (Lepidoptera) Kutu kebul (Aleyrodidae), jamur jelaga Total rata-rata serangan	45% / Tinggi 30% / Sedang $\pm 37,5\%$ / Tinggi	Trembesi dan mahoni	Lebih lembab, tajuk rapat
Sumber: Dinas Kehutanan Kota Mataram (2023); Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram (2023)					

**Gambar 1.** Persentase, rata rata, dan kategori serangan hama di Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana

Sumber: Dinas Kehutanan Kota Mataram (2023; Budiman et al., (2022); Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram (2023)

Gambar 1 menunjukkan bahwa ulat penggerek daun adalah hama yang dominan menyerang pada Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana. Ulat penggerek daun merupakan hama dari Ordo Lepidoptera dan Ordo Diptera. Istilah ulat penggerek daun digunakan karena bentuk larva Diptera memiliki kemiripan dengan larva ulat, namun kedua ordo ini memiliki ciri khas pada bentuk mulut dan sayapnya. Menurut Wardhani dan Fadrijatun (2018) Ordo Lepidoptera

memiliki dua pasang sayap bersisik, sedangkan Ordo Diptera memiliki satu sayap depan, sementara sayap belakang Diptera membentuk *halter* (alat penyeimbang). Akan tetapi, jika dilihat dari masing-masing lokasi, tingkat serangan ulat penggerek daun pada Hutan Kota Udayana lebih tinggi dibandingkan dengan Hutan Kota Pagutan. Hal ini diduga karena kondisi lingkungan di Hutan Kota Udayana lebih mendukung pertumbuhan hama ulat penggerek daun.

Gambar 2 menunjukkan serangan hama ulat penggerek daun dari Ordo Lepidoptera. Ciri umum pada hama penggerek daun dari Famili Lepidoptera adalah ulat memakan bagian jaringan daun sehingga membuat gerakan atau lipatan pada daun, selain itu, serangan ulat penggerek daun menyebabkan daun berlubang dan mengering akibat jaringan daun tanaman dimakan dari dalam. Salah satu spesies hama ulat penggerek daun dari Ordo Lepidoptera adalah *Cameraria ohridella*. Menurut Supartha et al. (2023) larva ulat penggerek daun ini memakan bagian mesofil daun yang mengandung klorofil, sehingga berdampak pada efektivitas fotosintesis tanaman. Menurut Arsi et al. (2020), hama penggerek daun memiliki gejala yang khas berupa liang korokan yang beralur seperti lorong yang terlihat transparan di atas permukaan daun karena bagian mesofil daun dikonsumsi oleh larva.



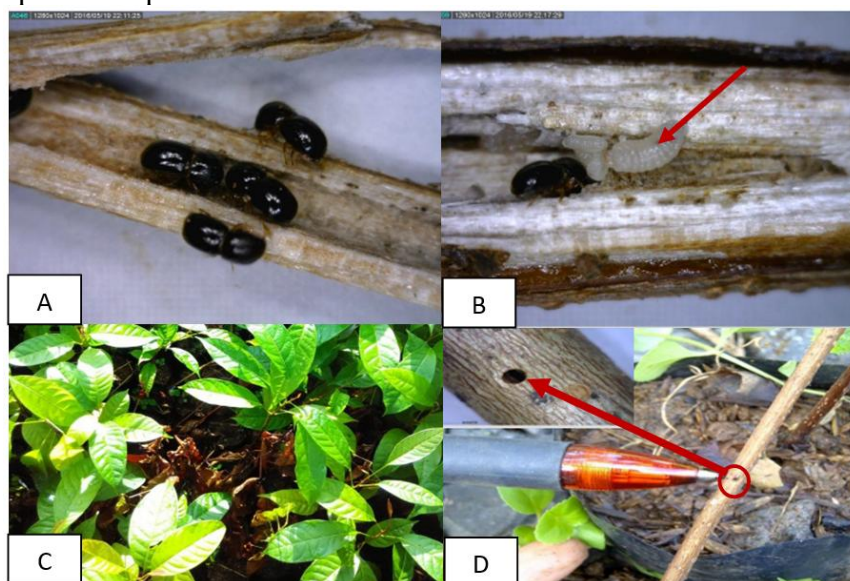
Gambar 2. Hama ulat penggerek daun dari spesies *Cameraria ohridella* spp. pada tanaman kastanye

Sumber: Kirichenko et al., (2023)

