

# **KARAKTER MORFOLOGI, PRODUKTIVITAS DAN SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN REMPAH PADA INTENSITAS CAHAYA RENDAH DI BAWAH TEGAKAN KELAPA SAWIT**

**ASTUTI KURNIANINGSIH**



**PROGRAM STUDI AGRONOMI DAN HORTIKULTURA  
FAKULTAS PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



### *@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.

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

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Karakter Morfologi, Produktivitas dan Senyawa Bioaktif Tanaman Rempah pada Intensitas Cahaya Rendah di Bawah Tegakan Kelapa Sawit” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi baik 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 disertasi ini.

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

Bogor, Juli 2024

Astuti Kurnianingsih  
A262190121

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

ASTUTI KURNIANINGSIH. “Karakter Morfologi, Produktivitas dan Senyawa Bioaktif Tanaman Rempah pada Intensitas Cahaya Rendah di Bawah Tegakan Kelapa Sawit”. Dibimbing oleh SUDRADJAT, SUDIRMAN YAHYA, SURYO WIYONO dan HAPPY WIDIASTUTI.

Tanaman obat atau dikenal dengan nama biofarmaka adalah tumbuhan atau tanaman yang dibudidayakan dan digunakan untuk keperluan pengobatan secara langsung dan tidak langsung, karena kandungan bahan aktif yang dimiliki. Tanaman obat memiliki sifat pencegahan (preventif) dan promotif melalui kandungan metabolit sekunder seperti ginkgo pada jahe dan xanthorizhol pada temulawak sedangkan biji kapulaga menghasilkan minyak atsiri dan senyawa 1,8-cineole yang mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan menunjukkan sejumlah aktivitas biologis yaitu antikanker, anti-oksidan, antimikroba, anti-inflamasi dan anti-alergi hingga berbagai aktivitas sistem saraf pusat. Kapulaga, jahe dan temulawak merupakan tanaman obat yang mempunyai banyak manfaat dan konsumsinya terus meningkat, hal ini ditunjukkan oleh peningkatan ekspor.

Beberapa tanaman obat yang ditanam sebagai tanaman sela menunjukkan hasil senyawa aktif yang tidak berbeda dengan sistem monokultur. Pengukuran kurkuminoid dan xanthorizhol pada temulawak tidak berbeda antara tanaman tumpangsari dengan tanaman monokultur, sehingga dapat menjadi rujukan untuk meningkatkan pendapatan petani. Produksi jahe dapat ditingkatkan dengan menambah lahan untuk budidaya, tetapi lahan pertanian yang ada semakin menyempit sehingga dibutuhkan lahan alternatif yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman jahe. Salah satu adalah dengan pemanfaatan lahan sela di areal lahan perkebunan misalnya kelapa sawit. Permintaan ekspor meningkat setiap tahun, dan ketentuan ekspor jahe sangat ketat sehingga ekspor jahe berdampak signifikan terhadap daya saing jahe Indonesia di pasar internasional. Kualitas jahe yang kurang bermutu sangat menentukan tinggi rendahnya permintaan jahe di pasar internasional. Jahe yang bermutu baik diperoleh dengan melakukan perbaikan budidaya, salah satunya melalui pemupukan. Penggunaan pupuk salah satu usaha untuk meningkatkan produksi tanaman sudah dilakukan petani.

Penelitian pertama adalah karakter morfologi, fisiologi, dan kandungan bahan aktif tanaman jahe, kapulaga dan temulawak pada beberapa intensitas naungan. Penelitian bertujuan mengkaji pengaruh naungan terhadap karakter morfologi, fisiologi, dan kandungan bahan aktif tanaman, tanaman yang digunakan adalah jahe merah varietas jahira 2, temulawak varietas cursina 2, dan kapulaga varietas sabrang merah, dengan tingkat kerapatan naungan 25%, 50% dan 75%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman jahe berkisar antara 28,57-46,55% dengan produksi jumlah anakan 10,16 dan kandungan gingerol 12,48 mg g<sup>-1</sup> bobot kering, dan tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman temulawak adalah 35,5% dengan kandungan xanthorizhol 3,56 mg g<sup>-1</sup> bobot kering, sedangkan tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman kapulaga berkisar antara 36,16-50,13% dengan jumlah stomata 17,72 dan jumlah anakan 16,76.

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

Penelitian kedua adalah aplikasi pemupukan untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan dosis pemupukan yang terbaik untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda dalam blok berdasarkan arah datangnya cahaya matahari. Tanaman yang digunakan adalah jahe. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktorial, faktor pertama posisi letak plot dalam blok atau areal percobaan yang menggambarkan beda taraf intensitas cahaya (baris depan blok, tengah blok dan belakang blok) dan faktor kedua adalah komposisi pupuk organini dan pupuk anorganik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan arah datangnya cahaya matahari, tanaman jahe dapat ditanam pada seluruh areal blok tanam kelapa sawit yang berumur 10 tahun. Dosis pupuk tanaman jahe yang tepat adalah pemberian pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> dengan produksi rimpang 17,83 g per tanaman.

Kata kunci: gingerol, pemupukan, rimpang, tanaman sela, xanthorhizol

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.



## SUMMARY

ASTUTI KURNIANINGSIH. Morphology Characteristics, Productivity and Bioactive Compounds of Spice Plants at Low Light Intensity Under Oil Palm Stands”. Supervised by SUDRADJAT, SUDIRMAN YAHYA, SURYO WIYONO and HAPPY WIDIASTUTI.

Medicinal plants, also known as biopharmaceuticals, are plants or medicinal plants that are cultivated and used for medicinal purposes directly and indirectly, because of the active ingredients contain. Medicinal plants have preventive and promotive properties through the content of secondary metabolites such as gingiro in ginger and xanthorizhol in java turmeric. Cardamom seeds contain essential oils and 1,8-cineole compounds which can improve the immune system and show several biological activities, namely anticancer, anti-oxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and anti-allergic to various central nervous system activities. Cardamom, ginger, and ginger are medicinal plants that have many benefits and their consumption continues to increase, this is shown by the increase in exports.

Several medicinal plants planted as intercrops show results active compound that are no different from the monoculture system. Measurements of curcuminoids and xanthorrhizol in ginger do not differ between intercropping and monoculture crops, so they can be used as a reference for increasing farmers' income. Ginger production can be increased by increasing land for cultivation, but existing agricultural land is increasingly narrowing so alternative land is needed that can be used for cultivating ginger plants. One way is by utilizing intervening land in plantation areas. The plantation land that can be optimized for use is oil palm plantation land. Export demand increases every year, and the volume of ginger exports has a significant influence on the competitive advantage of Indonesian ginger in the international market. This is because the terms and conditions for ginger for export are quite strict, the low quality of national ginger determines the high or low demand for ginger in the international market. Good quality ginger is obtained by improving cultivation, one of which is through fertilization. The use of fertilizer is one of the efforts to increase crop production that has been carried out by farmers.

The first study was the morphological, physiological, and active ingredient characters of ginger, cardamom, and java turmeric plants at several shade intensities. The study aimed to examine the effect of shade on the morphological, physiological, and active ingredient characters of plants, the plants used were red ginger variety jahira 2, curcuma variety cursina 2, and cardamom variety sabrang, with shade density levels of 25%, 50%, and 75%. The results of the study showed that the appropriate shade level for ginger plants ranged from 28,57-46,55% with the production of 10,16 shoots and gingerol content of 12,48 mg g<sup>-1</sup> dry weight, and the appropriate shade level for java turmeric was 35,5% with xanthorizol content of 3,56 mg g<sup>-1</sup> dry weight, while the appropriate shade level for cardamom plants ranged from 36,16-50,13% with the number of stomata of 17,72 and the number of shoots of 16,76.

The second study was the application of fertilizer to increase production and content of bioactive compounds in ginger plants planted under oil palm stands. The

purpose of this study was to obtain the best fertilizer dose to increase production and content of bioactive compounds in ginger plants planted under oil palm stands at different positions in blocks based on the direction of sunlight. The plant used was ginger. The experimental design used was a factorial randomized block design, the first factor was the position of the plot in the block or experimental area which described the different levels of light intensity (front row of the block, middle of the block and back of the block) and the second factor was the composition of organic fertilizers and inorganic fertilizers. The results showed that based on the direction of sunlight, ginger plants can be planted in all areas of oil palm planting blocks that are 10 years old. The right dose of ginger plant fertilizer is the application of 20 tons of manure ha<sup>-1</sup> with a rhizome production of 17.83 g per plant.

**Keywords:** gingerol, fertilization, intercropping, xanthorhizol

@Hak cipta milik IPB University

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, tahun 2023  
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.*



# **KARAKTER MORFOLOGI, PRODUKTIVITAS DAN SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN REMPAH PADA INTENSITAS CAHAYA RENDAH DI BAWAH TEGAKAN KELAPA SAWIT**

**ASTUTI KURNIANINGSIH**

Disertasi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor  
pada  
Program Studi Agronomi dan Hortikultura

**PROGRAM STUDI AGRONOMI DAN HORTIKULTURA  
FAKULTAS PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Herdhata Agusta.
- 2 Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si.
- 2 Ir. Syafaruddin, Ph.D.



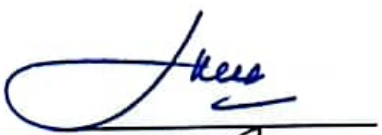
**Judul Disertasi : Karakter Morfologi, Produktivitas dan Senyawa Bioaktif Tanaman Rempah pada Intensitas Cahaya Rendah di Bawah Tegakan Kelapa Sawit**

**Nama : Astuti Kurnianingsih**  
**NIM : A262190121**

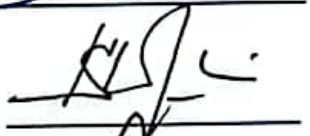
*@Hak cipta milik IPB University*

**Disetujui oleh**

**Pembimbing 1:**  
**Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S.**



**Pembimbing 2:**  
**Prof. Dr. Ir. Sudirman Yahya, M.Sc.**



**Pembimbing 3:**  
**Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.**



**Pembimbing 4:**  
**Dr. Ir. Happy Widiastuti, M.Si.**



**Diketahui oleh**

**Ketua Program Studi:**  
**Prof. Dr. Ir. Herdhata Agusta**  
**NIP 195908131983031003**



**Dekan Fakultas Pertanian:**  
**Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.**  
**NIP 196902121992031003**

**Tanggal Ujian:**  
**19 Juni 2024**

**Tanggal Lulus:** **0 5 AUG 2024**

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. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2021 sampai bulan September 2023 dengan judul “Karakter Morfologi, Produktivitas dan Senyawa Bioaktif Tanaman Rempah pada Intensitas Cahaya Rendah di Bawah Tegakan Kelapa Sawit”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S, Prof. Dr. Ir. Sudirman Yahya, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono.M.Sc.Agr, Dr. Ir. Happy Widiastuti, M.Si selaku komisi pembimbing atas arahan, bimbingan, motivasi, nasihat. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Sandra Aziz, M.S dan Dr. Ir. Yayat Hidayat, M.Si selaku penguji luar komisi saat ujian Prelim Lisan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Herdhata Agusta dan Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si sebagai penguji luar komisi pada ujian tertutup. Ucapan terima kasih juga kembali diberikan kepada Dr. Ani Kurniawati, M.Si dan Ir. Syafaruddin, Ph.D selaku penguji luar komisi pada ujian promosi.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Sriwijaya, Dekan Fakultas Pertanian, Ketua Jurusan Budidaya Pertanian dan Kepala Program studi Agronomi yang telah memberikan izin penulis untuk melanjutkan pendidikan doktor di sekolah pascasarjana IPB. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Program Studi Agronomi dan Hortikultura, SPs IPB beserta staf administrasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai penelitian melalui Beasiswa Pendidikan Doktor Dalam Negeri (BPPDN). Terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman seperjuangan dari Program Studi Agronomi dan Hortikultura 2019, teman-teman Program Studi Penyakit Tanaman Fitopatologi 19. Pak Djoni, Pak Jujun dan staf kebun pendidikan kelapa sawit Cargill Jonggol yang telah membantu dalam pengumpulan data penelitian dan penulisan disertasi, dan anak-anak (Risna, Bunga, Abi) yang telah banyak membantu dalam pengambilan data di lapangan.

