

## PEMETAAN PENYAKIT KARAT PURU/GALL PADA TANAMAN SENGON (*Falcataria Mollucana* (Miq.) Barneby & J. W. Grimes) DI BEBERAPA WILAYAH JAWA TENGAH

Julyus Fernando

[julyus.fernando@student.ub.ac.id](mailto:julyus.fernando@student.ub.ac.id)

Universitas Brawijaya

### ABSTRAK

Tanaman sengon banyak diusahakan dan menjadi primadona di masyarakat karena mempunyai prospek yang menguntungkan, namun terdapat faktor yang menghambat produktivitas sengon. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah serangan penyakit karat puru sengon yang disebabkan jamur *Uromycladium* spp. Penyakit karat puru sengon awalnya diidentifikasi sebagai jamur *Uromycladium tepperianum*, namun beberapa penelitian mengungkapkan bahwa spesies jamur yang menyerang berbeda. Tujuan dilakukan penelitian adalah identifikasi lebih lanjut terkait spesies jamur yang menyerang dan mengetahui pemetaan sebaran penyakit karat puru sengon di beberapa wilayah Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan dengan dua tahapan pekerjaan, yaitu observasi/pengamatan di lapangan dan laboratorium. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini menggunakan metode survei dengan teknik *purposive random sampling*, kemudian sampel karat puru/gall sengon dilakukan analisis morfologi dan molekuler dengan pengujian PCR dan sekuensing untuk uji konfirmasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur yang menyerang tanaman sengon pada plot penelitian dikonfirmasi spesies *Uromycladium falcatarium*. Tingkat insidensi penyakit pada keenam lokasi penelitian bervariasi. Lokasi KND 1 dan KND 2 yang merupakan dataran rendah menunjukkan tingkat insidensi penyakit yang rendah, masing-masing 4,4 dan 8,89% sebaliknya pada sampel TMG dan SMG memperoleh tingkat insidensi penyakit yang tinggi, kode TMG 3 memperoleh insidensi tertinggi, yakni 88,89%. Suhu dan kelembaban diketahui merupakan variabel yang berhubungan dengan tingkat insidensi penyakit karat puru.

**Kata Kunci:** Sengon, *Uromycladium falcatarium*, Karat Puru, Pemetaan.

### ABSTRACT

*Sengon are widely cultivated and are excellent in the community because they have profitable prospects, but there are factors that hinder sengon productivity. One of the influencing factors is the attack of sengon gall rust disease caused by the fungus Uromycladium spp. Sengon gall rust disease was initially identified as the fungus Uromycladium tepperianum, but several studies revealed that the fungal species that attacked were different. The purpose of the research was to further identify the fungal species that attacked and determine the mapping of the distribution of sengon puru rust disease in several regions of Central Java. The research was carried out with two stages of work, namely observation in the field and laboratory. The method used in this research was survey method with purposive random sampling technique, then the sengon puru/gall rust samples were analyzed morphologically and molecularly by PCR testing and sequencing for confirmation test. The results showed that the fungus that attacked sengon plants in the research plots was confirmed to be Uromycladium falcatarium. The level of disease incidence in the six research locations varied. KND 1 and KND 2, which are lowland locations, showed low disease incidence rates, 4.4 and 8.89% respectively, while TMG and SMG samples had high disease incidence rates, TMG 3 code had the highest incidence, 88.89%. Temperature and humidity were found to be variables associated with puru rust disease incidence.*

**Keywords :** Sengon, *Uromycladium falcatarium*, Gall Rust, Mapping.

## PENDAHULUAN

Tanaman sengon (*Falcataria mollucana* (Miq.) Barneby & J. W. Grimes) merupakan salah satu tanaman hutan yang cukup luas dikembangkan sebagai hutan tanaman industri di Indonesia. Tanaman tersebut banyak diusahakan dan telah menjadi primadona, serta dikembangkan di kawasan hutan tanaman, perkebunan, maupun kebun milik rakyat (hutan rakyat). Tanaman sengon memiliki prospek yang menguntungkan untuk menghasilkan berbagai produk olahan kayu.

Pertumbuhannya yang sangat cepat dan mampu beradaptasi pada beberapa kondisi lahan merupakan keunggulan dari sengon, hal tersebut membuat sengon menjadi jenis yang penting bagi industri perkebunan di masa depan dikarenakan permintaan ekspor semakin meningkat, namun kebutuhan dalam negeri belum dapat terpenuhi seluruhnya. Senada dengan pernyataan Krisnawati *et al.* (2011), pertumbuhan sengon yang cepat, mampu beradaptasi pada berbagai jenis tanah, serta karakteristik silvikulturnya yang bagus menjadikan tanaman tersebut makin diminati masyarakat. Didukung juga dengan Setiadi *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa sengon dipilih karena memiliki daur pertumbuhan yang pendek, mampu beradaptasi pada berbagai kondisi tanah, dan dapat digunakan sebagai *furniture* kelas menengah.

Penyakit karat puru atau karat tumor yang disebabkan jamur *Uromycladium spp.* menjadi momok bagi petani sengon, dikarenakan penyakit tersebut menyerang tanaman sengon pada semua tingkat umur, mulai dari persemaian hingga tanaman dewasa. Di Indonesia epidemi penyakit karat puru pada sengon pertama kali terdeteksi di Pulau Seram, Maluku tahun 1996 dan masuk menyerang pertanaman sengon di Pulau Jawa pada tahun 2003 (Rahayu, 2008). Epidemi dari penyakit tersebut menjadi faktor pembatas produktivitas hutan tanaman rakyat yang dapat mempengaruhi hasil produksi. Penyakit karat puru atau karat tumor dengan serangan berat menimbulkan kematian pada tanaman sengon, serta menyebabkan fluktuasi harga di pasaran karena mempengaruhi kualitas kayu yang dihasilkan (Irawan, 2014).