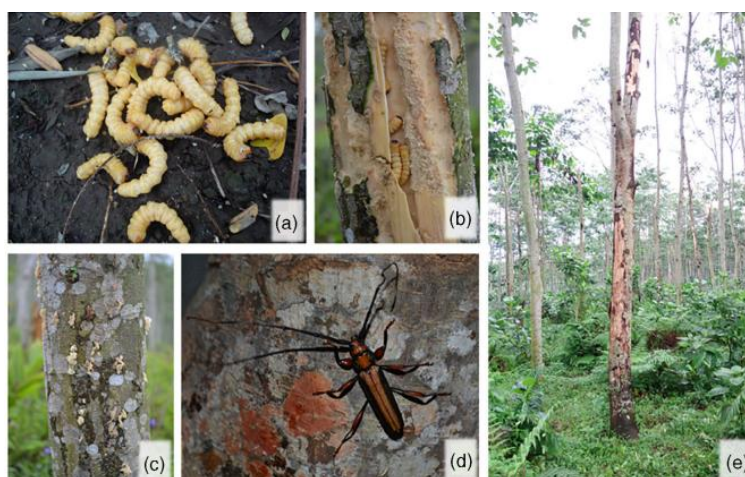
Gambar 3 menunjukkan data sekunder dari gambar hama penggerek batang yang sering menyerang tanaman mahoni. Hama penggerek batang didominasi dari Ordo Coleptera atau bangsa kumbang. Selain menyerang pohon mahoni, hama ini dapat juga menyerang berbagai jenis pohon, seperti kopi, cengkeh, trembesi, kelapa, dan kakao. Salah satu spesies yang paling sering menyerang pohon adalah *Xylosandrus* sp. Menurut Sjam et al. (2025), kumbang ini menyebabkan lubang pada batang sehingga merusak pembuluh angkut (xilem dan floem) dan menyebabkan daun menguning serta layu. Selain itu, Aslam et al. (2025) juga mengemukakan bahwa kumbang *Xylosandrus* sp. dapat menjadi vektor penyebar jamur patogen pada tanaman. Jamur patogen yang disebarkan kumbang ini diantaranya *Lasiodiplodia* sp. *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp.

Selain kumbang *Xylosandrus* sp., spesies hama penggerek batang lainnya yang sering menyerang pohon adalah *Xystrocera festiva*. Hama ini aktif merusak pohon pada stadia larva. Larva akan menggali lubang ke dalam pohon dan bergerak ke bawah (pangkal pohon) selama masa larvanya. Hal ini menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dan nilai ekonomi kayu menurun. Kayu inang hama ini diantaranya trembesi, sengon, jati, dan albasia. Menurut Darmawan et al. (2025), fase larva *Xystrocera festiva* berlangsung selama 118 hari dan merupakan fase terpanjang dari siklus hidupnya, sehingga menyebabkan kerusakan yang signifikan. Hama ini memiliki kebiasaan bertelur dengan cara berkelompok. Fase larva akan menggali terowongan berbentuk “J” ke dalam kayu, dengan diameter lubang 7 mm dan panjang

terowongan sekitar 60-180 mm. Bentuk larva dan imago *Xystrocera festiva* serta dampak invasinya dapat dilihat pada Gambar 4.



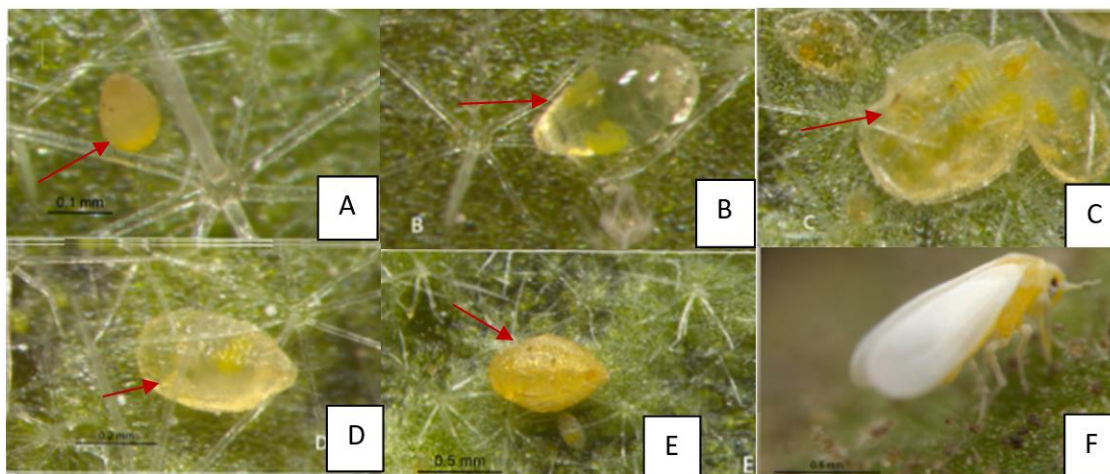
Gambar 3. Hama penggerek batang dari Ordo Coleoptera spesies *Xylosandrus* sp. A) fase dewasa kumbang *Xylosandrus* sp., B) fase larva (tanda panah), C) dampak serangan *Xylosandrus* sp. pada bibit mahoni, D) gejala serangan *Xylosandrus* sp. pada bibit mahoni
Sumber: Nuraeni dan Nuroniah (2016)