Sembah sujud dan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Drs. Subandri, MS dan Dra. Djuariyah atas semua dukungan, kasih sayang dan doa yang selalu dipanjatkan untuk penulis. Terima kasih juga sampaikan kepada keluarga Bapak Sutino (Alm) dan Ibu Suyanti. Kepada adik-adik dr. Henny Lindasari dan keluarga, Irfan Wijaya Trilaksono, S.Hut dan keluarga. Kepada keluarga besar Dr. Ngadirin Setiawan dan Ibu Prof. Hj. Tutuk Ningsih atas bantuan secara moral dan materiil. Tidak lupa ucapan terima kasih penulis juga sampaikan kepada suami Edhy Haryanto, SE serta anak-anak Arkana Satria Rahman dan Almira Fathiyah Adelia yang dengan sabar mendampingi dan mendoakan.

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

Bogor, Juli 2024

*Astuti Kurnianingsih*



## DAFTAR ISI

	DAFTAR TABEL	xvi
	DAFTAR GAMBAR	xvii
<b>I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Rumusan Masalah	3
	1.3 Tujuan	4
	1.4 Kebaruan (novelty)	4
	1.5 Hipotesis	4
	1.6 Ruang Lingkup	4
<b>II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
	2.1 Tanaman Jahe, Temulawak dan Kapulaga	6
	2.1.1 Jahe	6
	2.1.2 Temulawak	7
	2.1.3 Kapulaga	7
	2.2 Pengaruh Naungan Terhadap pertumbuhan dan Produksi Tanaman	8
	2.3 Tumpangsari	10
	2.4 Pemupukan	11
	2.5 Senyawa Aktif pada Tanaman	13
<b>III</b>	<b>KARAKTER MORFOLOGI, FISILOGI DAN KANDUNGAN SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN JAHE, TEMULAWAK, DAN KAPULAGA PADA BEBERAPA TINGKAT NAUNGAN</b>	<b>16</b>
	3.1 Pendahuluan	17
	3.2 Metode Penelitian	19
	3.2.1 Waktu dan Tempat	19
	3.2.2 Bahan dan Alat	19
	3.2.3 Rancangan Penelitian	19
	3.2.4 Prosedur Kerja	19
	3.2.5 Peubah Pengamatan	20
	3.2.6 Analsis Data	22
	3.3 Hasil Pembahasan	23
	3.2.1 Intensitas Cahaya pada Tingkat Naungan yang Berbeda	23
	3.2.2 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jahe	24
	3.2.3 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temulawak	33
	3.2.4 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan Kapulaga	40
	3.4 Simpulan	45
<b>IV</b>	<b>APLIKASI PEMUPUKAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI DAN KANDUNGAN SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN JAHE YANG DITANAMAN DI BAWAH TEGAKAN KELAPA SAWIT</b>	<b>46</b>
	4.1 Pendahuluan	47
	4.2 Metode Penelitian	48
	4.2.1 Waktu dan Tempat	48

@Hak cipta milik IPB University

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.

4.2.2	Alat dan Bahan	48
4.2.3	Rancangan Penelitian	48
4.2.4	Prosedur Kerja	50
4.2.5	Peubah Pengamatan	52
4.2.6	Analisis Data	52
4.3	Hasil dan Pembahasan	52
4.3.1	Perbedaan Intensitas Cahaya pada Pertumbuhan Tanaman Jahe	52
4.3.2	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jahe	53
4.3.3	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Anatomi Daun Jahe	56
4.3.4	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Fisiologi Tanaman Jahe	56
4.3.5	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Biomass Tanaman Jahe	60
4.3.6	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Hasil Rimpang dan Kandungan Gingerol Jahe	61
4.3.7	Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Kadar Hara N, P, dan K Daun Jahe	63
4.4	Simpulan	65
V	PEMBAHASAN UMUM	66
VI	SIMPULAN DAN SARAN	71
6.1	Simpulan	71
6.2	Saran	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	RIWAYAT HIDUP	82



## DAFTAR TABEL

No		Hal
2.1	Komposisi unsur hara kotoran beberapa jenis hewan	13
3.1	Pemupukan dasar pada tanaman percobaan	20
3.2	Intensitas cahaya dan tingkat intensitas naungan pada masing-masing perlakuan	23
3.3	Hasil anova pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe umur 32 MST	24
3.4	Hasil anova pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman temulawak umur 32 MST	33
3.5	Hasil anova pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan tanaman kapulaga umur 32 MST	40
4.1	Faktor pertama arah datangnya sinar matahari	49
4.2	Faktor kedua dosis pupuk yang diuji	49
4.3	Intensitas cahaya dan tingkat naungan pada masing-masing posisi arah datangnya sinar matahari di bawah tegakan kelapa sawit	53
4.4	Tinggi tanaman jumlah daun dan jumlah anakan tanaman jahe umur 32 MST	54
4.5	Luas daun dan indeks luas daun (ILD) tanaman jahe umur 32 MST	55
4.6	Tebal daun dan jumlah stomata tanaman jahe pada 32 MST	56
4.7	Kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil dan rasio klorofil jahe umur 32 MST	57
4.8	Kandungan antosianin daun jahe umur 32 MST	59
4.9	Kandungan karoten daun jahe umur 32 MST	59
4.10	Bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk tanaman jahe umur 32 MST	60
4.11	Bobot basah rimpang dan bobot kering rimpang jahe umur 32 MST	61
4.12	Kandungan hara N, hara P dan hara K daun jahe umur 32 MST	62
4.13	Uji korelasi antar peubah pada tanaman jahe umur 32 MST	64

No  
@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.

## DAFTAR GAMBAR

No		Hal
1.1	Diagram alir penelitian karakter morfologi, produktivitas dan senyawa bioaktif tanaman rempah pada intensitas cahaya rendah di bawah tegakan kelapa sawit	5
2.1	Struktur kimia gingerol	14
2.2	Struktur kimia xanthorrhizol	15
2.3	Struktur kimia 1,8 cineole	15
3.1	Regresi intensitas cahaya dan pengukuran tingkat cahaya matahari	22
3.2	Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman jahe	24
3.3	Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman jahe	25
3.4	Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan jahe	25
3.5	Pengaruh tingkat naungan terhadap luas daun jahe	26
3.6	Pengaruh tingkat naungan terhadap indeks luas daun jahe	27
3.7	Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah tajuk jahe	28
3.8	Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot kering tajuk jahe	28
3.9	Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah akar jahe	29
3.10	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a jahe	29
3.11	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b jahe	30
3.12	Pengaruh tingkat naungan terhadap total klorofil jahe	30
3.13	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan karoten jahe	30
3.14	Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah rimpang jahe	32
3.15	Pengaruh tingkat naungan terhadap gingerol	32
3.16	Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman temulawak	34
3.17	Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan tanaman temulawak	34
3.18	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a temulawak	36
3.19	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b temulawak	37
3.20	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan total klorofil temulawak	37
3.21	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan karoten temulawak	38
3.22	Pengaruh tingkat naungan terhadap tebal daun temulawak	39
3.23	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan xanthorrhizol	40
3.24	Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman kapulaga	40
3.25	Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman kapulaga	41
3.26	Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan kapulaga	41
3.27	Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah stomata kapulaga	43
3.28	Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah stomata kapulaga	43
4.1	Regresi intensitas cahaya dan pengukuran tingkat cahaya matahari	52



# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perubahan gaya hidup dan pola konsumsi masyarakat berdampak terhadap peningkatan kejadian penyakit khususnya degeneratif. Hal tersebut mendorong penggunaan tanaman obat sebagai pencegahan yang dikenal dengan istilah *back to nature*. Tanaman obat atau dikenal dengan nama biofarmaka adalah tumbuhan atau tanaman obat yang dibudidayakan dan digunakan untuk keperluan pengobatan secara langsung dan tidak langsung, karena kandungan bahan aktif yang dikandungnya (Hornok 1992). Hasil Riset tanaman obat dan jamu (Ristoja) menunjukkan bahwa terdapat 32.013 formula obat tradisional yang digunakan oleh 2.354 responden dengan menggunakan 2.848 jenis tumbuhan obat, dari jenis tumbuhan obat tersebut terdapat delapan spesies dari marga *Curcuma* yang digunakan sebagai bahan obat tradisional (Subositi dan Wahyono 2019).

Ramuan tradisional tanaman obat warisan nenek moyang ini dipercaya oleh masyarakat dan penggunaannya relatif lebih aman, dengan menggunakan bagian-bagian tanaman yang tepat berupa akar, rimpang, batang, daun, bunga atau buah (Bermawie *et al.* 2007). Tanaman obat memiliki sifat pencegahan (preventif) dan promotif melalui kandungan metabolit sekunder seperti ginkgrol pada jahe dan xanthoxol pada temulawak yang mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan menunjukkan sejumlah aktivitas biologis yaitu antikanker, anti-oksidan, antimikroba, anti-inflamasi dan anti-alergi hingga berbagai aktivitas sistem saraf pusat. Pada biji kapulaga terdapat minyak atsiri dan senyawa 1,8-cineole yang memiliki peran biologis antara lain aktivitas antioksidan, antidiabetik, antibakteri, antikanker, pelindung saluran pencernaan dan insektisida, antitumor, anti-inflamasi dan kardiovaskular (Sirait 1985; Agusta dan Chairul 1996; Ashokkumar *et al.* 2019; Semwal *et al.* 2015; Munadi 2017).

Kapulaga, jahe dan temulawak merupakan tanaman obat yang mempunyai banyak manfaat dan konsumsinya terus meningkat, hal ini ditunjukkan oleh peningkatan ekspor. Pemanfaatan tanaman obat sebagai ramuan semakin meningkat, bahkan tidak hanya dikonsumsi oleh masyarakat dalam negeri, tetapi juga masyarakat luar negeri dengan volume ekspor tanaman obat meningkat menjadi 294,68 ribu ton pada 2021. Capaian ini naik 7,04% dibandingkan tahun 2020 yang sebesar 275,29 ribu ton. Tanaman biofarmaka yang paling banyak diekspor pada tahun 2021 adalah jahe, kunyit, dan kapulaga (BPS 2022).

Peningkatan produksi tanaman obat dapat dilakukan dengan pemanfaatan lahan-lahan perkebunan. Lahan pertanian semakin menyempit sehingga luas lahan untuk budidaya tanaman obat semakin menyempit, oleh karena itu dibutuhkan lahan alternatif yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman obat, antara lain pemanfaatan lahan sela di areal lahan perkebunan. Salah satu lahan perkebunan yang dapat dioptimalkan pemanfaatannya adalah lahan perkebunan kelapa sawit. Luas perkebunan kelapa sawit mencapai 16,83 juta ha, sekitar 6,9 juta ha merupakan perkebunan sawit milik rakyat (Ditjenbun 2023). Jarak tanam kelapa sawit yang cukup lebar (umumnya 9 m x 9 m), dapat menjadi lahan potensial yang dapat dimanfaatkan (PPKS 2008). Asadi *et al.* (1997) melaporkan bahwa perkebunan kelapa sawit Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) umur 2-3 tahun memberikan naungan 33-50%. Penanaman tanaman sela pada perkebunan kelapa

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

sawit ini berperan sebagai upaya efisiensi lahan dalam menjaga kualitas dan kesuburan lahan perkebunan. Beberapa contoh jenis tanaman sela yang pernah dibudidayakan adalah tanaman setahun (Purba *et al.* 1998; Mahmud 1998). Namun, tidak semua jenis tanaman sela dapat dikembangkan diantara pertanaman kelapa sawit, pada masa tanaman menghasilkan, budidaya tanaman sela harus memperhatikan faktor-faktor internal yang sangat memengaruhi fase pertumbuhan tanaman. Salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam penerapan sistem penanaman tanaman sela yaitu kondisi iklim mikro di antara tanaman kelapa sawit (Erhabor dan Filson 1999). Beberapa tanaman obat yang ditanam sebagai tanaman sela menunjukkan hasil yang tidak berbeda dengan sistem monokultur. Hasil penelitian Arifin *et al.* (2017), menunjukkan bahwa pengukuran kurkuminoid dan xanthorrhizol pada temulawak tidak berbeda antara tanaman tumpangsari dengan tanaman monokultur, sehingga dapat menjadi rujukan untuk meningkatkan pendapatan petani.