Penyakit karat puru pada tanaman sengon awalnya diidentifikasi sebagai jamur *Uromycladium tepperianum* (Sacc.) Mc. Alpin McAlphine (Old & Cristovao, 2003; Lee, 2004; Anggraeni, 2008; Rahayu *et al.*, 2010). Namun berdasarkan penelitian Doungsard *et al.* (2015), *Uromycladium* yang menyerang tanaman sengon, berdasarkan analisis morfologi teliospora dan identifikasi molekuler berbeda dengan *U. tepperianum* yang menyerang pada akasia. *Uromycladium* yang menyerang sengon dideskripsikan sebagai *U. falcatarium* sp. nov. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut terkait spesies jamur yang menyerang pertanaman sengon di Jawa Tengah, sehingga dapat menyediakan informasi yang menyeluruh dan dasar untuk pengembangan strategi pengendalian penyakit yang tepat.

## METODOLOGI

Kegiatan penelitian pada bulan Oktober – Desember 2023 dilakukan di beberapa lokasi di Jawa Tengah. Lokasi pengambilan sampel yang ditentukan berada di daerah Kabupaten Temanggung, Kabupaten Kendal, dan Kabupaten Semarang yang merupakan sentra pertanaman sengon di Jawa Tengah. Kegiatan identifikasi morfologi dan molekuler jamur dilakukan di Laboratorium Mikologi dan Biomolekuler Balai Karantina Pertanian Kelas I Semarang.

Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel, diantaranya termohigrometer, altimeter, GPS. Kemudian alat yang digunakan saat kegiatan ekstraksi DNA, yakni mortar dan pistil, tube, rak tube, vortex, sentrifugasi. Alat yang digunakan saat PCR Tube 0,2 ml dan 1,5 ml, mesin PCR *Sensoquest Labcycler*, bak agar, bak elektroforesis, mikropipet,

GelDoc UV Transilluminator. Bahan-bahan ekstraksi DNA yang digunakan secara garis besar, diantaranya nitrogen cair, *Plant Genomic DNA Mini Kit* (GP100) dari Geneaid. Pada proses PCR bahan-bahan yang digunakan adalah: DNA template, primer, dan pereaksi PCR (2x MyTaq HS Redmix dari Bioline, Buffer PCR, NFW). Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam elektroforesis DNA yaitu, agarose, buffer TAE, GelRed.

Penelitian dilaksanakan dengan dua tahapan pekerjaan, yaitu observasi/pengamatan di lapangan dan laboratorium. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini menggunakan metode survei dengan teknik *purposive random sampling*, kemudian sampel karat puru/*gall* sengon dilakukan analisis morfologi dan molekuler dengan pengujian PCR dan sekuensing untuk uji konfirmasi spesies jamur yang menyerang.

### **Survei dan Penentuan Lokasi**

Pengambilan sampel karat puru dilakukan di 6 (enam) titik lokasi yang tersebar di Kabupaten Temanggung, Kabupaten Kendal, Kabupaten Semarang. Masing-masing lokasi pengamatan terdapat satu plot yang di dalamnya terdapat 45 pohon sengon, sehingga nantinya diperoleh 6 plot penelitian. Setiap lokasi penelitian ditentukan koordinatnya menggunakan GPS. Kemudian dilakukan juga pengambilan data iklim mikro pada setiap lokasi, meliputi suhu, ketinggian tempat, dan kelembaban udara. Penelitian dilakukan secara *purposive sampling*. Sampel yang diambil berupa bagian tanaman berupa batang atau ranting yang menunjukkan gejala terinfeksi karat puru.

### **Pengamatan Morfologi Karat Puru**

Pengamatan morfologi dilakukan terlebih dahulu sebelum identifikasi molekuler. Pengamatan yang dilakukan meliputi pengamatan bentuk gejala penyakit, pengukuran dimensi teliospora dan perhitungan jumlah striae. Pengukuran dimensi spora dilakukan dengan metode (Anikster *et al.*, 2005). Teliospora yang terdapat pada puru diambil dengan cara mengeriknya menggunakan jarum kecil atau sikat halus. Selanjutnya teliospora diletakkan pada kaca preparat yang ditetesi dengan larutan sheer, kemudian ditutup dengan *cover glass*. Pengukuran dimensi teliospora dan perhitungan jumlah striae dilakukan menggunakan mikroskop compound dengan perbesaran tertentu.

### **Ekstraksi DNA**

Kegiatan identifikasi molekuler diawali dengan ekstraksi DNA yang merupakan kegiatan pemisahan DNA dari bahan yang tidak diperlukan dengan menggunakan *Plant Genomic DNA Mini Kit* (GP100) dari Geneaid. Langkah pertama yang dilakukan adalah tahap preparasi sampel dengan menimbang spora sebanyak 0,1 gram. Haluskan spora menggunakan mortar dan pistil dengan menambahkan 400  $\mu$ l GP1 Buffer dan 5  $\mu$ l RNase A, selanjutnya pindahkan ke tube 2 ml dan homogenkan dengan vortex. Inkubasi selama 10 menit pada suhu 60°C dan membolak-balikkan setiap 3 menit, secara bersamaan juga panaskan Elution Buffer 200  $\mu$ l per sampel.

Selanjutnya tambahkan GP2 Buffer sebanyak 100  $\mu$ l dan divortex, lalu inkubasi selama 3 menit di *freezer*. Tuangkan sampel ke dalam filter kolom dan sentrifugasi dengan kecepatan 1000 g selama 1 menit. Kemudian secara hati-hati pindahkan supernatan ke tube 1,5  $\mu$ l dan hitung jumlah volume yang dipindahkan. Tambahkan sebanyak 1,5 volume GP3 Buffer dan divortex selama 5 detik. Pindahkan sampel ke GD kolom dan sentrifugasi selama 2 menit dengan kecepatan 15.000 g. Buang supernatan yang dihasilkan pada bagian bawah kolom, kemudian tambahkan Buffer W1 sebanyak 400  $\mu$ l dan sentrifugasi 15.000 g selama 30 detik. Lakukan hal yang sama seperti sebelumnya, lalu tambahkan 600  $\mu$ l *Wash Buffer* dan sentrifugasi 15.000 g selama 30 detik. Buang supernatan dan sentrifugasi kembali 15.000 g selama 3 menit. Kemudian ganti tube bagian bawah dengan tube 1,5  $\mu$ l tambahkan Elution Buffer yang telah dipanaskan sebelumnya di tengah kolom. Diamkan selama 5 menit pada suhu ruang. Sentrifugasi kembali selama 30 detik dengan kecepatan 15.000 g.