Gambar 4. Tanda dan dampak serangan hama penggerek batang spesies *Xystrocera festiva*. (a) Larva, (b) larva di dalam batang pohon, (c) gejala kerusakan yang terlihat pada pohon inang, (d) kumbang dewasa, (e) kematian pohon akibat serangan *X. festiva*
Sumber: Darmawan et al., (2025)

Selain hama penggerek daun dan batang, hama yang menyerang pohon di Kawasan Hutan Kota Udayana adalah kutu kebul. Kutu Kebul berbeda dengan kutu putih. Selain berbeda famili, kutu kebul (Aleyrodidae) dan kutu putih (Pseudococcidae) dapat dibedakan dari bentuk morfologi. Kutu kebul memiliki sayap putih dengan tepung berwarna putih, sehingga ketika terbang serbuk putih akan berhamburan. Adapun kutu putih betina tidak memiliki sayap, akan tetapi jantan memiliki sayap namun jarang terlihat. Tubuh bagian luar kutu putih juga dilapisi lapisan seperti kapas (Ahmed dan Karim, 2023). Salah satu kutu kebul yang paling banyak menyerang pohon adalah spesies *Bemisia tabaci*. Hal ini dikarenakan *Bemisia tabaci* merupakan hama polifag, sehingga memiliki cakupan inang yang beragam. Menurut Varela-

Pardo et al. (2025), *Bemisia tabaci* merupakan hama polifag dan berperan sebagai vektor virus gemini.



Gambar 5. Tahap hidup hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*). (A) Telur, (B) nimfa instar pertama, (C) nimfa instar kedua, (D) nimfa instar ketiga, (E) nimfa instar keempat dan terakhir, dan (F) imago

Sumber: Varela-Pardo et al., (2025)

Berdasarkan perbedaan kepadatan vegetasi dan jenis pohon, Hutan Kota Udayana memiliki lebih banyak pohon tua seperti trembesi (*Samanea saman*) dan mahoni yang memiliki tajuk lebar dan struktur cabang kompleks. Pohon-pohon dengan tajuk rimbun dan banyak celah (seperti trembesi) cenderung menciptakan mikroklimat lembab yang ideal untuk perkembangan hama seperti kutu putih dan ulat daun (Rahman et al., 2022). Sementara itu, Hutan Kota Pagutan lebih didominasi oleh pohon cepat tumbuh seperti sengon, yang tajuknya tidak terlalu lebat sehingga sirkulasi udara lebih baik, membuat habitat hama tidak terlalu ideal untuk cepat berkembang.

Serangan ulat penggerek daun yang terjadi di kedua lokasi menyebabkan kerusakan daun, penurunan luas tajuk, dan penghambatan fotosintesis (Iskandar dan Lestari, 2023). Namun, di Udayana, keberadaan kutu putih menambah kompleksitas kerusakan karena hama ini juga menghasilkan embun madu yang memicu pertumbuhan jamur jelaga (sooty mold), sehingga tidak hanya menurunkan fungsi fisiologis pohon, tetapi juga mengganggu estetika kawasan. Ini berdampak pada persepsi kenyamanan pengunjung yang menurun secara signifikan. Di Pagutan, serangan lebih banyak berasal dari penggerek batang, yang walau berbahaya secara struktural, menyerang lebih lambat dan sering kali terlihat pada pohon-pohon tua atau lemah.

Struktur tajuk pada Hutan Kota Pagutan, kerapatan tajuk pohon termasuk tajuk sedang, terlihat kanopi tidak saling tumpang tindih secara menyeluruh, dengan komposisi vegetasi variasi jenis sedang, terdapat beberapa pohon pelindung dan Semak, dengan strata vegetasi tiga lapis, yaitu pohon, Semak dan rumput, dan antara pohon yang berlapis menyebabkan sirkulasi udara lancar. Selain itu tanaman juga masih bisa berfotosintesis dengan baik karena sinar matahari masih dapat menembus bagian Semak dan rumput. Vegetasi yang lebih terbuka di Hutan kota Pagutan membuat sirkulasi udara lebih baik, menghambat perkembangan hama. Vegetasi bertingkat membantu mengurangi intensitas cahaya dan suhu ekstrem, namun jika tidak dikelola, dapat menjadi tempat persembunyian hama dan predatornya.