Tanaman melakukan adaptasi atau penghindaran terhadap cekaman naungan dengan cara meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya tiap unit area fotosintetik dengan semakin tinggi tingkat naungan yang diberikan dengan cara meningkatkan jumlah klorofil per unit luas daun dan rasio klorofil b/a (Levitt 1980). Cahaya memengaruhi akumulasi dan kualitas kandungan utama bahan aktif suatu tanaman (Ghasemzadeh *et al.* 2010, de Castro *et al.* 2006). Pada areal perkebunan kelapa sawit, cahaya yang terdapat di dalam gawangan pertanaman ditentukan oleh kuantitas cahaya datang dan lamanya penyinaran dari titik tersebut tertimpa cahaya langsung. Adanya perubahan posisi radiasi matahari dari mulai matahari terbit (pagi) hingga terbenam (sore), kuantitas cahaya pada setiap saat sepanjang hari dapat dihubungkan. Lama dari suatu titik tertimpa cahaya langsung tergantung pada letak titik tersebut dalam gawangan yang berhubungan dengan pengaruh tinggi pohon, tingkat cahaya yang jatuh pada suatu titik, semakin rendah semakin dekat titik tersebut dengan tajuk pohon (Sitompul 2016). Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018) pada *Elettaria cardamomum* yang ditanam di bawah naungan 75%, memiliki laju fotosintesis bersih dan konduktansi stomata tertinggi, dan menurun pada naungan 50% dan kondisi terbuka. Intensitas cahaya dan fotoperiode memiliki efek yang berbeda pada akumulasi metabolit sekunder di berbagai tanaman. Spesies tanaman yang berbeda memiliki kualitas dan kuantitas cahaya sendiri, dan memperoleh hasil metabolit sekunder yang maksimal (Zhou 2016). Biosintesis metabolit sekunder bervariasi diantara tanaman, organ tanaman, dan biosintesis sendiri tergantung pada faktor lingkungan dimana tanaman tersebut tumbuh (Khan *et al.* 2010). Diantara faktor lingkungan, pengaruh cahaya sangat penting karena cahaya matahari merupakan sumber energi utama untuk fotosintesis dan kekurangan cahaya mengakibatkan terganggunya metabolisme tanaman, terjadinya perubahan bentuk, dan struktur tanaman (Weaver and Clements 1986).

Salah satu faktor yang memengaruhi kandungan senyawa bioaktif suatu tanaman obat adalah cara budidayanya. Menurut Chaterjee (2002) perkembangan tanaman obat dapat dilihat dari sintesis bahan aktif utama, dimana konsentrasi bahan aktif utama merupakan hal terpenting dari hasil panen untuk mengetahui nilai ekonominya. Salah satu aspek penting adalah pertumbuhan, perkembangan biomassa dan komposisi bahan aktifnya. Menurut Aziz (2015), produksi senyawa bioaktif tanaman obat dilakukan dengan cara meningkatkan biomassa bagian

tanaman yang dipanen dan kadar bahan bioaktif dengan memperhatikan jalur biosintesis dan kompleks-kompleks multi enzim yang terlibat. Peningkatan biomass panen dapat dilakukan dengan pemberian pupuk anorganik, sebaliknya pengurangannya meningkatkan kadar bahan bioaktifnya, sedangkan pemberian pupuk organik memperbaiki pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk sebagai salah satu usaha untuk meningkatkan produksi tanaman sudah dilakukan dan para petani telah menganggap bahwa pupuk dan cara pemupukan sebagai salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan usaha taninya. Hasil penelitian Singh *et al.* (2016), perlakuan pemupukan nitrogen 120 kg ha<sup>-1</sup> memberikan nilai maksimum untuk kandungan minyak atsiri pada pertumbuhan tanaman jahe dengan persentase kenaikan kadar minyak atsiri yang dihasilkan dibandingkan kontrol adalah 13,8% dan 11,8% pada 180 dan 240 HST. Menurut Pribadi dan Rahardjo (2008), pemberian pupuk N, P dan K pada temulawak memperoleh hasil tertinggi 25,46 ton ha<sup>-1</sup> dengan pemberian pupuk dasar 20 ton ha<sup>-1</sup>, 300 kg urea, SP-36 dan KCl masing-masing 200 kg ha<sup>-1</sup> dan kadar xanthorizol tertinggi diperoleh pada pemupukan 100 kg urea, 30 kg SP-36 dan 300 kg KCl sebanyak 3,50%.

Penelitian perlu dilakukan untuk memastikan sifat pembeda dari masing-masing jenis tanaman sela dikaitkan dengan faktor intensitas naungan. Penelitian ini mengkaji sifat morfologi, fisiologi senyawa bioaktif dari tanaman sela. Peningkatan kandungan senyawa bioaktif tanaman ditentukan oleh beberapa aspek diantaranya adalah faktor cahaya dan unsur hara serta pemanfaatan lahan di bawah tegakan pohon kelapa sawit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada tahun 2018, hampir keseluruhan tanaman obat-obatan (biofarmaka) mengalami penurunan luas panen dan produksinya diantaranya jahe, temulawak, dan kapulaga. Perluasan penanaman tanaman biofarmaka dapat dilakukan dengan pemanfaatan tumpang sari dengan tanaman lain. Penggunaan ruang terbuka pada areal tanaman kelapa sawit sudah mulai dilakukan oleh petani kelapa sawit untuk menambah pendapatan, selama ini tanaman sela yang dibudidayakan adalah tanaman pangan. Hasil penelitian terdahulu tentang tanaman sela yang ditanam di antara kelapa sawit tidak mengganggu pertumbuhan dan produksi kelapa sawit.

Tanaman jahe, kapulaga, dan temulawak saat ini diminati oleh masyarakat karena manfaatnya untuk menjaga kesehatan dalam menghadapi pandemik penyakit yang dihadapi oleh dunia. Tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga mulai diminati oleh masyarakat, ditandai dengan meningkatnya permintaan tanaman tersebut dari tahun ke tahun. Beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan adalah toleransi beberapa jenis *Curcuma* terhadap naungan (Sukarjo 2005; Purnomo *et al.*, 2018; Yunus *et al.*, 2015; Edvanido *et al.*, 2023), toleransi jenis zingiber terhadap naungan (Sudomo *et al.* 2019; Pamuji dan Saleh 2010, Pandey *et al.* 2017), dan toleransi jenis kapulaga terhadap naungan (Parthasarathy dan Prasath 2012; Alagupalamuthirsolai 2019; Edvanido *et al.* 2023). Perlu dilakukan penelitian untuk melihat karakter morfologi, fisiologi dan kandungan senyawa bioaktif tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga pada beberapa tingkat naungan yang diberikan. Pemberian pemupukan dengan dosis yang berbeda diharapkan mampu meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada

tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda dalam blok berdasarkan arah datangnya cahaya matahari.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah untuk:

1. Mengkaji karakter morfologi, fisiologi dan kandungan senyawa bioaktif tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga pada beberapa tingkat naungan;
2. Mendapatkan dosis pemupukan yang tepat untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda dalam blok berdasarkan arah datangnya cahaya matahari.

### 1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah diperoleh informasi tentang:

- a. Kemampuan adaptasi tanaman jahe, kapulaga, dan temulawak terhadap intensitas cahaya rendah
- b. Kemampuan adaptasi tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda berdasarkan arah datangnya cahaya matahari

### 1.5 Kebaruan (*novelty*)

1. Data mekanisme kemampuan adaptasi terhadap naungan dan produksi senyawa bioaktif tanaman jahe, kapulaga, dan temulawak
2. Intensitas cahaya optimum untuk pertumbuhan tanaman jahe, kapulaga dan temulawak
3. Data dosis pemupukan yang tepat tanaman jahe untuk menghasilkan senyawa aktif tinggi yang ditanam dengan pola tumpang sari di lahan kelapa sawit.

### 1.6 Hipotesis

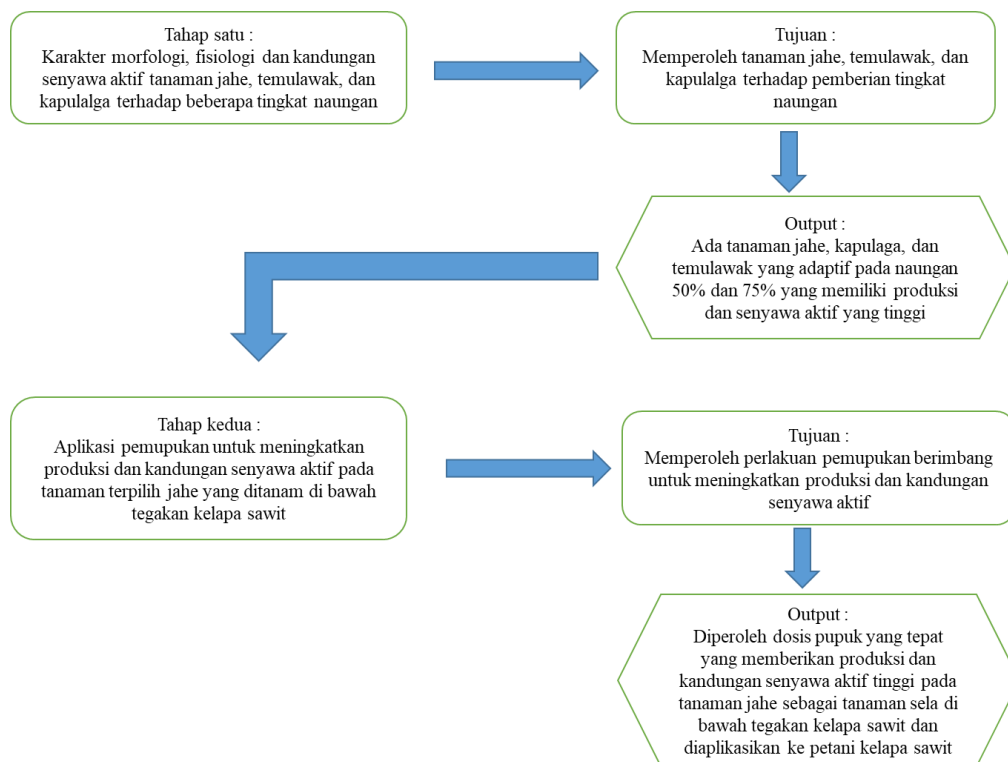
Hipotesis dari penelitian ini adalah

1. Terdapat tingkat naungan atau intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan dan sintesis senyawa bioaktif jahe dan temulawak.
2. Pemupukan pupuk kotoran sapi, urea, SP-36 dan KCl pada tanaman jahe meningkatkan kandungan senyawa bioaktif yang ditanam sebagai tanaman sela di bawah tegakan kelapa sawit.
3. Respon tanaman terhadap pemupukan berbeda dengan berbedanya tingkat intensitas cahaya yang diterima.

