

UJI TERAP FERTIGATOR OTOMATIS NIRDAYA DALAM GREENHOUSE UNTUK PEMBIBITAN LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DENGAN MEDIA TANAM LUMPUR LIMBAH

RAIHAN ANWAR THAHA



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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 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 “Uji Terap Fertigator Otomatis Nirdaya dalam *Greenhouse* untuk Pembibitan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan Media Tanam Lumpur Limbah” 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, Oktober 2025

Raihan Anwar Thaha
F4501241022



RINGKASAN

RAIHAN ANWAR THAHA. Uji Terap Fertigator Otomatis Nirdaya dalam *Greenhouse* untuk Pembibitan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan Media Tanam Lumpur Limbah. Dibimbing oleh BUDI INDRA SETIAWAN dan SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

Produksi air bersih oleh PT Krakatau Tirta Industri (PT KTI) menghasilkan limbah lumpur yang belum bisa dimanfaatkan dalam jumlah banyak. Produksi lumpur mencapai 3,2 m³ per hari berdasarkan data pada tahun 2001. Peningkatan aktivitas perekonomian di sekitar PT KTI (Kota Cilegon) tentu meningkatkan permintaan air bersih yang berimplikasi pada meningkatnya produksi lumpur.

Penelitian sebelumnya sudah menguji limbah lumpur untuk dijadikan batako, tetapi hasilnya buruk karena mudah rapuh. Meskipun demikian, limbah lumpur ini memiliki kandungan organik tinggi karena berasal dari erosi di DAS yang terbawa ke dalam instalasi pengolahan air. Berdasarkan hal tersebut, limbah lumpur memiliki potensi untuk dijadikan media tanam. Penelitian sebelumnya sudah menguji limbah lumpur dengan penambahan zeolit dan DHP pada bayam dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Terdapat juga penelitian yang mengolah limbah lumpur menjadi kompos, tetapi masih belum memenuhi baku mutu SNI pada parameter alumunium (Al). Pada dasarnya, limbah lumpur ini tidak bernilai secara ekonomi sehingga jika diberi tambahan bahan atau pengolahan tertentu akan meningkatkan biaya produksi yang justru membebani biaya operasional. Maka dari itu, perlu diteliti pemanfaatan dengan cara yang lebih sederhana dan memiliki nilai jual.

Tanaman yang ditanam pada media limbah lumpur ini juga perlu memiliki ketahanan terhadap logam seperti alumunium dan mangan yang terdapat dalam limbah ini sekaligus bukan tanaman yang dikonsumsi secara langsung oleh manusia. Salah satu tanaman yang dapat beradaptasi pada berbagai kondisi dan tidak dikonsumsi manusia langsung serta memiliki manfaat adalah lamtoro. Lamtoro dapat dijadikan biobriket karena memiliki kepadatan energi yang tinggi. Selain itu, lamtoro juga bisa dijadikan penahan erosi. Maka dari itu, penelitian ini memilih tanaman lamtoro untuk ditanam pada limbah lumpur.

Agar pembibitan lamtoro efisien, digunakan irigasi yang disebut Fertigator Otomatis Nirdaya (FONi). Irigasi ini bekerja pada prinsip evapotranspiratif sehingga air yang digunakan tidak terbuang secara percuma. Sistem irigasi tersebut bekerja secara otomatis tanpa daya input yang diperlukan karena hanya bekerja berdasarkan gravitasi. Air yang digunakan berasal dari tanki pemanenan air hujan sehingga memiliki energi dalam bentuk *head* yang besar.

Pembibitan tanaman sebaiknya dilakukan dalam kondisi yang terjaga seperti dalam *Greenhouse*. *Greenhouse* memiliki iklim mikro yang berbeda dengan di luar *greenhouse*. Maka dari itu, perlu juga diteliti iklim mikro dalam *greenhouse*. Salah satu parameter iklim yang penting adalah suhu udara dalam *greenhouse*. Suhu udara ini bisa dimodelkan pada kondisi *unsteady state* dengan konsep kesetimbangan panas.

