

**MODIFIKASI IKLIM MIKRO DENGAN NAUNGAN DAN BIOCHAR TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN KAKAO**

**MICROCLIMATE MODIFICATION WITH SHADE AND BIOCHAR ON COCOA
PLANT GROWTH**



MUTIARA NENGSY. L

G012 23 1003



PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**MODIFIKASI IKLIM MIKRO DENGAN NAUNGAN DAN BIOCHAR TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN KAKAO**

MUTIARA NENGSY. L

G012231003



PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**MODIFIKASI IKLIM MIKRO DENGAN NAUNGAN DAN BIOCHAR TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN KAKAO**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Agroteknologi

Disusun dan diajukan oleh

Mutiara Nengsy. L

G012231003

kepada

PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

TESIS
**MODIFIKASI IKLIM MIKRO DENGAN NAUNGAN DAN BIOCHAR TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN KAKAO**

MUTIARA NENGSY. L

G012231003

Tesis,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal bulan tahun dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


pada


Program Studi Magister Agroteknologi
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS
NIP. 19550106 198312 1 001

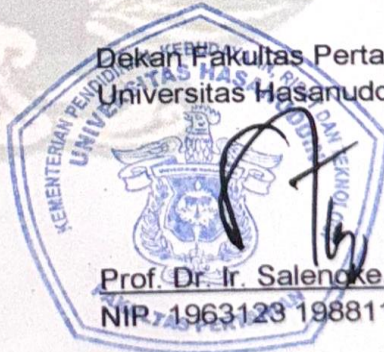

Dr. Ifayanti Ridwan Saleh, S.P., M.P
NIP. 19740907 201212 2 001

Ketua Program Studi
Magister Agroteknologi,

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,


Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P
NIP. 19640905 198903 1 003


Prof. Dr. Ir. Salenoke, M.Sc
NIP. 1963123 198811 1 005



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Modifikasi Iklim Mikro dengan Naungan dan Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ifayanti Ridwan Saleh, S.P., M.P sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang 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 tesis ini. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, Oktober 2024



Mt

Mutiara Nengsy. L
G012231003

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta nikmat yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul “Modifikasi Iklim Mikro dengan Naungan dan Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao”. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada keluarga (Ayahanda tercinta Ir. Lengkang dan Ibunda tercinta Surdia, serta saudara saya Nurul Azmi S.Pd., Khaira Najwa Lengkang, Abraham Smart Lengkang, dan Sevent Smart Lengkang) atas doa dan dukungan tanpa henti, kepada dosen pembimbing (Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS., selaku Pembimbing utama dan Ibu Dr. Ifayanti Ridwan Saleh, S.P., M.P., sebagai pembimbing pendamping) atas bimbingan yang komprehensif dan masukan yang berharga selama penulisan tesis ini, kepada dosen penguji (Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc, Bapak Dr. Ir. Abd. Haris B, M.Si, dan Bapak Dr. Amin Nur, S.P., M.Si) atas masukan konstruktif yang telah membantu menyempurnakan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa, staf akademik, dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, motivasi, serta bantuan selama proses ini. Keberhasilan penulisan tesis ini tidak terlepas dari kontribusi, doa, dan dukungan semua pihak.

Penulis menyadari bahwa selama penelitian dan penyusunan tesis ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Dengan sangat rendah hati penulis, mengharapkan kritik dan saran yang dapat berguna agar tesis ini lebih baik lagi kedepannya.

Penulis,

Mutiara Nengsy. L

ABSTRAK

MUTIARA NENGSY. L. **Modifikasi Iklim Mikro dengan Naungan dan Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao** (dibimbing oleh Nasaruddin dan Ifayanti Ridwan Saleh)

Latar Belakang. Budidaya kakao, iklim mikro yang optimal sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Namun, perubahan iklim dan degradasi lahan seringkali menyebabkan kondisi lingkungan yang kurang ideal bagi tanaman kakao, seperti suhu yang terlalu tinggi dan penurunan kualitas tanah. **Tujuan.** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh modifikasi iklim mikro dengan aplikasi naungan dan biochar terhadap pertumbuhan tanaman kakao. **Metode.** Penelitian dilaksanakan dalam bentuk percobaan Rancangan Petak Terpisah (RPT). Petak utama adalah naungan, terdiri atas 3 taraf yaitu naungan 45%, naungan 65%, dan naungan 85%. Anak petak adalah dosis biochar sekam padi, terdiri atas 4 taraf yaitu tanpa biochar, biochar sekam padi 10 ton/ha, biochar sekam padi 20 ton/ha, biochar sekam padi 30 ton/ha. Berdasarkan kedua perlakuan tersebut maka terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali. Setiap unit percobaan terdiri 3 tanaman sehingga terdapat 108 pohon. **Hasil.** Tidak terdapat interaksi perlakuan naungan dengan biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao. Naungan 45% memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao (jumlah cabang, interval waktu muncul flush ke-1 hingga flush ke-3), sementara itu naungan 65% memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao (kadar klorofil a, kadar klorofil b, kadar klorofil total, laju transpirasi, penambahan diameter batang, jumlah daun, dan LAI (Leaf Area Index) daun), selanjutnya naungan 85% memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao (refleksi dan penambahan tinggi tanaman). Dosis biochar sekam padi 30 ton/ha memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao (pertambahan diameter batang, jumlah cabang, jumlah daun, luas daun, LMA (Leaf Massa Area) daun, dan LAI (Leaf Area Index) daun). **Kesimpulan.** Naungan 65% dan biochar sekam padi 30 ton/ha memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao.