### 1.7 Ruang Lingkup

Penelitian ini meliputi 2 tahap kegiatan yang terintegrasi dilakukan di laboratorium dan lahan percobaan. Adapun gambaran lingkup penelitian tersaji pada Gambar 1.1. Penelitian ini meliputi kegiatan mengumpulkan data tentang karakter morfologi, fisiologi dan kandungan senyawa aktif tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga yang diberi perlakuan beberapa tingkat naungan, sehingga diperoleh tanaman yang adaptif pada tingkat naungan 50% dan 75%. Pada penelitian ini juga dilakukan aplikasi pemberian pupuk organik dan anorganik untuk meningkatkan produksi dan senyawa aktif pada tanaman jahe

yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit. Penelitian dilakukan di Kebun Pendidikan Cikabayan IPB University dan di Kebun Pendidikan dan Penelitian Kelapa Sawit IPB-Cargill Jonggol.



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian karakter morfologi, produktivitas, dan senyawa bioaktif tanaman rempah pada intensitas cahaya rendah di bawah tegakan kelapa sawit



## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Jahe, Temulawak, dan Kapulaga

Tanaman obat adalah segala jenis tumbuhan yang diketahui mempunyai khasiat baik dalam membantu memelihara kesehatan maupun pengobatan suatu penyakit. Tanaman obat sangat erat kaitannya dengan pengobatan tradisional, karena sebagian besar pendayagunaan tumbuhan obat belum didasarkan pada pengujian klinis laboratorium, melainkan lebih berdasarkan pada pengalaman penggunaan (Harmida *et al.* 2011). Tanaman obat sangat populer digunakan sebagai bahan baku obat tradisional dan jamu, yang jika dikonsumsi akan meningkatkan sistem kekebalan tubuh (*immune system*), karena tanaman ini mempunyai sifat spesifik sebagai tanaman obat yang bersifat pencegahan (preventif) dan promotif melalui kandungan metabolit sekunder seperti gingerol pada jahe dan xanthorizhol pada temulawak yang mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Mengonsumsi tanaman obat bermanfaat untuk pencegahan dengan meningkatkan sistem kekebalan untuk kesehatan tubuh (Munadi 2017). Tanaman biofarmaka sebagai obat-obatan yang dikonsumsi adalah bagian tanaman berupa daun, buah, dan umbi (rimpang) atau akar. Terdapat 15 (lima belas) jenis tanaman, meliputi jahe, laos/lengkuas, kencur, kunyit, lempuyang, temulawak, temuireng, temukunci, dlingo/dringo, kapulaga, mengkudu/pace, mahkota dewa, kejobeling, sambiloto, dan lidah buaya (BPS 2018).

#### 2.1.1 Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan tanaman herba tahunan yang termasuk dalam famili Zingiberaceae. Tanaman jahe asli dari Asia Tenggara, Afrika dan daerah tropis lainnya di dunia (Adegbola dan Olufunmilola 2017). Jahe merupakan salah satu jenis tanaman dalam famili temu-temuan (Zingiberaceae) yang terdiri dari sekitar 1.400 spesies (Washikah 2016). Nama “Zingiber” sendiri berasal dari Bahasa Sansekerta “Singabera” dan Bahasa Yunani “Ziwngiberi” yang berarti tanduk, karena bentuk rimpang jahe mirip dengan tanduk rusa. Sedangkan, Officinale berarti digunakan dalam farmasi atau pengobatan yang merupakan Bahasa Latin dari “Officina” (Sya’ban, 2013).

Tanaman jahe dibudidayakan secara luas di daerah tropis karena bermanfaat, rimpangnya mengandung dua kelas konstituen minyak atsiri dan oleoresin (Rhode *et al.* 2007). Jahe merupakan salah satu tanaman obat tradisional yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat Polinesia untuk mengobati berbagai penyakit seperti diabetes, tekanan darah tinggi, kanker dan banyak penyakit lainnya (Ajav dan Ogunlade 2014). Minyak atsiri dan oleoresin dikomersialkan secara internasional untuk digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan intensitas cahaya mampu mengubah parameter pertumbuhan dan hasil segar jahe (Ajithkumar dan Jayachandran 2003). Menurut Graham (1998), perubahan intensitas cahaya dengan jaring peneduh dapat mengubah sintesis senyawa obat pada tumbuhan.

Tanaman ini dipanen pada umur 8-12 bulan, lingkungan tumbuh tanaman jahe memengaruhi produktivitas dan mutu rimpang, karena

pembentukan rimpang ditentukan terutama oleh kandungan air, oksigen tanah dan intensitas cahaya, tumbuh baik pada curah hujannya antara 2500-4000 mm/tahun dengan 7-9 bulan basah, dan pH tanah 6,8-7,4, ketinggian tempat 0-1500 m dpl, namun ketinggian optimum 300-900 m dpl. Di dataran rendah (< 300 m dpl), tanaman peka terhadap serangan penyakit, terutama layu bakteri. Sedang di dataran tinggi diatas 1.000 m dpl pertumbuhan rimpang akan terhambat/kurang terbentuk (Muchlas dan Slameto 2008).

### 2.1.2 Temulawak

*Curcuma xanthorrhiza* Roxb termasuk dalam Zingiberaceae dan merupakan tumbuhan asli Indonesia, umumnya dikenal sebagai "Temu Lawak" dan banyak digunakan di negara-negara Asia Tenggara dalam pengobatan tradisional untuk penyakit migrain, sembelit, dan kondisi peradangan (Devaraj *et al.* 2013). Temulawak banyak ditanam di Thailand, Filipina, Sri Lanka dan Malaysia. Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman tahunan herba menghasilkan rimpang yang memiliki efek terapeutik disebabkan oleh kurkuminoid dan xanthorrhizol (Moemeni *et al.* 2013), dan dapat digunakan untuk mencegah kolera (Kim *et al.* 2014), xanthorrhizol memiliki aktivitas biologis seperti antikanker, antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, antihiperglikemik, antihipertensi, (Peschel *et al.* 2006; Oon *et al.* 2015). Peningkatan hasil dan produksi senyawa bioaktif dapat dicapai dengan meningkatkan biomassa tanaman melalui pemupukan. Pemupukan dapat memengaruhi produksi senyawa bioaktif, (Purnomo *et al.* 2018).

Tanaman temulawak memiliki tinggi sekitar 1,5-2 meter dengan batang tegak lurus, berlepah daun dan berumpun. Temulawak dapat tumbuh baik pada dataran rendah hingga ketinggian 1.500 m dpl, tumbuh dengan optimal bila dibudidaya pada ketinggian 100-600 m dpl. Tanaman ini memiliki umur panen panjang berkisar 9-12 bulan dengan ciri-ciri siap panen berupa daun dan batang yang sudah mengering. Rimpang temulawak terdiri atas rimpang induk dan rimpang cabang (Afifah dan Tim Lentera 2003; Rahardjo 2010).

### 2.1.3 Kapulaga

Budidaya kapulaga telah umum dilakukan di Indonesia dan terdapat dua jenis kapulaga yang diusahakan, yaitu kapulaga jawa (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) dan kapulaga sabrang (*Elettaria cardamomum*). Kapulaga jawa merupakan kapulaga asli Indonesia dan komoditas substitusi kapulaga sabrang. Kapulaga jawa lebih adaptif dan mudah dibudidayakan di Indonesia. Menurut Nurzaman *et al.* (2020) kapulaga jawa akan lebih toleran pada lingkungan yang kering dibandingkan dengan kapulaga sabrang.

Kapulaga yang dibudidayakan pada ketinggian 600-1200 di atas permukaan laut dengan curah hujan tahunan 1500-4000 mm dan kisaran suhu 10-35 °C, intensitas cahaya matahari yang dibutuhkan 30-70%. Kapulaga cocok ditanam pada tanah podsolik dengan tekstur lempung berliat dan lempung berpasir serta cocok ditanam pada tanah latosol, andosol, alluvial. Tanah yang cocok untuk menanam kapulaga adalah tanah

yang memiliki kandungan bahan organik tinggi, drainase yang baik, dan pH tanah 5,6-6,8 (Parthasarathy and Prasath 2012; Falah 2008).

Kapulaga merupakan salah satu komoditas ekspor Indonesia. Rata-rata kontribusi kapulaga, pala dan lawang terhadap ekspor tanaman rempah-rempah sebesar 22,15% (Nurhayati *et al.* 2019). Kapulaga memiliki nilai ekonomi yang tinggi, hal ini disebabkan kandungan senyawa metabolit sekunder pada tanaman tersebut. Kapulaga mengandung minyak atsiri yaitu senyawa metabolit sekunder yang memiliki banyak manfaat. Menurut Fachriyah (2007) minyak atsiri kapulaga mengandung  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, pcimene, cineol dan terpineol. Menurut Nurzaman *et al.* (2020) kandungan minyak atsiri kapulaga jawa tidak sebaik kapulaga sabrang. Menurut Wolff dan Hartutiningsih (1999) biji kering kapulaga jawa mengandung 2–4% minyak atsiri. Kapulaga jawa merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh setinggi 2 m. Rimpang kapulaga merupakan modifikasi batang berbentuk bulat, berdiameter 1-2 cm, berwarna putih kekuningan. Tunas muncul di ujung rimpang, yaitu pelepah daun yang membentuk batang semu. Batang semu kapulaga berbentuk bulat dan berdiameter sekitar 2,5 cm. Daun kapulaga adalah daun tunggal, tanpa tangkai daun, ujung runcing dan pangkal daun berselang-seling dengan panjang daun 25-35 cm dan lebar 10-12 cm (Wahyuni *et al.* 2016).

## 2.2 Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Tanaman melakukan adaptasi atau penghindaran terhadap cekaman naungan dengan cara meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya tiap unit area fotosintetik dengan semakin tinggi tingkat naungan yang diberikan dengan cara meningkatkan jumlah klorofil per unit luas daun dan rasio klorofil b/a (Levitt 1980). Salisbury dan Ross (1992) menyatakan bahwa cahaya matahari mempunyai peranan dalam proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, respirasi, pertumbuhan dan perkembangan, menutup dan membukanya stomata, dan perkecambahan tanaman, ketersediaan cahaya matahari menentukan tingkat produksi tanaman. Naungan merupakan salah satu faktor yang membatasi proses fotosintesis. Penurunan intensitas cahaya akan memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman serta terganggunya berbagai proses metabolisme tanaman.

Jumlah stomata pada perlakuan tanpa naungan lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan naungan. Hal ini diduga dengan adanya naungan antara fase daerah minimal dan fase daerah maksimal penerimaan cahaya dalam kloroplas berbeda pada daun tanaman tanpa naungan dan tempat panas, sehingga jumlah atau distribusi stomata pada daun semakin meningkat (Haryanti 2010). Hasil penelitian (Thilmony *et al.* 2009) menunjukkan bahwa pada kondisi naungan sedang akan menurunkan jumlah cahaya yang sampai pada permukaan daun, dimana penurunan cahaya sampai level tertentu yaitu 50%, pada daun padi mempunyai jumlah klorofil yang lebih banyak dibandingkan dengan 0%. Menurut (Hermann dan Garcés 2013), padi yang mempunyai kandungan klorofil meningkat dalam kondisi ternaungi dapat dijadikan indikator sebagai padi tahan naungan. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018), *Elettaria cardamomum* yang ditanam di bawah naungan 75%, memiliki laju fotosintesis bersih dan konduktansi stomata tertinggi, dan menurun pada naungan 50% dan kondisi terbuka. Saat tingkat naungan meningkat, kandungan klorofil a, klorofil b



dan total klorofil juga meningkat secara signifikan. Jumlah stomata terbuka umumnya menunjukkan aktivitas terbaik pada naungan 75%. Kandungan fenol total tertinggi diamati pada perlakuan penyinaran terbuka dan kadar prolin tertinggi diamati pada tanaman yang diberi perlakuan naungan 50%. Menurut (Hale and Orcutt 1987) adaptasi tanaman terhadap naungan dapat melalui (1) peningkatan luas daun sebagai cara untuk mengurangi penggunaan metabolit dan (2) mengurangi jumlah cahaya yang ditransmisikan dan direfleksikan.