Simpan DNA pada *freezer* (suhu -20°C)

### **Tahapan PCR (*Polymerase Chain Reaction*)**

Proses PCR menggunakan primer spesifik ITSUF4F (5'-TAAAGTTTTTCTTTTCTTCTTTCACC-3') dan ITSUF4R (5'-AGCCCTCATATGTGTACAACCTTTC-3') (Koressaar & Remm 2007; Untergasser *et al.* 2012). Sebelum PCR persiapkan terlebih dahulu bahan untuk pembuatan larutan mix yang dilakukan steril dalam *laminar air flow*. Komposisi untuk satu sampel sebanyak 25 µl yang terdiri atas 12.5 µl MyTaq, 0.5 µl primer F, 0.5 primer R, 9.5 µl NFW (*nucleus free water*), 2 µl DNA template yang seluruhnya dicampurkan ke dalam tube 0,5 µl. Selanjutnya homogenkan dengan melakukan *spin down*.

Selanjutnya, proses PCR dilakukan pengaturan kondisi reaksi, *pre-denaturation* pada suhu 98 °C selama 30 detik, *denaturation* pada suhu 98 °C selama 10 detik, *annealing* pada suhu 58 °C selama 20 detik, dan *extension* pada suhu 72 °C selama 30 detik, *final extension* pada 72 °C selama 5 menit. PCR dilakukan sebanyak 30 kali siklus.

### **Elektroforesis**

Elektroforesis dilakukan menggunakan gel agarose dengan persentase, arus listrik, dan waktu tertentu. Sebelum dilakukan elektroforesis dilakukan pembuatan gel agarose. Konsentrasi gel agarose yang digunakan adalah 1.2 %. Komposisi pembuatan gel agarose, terdiri atas 0.6 gram Agarose, 50 ml TAE Buffer yang dihomogenkan, lalu dipanaskan menggunakan microwave. Selanjutnya gel agarose dituang ke dalam cetakan. Siapkan bahan yang akan dielektroforesis, meliputi produk PCR, pewarna DNA GelRed, dan ladder 1000 bp. Tuang buffer TAE 1X ke dalam gel agarose yang mengeras. Siapkan bahan elektroforesis di atas fial film, diantaranya 5 µl produk PCR, 2 µl GelRed, dan 4 µl ladder, kemudian resuspensikan dengan cara *pipetting* dan suspensi yang terbentuk dimasukkan ke dalam sumur gel agarose. Lakukan elektroforesis dengan tegangan 100 volt selama 45 menit, jalankan alat elektroforesis sesuai instruksi kerja alat. Setelah selesai, letakkan gel agarose hasil elektroforesis ke GelDoc UV Transilluminator untuk dilakukan visualisasi DNA.

### **Sekuensing**

Produk PCR positif dikirim ke 1<sup>st</sup> BASE (Malaysia) untuk dilakukan pengurutan DNA (sekuensing). Hasil sekuensing berupa file AB1 dan selanjutnya dilakukan pengeditan atau disejajarkan (*alignment*) menggunakan program MEGA 11. Hasil penyejajaran dibandingkan dengan database *Genbank* melalui program BLAST (*basic local alignment search tool*) <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>

### **Pembuatan Peta Keberadaan Jamur Penyebab Karat Puru**

Proses pemetaan dilakukan dengan bantuan *software* Arcview GIS 10.8. Arcview merupakan perangkat lunak GIS yang banyak digunakan untuk mengelola data spasial. Selain itu dapat juga menggunakan bantuan aplikasi Google Earth Inc untuk memudahkan pembuatan peta. Peta dibuat berdasarkan lokasi setiap plot pengamatan. Dengan pembuatan peta dapat mempermudah pembaca terkait sebaran patogen karat puru yang dihasilkan dari masing-masing plot pengamatan.

### **Pengamatan Insidensi Penyakit Karat Puru Sengon**

Pengamatan di lapangan dilakukan dengan membuat plot pengamatan pada setiap lokasi pengambilan sampel, masing-masing plot terdiri dari 45 pohon. Setiap plot dilakukan pengamatan gejala penyakit dan insidensi penyakit. Insidensi atau kejadian penyakit pada setiap plot pengamatan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%$$

P = insidensi penyakit

N = jumlah pohon yang terserang penyakit dalam plot pengamatan

N = jumlah pohon seluruhnya dalam plot pengamatan

Tabel 1. Klasifikasi insidensi penyakit karat puru pada sengon (Lelana et al., 2018)

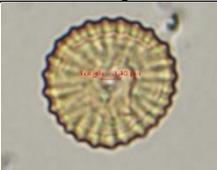
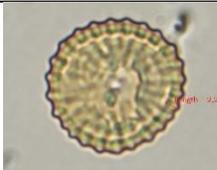
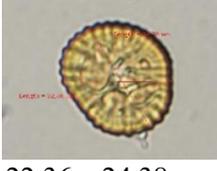
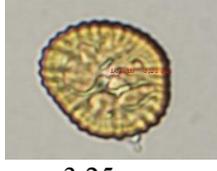
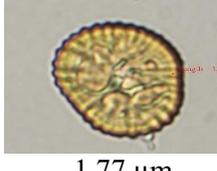
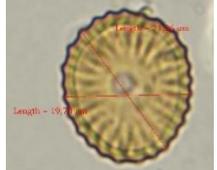
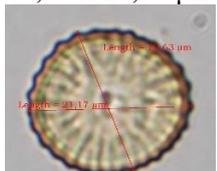
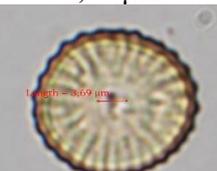
Kategori	Insidensi Penyakit
Rendah ( <i>low</i> )	$IP \leq 25\%$
Sedang ( <i>moderate</i> )	$26 \leq IP \leq 60\%$
Tinggi ( <i>high</i> )	$IP \geq 61\%$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Morfologi