Tabel 2. Struktur Tajuk dan Kepadatan Vegetasi Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana

Faktor	Kerapatan tajuk pohon	Komposisi vegetasi	Strata vegetasi
Hutan Kota Pagutan	Sedang	kanopi tidak saling tumpang tindih secara menyeluruh Variasi jenis sedang	terdapat beberapa jenis pohon pelindung dan Semak Tiga lapis: pohon – semak – rumput
Hutan Kota Udayana	Tinggi	kanopi rapat dan saling menutupi Dominasi jenis tertentu	banyak pohon besar berumur tua Didominasi lapisan pohon tinggi

Struktur tajuk pada Hutan Kota Pagutan, kerapatan tajuk pohon termasuk tajuk sedang, terlihat kanopi tidak saling tumpang tindih secara menyeluruh, dengan komposisi vegetasi variasi jenis sedang, terdapat beberapa pohon pelindung dan Semak, dengan strata vegetasi tiga lapis, pohon, Semak dan rumput, dan antara pohon yang berlapis menyebabkan sirkulasi udara lancar juga tanaman masih bisa berfotosintesis dengan baik karena sinar matahari masih dapat menembus bagian Semak dan rumput. Vegetasi yang lebih terbuka di Hutan kota Pagutan membuat sirkulasi udara lebih baik, menghambat perkembangan hama. Vegetasi bertingkat membantu mengurangi intensitas cahaya dan suhu ekstrem, namun jika tidak dikelola, dapat menjadi tempat persembunyian hama dan predatornya.

Komposisi dan Struktur Vegetasi: Hutan Kota Udayana didominasi oleh pohon-pohon bertajuk lebar dan rindang seperti trembesi (*Samanea saman*) dan mahoni (*Swietenia macrophylla*) yang menciptakan iklim mikro lembab dan teduh. Lingkungan seperti ini sangat mendukung pertumbuhan dan reproduksi hama seperti kutu putih, yang berkembang biak dengan cepat di kelembaban tinggi dan sirkulasi udara rendah (Rahman et al., 2022). Sementara itu, Hutan Kota Pagutan lebih banyak ditanami jenis pohon cepat tumbuh seperti sengon (*Albizia chinensis*) yang memiliki tajuk lebih terbuka, sehingga sirkulasi udara lebih baik dan tidak terlalu ideal bagi perkembangan hama.

Tabel 3. Kondisi Lingkungan dan Mikroklimat Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana

Faktor	Kelembaban	Sinar matahari langsung	Sirkulasi udara
Hutan Kota Pagutan	Sedang	Lebih banyak area yang terbuka	Lebih baik
Hutan Kota Udayana	Tinggi	Banyak area tertutup tajuk	Tertutup

Pada hutan Kota Udayana, kerapatan tajuk pohon tergolong tinggi, dengan kanopi rapat dan saling menutupi Tajuk yang rapat meningkatkan kelembaban dan mengurangi sirkulasi udara, menciptakan lingkungan ideal bagi hama seperti kutu putih dan ulat daun. Di Udayana, ketidakseimbangan strata memicu kelembaban tinggi, kurangnya diversifikasi tanaman di Udayana menciptakan lingkungan monokultur mikro yang rentan terhadap spesies hama tertentu.

Hama seperti jamur jelaga dan kutu putih berkembang di lingkungan lembab (Tabel 3). Tingginya kelembaban di Udayana (akibat kurangnya sinar matahari langsung dan sirkulasi udara) menjadikan area ini lebih rentan. Intensitas cahaya matahari yang rendah meningkatkan kelembaban tanah dan udara, mempercepat siklus hidup hama, terutama serangga bertubuh lunak. Sirkulasi udara membantu mengeringkan kelembaban daun dan batang serta menghambat perkembangan hama dan patogen.

Selain faktor biotik, aspek abiotik seperti suhu, kelembaban, dan pencahayaan juga menjadi penentu. Udayana yang lebih rindang memiliki kelembaban yang cenderung lebih tinggi, menciptakan iklim mikro yang kondusif untuk serangan hama bertubuh lunak seperti kutu putih. Pagutan yang lebih terbuka dan terkena sinar matahari langsung lebih lama per hari memiliki lingkungan yang relatif lebih kering, tidak ideal untuk jenis hama tersebut.