Jumlah scutellarin (flavone glycoside) lebih tinggi pada daun yang terkena sinar matahari dibandingkan pada daun yang tumbuh di bawah naungan *Efrigeron breviscapus* (Zhou 2016). Rendemen minyak atsiri akan meningkat sebagai respons terhadap intensitas cahaya yang tinggi (Kong *et al.* 2016; Li *et al.* 2018), tetapi konsentrasi camphene, sabinene, b-pinene, borneol, bornyl acetate, dan Z-jasmone lebih tinggi untuk tanaman yang tumbuh di bawah naungan daripada tanaman *Flourensia cernua* yang terkena cahaya penuh (Estell 2016). Intensitas cahaya dan fotoperiode memiliki efek yang berbeda pada akumulasi metabolit sekunder di berbagai tanaman. Spesies tanaman yang berbeda memiliki kualitas dan kuantitas cahaya sendiri, dan memperoleh hasil metabolit sekunder yang maksimal (Zhou 2016).

Penurunan intensitas cahaya memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman serta terganggunya berbagai proses metabolisme tanaman. Beberapa hasil penelitian tentang pengaruh naungan telah banyak dilaporkan. Hasil penelitian Ferry *et al.* (2009) menunjukkan bahwa tanaman temulawak yang ditanam di bawah tegakan kelapa mempunyai pertumbuhan vegetatif, generatif, dan mutu hasil yang sama pada semua intensitas cahaya kecuali pada bobot basah rimpang. Bobot basah, bobot kering, dan kadar minyak rimpang temulawak berbeda nyata bila panen dilakukan pada umur yang berbeda. Kadar pati tertinggi terdapat pada umur panen 11 (BST) dengan intensitas cahaya 100%. Kadar serat tertinggi pada umur panen 5 BST dengan intensitas cahaya 100%. Hasil penelitian Sulistyowati (2010) pada tanaman cabe jawa yang diberi naungan terdapat kecenderungan bahwa naungan meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, klorofil total, rasio klorofil b/a, dan tebal daun, namun cenderung menurunkan kerapatan stomata. Kandungan alkaloid daun pada naungan 55% dan tanpa naungan nyata lebih tinggi daripada intensitas naungan 25%. Penelitian lain menunjukkan bahwa naungan pada aksesori Lampung meningkatkan kandungan alkaloid daun dan kandungan steroid daun pada aksesori Madura cenderung lebih tinggi daripada aksesori Lampung. Hasil percobaan pada tanaman jintan hitam menunjukkan bahwa naungan sampai dengan 50% tidak berpengaruh pada pertumbuhan dan tidak menurunkan produksi benih, namun naungan sampai dengan 75% memperpanjang masa vegetatif, menurunkan ketebalan daun dan bobot brangkas tanaman. Naungan sampai 50% meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan jumlah bakal bunga tetapi tidak memengaruhi jumlah cabang (Setiawati *et al.* 2018). Pamuji dan Busri (2010), menunjukkan bahwa pemberian perlakuan keragaman intensitas naungan pada tanaman jahe besar cenderung meningkatkan pertumbuhan tanaman. Perlakuan naungan 25% meningkatkan jumlah batang 31,97%, jumlah daun 92,45%, total luas daun 136,14%, dan berat kering bagian atas 53,97%. Perlakuan naungan 50% meningkatkan jumlah batang 54,10%, jumlah daun 107,47%, total luas daun 80,11%, dan berat kering bagian atas



20,18%. Perlakuan naungan 75% meningkatkan jumlah batang 41,31%, jumlah daun 74,08%, total luas daun 155,86%, dan berat kering bagian atas 15,65%.

Penelitian Jessykutty *et al.* (2006), tanaman *Kampferia galangan* yang ditanam di bawah kelapa sawit berumur kurang dari 5 tahun menghasilkan jumlah anakan tertinggi diikuti oleh tanaman yang ditanam dalam kondisi terbuka, setara dengan di bawah pohon kelapa sawit umur 6-7 tahun dan jumlah anakan terendah terlihat di bawah pohon sawit berumur di atas 7 tahun. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam indeks luas daun, jumlah daun dan total luas daun tanaman. Penelitian Aly *et al.* (2019) menunjukkan perlakuan naungan 60% mendapatkan nilai tertinggi pada peubah tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, luas daun ( $\text{cm}^2$ ), bahan kering, jumlah anakan per tanaman, jumlah rimpang per tanaman dan bobot rimpang per tanaman dan hasil kadar minyak atsiri. Demikian pula pada penelitian Prasetyo (2004), pada kombinasi perlakuan naungan 70% atau umur tegakan sengon 6 tahun (intensitas cahaya sekitar  $80.57 \text{ kkal cm}^{-2} \text{ detik}^{-1}$ ), dengan dosis pupuk urea  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $46 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) dan pupuk TSP  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $48 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) menunjukkan pengaruh terbaik bagi pertumbuhan dan hasil tanaman kapulaga.

### 2.3 Tumpangsari

Pertanian berkelanjutan lebih efisien dalam penggunaan sumber daya seperti tanah dan air, serta seimbang dengan kondisi lingkungan. Tumpang sari adalah sistem tanam ganda yang ditanam dua atau lebih tanaman di lahan selama musim tanam, dan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan keanekaragaman dalam suatu ekosistem pertanian (Mousavi and Hamdollah 2011). Hasil penelitian (Harun *et al.* 2018) menunjukkan bahwa penampilan pertumbuhan padi Sulutan Unsrati di dalam gawangan kelapa sawit lebih baik dibandingkan varietas lainnya, dan padi lokal 4 bulan mempunyai potensi untuk ditingkatkan lebih lanjut sebagai padi gogo lokal toleran naungan. Hasil penelitian Wardhana *et al.* (2014), bahwa kedelai varietas Anjasmoro lebih unggul dibandingkan varietas Nanti bila ditanam di bawah pertanaman kelapa sawit umur empat tahun.

Sistem penanaman tumpangsari merupakan program intensifikasi pertanian untuk memperoleh hasil pertanian yang optimal. Namun pada sistem tumpangsari, ada potensi kompetisi antara tanaman sela dengan tanaman utama dalam pertumbuhannya (Gao *et al.* 2013). Pada umumnya pola tanam tumpang sari lebih menguntungkan dibandingkan dengan monokultur karena produktivitas lahan menjadi tinggi (Adiyoga *et al.* 2004). Mengusahakan tanaman pangan, perkebunan, dan hortikultura sebagai tanaman sela di antara kelapa sawit sangat berpeluang untuk dilakukan. Seperti kelapa, tanaman kelapa sawit memiliki karakter yang khas, seperti berumur panjang, lingkaran batang dan bentuk tajuk yang relatif tetap, dan pertumbuhan akar yang terkonsentrasi secara vertikal di bawah permukaan tanah. Secara keseluruhan karakter yang dimiliki tanaman kelapa sawit tidak dimiliki oleh tanaman perkebunan lainnya, kecuali kelapa. Tanaman sela yang diusahakan di antara kelapa sawit dapat sejenis atau campuran. Tanaman sela campuran antara tanaman semusim dengan semusim, semusim dengan tahunan, atau antara tahunan dengan tahunan, tanaman pangan dengan tanaman perkebunan, tanaman pangan dengan hortikultura, atau tanaman perkebunan dengan hortikultura (Wardiana dan Mahmud 2003). Hasil penelitian Rizki (2020), menunjukkan tanaman kelapa sawit yang berumur 1 tahun 6 bulan pada perlakuan

adanya tanaman sela menghasilkan ukuran diameter batang dan jumlah pelapah lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kelapa sawit tanpa tanaman sela. Hal ini kemungkinan terjadi adanya simbiosis unsur hara yang dimiliki oleh tanaman sela sehingga tanaman kelapa sawit mendapatkan asupan unsur hara yang optimum dengan keberadaan tanaman sela tersebut. Hasil penelitian Rizki *et al.* (2020) diperoleh nilai NKL (Nilai Kesetaraan Lahan) sebesar 1,14 untuk perlakuan pupuk sesuai anjuran, 1,38 untuk perlakuan 5 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 175 kg ha<sup>-1</sup> Urea + 50 kg ha<sup>-1</sup> SP-36 + 75 kg ha<sup>-1</sup> KCl, dan 1,76 untuk perlakuan pupuk kandang 2,5 ton ha<sup>-1</sup> + 175 kg ha<sup>-1</sup> Urea + 50 kg ha<sup>-1</sup> SP-36 + 75 kg ha<sup>-1</sup> KCl menunjukkan bahwa pola tumpangsari pada setiap perlakuan pemupukan lebih efisien daripada monokultur dalam penggunaan lahan, sehingga pola tumpangsari dapat direkomendasikan kepada petani sawit untuk penerapan tumpangsari pada areal peremajaan kelapa sawit TBM-1.

Data tiga tahun dalam penelitian kelapa sawit yang ditumpangsarikan dengan pisang, ubi, dan nanas menunjukkan bahwa hasil panen kelapa sawit dalam sistem tumpangsari meningkat secara signifikan setiap tahun dibandingkan dengan sistem monokultur yaitu 5,00, 12,40 dan 14,20 t ha<sup>-1</sup> selama 2016, 2017 dan 2018, dibandingkan pada sistem monokultur yaitu 3,74, 9,51 dan 9,92 t ha<sup>-1</sup>. Rata-rata peningkatan hasil dalam kelapa sawit (TBS) pada tanaman campuran adalah 36,40% dari sistem monokultur. Hal ini dapat dikaitkan dengan pertumbuhan yang lebih baik yang ditunjukkan dengan peningkatan jumlah daun dan luas daun kelapa sawit dengan sistem tumpangsari. (Gawankar *et al.* 2018).

Penelitian Aly *et al.* (2019) pada tanaman jahe yang ditumpangsarikan dengan tanaman jagung manis dengan 8 tanaman/m<sup>2</sup> menunjukkan evaluasi ekonomi dengan pendapatan bersih tertinggi sehingga lebih memberikan nilai ekonomi kepada petani. Penelitian Faiza *et al.* (2017) pada temulawak yaitu metode tanam tumpang sari tidak memengaruhi produktivitas rimpang dan kadar bahan aktif yang terkandung di dalamnya, sehingga dapat menjadi pilihan metode pertanian untuk meningkatkan manfaat ekonomi para petani temulawak. Penelitian Edvanido (2023) menunjukkan bahwa persentase oleoresin jahe merah dan kunyit meningkat pada rimpang di bawah naungan kelapa sawit umur 10 tahun untuk jahe merah dan 20 tahun pada kunyit. Naungan kelapa sawit dapat meningkatkan kadar senyawa gingerol pada jahe merah dan curlone pada kunyit.

