

Mengungkap Jamur Mikoparasit Lokal untuk Pengendalian Hayati Berkelanjutan *Hemileia vastatrix* pada Perkebunan Kopi di Indonesia

By Roosmarrani Setiawati Moh. Ja'far Sodik Maksun

Mengungkap Jamur Mikoparasit Lokal untuk Pengendalian Hayati Berkelanjutan Hemileia vastatrix pada Perkebunan Kopi di Indonesia

Roosmarrani Setiawati^{1*}, Moh. Ja'far Sodik Maksum², Anggi Indah Yuliana³

¹Universitas Darul Ulum Jombang & BBPPTP Surabaya

²Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

³Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

*Email: roosmarranisetiawati@gmail.com

9

ABSTRACT

Coffee leaf rust (CLR), caused by *Hemileia vastatrix*, is one of the most devastating diseases affecting global coffee production. In Indonesia, the disease poses a major threat to smallholder coffee farmers due to its widespread impact and limited control alternatives. This study aimed to characterize and evaluate the potential of indigenous mycoparasitic fungi associated with *H. vastatrix* as sustainable biocontrol agents. Eighty fungal isolates were collected from seven provinces in Indonesia and grouped into eight clusters using REP-PCR (BOX A1R and ERIC primers) and UPGMA analysis. Molecular identification based on ITS and β -tubulin gene sequencing revealed two dominant genera: *Akanthomyces* and *Simplicillium*. Bioecological assays demonstrated diverse responses of isolates to variations in temperature, light, and pH. In vitro assays confirmed significant antagonistic effects of selected isolates on uredospore germination of *H. vastatrix*. Parasitism observations suggest a biotrophic interaction mode. Superior isolates such as PGL 20, BDG 8, BOY 6, NTB 1R, MLG 1, and BWI hold strong potential as biofungicidal candidates. These findings support the development of eco-friendly disease management strategies that leverage native microbial biodiversity in Indonesian coffee agroecosystems.

Keywords: *Akanthomyces* spp.; *Simplicillium* spp.; biological control; coffee leaf rust; *Hemileia vastatrix*.

BSTRAK

Karat daun kopi (KDK), yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix*, tetap menjadi ancaman utama bagi produksi kopi dunia. Di Indonesia, di mana petani kecil mendominasi sektor kopi, kerugian hasil panen hingga 70% telah dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengkarakterisasi, dan mengevaluasi jamur mikoparasit lokal yang berasosiasi dengan *H. vastatrix*. Sebanyak 80 isolat dikumpulkan dari daun yang terinfeksi karat di tujuh provinsi. Analisis REP-PCR dan pengelompokan UPGMA mengungkap delapan kelompok genetik. Sequencing ITS dan β -tubulin mengidentifikasi *Akanthomyces* dan *Simplicillium* sebagai genus dominan. Studi bioekologi menunjukkan respons berbeda terhadap suhu, pH, dan cahaya. Uji in vitro menunjukkan hambatan signifikan terhadap uredospora dan parasitisme biotrofik. Temuan ini menegaskan potensi jamur lokal sebagai agen ramah lingkungan dalam pengelolaan KDK secara terpadu.

Kata-kata Kunci: *Akanthomyces* spp.; *Simplicillium* spp.; *Hemileia vastatrix*; karat daun kopi; pengendalian hayati

PENDAHULUAN

Kopi (*Coffea* spp.) merupakan salah satu komoditas yang paling banyak diperdagangkan di dunia dan memainkan peran sosio-ekonomi yang penting di negara berkembang. Di Indonesia, budidaya kopi mendukung jutaan petani kecil dan memberikan kontribusi besar terhadap kesejahteraan pedesaan. Namun, produktivitas kopi menghadapi berbagai tantangan biotik, salah satunya yang paling kritis adalah karat daun kopi (KDK), yang disebabkan oleh jamur obligat biotrofik *Hemileia vastatrix*. Pertama kali dilaporkan di Asia pada akhir abad ke-19, KDK telah menyebar ke sebagian besar wilayah penghasil kopi di dunia, menyebabkan kerugian hasil panen dan kesulitan ekonomi yang meluas (Agrios, 2005).

Pengelolaan KDK secara historis mengandalkan aplikasi fungisida berbasis tembaga dan bahan kimia sistemik. Meskipun efektif dalam jangka pendek, pendekatan ini menimbulkan risiko seperti