Kegiatan pengamatan morfologi dilakukan dengan mengukur beberapa parameter, diantaranya dimensi teliospora, diameter gempore, ketebalan dinding, dan jumlah striae. Identifikasi dilakukan terhadap enam sampel karat puru sengon yang dihasilkan dari lokasi yang berbeda. Teliospora diperoleh dengan mengeriknya menggunakan jarum kecil atau sikat halus. Identifikasi teliospora dilakukan menggunakan mikroskop compound terhadap 10 spora untuk setiap preparat.

Tabel 2. Hasil identifikasi morfologi teliospora

Sampel	Parameter			Jumlah Striae
	Dimensi Teliospora	Diameter Gempore	Ketebalan Dinding	
KND 1	 23,08 x 23,71 $\mu\text{m}$	 3,40 $\mu\text{m}$	 2,21 $\mu\text{m}$	25
KND 2	 22,36 x 24,38 $\mu\text{m}$	 3,25 $\mu\text{m}$	 1,77 $\mu\text{m}$	36
TMG 3	 20,90 x 22,47 $\mu\text{m}$	 3,71 $\mu\text{m}$	 1,73 $\mu\text{m}$	30
TMG 4	 19,70 x 21,26 $\mu\text{m}$	 3,78 $\mu\text{m}$	 1,64 $\mu\text{m}$	26
SMG 5	 19,63 x 21,17 $\mu\text{m}$	 3,69 $\mu\text{m}$	 1,99 $\mu\text{m}$	29



21,08 x 21,82 µm

3,61 µm

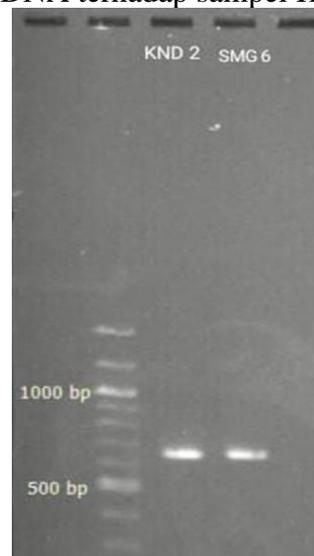
2,11 µm

Hasil Identifikasi Morfologi Teliospora pengukuran teliospora dari keenam sampel di atas diperoleh bahwa sampel KND 2 dengan ukuran 22,36 x 24,38 µm memiliki dimensi spora yang paling besar, sedangkan dimensi spora terkecil dihasilkan oleh sampel SMG 5, yaitu 19,63 x 21,17 µm. Sesuai dengan Rahayu *et al.* (2010) mendeskripsikan dimensi teliospora patogen karat puru dari Indonesia dengan kisaran panjang 17–28 µm dan lebar 14–21 µm.

Pada perhitungan jumlah striae, sampel KND 2 menunjukkan jumlah striae yang terbanyak, yaitu 36 striae dan yang paling sedikit sampel KND 1, yakni 25 striae. Pada penelitian sebelumnya, Doungsa-ard *et al.* (2015), menyatakan bahwa jumlah striae pada *U. falcatarium* antara 25–32, sementara jumlah striae jamur *U. tepperianum*, yaitu antara 31–38. Hal tersebut menandakan jumlah striae *U. tepperianum* (OPTK A2) cenderung lebih banyak dibandingkan *U. falcatarium* (OPT). Perbedaan jumlah striae ini menjadi kunci utama dalam klasifikasi genus *Uromycladium* spp. Oleh karena itu, sampel KND 2 dan SMG 6 diduga terserang jamur *U. tepperianum* yang tergolong OPTK A2 berdasarkan Permentan No. 25 Tahun 2020, sehingga diperlukan identifikasi molekuler untuk uji konfirmasi memastikan spesies *Uromycladium* spp. yang menyerang.

#### Hasil Amplifikasi PCR

Identifikasi molekuler jamur *Uromycladium* spp. menggunakan metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Proses visualisasi DNA dilakukan dengan metode elektroforesis dengan konsentrasi agarose yang digunakan 1,2%. Berikut ini merupakan hasil amplifikasi dan visualisasi DNA terhadap sampel KND 2 dan SMG 6.



Gambar 1. Hasil Amplifikasi Primer ITS

Berdasarkan hasil amplifikasi PCR menghasilkan ukuran pita sekitar 600 basepair (bp) sesuai dengan target. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel positif genus *Uromycladium* spp. Dapat dilihat produk PCR menghasilkan amplikon dengan kualitas dan kuantitas yang sangat baik. PCR merupakan salah satu metode untuk memperbanyak DNA suatu organisme. Keberhasilan PCR ditentukan dengan ketepatan reaksi dan semua komponen yang digunakan, seperti primer yang digunakan dan kesesuaian suhu *annealing*.