## 2.4 Pemupukan

Penggunaan pupuk sebagai salah satu usaha untuk meningkatkan produksi tanaman sudah dilakukan dan para petani telah menganggap bahwa pupuk dan cara pemupukan sebagai salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan usaha taninya. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) adalah sumber utama N anorganik yang dapat diserap oleh akar tanaman. Sebagian besar amonium bergabung ke dalam senyawa organik dalam akar, sedangkan nitrat bergerak dengan mudah dalam xilem dan dapat pula disimpan dalam vakuola akar, pucuk dan organ-organ penyimpan. Akumulasi nitrat dalam vakuola sangat penting untuk keseimbangan kation-anion (Marschner 1995). Nitrogen bagi tanaman dibutuhkan secara terus menerus selama tanaman tersebut tumbuh untuk melangsungkan proses fisiologis yang sangat penting, sedangkan jumlah N tersedia bagi tanaman secara alami terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pemupukan baik pupuk organik maupun anorganik. Pupuk organik



dapat berupa pupuk kandang, sedangkan salah satu jenis pupuk tunggal anorganik yang sering digunakan dan mengandung N adalah Urea [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] (Leiwakabessy dan Sutandi 1998). Penelitian Setiawati *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pemberian pemupukan nitrogen  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  pada tanaman jintan hitam meningkatkan jumlah bakal bunga, bunga mekar, dan jumlah kapsul terbentuk. Pemberian pupuk nitrogen sebesar  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  atau sebesar  $54 \text{ mg per kg tanah}$  pada tanaman jahe, terbukti optimal dan meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman dan jumlah anakan per tanaman sebesar  $40,8\%$ ,  $52,7\%$  dan  $71,7\%$  pada  $120 \text{ HST}$  dan  $32,8\%$ ,  $39,5\%$  dan  $105,5\%$  pada  $180 \text{ HST}$  (Singh *et al.* 2016). Hasil penelitian pemupukan nitrogen pada tanaman jahe menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan nitrogen  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  memberikan nilai maksimum untuk kandungan minyak atsiri pada pertumbuhan tanaman dengan persentase kenaikan kadar minyak atsiri yang dihasilkan dibandingkan kontrol adalah  $13,8\%$  dan  $11,8\%$  pada  $180$  dan  $240 \text{ HST}$  dan meningkatkan kandungan karbohidrat dan protein rimpang sebesar  $15,3\%$  dan  $29,5\%$  pada  $120 \text{ HST}$  dan sebesar  $13,6\%$  dan  $34,1\%$  pada  $180 \text{ HST}$ , meningkatkan hasil rimpang per tanaman sebesar  $44,1\%$ , dan meningkatkan rimpang primer dan sekunder  $81,8\%$  dan  $79,4\%$  (Singh *et al.* 2016). Efek peningkatan nitrogen pada kandungan protein rimpang dikaitkan dengan peran langsung N dalam pembentukan protein (Taiz and Zeiger 2006).

Fosfor (P) pada tanaman berperan pada proses fotosintesis, perubahan karbohidrat, glikolisis, metabolisme asam amino, metabolisme lemak, dan proses transfer energi (Tisdale dan Nelson 1985, Leiwakabessy 1988). Pentingnya peran P pada berbagai proses fisiologis tersebut, karena P merupakan komponen penting dari enzim dan protein, adenosin trifosfat (ATP), asam ribonukleat (RNA), asam deoksiribonukleat (DNA), dan fitin (Jones 1998). Hasil penelitian Pribadi dan Rahardjo (2008), pemberian pupuk N, P dan K pada temulawak memperoleh hasil tertinggi  $25,46 \text{ ton ha}^{-1}$  dengan pemberian pupuk dasar  $20 \text{ ton ha}^{-1}$ ,  $300 \text{ kg urea}$ ,  $\text{SP-36}$  dan  $\text{KCl}$  masing-masing  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kadar xanthorizol tertinggi diperoleh pada pemupukan  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  urea,  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  SP-36 dan  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  KCl.

Pupuk kalium berperan dalam proses pembentukan karbohidrat, translokasi gula dan metabolisme protein (Leiwakabessy dan Sutandi 1998). Kalium (K) pada tanaman berperan sebagai aktivator berbagai enzim, mempertahankan vigor tanaman, merangsang pertumbuhan akar dan sebagai katalisator, tekanan turgor dalam sel, serta proses membuka dan menutupnya stomata (Marchsner 1995, Jones 1998, Soepardi 1983). Kalium adalah unsur yang mobil, sehingga akan terjadi translokasi dari bagian tanaman yang tua ke bagian yang lebih muda bila terjadi kekurangan K pada tanaman. Oleh karena itu, gejala kekurangan K mulai tampak pada bagian tanaman yang tua terlebih dahulu, lalu diikuti pada bagian tanaman yang lebih muda (Tisdale and Nelson 1985). Penelitian Pamuji dan Saleh (2010) pemberian pupuk Kalium dengan dosis  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , dan  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ , mendapatkan hasil yang sama pada tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah batang, total luas daun, tingkat kehijauan daun, bobot basah rimpang, bobot kering rimpang per rumpun, jumlah akar, bobot basah bagian atas, bobot kering bagian atas tanaman per rumpun.

Pupuk kandang padat adalah kotoran ternak berupa padatan baik yang belum maupun sudah dikomposkan. Pupuk kandang cair merupakan pupuk kandang berbentuk cair berasal dari kotoran hewan yang masih segar yang bercampur dengan urin hewan atau kotoran hewan yang dilarutkan dalam air dalam

perbandingan tertentu. Pupuk kandang adalah semua produk buangan dari binatang peliharaan yang dapat digunakan untuk menambah hara, memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah (Hartatik dan Widowati 2006). Kandungan hara dalam pupuk kandang sangat menentukan kualitas pupuk kandang. Kandungan unsur-unsur hara di dalam pupuk kandang tidak hanya tergantung dari jenis ternak, tetapi juga tergantung dari makanan dan air yang diberikan, umur dan bentuk fisik dari ternak. Penelitian Saputri *et al* (2018) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 150 g per polybag memberikan rendemen minyak atsiri rimpang jahe merah tertinggi. Pemberian pupuk organik (kambing, ayam dan sapi) dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah, bobot kering dan berat basah rimpang temulawak dibandingkan tanpa perlakuan pupuk kandang (Samanhudi *et al.* 2014). Terdapat perbedaan komposisi unsur hara menurut jenis kotoran hewannya, yang tertinggi terdapat pada ayam (Tabel 2.1) (Kirchman dan Witter 1992; Donahue *et al.* 1997)

Tabel 2. 1 Komposisi unsur hara kotoran beberapa jenis hewan

Jenis Hewan	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
Sapi	2-8	0.2-1	0.7-3*	0.6-1.5*
Ayam	5-8	1-2	1-2	0.6-3
Domba	3-5	0.4-0.8	2-3	0.2

Sumber : Donahue RL, Miller RW, Shickluna JC. 1997. An Introduction to Soil and Plant Growth. \*) Kirchman H, Witter E. 1992. Composition of Fresh Aerobic and Anaerobic Farm Animal Dungs

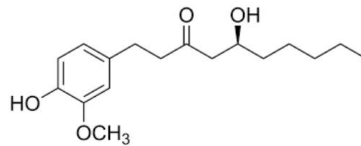
## 2.5 Senyawa Aktif pada Tanaman

Senyawa bioaktif merupakan senyawa yang terkandung baik dalam tubuh hewan maupun tumbuhan. Senyawa ini memiliki berbagai manfaat bagi kehidupan manusia, diantaranya dapat dijadikan sebagai sumber antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, dan antikanker. Metabolit sekunder merupakan indikator penting untuk mengevaluasi kualitas bahan obat. Namun, sintesis dan akumulasi metabolit sekunder sangat kompleks, yang dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk genetik perkembangan internal (gen yang diatur, enzim) dan oleh faktor lingkungan eksternal (cahaya, suhu, air, salinitas) (Li *et al.* 2020). Menurut (Herbert 1995), metabolit sekunder dapat dibedakan dari metabolit primer berdasarkan kriteria berikut: penyebarannya lebih terbatas, terdapat terutama pada tumbuhan dan mikroorganisme serta memiliki karakteristik untuk spesies tertentu. Metabolisme ini memiliki alur yang khusus dari metabolisme primer. Menurut (Goodwin and Mercel 1983), metabolisme sekunder reaksinya sering tidak berkaitan dengan kepentingan tumbuhan, oleh karena itu disebut metabolisme sekunder. Keberadaan metabolit sekunder sering dikaitkan peranannya sebagai kunci utama dari spesies untuk bertahan hidup atau untuk bertahan dari spesies lain.

### a. Gingerol

Gingerol adalah senyawa pedas utama yang ada dalam rimpang jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) kaya akan berbagai konstituen kimia, termasuk senyawa fenolik, terpena, polisakarida, lipid, asam organik, dan serat mentah dan terkenal karena kontribusinya terhadap kesehatan dan nutrisi manusia. Khasiat jahe yaitu meredakan mual, artritis dan nyeri, yang dikaitkan dengan

gingerol. Analog Gingerol labil secara termal dan mudah mengalami reaksi dehidrasi untuk membentuk shogaol yang sesuai, yang memberikan rasa khas yang menyengat pada jahe kering. Baik gingerol dan shogaols menunjukkan sejumlah aktivitas biologis yaitu antikanker, anti-oksidan, antimikroba, anti-inflamasi, pelindung kardiovaskular, pelindung pernapasan, antiobesitas, antidiabetik dan anti-alergi hingga berbagai aktivitas sistem saraf pusat (Semwal 2015; Mao *et al* 2019). Jahe segar memiliki aktivitas antivirus terhadap HRSV (human respiratory syncytial virus), 300 mg/ml jahe segar menurunkan lebih dari 70% infeksi HRSV pada sel HEp-2 dan A549 (Chang *et al.* 2013). Penelitian Arijanti dan Suryaningsih (2019), profil komposisi metabolit sekunder Gingerol, Shogaol, dan Zingeron pada ketiga varietas Jahe Gajah, Emprit, dan Jahe Merah, dari hasil profiling memiliki komposisi metabolit sekunder jahe emprit yaitu mengandung 1,181% gingerol, 0,188% shogaol, dan zingerone 0,098%, varietas Gajah adalah gingerol 0,150%, shogaol 0,130%, dan zingeron 0,056%, dan pada varietas Merah adalah gingerol 0,170%, shogaol 0,096%, dan zingeron 0,047% dari ketiga varietas persentase metabolit terbanyak adalah gingerol. Menurut Dennniff and Whiting (1976), lintasan biosintesis gingerol adalah fenilalanin diubah menjadi asam dihidroferulat, yang kemudian berpartisipasi dalam reaksi biologis Claisen dengan malonat dan heksanoat untuk membentuk 6-dehydrogingerdione, yang akhirnya diubah menjadi 6-GN.



Gambar 2.1 Struktur kimia Gingerol

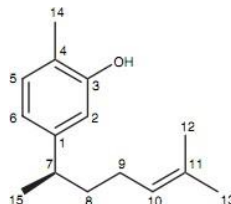
#### b. Xanthorrhizol

Xanthorrhizol merupakan senyawa yang hanya terdapat pada minyak atsiri tanaman temulawak dan tidak ditemukan dalam jenis curcuma yang lain, hasil penelitian Sirait telah melakukan skrining kandungan xanthorrhizol pada jenis-jenis curcuma yang lain, yaitu *Curcuma domestica*, *Curcuma aeruginosa*, *Curcuma heyneana*, serta *Curcuma manga*. Hasilnya membuktikan bahwa hanya *Curcuma xanthorrhiza* yang mengandung xanthorrhizol (Sirait *et al.* 1985). Menurut Agusta dan Chairul (1996) komponen minyak atsiri pada temulawak terdiri dari lima senyawa mayor dan delapan senyawa minor. Salah satu senyawa mayor tersebut adalah xanthorrhizol. Didukung oleh penelitian Helen *et al.* (2012), analisis GC-MS minyak atsiri yang diekstrak dari rimpang temulawak menunjukkan Xanthorrhizol (64,38%) merupakan senyawa utama diikuti oleh Camphene (8,27%), Curcumin (5,85%), Pinene (1,93%), thujene (0,16%), Pinene (0,14%), Myrcene (0,37%), Linalool (0,27%) dan Zingiberene (0,10%), yang dapat menghambat aktivitas bakteri yang *E. coli* dan *Bacillus amyloliquefaciens*, aktivitas cendawan *Candida albicans* dan *Kluyveromyces maxianus*.