fitotoksitas, kontaminasi lingkungan, resistensi patogen, dan peningkatan biaya produksi (Djojoseumarto, 2020). Selain itu, penggunaannya sering kali tidak praktis bagi petani dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian penyakit yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pengendalian hayati menggunakan jamur antagonis atau mikoparasit merupakan alternatif yang menjanjikan. Mikoparasit adalah jamur yang memarasit jamur lain, sering melalui kontak langsung dan degradasi enzimatis dinding sel inang (Backman & Sikora, 2008). Patogen tersebut telah berhasil digunakan dalam pengelolaan patogen tular tanah dan daun pada berbagai sistem pertanian. Namun, sedikit yang diketahui tentang mikoparasit lokal yang secara alami berasosiasi dengan *H. vastatrix* di Indonesia. Mengeksplorasi dan memahami keragamannya, ekologi, dan mekanisme fungsionalnya sangat penting untuk memanfaatkan potensinya sebagai agen pengendali hayati.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi jamur mikoparasit lokal yang diisolasi dari daun kopi yang secara alami terinfeksi *H. vastatrix*, mengidentifikasi mereka secara molekuler, mengkarakterisasi perilaku bioekologinya, dan mengevaluasi potensi antagonistiknya secara *in vitro*. Tujuan akhirnya adalah mengidentifikasi isolat jamur yang dapat dikembangkan menjadi agen pengendali hayati yang efektif untuk pengelolaan KDK yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi ¹⁰ Strategi Pengambilan Sampel Survei lapangan dilakukan di tujuh provinsi penghasil kopi di Indonesia: Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Daerah-daerah ini dipilih untuk mewakili berbagai zona agroekologi dalam wilayah kerja BBPPTP Surabaya. Daun kopi yang menunjukkan gejala pustula kuning-oranye khas karat diambil secara acak dari kebun petani dan perkebunan negara.

Isolasi dan Kultur Jamur Sampel daun dikondisikan dalam suhu dingin, kemudian disterilkan menggunakan etanol 70% dan natrium hipoklorit, lalu dibilas dan ditempatkan di media PDA (Potato Dextrose Agar). Koloni yang muncul disubkultur untuk memperoleh isolat murni. Setiap isolat diberi kode berdasarkan asal geografis dan ciri morfologisnya. Prosedur ini distandardisasi untuk menghindari kontaminasi dan mempertahankan keragaman jamur lokal.

Karakterisasi Morfologi dan Kultur Isolat diamati berdasarkan tekstur koloni, warna, pola sporulasi, dan struktur mikroskopis seperti konidiofor dan konidia. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop cahaya pada perbesaran 400x dengan pewarnaan biru kapas laktofenol. Identifikasi awal berdasarkan kunci determinasi dari Zare & Gams.

Ekstraksi DNA dan Identifikasi Molekuler DNA genomik diekstraksi dari miselium menggunakan metode CTAB. Analisis sidik jari dilakukan menggunakan primer BOX A1R dan ERIC untuk menilai keragaman genetik. Delapan isolat perwakilan—masing-masing dari satu kelompok genetik—dianalisis menggunakan primer ITS dan β -tubulin. Urutan DNA dibandingkan dengan database NCBI menggunakan BLAST dan pohon filogenetik dibuat dengan metode Neighbor-Joining.

Karakterisasi Bioekologi Untuk mengetahui plastisitas ekologi, isolat diuji pada suhu (15°C, 25°C, 30°C), pH (4, 7, 9), dan pencahayaan (terang terus-menerus, 12 jam terang/gelap, gelap total). Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan radial, kepadatan sporulasi, dan biomassa kering miselium. Kondisi ini mencerminkan variasi agroklimat di wilayah budidaya kopi.

Evaluasi Antagonisme dan Parasitisme Antagonisme terhadap uredospora *H. vastatrix* diuji secara *in vitro* dengan menginkubasi suspensi konidia bersama uredospora pada agar-air. Penghambatan perkecambahan diukur setelah 24, 48, dan 72 jam. Parasitisme dikonfirmasi melalui mikroskop cahaya dan elektron, mengamati interaksi hifa, penetrasi, dan kerusakan uredospora.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Keberhasilan Isolasi dan Morfologi ditunjukkan dengan perolehan 80 isolat jamur. Morfologi koloni bervariasi dari putih kapas hingga kuning granular. Mikroskop menunjukkan variasi percabangan konidiofor dan bentuk konidia yang menyerupai genus mikoparasit yang dikenal. Keragaman Genetik melalui REP-PCR menghasilkan pola pita berbeda. Analisis UPGMA mengelompokkan isolat menjadi delapan klaster pada tingkat kesamaan 80%. Setiap klaster dianggap sebagai kelompok genetik yang unik dan mencerminkan adaptasi mikrohabitat.

Identifikasi Filogenetik memperlihatkan urutan ITS dan β -tubulin menunjukkan seluruh isolat perwakilan berada dalam famili Cordycipitaceae. Lima isolat adalah *Akanthomyces spp.*, tiga lainnya *Simplicillium spp.* Hasil ini didukung oleh pohon filogenetik dengan nilai bootstrap tinggi.