Kata Kunci : *Naungan, Biochar, Kakao.*

ABSTRACT

MUTIARA NENGSY. L. **Microclimate Modification with Shade and Biochar on Cocoa Plant Growth** (supervised by Nasaruddin and Ifayanti Ridwan Saleh).

Background. In cocoa cultivation, optimal microclimate is very important to support plant growth and productivity. However, climate change and land degradation often cause less than ideal environmental conditions for cocoa plants, such as excessively high temperatures and decreased soil quality. **Objective.** The objective of this study was to determine and analyze the effect of microclimate modification with shade and biochar application on cocoa plant growth. **Method.** The study was conducted in the form of a Split Plot Design (RPT) experiment. The main plot is shade, consisting of 3 levels, namely 45% shade, 65% shade, and 85% shade. The subplot is the dose of rice husk biochar, consisting of 4 levels, namely without biochar, 10 tons/ha rice husk biochar, 20 tons/ha rice husk biochar, 30 tons/ha rice husk biochar. Based on the two treatments, there were 12 treatment combinations repeated 3 times. Each experimental unit consisted of 3 plants so that there were 108 trees. **Results.** There was no interaction between protection treatment and rice husk biochar on cocoa plant growth. 45% shade gave the best results on cocoa plant growth (number of branches, time interval from 1st to 3rd flush), while 65% shade gave the best results on cocoa plant growth (chlorophyll a content, chlorophyll b content, total chlorophyll content, transpiration rate, increase in stem diameter, number of leaves, and LAI (Leaf Area Index) of leaves), then 85% shade gave the best results on cocoa plant growth (reflection and increase in plant height). The dose of rice husk biochar of 30 tons/ha gave the best results on cocoa plant growth (increase in stem diameter, number of branches, number of leaves, leaf area, LMA (Leaf Mass Area) of leaves, and LAI (Leaf Area Index) of leaves). **Conclusion.** 65% shade and 30 tons/ha of rice husk biochar gave the best results for cocoa plant growth.

Keywords: *Shade, Biochar, Cocoa.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGANTAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis	3
1.6 Kerangka Pikir Penelitian	4
BAB II METODE PENELITIAN	5
2.1 Tempat dan waktu	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Metodologi Penelitian	5
2.4 Pelaksanaan Penelitian	5
2.5 Parameter Pengamatan	6
2.6 Analisis Data	8
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	9
3.1 Hasil Penelitian	9
3.2 Pembahasan	29
BAB IV KESIMPULAN	32
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	69

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Rumus Dan Konstanta Kadar Klorofil	7
2. Rata-Rata Kadar Klorofil a	10
3. Rata-Rata Kadar Klorofil b	11
4. Rata-rata Kadar Klorofil Total.....	11
5. Rata-rata Refleksi cahaya matahari	13
6. Rata-rata Laju Transpirasi	14
7. Rata-Rata LMA (<i>Leaf Massa Area</i>) Daun	14
8. Rata-rata LAI (<i>Leaf Area Index</i>) Daun	16
9. Rata-rata Pertambahan Diameter Batang	17
10. Rata-Rata Jumlah Cabang	19
11. Rata-rata Pertambahan Tinggi Tanaman	20
12. Rata-rata Interval Waktu Muncul Flush ke-1	21
13. Rata-rata Interval Waktu Muncul Flush ke-2	21
14. Rata-rata Interval Waktu Muncul Flush ke-3	22
15. Rata-rata Pertambahan Jumlah Daun	22
16. Rata-Rata Total Luas Daun	24
17. Korelasi	26
18. Analisis Koefisien Jalur terhadap LAI Daun	28