Primer yang digunakan adalah ITS (*internal transcribed spacer*), ITSUF4F dan ITSUF4R. ITS merupakan sekuens DNA yang sering digunakan dalam identifikasi molekuler organisme, khususnya, jamur. Sejak beberapa tahun lalu, ITS dimanfaatkan oleh para ahli untuk analisis molekuler tanaman, serta memahami dan menjawab persoalan terkait filogenetik molekuler. Keunggulan dari ITS adalah memiliki ukuran kecil (sekitar 700 pasang basa) dan banyak penyalinan dalam genom inti, sehingga ITS mudah untuk diisolasi, diamplifikasi, dan dianalisis (Baldwin *et al.*, 1995 dalam Fathiya *et al.*, 2018). Primer berperan sebagai agen yang memulai proses amplifikasi DNA dalam sampel di lingkungan *in-vitro* dengan cara menandai template DNA yang diinginkan. Pemilihan primer yang tidak tepat dapat mengakibatkan primer melekat pada bagian lain dari DNA, menghasilkan ampikon yang tidak sesuai dengan yang diharapkan (Rahayu & Jannah, 2019).

Suhu *annealing* mempunyai dampak signifikan dalam tahap penempelan primer pada molekul DNA template. Berdasarkan hasil amplifikasi suhu *annealing* 58°C menghasilkan pita DNA yang memiliki kualitas baik, yakni tebal, jelas, dan *single/tunggal*. Sesuai dengan Pertiwi *et al.* (2015), suhu *annealing* rendah dapat menyebabkan primer menempel pada situs penempelan yang tidak spesifik, sehingga memicu amplifikasi fragmen lokus yang tidak diinginkan. Sebaliknya, suhu *annealing* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan primer kurang efektif menempel pada template DNA, yang dapat terlihat dari penipisan *band* hasil amplifikasi.

### Analisis Homologi

Analisis homologi dilakukan untuk membandingkan sekuen nukleotida yang dihasilkan terhadap database di *GenBank*. Analisis tersebut menggunakan program BLAST (*basic local alignment search tool*).

Tabel 3. Hasil analisis homologi BLAST

<i>Description</i>	<i>Percent</i>	<i>Query</i>	<i>E-value</i>
	<i>Identity</i> (%)	<i>Cover</i> (%)	
<i>Uromycladium falcatarium</i> isolate BKL01	99,62	98	0,0
<i>Uromycladium falcatarium</i> isolate BGR01	99,62	98	0,0
<i>Uromycladium falcatarium</i> isolate KDR01	99,62	98	0,0
<i>Uromycladium falcatarium</i> voucher BRIP 57477	98,68	99	0,0
<i>Uromycladium tepperianum</i> voucher BRIP 59439	85,30	69	2e-98
<i>Uromycladium tepperianum</i> voucher BRIP 57707	84,68	69	5e-94
<i>Uromycladium notabile</i> voucher BRIP 59233	85,06	64	5e-89
<i>Uromycladium simplex</i> voucher BRIP 54888	82,28	77	1e-85

Tabel di atas merupakan hasil penyejajaran dengan database di *Genbank*. Hasil penyejajaran menunjukkan patogen karat puru pada sengon mempunyai kemiripan 99,62% dengan *U. falcatarium* isolate BKL01, BGR01, KDR01 (E-value = 0), 98,68% dengan *U. falcatarium* voucher BRIP 57477 (E-value = 0), 85,06% dengan *U. notabile* voucher BRIP 59233 (E-value = 5e-89), 82,28% dengan *U. simplex* voucher BRIP 54888 (E-value = 1e-85), dan 85,30% dengan *U. tepperianum* voucher BRIP 59439 (E-value = 2e-98).

Hasil sekuensing dianalisis menggunakan program BLAST (*basic local alignment search tool*). Program tersebut melakukan perbandingan antara nukleotida atau sekuens protein dengan sekuens yang terdapat dalam *database*. Selain itu, program ini juga menghitung statistik signifikansi untuk menilai tingkat kesesuaian atau kecocokan antara keduanya. Keputusan dalam menentukan kesesuaian sampel query dengan hasil BLAST dibuat berdasarkan tiga aspek utama, yaitu *query coverage*, *e-value* (*expected value*), dan identitas (*identity*). Ketika query cover mendekati 100%, nilai *e-value* mendekati 0, dan kemiripan mendekati 100% pada setiap database, hal tersebut menandakan hasil yang paling

mirip atau serupa.

Hasil analisis BLAST menunjukkan urutan basa memiliki persentase kemiripan 99%, *query cover* 98%, dan *e-value* 0 dengan *Uromycladium falcatarium*. Persentase kemiripan yang tinggi menandakan terdapat kesesuaian atau kecocokan antara sekuen sampel penelitian dengan sekuen database Genbank. *Query cover* merupakan persentase panjang nukleotida yang sejajar dengan sekuens yang terdapat dalam basis data dalam program BLAST. Sementara itu, nilai E-value adalah nilai estimasi yang memberikan indikasi signifikansi statistik terhadap kesamaan di antara kedua sekuens tersebut. Berdasarkan pernyataan Claverie dan Notradame (2007), semakin tinggi nilai e-value menunjukkan tingkat homologi antara kedua sekuens semakin rendah, sedangkan jika nilai e-value semakin rendah, maka tingkat homologi kedua sekuens semakin tinggi. Jika nilai e-value mencapai 0 (nol), itu menandakan bahwa kedua sekuens tersebut identik. Semakin rendah angka e-value, semakin signifikan hasil perhitungannya (Madden, 2013; Kasi *et al.*, 2019).