Preferensi Ekologi menunjukkan *Akanthomyces spp.* tumbuh optimal pada 25°C, pH 6–7, dan cahaya terus-menerus. *Simplicillium spp.* toleran terhadap variasi pH dan cahaya tetapi tumbuh sedikit lebih lambat. Kemampuan sporulasi pada kondisi suboptimal menjadi nilai tambah untuk formulasi lapangan. Adapun sifat antagonisme dan parasitisme menunjukkan semua isolat menghambat perkecambahan uredospora secara signifikan ($p < 0,01$). Isolat PGL 20, BDG 8, dan NTB 1R memiliki daya hambat tertinggi (>80%). Mikroskop menunjukkan kontak hifa, penetrasi, dan kerusakan uredospora, menandakan parasitisme biotrofik.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan keberadaan jamur mikoparasit lokal yang potensial sebagai agens hayati terhadap KDK. Dominasi *Akanthomyces* dan *Simplicillium* sesuai dengan laporan sebelumnya di ekosistem tropis (Sung et al., 2001). REP-PCR dan data morfologi mengindikasikan keragaman genetik dan fenotipik yang tinggi. Karakter bioekologi memperlihatkan kemampuan tumbuh dalam kondisi lingkungan lapangan (Samingan, 2015).

Penghambatan perkecambahan uredospora dan konfirmasi parasitisme menunjukkan fungsi antagonisme yang efektif. Parasitisme biotrofik menawarkan pengendalian yang lebih lunak dibandingkan agen nekrotrofik (Chen et al., 2020; Gomes et al., 2018; Liu & Cai, 2012). Keberadaan jamur ini di pustula karat alami mendukung kompatibilitas ekologi dan potensi aplikasi lapangan.

Implikasi praktis mencakup pengembangan agen hayati lokal yang spesifik untuk agroekosistem Indonesia. Tahapan berikutnya mencakup uji rumah kaca, produksi massal, formulasi, serta evaluasi dampak terhadap organisme non-target dan kesesuaian praktik budidaya.

SIMPULAN

Jamur mikoparasit lokal dari genus *Akanthomyces* dan *Simplicillium* menunjukkan aktivitas antagonistik tinggi terhadap *Hemileia vastatrix* dan memiliki sifat ekologi adaptif. Integrasi dalam strategi pengendalian terpadu sangat potensial untuk pengelolaan KDK berkelanjutan. Isolat PGL 20, BDG 8, dan NTB 1R direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut sebagai biofungisida komersial.

DAFTAR PUSTAKA

7. Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Elsevier.
- Backman, P. A., & Sikora, R. A. (2008). Endophytes: an emerging tool for biological control. *Biological Control*, 46(1), 1–3.
5. Chen, W.-H., Han, Y.-F., Liang, J.-D., & Liang, Z.-Q. (2020). *Akanthomyces neocoleopterorum*, a new verticillium-like species. *Phytotaxa*, 432(2), 119–124.
12. Djojsumarto, P. (2020). *Pengetahuan dasar pestisida pertanian dan penggunaannya*. AgroMedia.
1. Gomes, A. A., Pinho, D. B., Cardeal, Z. de L., Menezes, H. C., De Queiroz, M. V., & Pereira, O. L. (2018). *Simplicillium coffeanum*, a new endophytic species from Brazilian coffee plants, emitting antimicrobial volatiles. *Phytotaxa*, 333(2), 188–198.
6. Liu, F., & Cai, L. (2012). Morphological and molecular characterization of a novel species of *Simplicillium* from China. *Cryptogamie, Mycologie*, 33(2), 137–144.
8. Samingan, S. (2015). Fungi Tanah Perkebunan Kopi dan Potensinya sebagai Agen Antagonis. *Jurnal Bios Logos*, 5(1), 10–17.
2. Sung, G.-H., Spatafora, J. W., Zare, R., Hodge, K. T., & Gams, W. (2001). A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. II. Phylogenetic analyses of SSU and LSU nuclear rDNA sequences from anamorphs and teleomorphs of the Clavicipitaceae. *Nova Hedwigia*, 72(3–4), 311–328.

Mengungkap Jamur Mikoparasit Lokal untuk Pengendalian Hayati Berkelanjutan *Hemileia vastatrix* pada Perkebunan Kopi di Indonesia

ORIGINALITY REPORT

18%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.tdx.cat Internet	47 words — 3%
2	www.im.ac.cn Internet	44 words — 3%
3	etd.repository.ugm.ac.id Internet	28 words — 2%
4	ojs.unwaha.ac.id Internet	27 words — 2%
5	www.mapress.com Internet	25 words — 2%
6	zenodo.org Internet	23 words — 1%
7	www.biorxiv.org Internet	20 words — 1%
8	pdfs.semanticscholar.org Internet	15 words — 1%
9	www.sbicafe.ufv.br Internet	15 words — 1%

10	ekbisbanten.com Internet	13 words — 1%
11	www.ojs.unwaha.ac.id Internet	11 words — 1%
12	journal.ipb.ac.id Internet	10 words — 1%
13	www.coursehero.com Internet	10 words — 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES < 10 WORDS
EXCLUDE MATCHES OFF