



## **PENDUGAAN RISIKO KEAMANAN POHON DENGAN PENDEKATAN METODE *FOREST HEALTH MONITORING* DAN *SAFETY FACTOR***

**SAFIRA NABAWIAH**



**PROGRAM STUDI SILVIKULTUR TROPIKA  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pendugaan Risiko Keamanan Pohon dengan Pendekatan *Forest Health Monitoring* dan *Safety Factor*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Safira Nabawiah  
E4501231009

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RINGKASAN

SAFIRA NABAWIAH. Pendugaan Risiko Keamanan Pohon dengan Pendekatan *Forest Health Monitoring* dan *Safety Factor*. Dibimbing oleh ERIANTO INDRA PUTRA, ELIS NINA HERLIYANA, dan ARIEF NOOR RACHMADIYANTO.

Salah satu kebijakan pemerintah untuk menjaga kelestarian keanekaragaman hayati dan mencegahnya dari kepunahan adalah dengan pembangunan kebun raya. Kebun Raya adalah kawasan konservasi tumbuhan *ex situ* yang ditujukan untuk konservasi, penelitian, pendidikan, wisata, dan jasa lingkungan. Kebun Raya tertua di Indonesia adalah Kebun Raya Bogor (KRB). Sebagai tempat kawasan konservasi *ex situ* dan wisata, KRB perlu didukung dengan kondisi koleksi pohon yang sehat dan aman. Pemantauan kesehatan pohon sebelumnya telah dilakukan di area KRB dengan menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM).

Sampai saat ini hasil kajian kesehatan pohon dengan metode FHM hanya menggambarkan kondisi suatu individu pohon saja, tidak menggambarkan bagaimana keadaan lingkungan akibat adanya pohon yang mengalami kerusakan dan tidak dapat mengetahui bagaimana faktor keamanannya terhadap manusia. Biomekanika pohon merupakan salah satu pendekatan untuk menghitung faktor keamanan pohon (*safety factor, S<sub>f</sub>*). Dengan melihat biomekanika pohon, diharapkan risiko yang dapat disebabkan oleh sebuah pohon dapat diprediksi. Penelitian mengenai penggunaan metode pemantauan kesehatan pohon dengan metode *FHM* dan *S<sub>f</sub>* dari individu pohon untuk menduga risiko keamanan pohon perlu dilakukan untuk menganalisis kondisi kesehatan pohon secara aktual dengan metode FHM, mengetahui penyebab dan dampak kerusakan, serta hubungan antara Nilai Indeks Kerusakan (NIK) dengan *S<sub>f</sub>* dalam pendugaan risiko keamanan pohon.

NIK dihitung dan dikategorikan dengan mempertimbangkan lokasi, jenis, dan keparahan kerusakan yang terjadi pada pohon di klaster 2, 3, 5, dan 6. Dari keempat klaster diambil empat pohon sampel dari setiap kategori NIK, sehingga terdapat 16 pohon sasaran. Pohon sasaran dianalisis untuk memperoleh nilai *S<sub>f</sub>* menggunakan *Desmos Graphic Calculator*. NIK dan *S<sub>f</sub>* dibandingkan menggunakan korelasi *Pearson*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas pohon pada klaster 2, 3, dan 6 berada pada kategori sehat, namun klaster 5 pada kategori kerusakan ringan. Penyebab dan dampak dari kerusakan pohon yang ditemukan membentuk rantai; satu kerusakan dapat menjadi sumber kerusakan yang lain. Hubungan antara NIK pohon dan *S<sub>f</sub>* terhadap risiko keamanan pohon memiliki korelasi sebesar 0,6; yang menunjukkan korelasi positif dengan keeratan sedang, yang berarti masih terdapat faktor lain yang memengaruhi risiko keamanan pohon. Faktor tersebut diduga karena tidak akuratnya nilai kerapatan tajuk yang digunakan serta nilai bobot NIK yang perlu dikaji ulang.

Kata kunci: biomekanika, hutan, keamanan, kerusakan, monitoring.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

## SUMMARY

SAFIRA NABAWIAH. Assessment of Tree Safety Risk with Forest Health Monitoring and Safety Factor Approach. Supervised by ERIANTO INDRA PUTRA, ELIS NINA HERLIYANA, and ARIEF NOOR RACHMADIYANTO.