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian	4
2. Diagram Kerapatan Stomata	9
3. Diagram Luas Bukaan Stomata	10
4. Diagram Absorpsi cahaya matahari	12
5. Diagram Transmisi cahaya matahari	12
6. Diagram Intersepsi Cahaya Matahari	13
7. Analisis Korelasi Bivariat LMA (<i>Leaf Massa Area</i>) Daun	15
8. Analisis Korelasi Bivariat LAI (<i>Leaf Area Index</i>) Daun	16
9. Analisis Korelasi Bivariat Pertambahan Diameter Batang	18
10. Analisis Korelasi Bivariat Jumlah Cabang	19
11. Analisis Korelasi Bivariat Pertambahan Jumlah Daun	23
12. Analisis Korelasi Bivariat Total Luas Daun	24

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Tabel	Halaman
1a.	Rata-rata Kerapatan Stomata Tanaman Kakao	40
1b.	Sidik ragam Rata-rata Kerapatan Stomata Tanaman Kakao.....	40
2a.	Rata-rata luas bukaan stomata Tanaman Kakao	41
2b.	Sidik ragam Rata-rata luas bukaan stomata Tanaman Kakao	41
2c.	rata-rata transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) luas bukaan stomata tanaman kakao	42
2d.	Sidik ragam transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) luas bukaan stomata tanaman kakao	42
3a.	rata-rata klorofil a Tanaman kakao	43
3b.	Sidik ragam rata-rata klorofil a Tanaman kakao	43
4a.	Rata-rata klorofil b tanaman kakao.....	44
4b.	Sidik ragam Rata-rata klorofil b tanaman kakao	44
5a.	rata-rata klorofil total tanaman kakao	45
5b.	Sidik ragam rata-rata klorofil total tanaman kakao.....	45
6a.	rata-rata absorpsi cahaya matahari tanaman kakao.....	46
6b.	Sidik ragam rata-rata absorpsi cahaya matahari tanaman kakao.....	46
7a.	Rata-rata transmisi cahaya matahari tanaman kakao	47
7b.	Sidik ragam Rata-rata transmisi cahaya matahari tanaman kakao.....	47
8a.	rata-rata refleksi cahaya matahari tanaman kakao.....	48
8b.	Sidik ragam rata-rata refleksi cahaya matahari tanaman kakao	48
9a.	Rata-rata intersepsi cahaya matahari tanaman kakao	49
9b.	Sidik ragam Rata-rata intersepsi cahaya matahari tanaman kakao.....	49
9c.	rata-rata transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) intersepsi cahaya matahari tanaman kakao	50
9b.	Sidik ragam transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) ICM tanaman kakao.....	50
10a.	Rata-rata laju transpirasi tanaman kakao	51
10b.	Sidik ragam Rata-rata laju transpirasi tanaman kakao	51
11a.	Rata-rata LMA (Leaf Massa Area) daun tanaman kakao	61
11b.	Sidik ragam Rata-rata LMA (Leaf Massa Area) daun tanaman kakao	61
12a.	Rata-rata LAI (Leaf Area Index) daun tanaman kakao	62
12b.	Sidik ragam Rata-rata LAI (Leaf Area Index) daun tanaman kakao	62
13a.	pertambahan diameter batang tanaman kakao	52
13b.	Sidik ragam pertambahan diameter batang tanaman kakao	52
14a.	pertambahan jumlah cabang tanaman kakao.....	53
14b.	Sidik ragam pertambahan jumlah cabang tanaman kakao.....	53
15a.	Pertambahan tinggi tanaman kakao	54
15b.	Sidik ragam Pertambahan tinggi tanaman kakao	54
16a.	Rata-rata interval muncul flush ke-1 tanaman kakao.....	55
16b.	Sidik ragam Rata-rata interval muncul flush ke-1 tanaman kakao.....	55
17a.	Rata-rata interval muncul flush ke-2 tanaman kakao.....	56
17b.	Sidik ragam Rata-rata interval muncul flush ke-2 tanaman kakao.....	56
17c.	Rata-rata transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) interval waktu muncul flush ke-2	57
17d.	Sidik ragam transformasi akar kuadrat ($\sqrt{\quad}$) interval waktu muncul flush ke-2	57
18a.	Rata-rata interval waktu muncul flush ke-3 tanaman kakao	58
18b.	Sidik ragam Rata-rata interval waktu muncul flush ke-3 tanaman kakao	58
19a.	Rata-rata pertambahan jumlah daun tanaman kakao.....	59
19b.	Sidik ragam Rata-rata pertambahan jumlah daun tanaman kakao.....	59
20a.	Rata-rata total luas daun tanaman kakao	60
20b.	Sidik ragam Rata-rata total luas daun tanaman kakao	60
21.	Hasil analisis tanah sebelum perlakuan biochar.....	63
22.	Hasil analisis biochar	64