Xanthorrhizol adalah komponen khas minyak atsiri dari rimpang temu lawak yang termasuk ke dalam kelompok terpena teroksidasi. Xantorizol



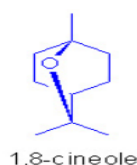
memiliki rumus molekul  $C_{15}H_{22}O$  dengan bobot molekul sebesar 218.335 g/mol. Nama IUPAC-nya 5-(1,5-dimetilheks-4-enil)- 2-metilfenol (Rukayadi and Hwang 2005). Hasil penelitian Ferry *et al* (2009) menunjukkan bahwa tanaman temulawak yang ditanam di bawah tegakan kelapa memiliki kadar minyak atsiri tertinggi pada umur panen 15 BST dengan intensitas cahaya 70%.



Gambar 2.2 Struktur kimia Xanthorrhizol (Rukayadi dan Hwang 2005)

### c. 1,8-cineol

Analisis fitokimia telah menjelaskan unsur kimia penting dari kapulaga termasuk karbohidrat, protein, mineral, lipid, minyak esensial, flavonoid, terpenoid dan karotenoid. Kapulaga sebagai bumbu dan bahan penyedap dalam makanan, dan khasiat kesehatannya yang bermanfaat. Minyak atsiri kapulaga memiliki peran biologis antara lain aktivitas antioksidan, antidiabetik, antibakteri, antikanker, pelindung saluran pencernaan dan insektisida. Berdasarkan informasi saat ini, lebih dari 100 metabolit sekunder telah diisolasi dari *E. cardamomum*, dan 1, 8-cineole ini adalah senyawa aktif yang paling penting, yang menunjukkan aktivitas antitumor, anti-inflamasi dan kardiovaskular (Ashokkumar 2019). Penelitian Bhandaril *et al* (2013), minyak yang diperoleh dengan hidro-distilasi kapsul kering kapulaga besar (*Amomum subulatum* Roxb.) yang ditanam di Uttarakhand, India dianalisis dengan GC-MS. Terdapat 18 komponen yang mewakili 99,21% dari total kandungan minyak diidentifikasi oleh spektrum massa dan indeks retensi relatif. Konstituen utama minyak ditemukan 1, 8-cineole (73,27%) diikuti oleh  $\alpha$ -terpineol (4,23%), limonene (4,2%),  $\alpha$ -terpinyl acetate (3,33%),  $\alpha$ -pinene (2,9%) ), terpinen-4-ol (2,82%),  $\beta$ -pinene (2,12%),  $\nu$ -terpinene (1,8%) dan  $\alpha$ -bisabolene (1,4%). Menurut Alam dan Manjumdar (2018) dengan menggunakan metode HPTLC pada tiga kultivar *Amomum subulatum* (Famili-Zingiberaceae), yaitu varlangy, seremna dan sawney mendapatkan bahwa monoterpen 1,8-cineole adalah senyawa antioksidan utama yang terdapat dalam buah *A. subulatum*. Hasil penelitian pada kapulaga menunjukkan konstituen utama minyak yang diperoleh dengan hidro-distilasi kapsul kering kapulaga besar (*Amomum subulatum* Roxb.) dianalisis dengan GC-MS ditemukan 1, 8-cineole (73,27%) diikuti oleh  $\alpha$ -terpineol (4,23%), limonene (4,2%),  $\alpha$ -terpinyl acetate (3,33%),  $\alpha$ -pinene (2,9%) ), terpinen-4-ol (2,82%),  $\beta$ -pinene (2,12%),  $\nu$ -terpinene (1,8%) dan  $\alpha$ -bisabolene (1,4%). (Bhandari *et al* 2013; Savan and Küçükbay 2013).



Gambar 2.3 Struktur kimia 1,8 – cineole

### III Karakter Morfologi, Fisiologi dan Kandungan Senyawa Bioaktif Tanaman Jahe, Temulawak, dan Kapulaga pada Beberapa Tingkat Naungan

#### Abstrak

Jahe, temulawak, dan kapulaga merupakan tanaman tahunan herba penghasil rimpang dan biji. Kadar senyawa bioaktif di dalam tumbuhan bervariasi tergantung tahap perkembangan, lingkungan, dan faktor genetik. Penurunan intensitas cahaya memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman serta terganggunya berbagai proses metabolisme tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh naungan terhadap pertumbuhan tanaman, biomassa, dan kandungan senyawa aktif. Percobaan dilakukan di Kebun Pendidikan Cikabayan bulan Juli 2021 – April 2022. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok satu faktor yaitu naungan yang terdiri dari empat taraf yaitu  $N_0 = 0\%$  (cahaya penuh), dan paranet dengan kerapatan  $N_1 = 25\%$ ,  $N_2 = 50\%$  dan  $N_3 = 75\%$ . Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 12 unit percobaan, masing-masing unit percobaan memiliki 6 tanaman contoh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jahe merah menghasilkan anakan sebanyak 10,16 buah per tanaman pada tingkat naungan 46,55%, menghasilkan produksi rimpang per tanaman sebesar 81,53 g pada tingkat naungan 75%. Pada tingkat naungan 28,57 % menghasilkan kandungan gingerol sebesar 12,48 mg g<sup>-1</sup> per bobot kering tanaman. Berdasarkan hasil terdapat penurunan jumlah anakan pada tanaman temulawak, meskipun terdapat penurunan jumlah anakan, bobot basah rimpang antar perlakuan tingkat naungan tidak menunjukkan perbedaan. Berdasarkan respons morfologi, tanaman temulawak merespons perlakuan tingkat naungan 75% dengan menghasilkan tebal daun sebesar 298,925 μm, lebih tipis dibandingkan tingkat naungan 0%, 25% dan 50%. Temulawak menghasilkan kandungan xanthorhizol sebesar 3,56 mg g<sup>-1</sup> bobot kering rimpang pada tingkat naungan sebesar 35,5%. Berdasarkan respons karakteristik pertumbuhan, kapulaga dianggap dapat beradaptasi pada intensitas cahaya rendah. Kapulaga mampu beradaptasi dengan baik berdasarkan karakter pertumbuhannya pada masing-masing tingkat naungan 0%, 25%, 50% dan 75%. Tanaman kapulaga menghasilkan jumlah anakan sebesar 16,76 buah pada naungan 50,13%, jumlah stomata sebesar 17,72 buah pada naungan 36,16%, dan menghasilkan kerapatan stomata sebesar 90,46 stomata mm<sup>-2</sup> pada naungan 38,05%.

Kata kunci: antioksidan, gingerol, xanthorrhizol

#### Abstract

Ginger, java turmeric, and cardamom are perennial herbaceous plants that produce rhizomes and seeds. The levels of bioactive compounds in plants vary depending on the stage of development, environment, and genetic factors. Decreased light intensity affects plant growth and yield and disrupts various plant metabolic processes. This research aims to examine the effect of shade on plant growth, biomass, and active compound content. The experiment was conducted at the Cikabayan experimental land in July 2021 - April 2022. This experiment used a



one-factor Randomized Block Design, namely shade consisting of four levels, namely N0 = 0% (full light), and paranet with a density of N1 = 25%, N2 = 50% and N3 = 75%. Each treatment was repeated three times, so that there were 12 experimental units, each experimental unit had 6 sample plants. The results showed that red ginger produced 10,16 shoots per plant at a shade level of 46,55%, resulting in rhizome production per plant of 81,53 g at a shade level of 75%. At a shade level of 28,57%, gingerol content of 12.48 mg g<sup>-1</sup> per dry weight of the plant was produced. Based on the results, there was a decrease in the number of shoots in java turmeric plants, although there was a decrease in the number of shoots, the wet weight of the rhizomes between shade level treatments did not show any difference. Based on the morphological response, temulawak plants responded to the 75% shade level treatment by producing leaf thickness of 298,92 µm, thinner than the 0%, 25% and 50% shade levels. Java turmeric produced xanthorhizol content of 3,56 mg g<sup>-1</sup> dry weight of the rhizome at a shade level of 35,5%. Based on the growth characteristic response, cardamom is considered to be able to adapt to low light intensity. Cardamom is able to adapt well based on its growth characteristics at each shade level of 0%, 25%, 50% and 75%. Cardamom plants produced 16,76 in 50,13% shade, 17,72 stomata in 36,16% shade, and produced a stomatal density of 90,46 stomata mm<sup>-2</sup> in 38.05% shade.

Keywords: antioxidant, gingerol, xanthorrhizol

### 3.1 Pendahuluan

Naungan merupakan suatu keadaan dimana tanaman tidak mendapatkan intensitas cahaya matahari sepenuhnya. Tanaman yang dapat hidup di bawah naungan sering digunakan dalam sistem pertanian tumpangsari untuk mengoptimalkan kemampuan lahan dan efisiensi penggunaan lahan. Salisbury and Ross (1992) menyatakan bahwa cahaya matahari mempunyai peranan dalam proses menutup dan membukanya stomata, dan perkecambahan tanaman, ketersediaan cahaya matahari menentukan tingkat produksi tanaman. Naungan merupakan salah satu faktor yang membatasi proses fotosintesis. Penurunan intensitas cahaya memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman serta terganggunya berbagai proses metabolisme tanaman.

Tanaman jahe memiliki toleransi yang baik jika dibudidayakan di bawah naungan, tanaman ini dapat menjalankan siklus hidupnya secara normal meskipun tanpa mendapatkan intensitas cahaya penuh. Tanaman jahe dapat tumbuh baik dengan intensitas naungan sampai 50% (Januwati *et al.* 2000; Okwuowulu 2005; Kratky *et al.* 2013). Menurut hasil penelitian Ajithkumar dan Jayachandran (2003) pada tingkat naungan 20 % dan 40 % dihasilkan jahe kering yang lebih tinggi dan kandungan minyak atsiri menunjukkan kecenderungan meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan (2003). Pemberian naungan dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil bobot rimpang basah, karena naungan dapat menaikkan suhu dan kelembaban (Wahyuni *et al.* 2013). Penelitian terdahulu menunjukkan adanya keterkaitan antara penanaman jahe merah di lahan ternaungi serta cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan, produksi dan hasil panen jahe merah. Berdasarkan penelitian Gunawan dan Rohandi (2019) bahwa jahe merah yang ditanam di bawah tegakan Tusam (naungan 87-92%) memberikan berat segar rimpang jahe merah tertinggi sebesar 134,73 g/tanaman.

Berdasarkan penelitian Wahyuni *et al.* (2013) bahwa pemberian naungan pada tanaman jahe merah memberikan berat basah rimpang tertinggi sebesar 187,98 g/sampel dibandingkan tanpa naungan.

Budidaya temulawak sebagian besar belum dilakukan secara intensif, tanaman ini banyak ditanam di bawah tegakan dan di pekarangan yang terdapat tanaman kayu yang menaungi tanaman-tanaman di bawahnya. Beberapa jenis tanaman obat membutuhkan tegakan untuk mengurangi jumlah radiasi matahari yang diterima, salah satunya adalah temulawak (Son *et al.* 2019). Walaupun demikian temulawak dapat tumbuh di daerah yang terkena sinar matahari langsung. Suhu udara yang baik untuk budidaya tanaman temulawak adalah 19–30 °C, tanaman ini memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap naungan hingga 50% (Murdiono *et al.* 2016). Rimpang temulawak mengandung senyawa aktif yang memiliki efek terapeutik yaitu kurkuminoid dan xanthorrhizol (Moemeni *et al.* 2013), dan dapat digunakan untuk mencegah kolera, senyawa ini juga memiliki aktivitas biologis seperti antikanker, antimikroba, anti-inflamasi, antioksidan, antihiperlipidemik, antihipertensi, (Kim *et al.* 2014; Peschel *et al.* 2006; Oon *et al.* 2015), xanthorrhizol merupakan senyawa yang hanya terdapat pada minyak atsiri tanaman temulawak dan tidak ditemukan dalam jenis curcuma yang lain. Intensitas cahaya dan fotoperiode memengaruhi akumulasi metabolit sekunder dan kualitas dari kandungan utama suatu tanaman (Ghasemzadeh *et al.* 2010; de Castro *et al.* 2006; Zhou, 2016).