Tabel 4. Perbandingan faktor manajemen dan intervensi manusia Hutan Kota Pagutan dan Udayana

Faktor	Pemangkasan dan sanitasi	Aktivitas manusia
Hutan Kota Pagutan	Dilakukan lebih rutin (oleh komunitas lokal dan DLH)	Lebih tinggi – digunakan untuk jogging, olahraga, komunitas
Hutan Kota Udayana	Kurang intensif dan tidak terjadwal	Lebih rendah – beberapa zona sepi dan kurang perawatan

Pemangkasan membantu mencegah penumpukan cabang kering dan daun mati yang bisa menjadi sarang hama. Udayana sering mengalami penumpukan sampah organik. Aktivitas manusia yang tinggi cenderung mengganggu habitat hama (Tabel 4). Di Udayana, area sepi menjadi “zona nyaman” bagi populasi hama untuk berkembang.

Perbedaan Intensitas Aktivitas Manusia dan Perawatan: Udayana terletak di pusat kota, dekat dengan area pemerintahan dan memiliki lalu lintas pengunjung lebih tinggi. Aktivitas manusia tinggi bisa menyebabkan gangguan ekosistem alami (misalnya predator hama seperti burung dan serangga predator berpindah), sekaligus mempercepat penyebaran hama melalui sepatu, kendaraan, atau angin (Budiman et al., 2022). Pagutan, yang berada di pinggiran kota, lebih tenang dan lebih sering digunakan untuk edukasi, sehingga tekanan dari aktivitas manusia relatif lebih rendah. Selain itu, menurut Derks et al. (2023), lonjakan pengunjung memunculkan urgensi pengelolaan hutan yang adaptif guna memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin beragam, terutama dalam konteks situasi luar biasa seperti pandemi.

Tabel 5. Perbandingan usia dan kesehatan pohon Hutan Kota Pagutan dan Udayana

Faktor	Usia pohon	Kesehatan umum pohon
Hutan Kota Pagutan	Relatif campuran – banyak pohon baru dan beberapa tua	Cenderung baik
Hutan Kota Udayana	Didominasi pohon tua dan besar	Bervariasi – banyak pohon menunjukkan gejala stres

Sistem Pengelolaan dan Perawatan: Berdasarkan laporan Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram (2023), Hutan Kota Pagutan dikelola secara aktif oleh kelompok tani hutan yang secara rutin melakukan pemangkasan, penyemprotan insektisida nabati, dan pembersihan area semak. Hal ini berdampak langsung pada pengendalian populasi hama secara preventif. Sebaliknya, pengelolaan di Hutan Kota Udayana cenderung reaktif, dilakukan ketika gejala kerusakan sudah terlihat, sehingga serangan hama berkembang lebih cepat dan luas sebelum ditangani.

Pohon tua lebih rentan terhadap serangan karena pertahanannya melemah (Tabel 5). Di Udayana, dominasi pohon tua membuat kerentanannya tinggi. Pohon yang stres (akibat cekaman lingkungan atau kekurangan nutrisi) lebih rentan terhadap infeksi hama dan penyakit. Indikator Kesehatan Pohon yang Terpengaruh oleh Serangan Hama. Dalam kajian kesehatan vegetasi, indikator utama yang digunakan untuk menilai dampak serangan hama meliputi: 1.

Kepadatan dan warna daun, Hama daun menyebabkan penggundulan atau chlorosis (daun menguning) akibat penurunan klorofil dan fotosintesis. 2. Jumlah cabang kering/ mati karena Hama penggerek batang merusak jaringan pembuluh, menyebabkan cabang kering atau gugur prematur. 3. Kerusakan permukaan batang, Hama penggerek dan penyakit sekunder (jamur) menyebabkan luka terbuka atau retakan. 4. Kondisi tajuk (*canopy density*), Tajuk yang bolong atau tidak merata menunjukkan stres fisiologis akibat gangguan hama. 5. Pertumbuhan tunas baru menurun pada pohon yang diserang berat karena energi habis untuk mempertahankan jaringan yang ada.

Tabel 6: Pengaruh serangan hama terhadap kesehatan pohon: perbandingan Hutan Kota Pagutan dan Udayana

Aspek	Daun menguning / rontok	Kerapatan tajuk menurun	Tunas baru
Hutan Kota Pagutan	Terjadi pada pohon tertentu (20–30%)	Ringan-sedang	Muncul cukup stabil
Hutan Kota Udayana	Terjadi pada banyak pohon (40–50%), terutama mahoni	Sedang-berat	Menurun drastis pada pohon yang terserang berat

Kerentanan vegetasi Hutan Kota Udayana lebih tinggi karena struktur vegetasi yang padat, kelembaban tinggi, minimnya intervensi, dan usia pohon yang tua—semuanya menciptakan kondisi ideal untuk perkembangan dan penyebaran hama. Serangan kutu putih disertai jamur jelaga berdampak langsung pada permukaan daun, membentuk lapisan hitam yang menghambat proses fotosintesis. Infestasi tinggi menyebabkan penurunan drastis kemampuan tumbuhan dalam produksi energi, yang berujung pada turunya pertumbuhan dan regenerasi. Dampak terlihat jelas pada tajuk tidak seimbang, daun rontok tidak wajar, dan pengeringan cabang bagian atas (Tabel 6). Hutan Kota Pagutan, Serangan lebih terfokus pada penggerek daun dan batang. Dampak pada kesehatan pohon tergolong sedang, karena sistem pengelolaan dan pemangkasan rutin membantu mengurangi keparahan.