**Analisis Gejala Karat Puru Pada Sengon**

Analisis gejala serangan penyakit karat puru pada sengon dilakukan pada 6 (enam) lokasi yang berbeda. Penyakit ini disebabkan oleh patogen *Uromycladium falcatarium*. Gejala yang ditimbulkan oleh *U. Falcatarium* dapat memberikan dampak serius pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman sengon. Gejala yang ditemukan memiliki kategori serangan yang bervariasi sesuai dengan perkembangan puru dan keparahan serangan secara visual. Gejala yang ditemukan dibedakan menjadi 3 kategori, tahap awal, tahap pertengahan, dan tahap akhir

Tabel 4. Analisis Gejala Penyakit Karat Puru

Kategori Gejala	Deskripsi Gejala	Gambar Gejala
Tahap Awal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puru memiliki warna hijau muda.</li> <li>• Teliospora muncul di beberapa bagian puru belum menyeluruh.</li> <li>• Tekstur puru keras.</li> <li>• Kondisi bagian terserang belum menunjukkan adanya kerusakan jaringan (nekrotik)</li> </ul>	
Tahap Pertengahan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puru memiliki warna kuning kecoklatan.</li> <li>• Teliospora muncul di seluruh bagian permukaan puru.</li> <li>• Tekstur puru keras.</li> <li>• Kondisi bagian terserang menunjukkan adanya kerusakan jaringan (nekrotik) yang ditandai dengan perubahan warna yang menjadi lebih gelap.</li> </ul>	

Tahap Akhir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puru memiliki warna coklat tua</li> <li>• Teliospora telah terlepas dari permukaan puru.</li> <li>• Tekstur puru menjadi rapuh.</li> <li>• Kondisi bagian terserang menunjukkan adanya kerusakan jaringan (nekrotik) yang lebih parah, ditandai dengan perubahan warna yang lebih gelap dan tekstur menjadi rapuh.</li> </ul>	
-------------	--	---

Gejala penyakit karat puru sengon dapat terjadi pada berbagai bagian tanaman, terutama pada batang. Salah satu gejala utama dari infeksi *Uromygladium falcatarium* adalah munculnya bercak-bercak coklat pada daun tanaman sengon. Bercak-bercak ini awalnya muncul sebagai area kecil berwarna kemerahan atau coklat. Seiring berjalannya waktu, bercak-bercak ini dapat tumbuh dan menyatu, membentuk lesi yang lebih besar. Pada tahap selanjutnya, daun tanaman sengon dapat mengalami penebalan dan pengeringan, yang dapat mengakibatkan penurunan fungsi fotosintesis. Penyebaran patogen ini terjadi melalui spora yang dihasilkan oleh jamur tersebut. Spora dapat tersebar melalui angin, air hujan, atau melalui perantara seperti serangga dan hewan kecil. Faktor lingkungan, seperti kelembaban tinggi, suhu yang mendukung, dan kondisi cuaca tertentu, dapat mempengaruhi penularan penyakit ini (Anggraeni, 2009).



Gambar 2. Ilustrasi Infeksi Karat Puru Pada Sengon

Siklus perkembangan *U. falcatarium* melibatkan beberapa tahap utama dalam siklus hidupnya. Patogen ini menghasilkan spora pada lesi yang terinfeksi. *Uromygladium falcatarium* menyebabkan pembentukan lesi pada batang tanaman sengon. Lesi ini dapat muncul dalam bentuk bercak-bercak yang berwarna kemerahan atau oranye. Struktur berbentuk seperti pustula atau urat-urat halus juga dapat ditemukan pada batang, menunjukkan keberadaan jamur patogen (Nurrohmah dan Baskorowati, 2017). Spora ini dapat menyebar melalui angin, air hujan, atau melalui perantara seperti serangga. Spora yang terbawa oleh angin atau air hujan dapat menempel pada bagian pohon sengon yang sehat. Jika kondisi lingkungan mendukung, spora akan berkecambah dan menginfeksi tanaman melalui lubang alami atau luka pada daun atau batang. Teliospora dilepaskan dari lesi dan dapat mencari inang alternatif atau bagian tumbuhan sengon yang lain untuk menginfeksi. Teliospora yang mencapai inang alternatif dapat berkembang menjadi struktur lain yang disebut aecium. Aecium menghasilkan spora yang dapat menyerang sengon kembali. Proses ini menciptakan siklus melanjutkan penyakit, dengan spora yang terus menyebar dan menginfeksi tanaman sengon.

### Insidensi Penyakit

Insidensi atau kejadian penyakit karat puru pada sengon yang disebabkan oleh

patogen *Uromycladium falcatarium* diamati pada setiap lokasi pengamatan. Pengamatan dilakukan pada saat pengambilan sampel karat puru di enam plot pengamatan yang masing-masing terdiri dari 45 pohon sengon. Berikut ini merupakan hasil perhitungan kejadian penyakit yang memberikan hasil signifikan.

Tabel 5. Insidensi penyakit karat puru di berbagai lokasi

Lokasi	Populasi Tanaman	Jumlah Pohon Terserang	Insidensi Penyakit (%)	Kategori
KND 1	45	2	4,4	Rendah
KND 2	45	4	8,89	Rendah
TMG 3	45	40	88,89	Tinggi
TMG 4	45	36	80	Tinggi
SMG 5	45	31	68,89	Tinggi
SMG 6	45	39	86,67	Tinggi

Hasil perhitungan insidensi penyakit karat puru sengon pada berbagai lokasi menunjukkan intensitas kejadian penyakit yang bervariasi. Intensitas kejadian penyakit tertinggi terjadi di Kab. Temanggung (kode sampel TMG 3) kemudian diikuti Kab. Semarang (kode sampel SMG 6) yang masing-masing secara berurutan mencapai 88,89% dan 86,67%. Insidensi penyakit terendah terjadi di Kab. Kendal (kode sampel KND 1) yang hanya mencapai 4,4%. Berdasarkan hasil perhitungan kejadian penyakit pada kode sampel KND 1 dan KND 2 termasuk dalam kategori rendah, sedangkan intensitas kejadian penyakit kode sampel TMG 3, TMG 4, SMG 5, dan SMG 6 tergolong kategori tinggi.



Gambar 3. Diagram insidensi penyakit karat puru di berbagai lokasi

Hasil perhitungan insidensi penyakit linear dengan pengukuran iklim mikro pada keenam lokasi. Berdasarkan hasil dari pengukuran ketinggian lokasi, suhu serta kelembaban udara yang ada di enam lokasi pengambilan sampel menunjukkan hasil yang bervariasi dimana pada lokasi Kabupaten Kendal tergolong dataran rendah dengan ketinggian lokasi KND 1 dan KND 2 masing-masing 8 dan 24 mdpl, dengan suhu relatif tinggi serta kelembaban udara yang rendah. Kelembaban udara paling rendah tercatat pada lokasi KND 1, yakni 41% dan yang tertinggi pada lokasi SMG 5 sebesar 78%. Berbeda dengan lokasi pada Kabupaten Temanggung dan Semarang yang tergolong dalam dataran tinggi dengan ketinggian berkisar antara 450-550 mdpl dengan suhu lebih sejuk dan kelembaban yang cukup tinggi.