One of the government's policies to preserve biodiversity and prevent it from extinction is the development of botanical gardens. Botanical Gardens are ex-situ plant conservation areas for conservation, research, education, tourism, and environmental services. The Bogor Botanical Garden (BBG) is the oldest botanical garden in Indonesia. BBG must be supported with healthy and safe tree collection conditions as an ex-situ conservation and tourism area. Tree health monitoring has previously been conducted in the BBG area using the Forest Health Monitoring (FHM) method.

Until now, the results of tree health studies using the FHM method only describe the condition of an individual tree, do not describe how the environment is affected by damaged trees, and cannot determine the safety factor for humans. Tree biomechanics is one approach to calculating the trees' safety factor ( $S_f$ ). The risk a tree is expected to face can be predicted by looking at tree biomechanics. Research on the use of the tree health monitoring method with the FHM method and the  $S_f$  of individual trees to estimate tree safety risk needs to be carried out to analyse the actual health condition of trees with the FHM method, determine the causes and effects of damage, and the relationship between the Damage Index Value (DIV) and  $S_f$  in estimating tree safety risk.

DIVs were calculated and categorized by considering the tree damage's location, type, and severity in clusters 2, 3, 5, and 6. Four sample trees from each DIV category were taken from the four clusters, resulting in 16 target trees. Target trees were analysed to obtain  $S_f$  values using Desmos Graphic Calculator. NIK and  $S_f$  were compared using Pearson correlation. The results showed that most trees in clusters 2, 3, and 6 were healthy, but cluster 5 was in the light damage category. The causes and effects of tree damage were found to form a chain; one damage can be the source of another. The correlation between tree DIV and  $S_f$  to tree safety risk correlates with 0.6, indicating a positive correlation with moderate closeness, which means other factors influence tree safety risk. These factors are likely due to the inaccuracy of the crown density values and the DIV scoring value, which needs to be reviewed.

*Keywords: biomechanics, damage, forest, monitoring, safety.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**PENDUGAAN RISIKO KEAMANAN POHON DENGAN  
PENDEKATAN METODE *FOREST HEALTH MONITORING*  
DAN *SAFETY FACTOR***

**SAFIRA NABA WIAH**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Silvikultur Tropika

**PROGRAM STUDI SILVIKULTUR TROPIKA  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

Tim Penguji pada Ujian tesis:

1. Prof. Dr. Ir. Noor Farikhah Haneda, MS.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Pendugaan Risiko Keamanan Pohon dengan Pendekatan Metode *Forest Health Monitoring* dan *Safety Factor*  
Nama : Safira Nabawiah  
NIM : E4501231009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Erianto Indra Putra, S.Hut., M.Si.

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Ir. Elis Nina Herliyana, M.Si.

Pembimbing 3:  
Dr. Ir. Arief Noor Rachmadiyanto, S.P., M.P.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Ir. Prijanto Pamoengkas, M.Sc.F.Trop  
NIP. 19631206 198903 1 004

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:  
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S.  
NIP. 19650122 198903 1 002

Tanggal Ujian:  
27 Mei 2025

Tanggal Pengesahan:  
19 JUN 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan bagi seluruh umat manusia. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2024 sampai bulan September 2024 ini ialah *Forest Health Monitoring* (FHM), dengan judul “Pendugaan Risiko Keamanan Pohon dengan Pendekatan Metode *Forest Health Monitoring* dan *Safety Factor*”.