23. Hasil analisis tanah setelah perlakuan biochar.....	65
---	----

Nomor	Gambar	Halaman
1. Denah penelitian		39
2. Alur percobaan dilapangan.....		66
3. Penampakan tanaman dibawah naungan		66
4. Pengaplikasian <i>Azotobacter</i> sp. ke biochar sekam padi		66
5. Pengamatan laju transpirasi		67
6. Penampakan <i>flush</i> tanaman kakao dilapangan percobaan		67
7. Melakukan pengamatan dilapangan percobaan		67
8. Pengamatan stomata dibawah mikroskop perbesaran 40 × 10		68

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan, dan devisa negara. Konsumsi kakao dunia cenderung meningkat tiap tahun terutama di negara–negara maju. Negara konsumen kakao terbesar masih dipegang negara–negara Eropa dengan urutan Swiss (8,8 Kg/Kapita/tahun), Austria (8,1 kg/Kapita/Tahun), Jerman (7,9 kg/Kapita/Tahun), Inggris (7,6 kg/Kapita/Tahun), dan Swedia (6,6 kg/Kapita/Tahun) (ICCO, 2020). Tingginya konsumsi kakao di Uni Eropa membuka peluang bagi produsen kakao di dunia, tak terkecuali Indonesia (Rohmah, 2019). Indonesia menempati urutan keenam produsen kakao terbesar dunia setelah Pantai Gading, Ghana, Ecuador, Cameroon, dan Nigeria (ICCO, 2020).

Beberapa Provinsi pengembangan wilayah kakao Indonesia bagian timur, antara lain Provinsi Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, dan Sulawesi Tenggara (Ditjenbun, 2019). Sulawesi Selatan menempati urutan ketiga sentra produksi kakao nasional dengan jumlah produksi sebanyak 88.025 ton pada tahun 2022. Perkebunan kakao di Sulawesi Selatan pada tahun 2022 yaitu seluas 181.106 ha dan jumlah petani sebanyak 208.775 kepala keluarga (Ditjenbun, 2022). Data jumlah petani kakao tersebut, menunjukkan bahwa masyarakat di Sulawesi Selatan menjadikan kakao sebagai sumber mata pencarian dan pendapatan bagi keluarganya.

Tanaman kakao diusahakan di Indonesia yang beriklim tropis memiliki musim kemarau dan musim kering yang tegas (Yuliasmara, 2016). Hal ini menyebabkan tanaman kakao terkena berbagai kondisi abiotik dan biotik. Unsur-unsur iklim seperti suhu udara, radiasi matahari, dan kelembaban mendukung dan berperan penting secara langsung dalam kegiatan budidaya tanaman kakao. Selain itu, iklim juga dapat mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup organisme pengganggu tanaman (hama, penyakit dan gulma), sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara tidak langsung (Widiyani dan Hartono, 2021).

Mengingat meningkatnya permintaan kakao di seluruh dunia, penting untuk mengembangkan sistem produksi berkelanjutan. Untuk mengembangkan sistem tersebut, penting untuk mengkaji manfaat praktik agronomi dalam memperbaiki kondisi lingkungan pertumbuhan yang ekstrem, khususnya tekanan hidrotermal pada musim kemarau, terhadap kelangsungan hidup tanaman kakao di lapangan. Peningkatan wawasan diperlukan untuk mencapai pertumbuhan tanaman kakao yang optimal di lapangan. Salah satu aspek *Good Agricultural Practices* (GAP) yang baik di lapangan dengan menggunakan praktik agronomi seperti manajemen persentase naungan optimal untuk meningkatkan perkembangan akar dan daun yang akan meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas kakao (Famuwagun *et al.*, 2018).

Tanaman kakao berasal dari daerah tropis basah dan membutuhkan naungan dalam budidayanya, maka walaupun telah diperoleh lahan yang sesuai, sebelum penanaman kakao tetap diperlukan persiapan naungan. Tanpa persiapan naungan yang baik, pengembangan tanaman kakao akan sulit diharapkan keberhasilannya. Oleh karena itu, persiapan lahan dan naungan, serta penggunaan tanaman yang bernilai ekonomis sebagai penang merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam budidaya tanaman kakao (Nasaruddin, 2013).

Intensitas cahaya matahari yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan kakao sekitar 60-80% dari cahaya langsung. Intensitas cahaya matahari akan berpengaruh terhadap suhu lingkungan. Suhu lingkungan cukup mempengaruhi fisiologis tanaman kakao (Mumpuni, 2019). Kisaran suhu terbaik dari tanaman kakao adalah 18-21°C (suhu minimum) dan 30-32°C (suhu maksimum) (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Penggunaan paranet sebagai naungan merupakan inovasi yang dapat digunakan untuk mengontrol persentase intensitas cahaya matahari yang dibutuhkan oleh tanaman (Tuamely *et al.*, 2023). Efek naungan dari paranet lebih stabil dan seragam (Pratiwi dan Artari, 2018). Manajemen persentase naungan bertanggung jawab atas iklim mikro di dalam areal tanaman, oleh karena itu, iklim mikro dalam sistem kanopi terbuka diperkirakan akan sangat berbeda dengan iklim di sistem kanopi tertutup (Jiménez-Pérez *et al.*, 2019).