Penelitian ini menggunakan alat berupa stasiun cuaca otomatis yang dipasang di luar dan di dalam *greenhouse* untuk pemodelan suhu dalam *greenhouse*. Pada

saat penanaman lamtoro, stasiun cuaca otomatis di dalam *greenhouse* digunakan untuk mengukur cuaca yang digunakan dalam menghitung evapotranspirasi potensial. Lamtoro disemai selama 1 bulan lalu dipindahtanamkan ke FONi. Diatur ketinggian muka air 4 cm dari dasar bak kontrol. Media tanam limbah lumpur kering dicacah agar mudah dimasukkan ke dalam *polybag* lalu ditambahkan di atasnya lumpur basah yang diaduk dengan pasir (perbandingan 1:1). Penambahan pasir untuk meningkatkan aerasi agar akar dapat berkembang dengan baik. Digunakan pupuk AB mix yang dicampur dalam tanki nutrisi dengan perbandingan 5 mL tiap 1 liter air.

Data yang digunakan untuk pemodelan adalah 152 hari (17 Juli 2024 s.d. 15 Desember 2024). Adapun untuk pembibitan lamtoro selama 84 hari (18 Mei 2025 s.d. 10 Agustus 2025). Tiap 1 pekan lamtoro diukur tinggi dan diameternya serta dicatat jumlah tangkai daun untuk mengukur pertumbuhannya. Dicatat juga air yang digunakan tiap 1 pekan tersebut.

Model pindah panas disederhanakan dengan menganggap suhu udara sama dengan suhu atap dan suhu lantai sehingga kesetimbangan panas hanya dipengaruhi radiasi dan suhu luar. Pemodelan suhu dalam *greenhouse* dilakukan dengan menggunakan metode Runge-Kutta ordo 4. Dilakukan kalibrasi menggunakan *tools solver* pada Microsoft Excel untuk meningkatkan koefisien determinansi dengan mencari nilai koefisien dalam model pindah panas tersebut. Setelah didapat koefisien pada model yang menghasilkan koefisien determinansi (R^2) terbaik, dihitung juga *root mean square error* (RMSE) untuk menilai performa dari model terhadap hasil pengukuran. Iklim mikro dalam *greenhouse* juga diteliti untuk melihat pengaruh fluktuasinya terhadap model.

Hasil penelitian menunjukkan iklim mikro dalam *greenhouse* tidak lebih fluktuatif dibanding luarnya yang ditandai dengan nilai standar deviasi yang lebih rendah pada parameter suhu, radiasi, dan kelembapan relatif. Diketahui juga bahwa di luar *greenhouse* lebih panas saat siang dan lebih dingin saat malam. Radiasi di dalam *greenhouse* lebih kecil dibanding luar *greenhouse* karena terdapat paranet dan atap yang menurunkan transmisivitas. Terjadi hujan dengan akumulasi 2039 mm pada 82 hari hujan yang menjadi penyebab fluktuasi iklim.

Model pindah panas yang disederhanakan dapat memprediksi suhu udara dalam *greenhouse* dengan baik meski terdapat banyak fluktuasi. Didapatkan nilai R^2 0,9051 yang artinya model *fit* atau cocok dengan data hasil pengukuran. Didapatkan juga nilai RMSE 1,31 yang artinya galat rerata bernilai 1,31 °C. Namun, model ini belum bisa memprediksi suhu ekstrim baik maksimum maupun minimum karena menghasilkan selisih sampai 5 °C.

Pertumbuhan lamtoro dengan media tanam lumpur limbah KTI lebih rendah daripada dengan tanah biasa yang terlihat dari ketinggian, diameter, dan jumlah tangkai daun. Pada 84 hari setelah tanam, rata-rata tinggi dengan limbah KTI hanya 44,6 cm sedangkan tanah biasa 63,8 cm, rerata diameter limbah KTI hanya 5,3 mm sedangkan tanah biasa 6,9 mm, serta rerata jumlah tangkai daun limbah KTI hanya 127 tangkai sedangkan tanah biasa 176 tangkai.