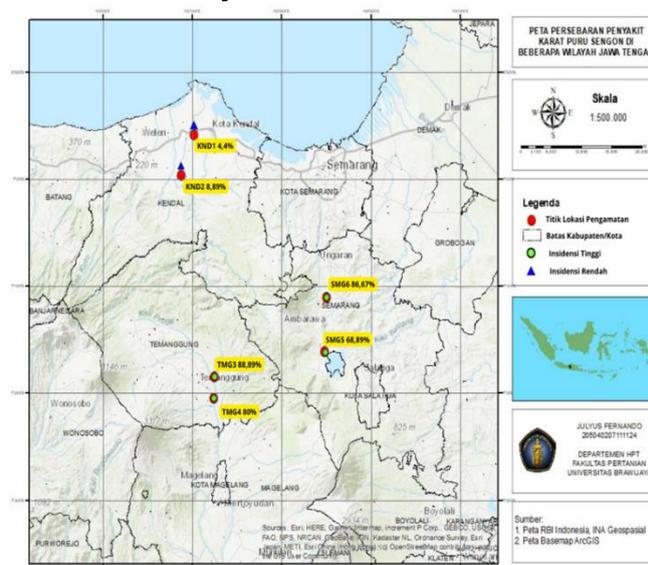
Suhu dan kelembaban menjadi faktor penting dalam mendukung perkembangan penyakit. Insidensi atau kejadian penyakit adalah presentase jumlah tumbuhan atau tanaman yang terserang patogen atau memperlihatkan gejala sakit. Insidensi diukur dengan membandingkan jumlah tanaman yang sakit dengan jumlah seluruh tanaman yang diamati. Pengaruh suhu dan kelembaban dapat kita lihat dengan membandingkan insidensi penyakit pada lokasi penelitian di Kabupaten Kendal yang memiliki suhu lebih tinggi dan

kelembaban rendah menunjukkan adanya hambatan perkembangan karat puru, sehingga insidensi penyakit tergolong kategori rendah. Sebaliknya pada lokasi di Kabupaten Temanggung dan Kabupaten Semarang yang berada di dataran tinggi memiliki suhu lebih rendah dan kelembaban tinggi menghasilkan tingkat insidensi penyakit sangat tinggi.

Berdasarkan suhu rata-rata tahunan yang diperoleh dari BMKG (2023) Kabupaten Kendal suhu rata-rata tahunan tercatat di atas 28°C, sedangkan Kabupaten Temanggung dan Semarang memperoleh suhu rata-rata lebih rendah, yakni sekitar 25°C. Studi yang dilakukan Wiese dan Ravenscroft (1979) tentang perkecambahan urediospora *Puccinia graminis* dan *P. recondita* mungkin dapat mengkonfirmasi hal ini. Dengan meningkatnya suhu, terutama di atas 25 °C, perkembangan dan infektivitas urediospora *P. graminis* dan *P. recondita* terhambat dan bahkan hilang. Bonde et al. (2012) menemukan dalam penelitiannya tentang perkecambahan urediospora *Phakopsora pachyrhizi* bahwa peningkatan suhu mengurangi perkecambahan urediospora, terutama di atas 29 °C.

Faktor lingkungan yang sangat berperan mempengaruhi awal perkembangan penyakit yang bersifat infeksi. Faktor lingkungan antara lain suhu, kelembaban, cahaya, keasaman dan lain-lain. Hal ini dapat digambarkan dengan segitiga penyakit. Untuk terjadi dan berkembangnya penyakit secara optimal, maka harus terdapat kombinasi tiga faktor yaitu tanaman inang yang rentan, patogen yang infeksi, dan kondisi lingkungan yang menguntungkan. Keterkaitan faktor lingkungan dengan perkembangan penyakit tanaman sangat jelas, mengingat tanaman tumbuh pada suatu media tumbuh, pada suatu ruang atau wilayah yang membutuhkan cahaya, kelembaban dan udara, serta berhubungan erat dengan keberadaan organisme lain (Wibowo, 2022).

Penyakit karat tumor berkembang intensif di daerah berkabut (kelembaban tinggi), adanya kabut di musim kemarau maupun musim penghujan, berpotensi meningkatkan terjadinya penyakit karat tumor baik di persemaian maupun di lapangan (Rahayu, 2008). Pada dasarnya, ketinggian tempat bukanlah faktor utama yang dapat meningkatkan resiko terjadinya serangan jamur karat ini. Namun kondisi lingkungan seperti kelembaban yang tinggi, angin yang perlahan serta adanya kabut, umumnya terdapat di lokasi yang relatif tinggi. Penyakit tanaman secara umum mempunyai hubungan yang sangat erat dengan faktor lingkungan seperti lamanya periode sinar matahari, kecepatan angin, arah angin, kelembaban relatif, curah hujan dan temperatur, keadaan kabut, intensitas naungan, serta kondisi dan jenis tanaman disekitarnya.