Variasi iklim mikro akan berdampak pada perkembangan fisiologis pohon kakao (Tezara *et al.*, 2016). Misalnya, jumlah radiasi matahari yang diterima tanaman menentukan umur panjang, laju fotosintesis, dan berat daun. Daun di bagian atas kanopi mengalami laju fotosintesis yang lebih tinggi dan kandungan air serta umur yang lebih rendah, dibandingkan dengan daun di bagian bawah kanopi (Miyaji *et al.*, 1997). Pemberian persentase naungan yang terlalu rapat akan menyebabkan etiolasi sedangkan persentase naungan yang kurang rapat akan mengurangi perlindungan bibit dari sinar matahari langsung, curah hujan yang tinggi, angin, dan fluktuasi suhu yang ekstrim (Schmidt dan Sudomo, 2016).

Permasalahan lainnya saat ini, adanya pemanasan global mengakibatkan perubahan iklim seperti terjadinya musim kering yang panjang yang berasosiasi dengan El Nino Southern Oscillation (ENSO), selain itu diprediksi akan terjadi pergeseran musim. Penurunan jumlah curah hujan akibat variabilitas iklim musiman mengakibatkan penurunan jumlah ketersediaan air yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, sedangkan dalam waktu yang sama, kebutuhan air tanaman cenderung terus meningkat (Afifah dan Prijono, 2022).

Kakao sangat sensitif terhadap perubahan iklim mulai dari paparan sinar matahari, curah hujan, ketersediaan air, kondisi tanah dan khususnya suhu karena pengaruhnya terhadap evapotranspirasi. Untuk mitigasi perubahan iklim diperlukan perbaikan pemeliharaan tanaman kakao dengan aplikasi bahan organik dan pembenah tanah, seperti biochar. Sukmawati *et al.*, (2023) menyatakan bahwa biochar merupakan salah satu teknologi tepat guna untuk menghasilkan bahan berpori yang mampu meretensi air dan unsur hara. Selain itu bahan baku pembuatan biochar sangat mudah diperoleh, karena berasal dari limbah pertanian. Sudjana (2014) juga menyatakan bahwa teknologi biochar dapat meningkatkan beberapa sifat kimia tanah seperti pH, KTK, dan beberapa senyawa seperti C-organik, N-total, serta dapat mereduksi aktivitas senyawa Fe dan Al yang berdampak terhadap peningkatan P-tersedia.

Provinsi Sulawesi Selatan memiliki limbah sekam padi yang melimpah. Hal ini diperkuat dengan adanya fakta bahwa pada tahun 2022 produksi padi Provinsi Sulawesi Selatan yaitu sebesar 5,36 juta ton GKG, mengalami kenaikan produksi sebanyak 269,5 ribu ton atau 5,29 persen dibandingkan produksi padi di tahun 2021 yang sebesar 5,09 juta ton GKG (BPS, 2023). Pada setiap penggilingan padi akan selalu kita lihat tumpukan bahkan gunung sekam yang semakin lama semakin tinggi. Saat ini pemanfaatan sekam

padi tersebut masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan (Sattar *et al.*, 2020). Sekam sebagai limbah penggilingan padi jumlahnya mencapai 20-23% dari gabah (Herman dan Resigia, 2018).

Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biochar untuk memperbaiki tingkat kesuburan tanah sekaligus perbaikan lingkungan yang ramah lingkungan, murah dan berkelanjutan. Rahim *et al.*, (2023) menyatakan bahwa mengembalikan limbah pertanian sebagai sumber karbon ke tanah berarti mengurangi karbon di udara. Pembuatan biochar dari arang sekam sebenarnya telah lama dilakukan petani sebagai bentuk kearifan lokal, namun saat ini sudah mulai ditinggalkan karena kurangnya pengetahuan tentang manfaat biochar.