Kata kunci: fluktuasi suhu, FONi, lamtoro, lumpur limbah, model pindah panas

SUMMARY

RAIHAN ANWAR THAHA. Performance Test of Nonpowered Automatic Fertigator (FONi) in a Greenhouse for *Leucaena leucocephala* Nursery Using Waste Sludge Growing Media. Supervised by BUDI INDRA SETIAWAN and SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

The production of clean water by PT Krakatau Tirta Industri (PT KTI) generates sludge waste that has not yet been effectively utilized in large quantities. Based on data from 2001, sludge production reached 3,2 m³ per day. The increasing economic activities around PT KTI (Cilegon City) have inevitably raised the demand for clean water, which consequently increases sludge production.

Previous studies attempted to use sludge waste as bricks, but the results were unsatisfactory due to its fragility. However, the sludge contains high organic matter originating from erosion in the watershed that enters the water treatment plant. This suggests that the sludge has potential as a planting medium. Earlier studies demonstrated that the addition of zeolite and DHP to sludge improved spinach growth. Other research has also processed sludge into compost, although it failed to meet the Indonesian National Standard (SNI) for aluminum (Al) content. Despite this, the sludge itself has little economic value, meaning that additional processing or amendments would increase production costs and burden operational expenses. Therefore, it is necessary to explore simpler and more marketable methods of utilization.

Plants grown in sludge-based media must also exhibit tolerance to metals such as aluminum and manganese present in the sludge, while not being directly consumed by humans. One suitable plant is *Leucaena leucocephala* (commonly known as Leucaena), which is highly adaptable to various conditions, non-food, and provides multiple benefits. Leucaena can be used as bio-briquettes due to its high energy density and also serves as an erosion control plant. For these reasons, this study selected Leucaena for cultivation in sludge waste.

To enhance the efficiency of Leucaena seedling production, an irrigation system known as Fertigator Otomatis Nirdaya (FONi) was employed. This system operates on the principle of evapotranspiration, ensuring that water is not wasted. The irrigation runs automatically without energy input, relying solely on gravity. The water source is a rainwater harvesting tank, providing potential energy in the form of hydraulic head.

Seedling activities are best carried out under controlled conditions such as in a *greenhouse*. *Greenhouses* create a microclimate that differs from the external environment, hence studying their microclimatic conditions is essential. Among the most critical parameters is air temperature, which can be modeled under unsteady-state conditions using heat balance concepts.

This research employed automatic weather stations (AWS) installed both inside and outside the *greenhouse* for temperature modeling. During Leucaena cultivation, the AWS inside the *greenhouse* was also used to measure weather data for potential evapotranspiration calculations. Leucaena was germinated for one month and then transplanted into the FONi system. The water level was maintained at 4 cm from the bottom of the control tank. Dried sludge was chopped to facilitate its use in polybags, then topped with a mixture of wet sludge and sand (1:1 ratio).



Sand addition was intended to enhance aeration and support root development. AB mix fertilizer was added at a concentration of 5 mL per liter of water in the nutrient tank.

Data for modeling were collected over 152 days (July 17, 2024 – December 15, 2024), while *Leucaena* seedling growth was monitored for 84 days (May 18, 2025 – August 10, 2025). Plant height, stem diameter, and leaf stalk count were measured weekly, along with irrigation water usage.

The heat transfer model was simplified by assuming air temperature was equal to roof and floor temperatures, so that heat balance was only influenced by radiation and external temperature. *Greenhouse* air temperature was modeled using the fourth-order Runge-Kutta method. Calibration was performed with the Solver tool in Microsoft Excel to optimize the heat transfer coefficients and improve the coefficient of determination (R^2). Model accuracy was evaluated using root mean square error (RMSE). Additionally, microclimatic fluctuations were analyzed for their influence on model performance.