Tabel 7. Survei kenyamanan pengunjung di Hutan Kota Pagutan dan Hutan Kota Udayana

No	Indikator Kenyamanan	Nyaman (%)	Netral (%)	Tidak Nyaman (%)
1	Berteduh di bawah pohon	60	19	21
2	Gangguan serangga/hama	50	23	27
3	Kebersihan area sekitar pohon	59	22	19
4	Keindahan pohon secara visual	60	19	21
5	Rasa aman dari pohon tumbang/cabang patah	63	21	16

Tabel 7 menunjukkan tingkat “nyaman” responden berkisar antara 50-63%. Adapun 19-23% responden menyatakan “netral” dan 16-27%. Pada kategori “tidak nyaman”, indikator paling tinggi terletak pada gangguan serangga/hama. Kondisi ketidaknyamanan pengunjung diduga terjadi akibat dampak serangan hama tidak hanya menyebabkan nilai estetika pohon, namun menyebabkan gatal atau bengkak ketika hama tersebut memiliki kontak dengan pengunjung. Menurut Kirichenko et al., (2023) Hama dapat secara signifikan menyebabkan pengeringan dan kerontokan daun sebelum waktunya, yang berdampak negatif pada kesehatan tanaman dan estetika lanskap setempat. Kondisi ini jika tidak dikelola dengan baik maka akan menyebabkan tingkat kenyamanan menurun signifikan, terutama dalam hal: gangguan hama/serangga, kebersihan, dan estetika terganggu oleh guguran daun dan cabang kering.

Beberapa pohon menunjukkan cabang mati atau luka di batang, namun pemulihan masih mungkin terjadi karena adanya tunas baru. Menurut Sahida et al. (2022), vegetasi yang rapat (kerapatan tinggi) berkontribusi pada terciptanya iklim mikro yang lebih sejuk dan lembab sehingga menurunkan *Temperature–Humidity Index* (THI) dan meningkatkan kenyamanan termal pengunjung; sebaliknya area yang lebih terbuka menunjukkan THI lebih tinggi dan tingkat kenyamanan menurun. Adapun menurut Wolf et al. (2020), umumnya terdapat hubungan positif antara keberadaan pohon kota dan peningkatan indikator kesehatan fisik maupun mental pengunjung. Hal ini menegaskan pentingnya perencanaan dan pengelolaan hutan kota yang strategis untuk memaksimalkan manfaatnya sebagai determinan sosial dalam promosi kesehatan masyarakat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tingkat serangan hama di Hutan Kota Udayana lebih tinggi dibandingkan Hutan Kota Pagutan, yaitu mencapai rata-rata 37,5% (kategori tinggi), sedangkan Pagutan hanya 27,5% (kategori sedang). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor ekologis dan manajerial, seperti jenis pohon, kelembaban mikro, dan intensitas perawatan. Adapun jenis hama dominan berbeda di kedua lokasi. Di Pagutan, hama utama adalah ulat penggerek daun dan penggerek batang, sementara di Udayana terdapat ulat penggerek daun dan kutu putih, yang memberikan dampak estetika dan fisiologis lebih signifikan terhadap pohon.

Komposisi jenis pohon mempengaruhi kerentanan terhadap serangan hama. Hutan Kota Udayana didominasi oleh pohon-pohon bertajuk lebat seperti trembesi dan mahoni yang menciptakan lingkungan mikro lembab yang mendukung proliferasi hama, berbeda dengan Pagutan yang vegetasinya lebih terbuka. Manajemen perawatan menjadi pembeda kunci. Hutan Kota Pagutan dikelola lebih aktif oleh kelompok lokal yang melakukan pemangkasan dan pengendalian hama secara rutin, sedangkan di Udayana, perawatan lebih reaktif dan tidak terjadwal. Serangan hama berdampak langsung terhadap kesehatan pohon dan kenyamanan pengunjung. Di Udayana, penurunan estetika akibat kutu putih dan jamur jelaga lebih terasa, mempengaruhi kepuasan pengunjung secara visual dan kenyamanan ruang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arshi, A., Resita, R., Suparman S. H. K., Gunawan, B., Herlinda, S., Pujiastuti, Y., Suwandi, Irsan, C., Hamidson, H., Efendi, R. A., Budiarti, L. (2020). Pengaruh kultur teknis terhadap serangan hama dan penyakit pada tanaman kacang panjang di kecamatan lempuing kabupaten ogan komering ilir. *Jurnal Planta Simbiosia* 2(2): 21-32. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v2i2.1740>
- Asman, A., Iwanami, T., Rosmana, A., Nasruddin, A., & Sjam, S. (2025). Pathogenicity of fungi associated with seedling wilting under *Xylosandrus compactus* infestation on *Theobroma cacao* in South Sulawesi, Indonesia. *Beverage Plant Research*: 5: e027, 1-8. <https://doi.org/10.48130/bpr-0025-0014>
- Atmajayani, R. D. (2022). Hutan Kota dalam kajian tingkat kenyamanan bagi masyarakat (Studi Kasus Hutan Kota Blitar). *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 5(3).