Terima kasih penulis ucapan kepada para pihak yang membantu penyelesaian penulisan tugas akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Idham Holid dan Ibu Siti Najibah, yang senantiasa memberikan dukungan penuh, doa yang tak pernah putus, serta kasih sayang selama penulis menempuh pendidikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua adik penulis, Muhammad Afif Kamil dan Lubna Syamilah yang selalu siap membantu penulis.
2. Komisi Pembimbing, Bapak Dr. Erianto Indra Putra, S.Hut., M.Si., Prof. Dr. Ir. Elis Nina Herliyana, M.Si., dan Dr. Ir. Arief Noor Rachmadiyanto, S.P., M.P., yang telah membimbing, memberikan saran, arahan, serta semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Para dosen Program Studi Silvikultur Tropika serta tenaga kependidikan yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan bantuan selama masa studi.
4. Program Sinergi (*fast track*) yang telah memberikan bantuan material selama masa studi. Dukungan ini menjadi dorongan penting bagi penulis untuk tetap semangat dan fokus dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini.
6. Laboratorium Patologi Hutan, atas dukungan fasilitas dan lingkungan kerja yang mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian.
7. Hanifah Huwaida, Sindi Riskiyah, dan Siti Churotul Aini, atas dukungan, semangat, serta bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan tesis ini.
8. Teman-teman terdekat, Eva Ardhania, Ni'mah Tsabitah, Septiana Damianti, Shinta Permata Pratiwi, Dwi Marliana, Wardah Mawaddah, dan Thalia Amalia Putri, yang telah bersama-sama penulis sejak lama dengan kebersamaan dan semangat yang tak tergantikan.
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Silvikultur jenjang S1 dan S2, khususnya angkatan 56, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik yang penuh makna.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

*Safira Nabawiah*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



<b>DAFTAR TABEL</b>	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	iii
<b>I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	4
2.1 <i>Forest Health Monitoring (FHM)</i>	4
2.2 Kerusakan Pohon	5
2.3 Biomekanika Pohon	6
<b>III METODE PENELITIAN</b>	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Penelitian	7
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	16
4.1 Kesehatan Pohon di Kebun Raya Bogor	16
4.2 Penyebab dan Dampak Kerusakan Pohon	19
4.3 Hubungan <i>Forest Health Monitoring</i> dan Biomekanika Pohon	26
<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b>	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	32
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	36

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## 1 Hak cipta IPB University

1	Deskripsi kode lokasi kerusakan	9
2	Deskripsi kode jenis kerusakan dan nilai ambang keparahan	9
3	Deskripsi kode kelas keparahan kerusakan	10
	Nilai pembobotan untuk setiap kode lokasi, kerusakan, dan tingkat keparahan	11
	Tingkat korelasi	15
	Kategori kerusakan dan nilai indeks kerusakan pohon yang ditemukan pada klaster 2, 3, 5, dan 6	19
	Jumlah jenis kerusakan yang terdapat pada klaster 2, 3, 5, dan 6	20
	Hasil perhitungan <i>safety factor</i> pada 16 pohon sasaran	27
	Hasil korelasi antara nilai indeks kerusakan pohon dengan nilai <i>safety factor</i>	27

## DAFTAR GAMBAR

1	Peta Kebun Raya Bogor	7
2	Desain klaster plot FHM	8
3	Kode lokasi indikator kerusakan bagian pohon pada metode FHM	8
4	Sketsa morfometri pohon	12
5	Sketsa pengujian rambatan gelombang bunyi arah longitudinal pada batang pohon menggunakan <i>Fakopp Microsecond Timer</i>	13
6	Model geometri batang	13
7	Bentuk geometri tajuk	14
8	Penentuan tinggi tekuk kritis dengan metode tegangan tekuk Euler dan Ylinen menggunakan <i>Desmos Graphic Calculator</i>	15
9	Persentase tipe kerusakan pada klaster 2	16
10	Persentase tipe kerusakan pada klaster 3	17
11	Persentase tipe kerusakan pada klaster 5	17
12	Persentase tipe kerusakan pada klaster 6	18
13	Jenis kerusakan liana yang juga koleksi pada klaster 5 yang menutupi batang hingga tajuk pohon	21
14	Jenis kerusakan luka terbuka akibat liana pada batang	21
15	Jenis kerusakan kanker pada batang pohon di klaster 6	22
16	Jenis kerusakan konk di klaster 3	22
17	Jenis kerusakan lapuk di klaster 5	23
18	Jenis kerusakan eksudasi di klaster 3	23
19	Jenis kerusakan batang, cabang, dan akar	24
20	Jenis kerusakan sarang rayap di klaster 6	24
21	Jenis kerusakan brum pada klaster 6	25
22	Jenis kerusakan hilangnya ujung dominan pada klaster 6	25
23	Jenis kerusakan lain-lain	26
24	Grafik sebaran hubungan nilai indeks kerusakan dan <i>safety factor</i>	28