Biochar tidak mampu menyediakan unsur hara secara langsung, tetapi secara tidak langsung biochar mampu mengurangi hilangnya hara melalui pelindian, sehingga efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan (Maftu'ah dan Nursyamsi, 2015). Hasil penelitian Setiawan *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa perlakuan biochar sekam padi pada dosis 10 % berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah sulfat masam. Iswahyudi *et al.*, (2019) juga melaporkan hasil penelitiannya bahwa pemberian biochar sekam padi dengan dosis 20 ton/ha terhadap bibit tanaman kakao mampu meningkatkan tinggi tanaman 24,71 cm, diameter batang 5,80 cm, jumlah daun kakao 13,61 helai, panjang akar 19,08 cm, dan bobot basah tanaman 16,41 g.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlunya dilaksanakan penelitian ini untuk mengetahui intensitas naungan dan dosis biochar sekam padi yang optimum yang dapat memodifikasi iklim mikro sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman kakao.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh antara interaksi perlakuan naungan dengan biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao?
2. Apakah ada pengaruh aplikasi berbagai persentase naungan terhadap pertumbuhan tanaman kakao?
3. Apakah ada pengaruh aplikasi berbagai dosis biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menganalisis pengaruh antara interaksi berbagai persentase naungan dengan berbagai dosis biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh aplikasi berbagai persentase naungan terhadap pertumbuhan tanaman kakao.
3. Mengetahui dan menganalisis pengaruh aplikasi berbagai dosis biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao.

1.4 Manfaat Penelitian

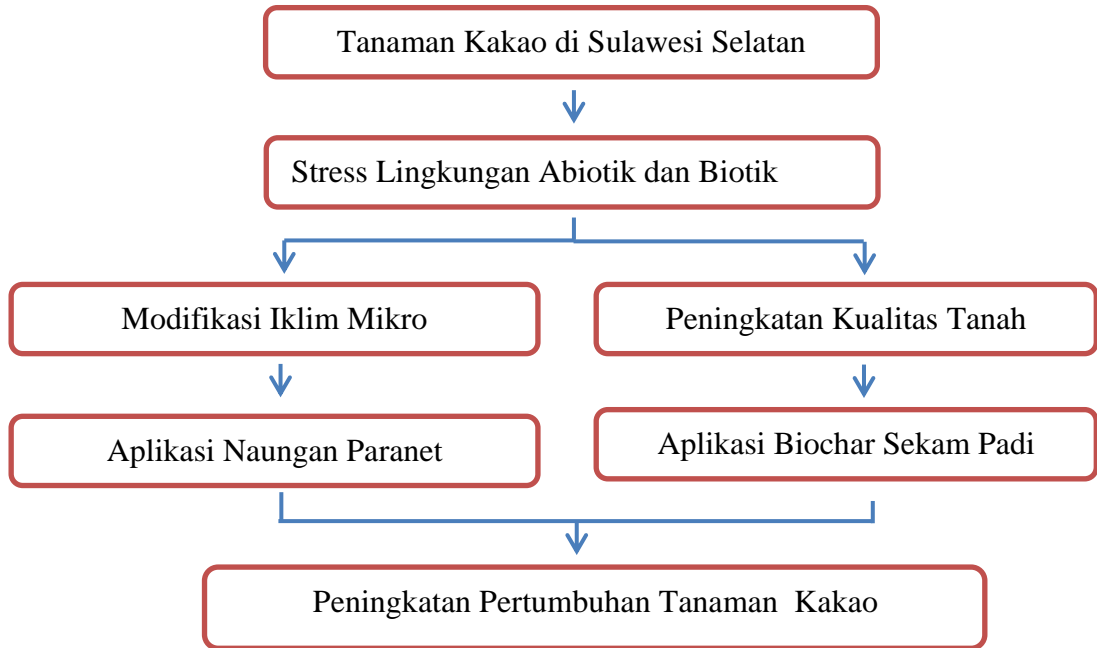
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi penting bagi para peneliti mengenai persentase naungan dan dosis biochar yang optimum bagi pertumbuhan bibit tanaman kakao, serta sebagai bahan rujukan penelitian selanjutnya yang sejalan dengan penelitian ini.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan uraian diatas, dapat disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi perlakuan naungan dengan biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman kakao.
2. Terdapat satu atau lebih aplikasi persentase naungan yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao.
3. Terdapat satu atau lebih aplikasi dosis biochar yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tanaman kakao.

1.6 Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Sipatuo, Kecamatan Patampanua, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Kabupaten Pinrang terletak antara 3°19'13" sampai 4°10'30" lintang selatan dan 119°26'30" sampai 119°47'20" bujur timur. Lokasi penelitian berdasarkan data BPS Kabupaten Pinrang pada tahun 2021 memiliki suhu tertinggi sekitar 37,6°C pada bulan Maret dan suhu terendah 22,9°C sekitar pada bulan Juli. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2024.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah cangkul, parang, meteran, timbangan analitik, selang, CCM-200 plus, C1-710/720 *Miniature Leaf Spectrometer*, alat tulis menulis, jangka sorong, Luxmeter, kaca preparat, mikroskop, *handphone* dan laptop.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah bibit tanaman kakao hasil sambung pucuk klon MCC-02 umur 6 bulan dengan tinggi tanaman \pm 53 cm, paranet, bambu, tali rafia, tali nilon, *Azotobacter* sp. dengan kerapatan 10⁸ CFU/mL, sekam padi, pupuk kandang, *planter bag* 18 L, kertas kobalt klorida, air, kuteks bening dan label.