- Bozzini, A., Brugnaro, S., Morgante, G., Santoiemma, G., Deganutti, L., Finozzi, V., & Faccoli, M. (2024). Drone based early detection of bark beetle infested spruce trees differs in endemic and epidemic populations. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1385687. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1385687>.
- Budiman, R. A. (2021). Intensitas serangan hama pada hutan mangrove di Nagari Sungai Nyalo Mudiak Aia Kecamatan Koto Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan. *Sumatera Tropical Forest Research Journal*. Muhammadiyah Journal.
- Budiman, R., Santoso, P., & Yuliana, D. (2022). Serangan hama pada vegetasi hutan kota di wilayah tropis kering. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(1), 23–35. <https://doi.org/10.1234/jsl.v10i1.2022>.
- Darmawan, U. W., Nuroniah, H. S., Irianto, R. S. B., & Lelana, N. E. (2025). *Xystrocera festiva* (Coleoptera: Cerambycidae): A comprehensive review of the albizia borer in Indonesia; history, biological ecology, impact and management strategies. *Agricultural and Forest Entomology*, 1879(February), 1–15. <https://doi.org/10.1111/afe.70004>.
- Dinas Kehutanan Kota Mataram. (2023). Inventarisasi Vegetasi dan Pengelolaan Hutan Kota Pagutan dan Udayana. Mataram.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram. (2019). Peraturan Daerah Kota Mataram Nomor 5 Tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Nomor 12 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Mataram Tahun 2011-2031 [Perda Kota Mataram No. 5 Tahun 2019]. https://peraturan.bpk.go.id/Home/Download/119750/PERDA%20KOTA%20MATARAM%20NOMOR%205%20TAHUN%202019%20tentang%20Perubahan%20atas%20PERDA%20NO%2012%20Tahun%202011%20tentang%20RTRW%20Kota%20Mataram%20Tahun%202011-2031_sign.pdf.
- Derks, J., Winkel, G., Strieck, J., and De Vreese, R. (2023). Visitor frequencies and attitudes towards urban forests and their management, before and during the COVID-19 lockdown. A mixed methods case study in Bonn, Germany. *Ecosystems and People*. 19(1): 219502. Hal: 1-16. DOI: 10.1080/26395916.2023.2195021.
- Falanga, V., Francini, S., Parisi, F., Cavalli, A., De Fioravante, P., Cucca, B., D'Amico, G., Chirici, G., Lasserre, B., Ottaviano, M., Munafò, M., & Marchetti, M. (2024). Near Real Time Detection of Insect Outbreaks in Urban Trees Using a PlanetScope Time Series. *Forests*, 15(12), 2261. <https://doi.org/10.3390/f15122261>.
- Hasan, M. I. (2002). *Pokok-Pokok Materi Statistik I*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Iskandar, A., & Lestari, M. (2023). Serangan Kutu Putih dan Pengaruhnya terhadap Tajuk dan Estetika Pohon Mahoni. *Jurnal Hama Tanaman Tropis*, 15(2), 88–96.
- Jamean, E. S., & Abas, A. (2023). Valuation of Visitor Perception of Urban Forest Ecosystem Services in Kuala Lumpur. *Land*, 12(3), 572. <https://doi.org/10.3390/land12030572>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2008). *Pedoman Perencanaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Wilayah Perkotaan*. Direktorat Jenderal Penataan Ruang. <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PermenPUPR/2008/05/2008pmpupr05.pdf>.
- Kirichenko, N.I., Karpun, N.N., Zhuravleva, E.N.; Shoshina, E.I., Anikin, V.V., and Musolin, D.L. (2023). Invasion genetics of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in european russia: a case of successful involvement of citizen science in studying an alien insect pest. *Insects*, 14, 117. <https://doi.org/10.3390/insects14020117>.