Results showed that the *greenhouse* microclimate was less fluctuating than the external environment, as indicated by lower standard deviations in temperature, radiation, and relative humidity. Outside the *greenhouse*, temperatures were higher during the day and lower at night. Radiation inside was lower due to shading by the roof and paranet, reducing transmissivity. A total rainfall of 2039 mm over 82 rainy days contributed to climatic fluctuations.

The simplified heat transfer model successfully predicted *greenhouse* air temperature despite significant fluctuations. The model achieved an R^2 of 0,9051, indicating a good fit with the observed data, and an RMSE of 1,31, meaning the average error was 1,31 °C. However, the model was less accurate in predicting extreme temperatures, with differences of up to 5 °C between measured and simulated values.

Leucaena growth in PT KTI sludge media was lower than in normal soil, as indicated by plant height, diameter, and leaf stalk numbers. After 84 days, the average height in sludge media was 44,6 cm compared to 63,8 cm in soil, the mean stem diameter was 5,3 mm versus 6,9 mm, and the mean leaf stalk count was 127 compared to 176.

Keywords: FONi, heat transfer model, *Leucaena*, sludge waste, temperature fluctuation



- 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 milik 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.

UJI TERAP FERTIGATOR OTOMATIS NIRDAYA DALAM GREENHOUSE UNTUK PEMBIBITAN LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DENGAN MEDIA TANAM LUMPUR LIMBAH

RAIHAN ANWAR THAHA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik
pada
Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik 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.



@Hak cipta milik 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.



@Hak cipta milik IPB University

Judul Tesis

: “Uji Terap Fertigator Otomatis Nirdaya dalam *Greenhouse* untuk Pembibitan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan Media Tanam Lumpur Limbah”

Nama

: Raihan Anwar Thaha

NIM

: F4501241022

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr.



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.

NIP. 197311042005011002



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian :

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.

NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian:

22 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

05 NOV 2025

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2024 sampai bulan Agustus 2025 ini ialah Irigasi dan Pemodelan Lingkungan, dengan judul “Uji Terap Fertigator Otomatis Nirdaya dalam *Greenhouse* untuk Pembibitan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan Media Tanam Lumpur Limbah”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam proses penelitian dan penyelesaian tesis ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr. dan Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta arahan yang bermanfaat untuk kesempurnaan penyusunan tesis.
2. Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPM. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam memberikan arahan serta saran bermanfaat dalam penyusunan tesis.
3. Dr. Yudi Chadirin, S.T.P., M.Agr. selaku penguji pada sidang tesis yang memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan isi tesis.
4. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd. M.Eng. selaku pimpinan sidang tesis yang memberikan masukan bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini.
5. Bapak Amin Tohani dan Ibu Katrin Roosita selaku orang tua penulis, serta Aziz Fathurrahman dan Muhammad Haikal Muttaqien selaku kakak dan adik dari penulis yang senantiasa memberikan dukungan dalam bentuk tenaga, doa, dan kasih sayang.
6. Rekan-rekan sebangkungan dan/atau setempat penelitian, Pak Fidel, Bang Devan, Bang Baskoro, Kak Eka, Riska, Rahmat, Kak Wulan, Mariska, Kak Ide, Atikah, Kak Filzha, dan Bang Ahsan yang membersamai penulis selama penelitian dan penyusunan tesis.
7. Pak Supandi dan Pak Mulyawatullah selaku pegawai Laboratorium TSDA SIL (Wisma Wageningen) yang membantu penulis baik dalam memenuhi keperluan pengadaan barang untuk penelitian maupun dukungan moral selama penelitian.
8. Teman-teman S2 SIL khususnya program SINERGI SIL 57 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu atas bantuan, dukungan, selama kuliah di S2 SIL.
9. Shabrina Nur Fajrina Rosyada, S.Si. yang telah mendukung penulis dengan pengertian, bantuan, dan kesabaran serta doa.