2.3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini disusun dalam bentuk percobaan Rancangan Petak Terpisah (RPT). Petak utama adalah naungan (N), terdiri atas 3 taraf:

n1 = Naungan 45%

n2 = Naungan 65%

n3 = Naungan 85%

Anak petak adalah dosis biochar sekam padi (B), terdiri atas 4 taraf yaitu:

b0 = tanpa biochar (kontrol)

b1 = Biochar sekam padi 10 ton/ha

b2 = Biochar sekam padi 20 ton/ha

b3 = Biochar sekam padi 30 ton/ha

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali. Setiap unit percobaan terdiri 3 tanaman sehingga terdapat 108 pohon.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Pemasangan naungan

Pemasangan naungan diawali dengan membuat bangunan kerangka menggunakan bambu dengan tinggi 1.5 meter. Selanjutnya, diatas kerangka bambu dihamparkan naungan paranet masing-masing disesuaikan dengan intensitas yang telah ditetapkan.

2.4.2 Pembuatan Biochar Sekam Padi

Prosedur pembuatan biochar diawali dengan menyiapkan limbah sekam padi yang berasal dari petani di sekitar lokasi penelitian sebagai bahan utama pembuatan biochar. Proses pembuatan biochar sekam padi dilakukan dengan menggunakan tungku yang ditutup rapat guna menurunkan ketersediaan oksigen selama pembakaran pada suhu 300-500°C selama 3-4 jam. Setelah bahan berwarna hitam menyeluruh, api dibawah tungku dipadamkan dan didiamkan sampai suhu biochar menurun. Selanjutnya biochar dikeluarkan dari tungku dan dikeringkan. Setelah itu melakukan pemberian *Azotobacter* sp. saat pembuatan biochar telah selesai, dengan cara disiram ke biochar kemudian dicampur hingga merata dan didiamkan selama 7 hari. Selanjutnya biochar telah siap

untuk diaplikasikan sesuai dosis perlakuan.

Biochar yang sudah jadi tersebut kemudian dianalisis kandungannya. Analisis kandungan biochar sekam padi dilakukan dengan cara mengambil sampel bahan yang telah dibuat, lalu dianalisis kandungan bahan organik yang meliputi pH, C-organik, N-Organik, rasio C/N organik, P, K, dan KTK. Analisis ini dilakukann di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.4.3 Penanaman

Sebelum penanaman, terlebih dahulu menyiapkan media tanam menggunakan *top soil* dan pupuk kandang kotoran ayam yang dicampur dengan perbandingan 2:1 hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam *planter bag*. Setelah itu, bibit tanaman kakao yang telah berumur 6 bulan ditanam langsung pada media tanam dalam *planter bag* dan diberi pupuk dasar berupa pupuk NPK Mutiara 16:16:16 sebesar 5,46 gram/polybag. Tiap *planter bag* ditanami 1 bibit tanaman kakao. Untuk perlakuan dosis biochar, maka biochar diberikan sesuai dengan dosis perlakuan per *planter bag*, kemudian disusun di bawah naungan yang telah disiapkan.

2.4.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan cara penyiraman dan penyiangan. Penyiraman dilakukan setiap hari. Akan tetapi, jika terjadi hujan maka penyiraman tidak dilakukan. Penyiangan dilakukan jika terdapat gulma yang tumbuh disekitar tanaman kakao dengan mencabut gulma.

2.5 Parameter Pengamatan

a. Parameter Karakter Morfo-fisiologi Daun Tanaman Kakao

1. Komponen stomata daun, diamati pada daun muda menggunakan metode kuteks yang terdiri dari:

Kerapatan stomata (stomata mm^{-2}), dihitung dengan menggunakan rumus:

Untuk mengukur kerapatan stomata harus menggunakan perbesaran 40 kali dengan diameter bidang pandang 0,19625 mm^2 , sedangkan pengukuran luas bukaan stomata menggunakan perbesaran 100 kali dengan diameter bidang pandang 0,19625 mm^2 pada akhir penelitian.

$$\text{Luas bukaan stomata} = \pi + \frac{1}{2} \text{panjang stomata} + \frac{1}{2} \text{lebar stomata}$$

Pengamatan ini dilaksanakan pada akhir penelitian.

Sumber: Eberly, 2008; Hastika *et al.*, 2021.