- Luo, Y., Huang, H., & Roques, A. (2023). Early monitoring of forest wood-boring pests with remote sensing. *Annual Review of Entomology*, 68, 277–298. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120220-125410>.
- Megasari, D. & Khoiri, S. (2021). Tingkat serangan ulat grayak tentara *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) pada pertanaman jagung di Kabupaten Tuban, Jawa Timur, Indonesia. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 14(1): 1-5. <https://journal.trunojoyo.ac.id/agrovigor/article/view/9492/0>.
- Nuraeni, Y. & Nuroniah, H. N. 2016. Ketahanan bibit mahoni (*Swiethenia macrophylla*) asal lima sumber benih terhadap serangan hama penggerek batang (*Xylosandrus* sp.). Seminar Nasional PBI 2016. Hal: 1-8. Akses pada https://eprints.uai.ac.id/27/1/KETAHANAN%20BIBIT%20MAHONI%20%28Swiethenia%20macrophylla%29%20ASAL%20LIMA%20SUMBER%20BENIH%20TERHADAP%20SERANGAN%20HAMA%20PENGGERE%20BATANG%20%28Xylosandrus%20sp.%29_Yeni%20dkk_EDIT.pdf
- Rahman, M., Yusuf, A., & Indra, P. (2022). Impact of Tree Canopy Density on Pest Infestation in Urban Forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, 71, 127538. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127538>.
- Ramadhan, M., Haneda, N. F., & Putra, E. I. (2022). Identifikasi kerusakan pohon di kawasan Agrowisata Tahura Sultan Adam, Provinsi Kalimantan Selatan menggunakan metode forest health monitoring. *Jurnal Hutan Tropis*. ULM Journal Hub.
- Raum, S., Collins, C. M., Urquhart, J., et al. (2023). Tree insect pests and pathogens: a global systematic review of their impacts in urban areas. *Urban Ecosystems*, 26, 587–604. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01317-5>
- Republik Indonesia. (2007). *Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68. <https://peraturan.bpk.go.id/details/39908/uu-no-26-tahun-2007>.
- Sahidah, S., Nasihin, I., & Deni. (2022). Tingkat kenyamanan Hutan Kota Bungkir di Kabupaten Kuningan berdasarkan kerapatan vegetasi, iklim mikro, dan persepsi masyarakat. *Journal of Forestry and Environment*, 5(2), 51–65. <https://doi.org/10.25134/jfe.v5i2.9028>.
- Sjam, S., Dewi, V. S., Rosmana, A., Asman, A., Mario, M. B., Syam'un, E., Amrullah, A., Syahribulan, Nuriadi, Fitriyanti, N. A., & Syafitri, A. N. (2025). Utilising plant extracts as lures to capture ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae) in cocoa plantation. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.22146/jtbb.13392>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supartha, I. W., Susila, I. W., Rauf, A., Shepard, B. M., Utama, I. W. E. K., Sandikayasa, I. W., Yudha, I. K. W., & Wiradana, P. A. (2023). Evaluation of the community structure leafminer fly, *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) and their parasitoids on various host plant families in bali province. *HAYATI Journal of Biosciences*, 30(3), 432–444. <https://doi.org/10.4308/hjb.30.3.432-444>
- Tabassum, S., Manea, A., and Leishman, M. (2024). Limiting the impact of insect pests on urban trees under climate change. *Urban Forestry & Urban Gardening*. 94. DOI: 10.1016/j.ufug.2024.128246.
- Varela-pardo, R. A., Curaqueo, G., Fuentes-quiros, A., Díaz-navarrete, P., López-lastra, C., Mónaco, C., & Wright, E. (2025). Evaluation of the pathogenicity of *Metarhizium taii* and *Trichoderma afroharzianum* on immature stages of *Bemisia tabaci* in Tomato Plants. 1–10. *Crops*, 5(5), 66. <https://doi.org/10.3390/crops5050066>

- Wolf, K. L., Lam, S. T., McKeen, J. K., Richardson, G. R. A., van den Bosch, M., & Bardekjian, A. C. (2020). Urban trees and human health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4371. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124371>
- Yuardi, A. W., & Suprayogo, D. (2024). Evaluasi Tingkat Kenyamanan Pengunjung Berdasarkan Distribusi Vegetasi dan Analisis Persepsi Pengunjung untuk Rekomendasi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau di Hutan Kota Joyoboyo Kota Kediri. Skripsi Universitas Brawijaya. UB Repository.
- Zed, M. (2004). *Literature Review: Langkah Awal Penelitian Ilmiah*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Zemek, R., & Pastirčáková, K. (2023). Pests and Pathogens of Urban Trees. *Forests*, 14(8), 1653. <https://doi.org/10.3390/f14081653>