Bogor, Oktober 2025

Raihan Anwar Thaha



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i>)	4
2.2 Limbah Lumpur PT KTI	4
2.3 Kebutuhan Air Tanaman	6
2.4 Fertigator Otomatis Nirdaya (FONi)	7
2.5 Iklim Mikro dalam <i>Greenhouse</i>	8
2.6 Pemodelan Suhu dalam <i>Greenhouse</i>	9
METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.4 Analisis data	16
HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Fluktuasi Iklim Mikro dalam <i>Greenhouse</i> untuk Pemodelan	18
4.2 Pemodelan Suhu Udara dalam <i>Greenhouse</i>	20
4.3 Kebutuhan Irigasi	25
4.4 Pertumbuhan Lamtoro	27
SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35
RIWAYAT HIDUP	60

DAFTAR TABEL

1	Kandungan limbah lumpur PT KTI	5
2	Standar deviasi suhu, kelembapan relatif, dan radiasi	20

DAFTAR GAMBAR

1	Proses perpindahan panas pada <i>greenhouse</i> (Suhardiyanto <i>et al.</i> 2007)	10
2	Dokumentasi <i>greenhouse</i> pada pemodelan suhu (10 Oktober 2024)	12
3	Dokumentasi bangunan di sekitar <i>greenhouse</i> dari sisi kiri (a) dan kanan (b)	12
4	Lokasi penelitian	13
5	Dokumentasi <i>greenhouse</i> saat penanaman lamtoro	13
6	Diagram alir pemodelan suhu udara dalam <i>greenhouse</i>	15
7	Diagram alir penelitian uji terap FONi pada lamtoro	16
8	Suhu udara dan kelembapan relatif dalam <i>greenhouse</i>	18
9	Suhu udara dan kelembapan relatif luar <i>greenhouse</i>	19
10	Radiasi dan hujan	20
11	Hubungan suhu dalam <i>greenhouse</i> dengan suhu hasil pemodelan	21
12	Suhu udara hasil pemodelan dan suhu udara terukur 17 Juli 2024–31 Juli 2024	22
13	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> saat suhu udara luar <i>greenhouse</i> ekstrem maksimum (22 Oktober 2024)	22
14	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> pada saat suhu udara luar <i>greenhouse</i> ekstrem minimum (17 Oktober 2024)	22
15	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> pada saat suhu udara dalam <i>greenhouse</i> ekstrem maksimum (07 September 2024)	23
16	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> pada saat suhu udara dalam <i>greenhouse</i> ekstrem minimum (18 Oktober 2024)	23
17	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> pada saat radiasi dalam <i>greenhouse</i> ekstrem minimum (09 Desember 2024)	24
18	Suhu udara dan radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i> pada saat curah hujan ekstrem (15 Oktober 2024)	24
19	Kebutuhan air mingguan dan koefisien tanaman	25
20	Model konsumsi air dan laju konsumsi air	26
21	Suhu udara dan kelembapan relatif saat penanaman lamtoro	26
22	Radiasi dan hujan saat penanaman lamtoro	27
23	Kondisi media tanam	27
24	Persebaran tinggi tanaman	28
25	Persebaran diameter tanaman	28
26	Jumlah tangkai daun	29



DAFTAR LAMPIRAN

1	Gambar teknik greenhouse	36
2	Pemodelan suhu udara dalam <i>greenhouse</i> 01 Agustus 2024 sampai 15 Desember 2024	40
3	Rekapitulasi data cuaca dalam <i>greenhouse</i> saat pemodelan suhu	45
4	Rekapitulasi data cuaca luar <i>greenhouse</i> saat pemodelan suhu	49
5	Dokumentasi pertumbuhan lamtoro	53

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.