2. Pengamatan komponen klorofil daun diamati menggunakan *Content Chlorofil Meter* (CCM 200⁺) pada daun ke-5 dan ke-7 dari pucuk. Pengamatan ini dilaksanakan di akhir penelitian. Pengamatan dilakukan terhadap: kandungan klorofil a, klorofil b dan total klorofil daun, dengan menggunakan rumus: Kandungan klorofil daun (y) = a + b (CCI)c, dimana a, b, dan c adalah konstanta dan CCI adalah data indeks klorofil daun yang terbaca pada CCM 200⁺ (Tabel 1):

Tabel 1. Rumus dan Kostanta Kadar Klorofil

Parameter	Konstanta		
	A	B	C
Chl a	-421.35	375.02	0.1863
Chl b	38.23	4.03	0.88
Chl tot	-283.2	269.96	0.277

Sumber: Goncalves 2008

- Jumlah radiasi absorpsi, radiasi refleksi, radiasi transmisi (%). Pengamatan komponen energi cahaya matahari yaitu, jumlah energi cahaya transmisi (%), jumlah energi cahaya refleksi (%) dan jumlah energi cahaya absorpsi (%). Pengamatan komponen energi cahaya matahari diukur dengan menggunakan alat C1-710/720 *Miniature Leaf Spectrometer* dan dilaksanakan di akhir penelitian.
- Intersepsi cahaya matahari, dengan menggunakan Luxmeter, yaitu dengan mengukur intensitas cahaya matahari yang berada di atas dan di bawah kanopi tanaman kakao. Pengamatan ini dilaksanakan di akhir penelitian.
- Laju transpirasi (mg/jam/cm^2), pengamatan dilakukan dengan menggunakan kertas kobalt klorid. Pengukuran laju transpirasi dilakukan pada daun ke 2, 3 dan 4 yang telah membuka penuh pada tajuk bagian luar. Kertas diletakkan di bawah plastik transparan tebal berukuran 2 x 2 cm pada bagian bawah daun, dijepit dengan penjepit kertas kemudian mencatat lama waktu yang diperlukan berubahnya warna kertas kobalt klorid dari biru menjadi merah jambu sama dengan standar di akhir penelitian. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju Transpirasi} = \frac{1}{L} \times \frac{60}{T} \times cf$$

Keterangan:

T : Waktu yang diperlukan untuk perubahan warna kertas kobalt klorid (menit).

L : Luas kertas kobalt klorid (cm^2)

cf : Faktor kalibrasi, yaitu kenaikan berat dalam mg dari 1 cm^2 kertas kobalt klorid yang mengalami perubahan warna (0.38 mg/cm^2)

cf : $L \times 0.38 \text{ mg/cm}^2$

Sumber: Bailey *et al.*, (1951)

- LMA (*Leaf Massa Area*) Daun, dilakukan dengan cara mengambil daun ketiga, kelima dan ketujuh dari pucuk. Daun yang diambil kemudian dikeringkan di oven hingga kering, pengambilan sampel dilakukan pada akhir pengamatan dan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{LMA} = \frac{\text{Berat Kering Daun}}{\text{Luas Daun}}$$

- LAI (*Leaf Area Index*), dilakukan dengan cara mengambil daun ketiga, kelima dan ketujuh dari pucuk. Pengambilan sampel dilakukan pada akhir pengamatan dan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{LAI} = \frac{\text{Luas Daun}}{\text{Luas Permukaan Planter bag}}$$

b. Parameter Pertumbuhan Pada Tanaman Kakao

- 1) Pertambahan diameter pangkal batang (mm), yaitu mengukur pangkal batang tanaman kakao pada ketinggian 1 cm diatas permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong setiap 1 bulan sekali.
- 2) Jumlah Cabang, yaitu menghitung jumlah cabang yang terbentuk pada akhir pengamatan.
- 3) Pertambahan Tinggi Tanaman (cm), yaitu dengan mengukur tanaman dari pangkal batang sampai titik tumbuh atau pucuk tanaman setiap 1 bulan sekali.
- 4) Interval waktu munculnya *flush*, yaitu dengan mengamati waktu munculnya flush setiap hari.
- 5) Pertambahan jumlah daun, yaitu menghitung jumlah daun, daun yang dihitung adalah daun yang telah sempurna setiap 1 bulan sekali.
- 6) Luas daun (cm²), luas daun dapat dihitung dengan menggunakan metode mengukur panjang dan lebar pada daun ketiga, kelima dan ketujuh. Pengamatan ini dilaksanakan di akhir penelitian. Luas daun dapat dihitung dengan rumus:

$$LD = P \times L \times K$$

Keterangan:

LD= Luas Daun (cm²)

P= Panjang (cm)

L= Lebar (cm)

K= Nilai konstanta daun tanaman kakao = 0.68 (Nasaruddin, 2010)

2.6 Analisis Data

Data dikumpulkan kemudian ditabulasi dalam bentuk tabel. Data yang sudah ditabulasi kemudian dianalisis dalam bentuk sidik ragam (Anova), jika terdapat perlakuan yang berpengaruh nyata atau sangat nyata maka dilakukan uji BNT $\alpha = 0,05$.