Gambar 4. Peta Sebaran Penyakit Karat Puru Sengon pada Lokasi Penelitian

## KESIMPULAN

Hasil identifikasi secara morfologi dan molekuler menunjukkan bahwa jamur yang menyerang tanaman sengon pada plot penelitian dikonfirmasi spesies *Uromycladium falcatarium*. Tingkat insidensi penyakit pada keenam lokasi penelitian bervariasi. Lokasi KND 1 dan KND 2 yang merupakan dataran rendah menunjukkan tingkat insidensi penyakit yang rendah, masing-masing 4,4 dan 8,89% sebaliknya pada sampel TMG dan SMG memperoleh tingkat insidensi penyakit yang tinggi, kode TMG 3 memperoleh insidensi tertinggi, yakni 88,89%. Suhu dan kelembaban diketahui merupakan variabel yang berhubungan dengan tingkat insidensi penyakit karat puru. Suhu yang tinggi dan kelembaban rendah dapat menghambat perkembangan penyakit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni I, Dendang B, Lelana NE. 2010. Pengendalian penyakit karat puru (*Uromycladium tepperianum* (Sacc.) Mc. Alpin) pada sengon (*Falcataria mollucana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat. JPHT 7(5):273–278.
- Anggraeni I. 2008. Penyakit karat puru (gall rust) pada tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) di RPH Pandantoyo, BKPH Pare, KPH Kediri. Workshop Serangan Karat Puru pada Sengon. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta 19 November 2008.
- Anggraeni, I., 2009. Penyakit karat tumor pada sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) DI perkebunan Glenmore Banyuwangi, Jawa Timur. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 6(5), pp.311-321.
- Baldwin, B. G., Sanderson, M. J., Porter, J. M., Wojciechowski, M. F., Campbell, C. S., & Donoghue, M. J. 1995. The ITS Region of Nuclear Ribosomal DNA: A Valuable Source of Evidence on Angiosperm Phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 82(2), 247–277. <https://doi.org/10.2307/2399880>
- Bonde MR, Nester SE, Berner DK. 2012. Effects of daily temperature highs on development of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean. *Phytopathology* 102:761–768. <http://dx.doi.org/10.1094/PHTO-09-12-0250-R>.
- Claverie, JM., Notredame, C. 2007. *Bioinformatics for Dummies®*. Second ed. Hoboken N.J: Wiley Publishing.
- Darwiati, W., Anggraeni, I. 2018. Serangan Boktor (*Xystrocera festiva* Pascoe) dan Karat Tumor (*Uromycladium tepperianum* [Sacc.] McAlpine) pada Sengon (*Falcataria mollucana* Miq.) di Perkebunan Teh Ciater. *Sains Natural Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi dan Kimia* 8(2). Himpunan Biologi Indonesia dan Fakultas MIPA Universitas Nusa Bangsa, Bogor.
- Doungsa-ard C, Mc Taggart AR, Geering ADW, Dalisay TU, Ray J, Shivas RG. 2015. *Uromycladium falcatarium* sp. nov., the cause of gall rust on *Paraserianthes falcataria* in south-east Asia. *Australian Plant Path.* 44(1):25–30. <http://dx.doi.org/10.1007/s13313-014-0301-z>.
- Doungsa-ard C, Mc Taggart AR, Geering ADW, Dalisay TU, Ray J, Shivas RG. 2018. Diversity of Gall Forming Rusts (*Uromycladium*, Pucciniales) on *Acacia* in Australia. *Persoonia* 40:221–238. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2018.40.09>.
- Krisnawati H, Varis E, Kallio M, Kanninen M. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: Ecology, Silviculture and Productivity. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Lee SS. 2004. Diseases and potential threats to *Acacia mangium* plantation in Malaysia. *Unasylva* 217:31–35.
- Lelana, NE. 2017. Epidemiologi dan Keragaman Patogen Karat Puru Sengon di Indonesia. Disertasi pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Lelana, NE., Anggraeni, I. 2011. *Diagnosis Penyakit Tanaman Hutan*. Bogor: Puslitbang Peningkatan Produktivitas Hutan
- Lelana, NE., Wiyono, S., Giyanto., Siregar, IZ. Anggraeni, I. 2022. Phylogenetic and morphological characteristics of *Uromycladium falcatariae*, the fungal pathogen that causes gall rusts

- epidemics of *Falcataria mollucana* in Indonesia. *Journal of Phytopathology*, 00:1-7. doi.org/10.1111/jph.13123.
- Nurrohmah, S.H. and Baskorowati, L., 2017. Serangan Awal Penyakit Karat Tumor pada Tanaman Sengon di Plot Uji Provenan Sengon Candiroto, Jawa Tengah.
- Old KM, Cristovao CS. 2003. A rust epidemic of the coffee shade tree (*Paraserianthes falcataria*) in East Timor. *ACIAR Proc* 13:139–145
- Pertiwi, N.P.N., Mahardika, I.G.N.K dan Watininiasih, N.L. 2015. Optimasi Amplifikasi DNA Menggunakan Metode PCR (Polymerase Chain Reaction) Pada Ikan Karang Anggota Famili Pseudochromidae (DOTTYBACK) untuk Identifikasi Spesies Secara Molekular. *Jurnal Biologi*. 19(2): 1-5.
- Rahayu S, Lee SS, Shukor NAA. 2010. *Uromycladium tepperianum*, the gall rust fungus from *Falcataria moluccana* in Malaysia and Indonesia. *Mycoscience* 51:149–153. <http://dx.doi.org/10.1007/s10267-009-0022-2>.
- Rahayu S. 2008. Penyakit karat puru pada sengon (Gall rust disease on sengon). Makalah Workshop Serangan Karat Puru pada Sengon. Yogyakarta 19 November 2008.
- Rahayu, S., Widiyatno., Adriyanti, DT. 2020. Pathogenesis of gall-rusts disease on *Falcataria mollucana* in areas affected by Mount Merapi eruption in Indonesia. *Biodiversitas* 21:1310-1315. doi.org/10.13057/biodiv/d210406
- Setiadi, D., Baskorowati, L., Susanto, M. 2014. Pertumbuhan Sengon Solomon dan Responnya Terhadap Penyakit Karat Tumor di Bondowoso, Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 8 (2): 121-136
- Wiese MV, Ravenscroft, AV. 1979. Environmental effects on inoculum quality of dormant rust uredospores. *Phytopathology* 69:1106–1108. <http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-69-1106>.