Di Indonesia budidaya kapulaga telah dilakukan dan terdapat dua jenis kapulaga yang dibudidayakan, yaitu kapulaga Jawa (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) dan kapulaga sabrang (*Elettaria cardamomum*). Kapulaga Jawa merupakan kapulaga asli Indonesia dan merupakan komoditas substitusi kapulaga sabrang. Kapulaga Jawa lebih adaptif dan mudah dibudidayakan di Indonesia. Menurut Nurzaman *et al.* (2020) kapulaga Jawa akan lebih toleran pada lingkungan yang kering dibandingkan dengan kapulaga sabrang. Kapulaga Jawa menyukai naungan yang dibudidayakan pada ketinggian 600–1200 di atas permukaan laut dengan curah hujan tahunan 1500–4000 mm dan kisaran suhu 10–35 °C, intensitas yang dibutuhkan 30–70%. Tanah yang cocok untuk menanam kapulaga adalah tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi, drainase yang baik, dan pH tanah 5,6–6,8 (Parthasarathy dan Prasath 2012; Falah 2008). Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh intensitas cahaya terhadap karakter morfologi, fisiologi dan kandungan bahan aktif tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh naungan terhadap karakter morfologi, fisiologi dan kandungan bahan aktif tanaman.

## 3.2 Metode Penelitian

### 3.2.1 Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan pada Juli 2021 sampai April 2022 di Kebun pendidikan Cikabayan yang terletak di 6°33” lintang selatan dan 106°42” bujur timur, Laboratorium Mikroteknik Agronomi dan Hortikultura IPB dan Laboratorium pengujian Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian.

### 3.2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit tanaman jahe merah varietas Jahira 2, temulawak varietas Cursina 2, dan kapulaga varietas Sabrang merah, paranet (25%, 50% dan 75%), pupuk kandang kotoran sapi, pupuk N dalam bentuk Urea, pupuk P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam bentuk SP-36, pupuk K<sub>2</sub>O dalam bentuk KCl (Tabel 3.1), polibag dan bahan kimia yang digunakan untuk analisis klorofil, analisis gingerol dan xanthorrhizol. Peralatan yang digunakan terdiri atas peralatan tanam, satu set peralatan pengamatan anatomi daun, termometer, *lux meter*, timbangan digital, meteran, GCMS, spektrofotometer untuk menganalisis kandungan klorofil daun.

### 3.2.3 Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok satu faktor yaitu naungan yang terdiri dari 4 taraf yaitu N<sub>0</sub> 0% (cahaya penuh), dan paranet dengan kerapatan N<sub>1</sub> = 25%, N<sub>2</sub> = 50% dan N<sub>3</sub> = 75%. Tanaman yang menjadi objek penelitian adalah Jahe, Temulawak, dan Kapulaga. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 12 unit percobaan dan masing-masing unit percobaan memiliki 6 tanaman contoh. Model linear aditif adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

I = 1, 2, ..., 6 dan j=1, 2, ..., r

Y<sub>ij</sub> = Pengamatan pada perlakuan naungan dan kelompok ke-j

μ = Rataan

τ<sub>i</sub> = Pengaruh naungan ke-i

β<sub>j</sub> = Pengaruh kelompok ke-j

ε<sub>ij</sub> = Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

### 3.2.4 Prosedur kerja

Penelitian diawali dengan melakukan pengolahan tanah minimum, kemudian dibuat petakan dengan ukuran masing-masing petak tanaman 2m x 7 m dengan jarak tanam antar tanaman berbeda pada masing-masing jenis tanaman (jarak tanam jahe adalah 60 cm x 60 cm; jarak tanam temulawak 80 cm x 80 cm dan jarak tanam kapulaga 1m x 1m). Populasi tanaman jahe sebanyak 20 tanaman per petak, populasi temulawak sebanyak 16 tanaman per petak, dan kapulaga sebanyak 14 tanaman per petak. Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam dengan kedalaman 15 cm.

Tabel 3. 1 Pemupukan dasar pada tanaman percobaan

Jenis tanaman	Pupuk kotoran sapi (ton ha <sup>-1</sup> )	Urea (kg ha <sup>-1</sup> )	SP-36 (kg ha <sup>-1</sup> )	KCl (kg ha <sup>-1</sup> )
Jahe	20	400 (N 180 kg ha <sup>-1</sup> )	300 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 108 kg ha <sup>-1</sup> )	300 (K <sub>2</sub> O 180 kg ha <sup>-1</sup> )
Temulawak	20	200 (N 92 kg ha <sup>-1</sup> )	200 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 72 kg ha <sup>-1</sup> )	200 (K <sub>2</sub> O 43,2 kg ha <sup>-1</sup> )
Kapulaga	20	150 (N 69 kg ha <sup>-1</sup> )	120 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 120 kg ha <sup>-1</sup> )	200 (K <sub>2</sub> O 120 kg ha <sup>-1</sup> )

(BPPT 2008; Pamuji dan Saleh 2010; Kementan 2019).

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dilakukan setiap hari, penyiangan dilakukan dengan menyiangi gulma, melakukan pengendalian hama pada saat tanaman terserang ulat penggulung daun dengan insektisida. Pengendalian penyakit pada tanaman jahe pada saat jahe terserang busuk pangkal batang dengan pemberian fungisida. Panen rimpang jahe dan temulawak dilakukan pada saat 32 minggu setelah tanam (MST). Sedangkan untuk kapulaga, hanya dilakukan pengamatan pertumbuhan.

### 3.2.5 Peubah pengamatan

Peubah pengamatan yang diamati meliputi pertumbuhan tanaman fisiologi tanaman, senyawa bioaktif tanaman, lingkungan pertumbuhan tanaman.

**Tinggi tanaman (cm)**, pengukuran pertambahan tinggi tanaman dilakukan setiap dua minggu dengan cara mengukur dari pangkal sampai daun terpanjang sampai 32 MST

**Jumlah anakan tanaman** dihitung dengan menghitung anakan yang muncul dari indukan pada umur 32 MST.

**Bobot basah tajuk (g)** dilakukan dengan memotong tanaman bagian atas sampai batas leher akar kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik dan dilakukan pada saat panen.

**Bobot kering tajuk (g)**, dilakukan dengan mengeringkan tajuk segar menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 x 24jam kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Bobot basah akar (g)**, bobot basah akar diperoleh dengan memisahkan akar dari rimpang kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik.

**Bobot kering akar (g)**, dilakukan dengan mengeringkan akar segar menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 x 24jam kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Bobot basah rimpang jahe dan temulawak (g)**, pengamatan dilakukan pada umur 32 MST dengan membersihkan rimpang dan memisahkan akarnya, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik

**Bobot kering rimpang jahe dan temulawak (g)** diperoleh dengan mengiris rimpang setebal 5 mm setelah itu hasil irisan rimpang di oven dengan suhu 105°C selama 2 x 24 jam kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Luas daun (cm<sup>2</sup>)**, luas daun diperoleh dengan menggunakan aplikasi Image J dengan cara menyusun semua daun contoh di atas dasar berwarna putih kemudian difoto menggunakan kamera setelah diperoleh hasil foto, dihitung dengan menggunakan aplikasi luas daun Image J, dan mencatat data yang tertera pada layar aplikasi.

**Tebal daun (mm)**, dilakukan dengan cara mengiris sampel menggunakan mikrotom secara vertikal setebal 1 mm dan irisan tersebut diletakkan pada objek glass dan ditutup dengan cover glass dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x dan difoto hasil foto kemudian dihitung dengan menggunakan aplikasi Image J, kemudian mencatat data yang tertera pada layar aplikasi.

**Jumlah stomata (unit)**, dilakukan dengan mengambil daun yang diamati dan mengoleskan cat kuku pada permukaan bawah daun dengan jarak kurang lebih 2 cm x 2 cm. Kemudian mendiamkan hingga cat kuku mengering lalu



mengoleskan insulasi transparan pada permukaan daun yang sudah diolesi cat kuku menekan insulasi agar cat kuku menempel sempurna. Setelah itu isolasi yang tepat segera dilepaskan dari daunnya kemudian ditempelkan pada kaca objek dan diamati di bawah mikroskop menggunakan lensa objektif perbesaran 4x, 10x, dan 40x. Kemudian difoto, hasil dari foto dihitung dan mencatat jumlah stomata pada bidang pandang.

**Analisis kadar klorofil**, dilakukan dengan cara menghaluskan daun sebanyak 0,02 g daun kemudian ditambahkan Acetris 1 ml dan dimasukkan ke dalam Microtube 2 ml dan dilakukan sentrifugasi 14.000 rpm selama 10 detik. Mengambil 1 ml Supernatan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diisi dengan Acetris 1 ml dan kemudian tutup dengan kelereng. Kemudian dilakukan pengadukan agar Supernatan dan Acetris tercampur rata dengan menggunakan Vortex sehingga menjadi filtrate. Setelah itu filtrate diambil 1 ml dan diamati kandungan klorofilnya pada panjang gelombang 537 nm, 647 nm dan 663 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Larutan blangko sebagai acuan kalibrasi menggunakan Acetris sebagai pelarut Hasil pembacaan dari spektrofotometer kemudian digunakan untuk menghitung kandungan klorofil dengan menggunakan Rumus (Sims and Gamon 2002).

Penghitungan untuk kandungan Anthocyanin :

$$\text{Anthocyanin} = 0.08173 * A_{537} - 0.00697 * A_{647} - 0.002228 * A_{663}$$

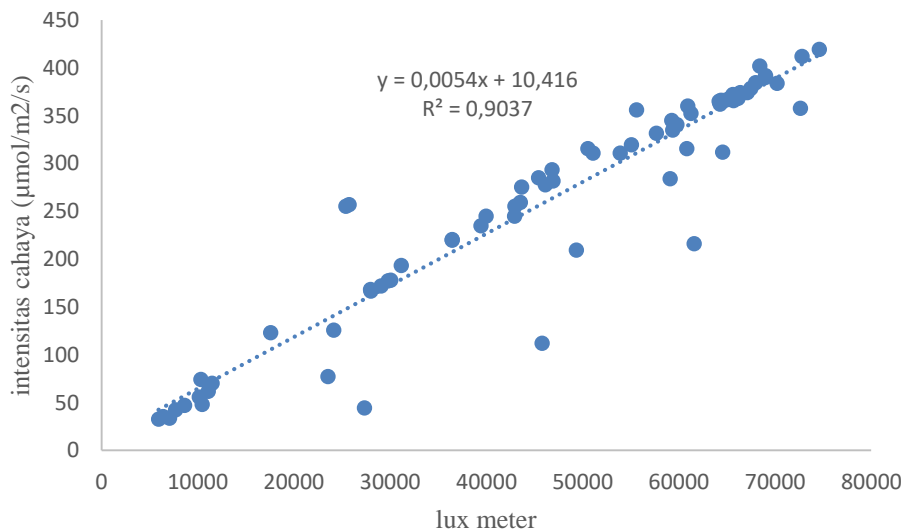
$$\text{Chl a} = 0.01373 * A_{663} - 0.000897 * A_{531} - 0.003046 * A_{641}$$

$$\text{Chl b} = 0.02405 * A_{647} - 0.004305 * A_{537} - 0.005507 * A_{663}$$

**Analisis Gingerol**, diperoleh dengan cara mencuci sampel hingga bersih, kemudian diiris tipis dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 5 jam. Setelah sampel kering kemudian dihaluskan. Sampel ditimbang seberat 50g kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan menambahkan 150 ml ethanol. Kemudian diaduk/shaker dengan kecepatan 3500 rpm selama 8 jam, menyaring larutan yang sudah dikocok dengan kertas saring. Setelah itu larutan yang sudah disaring disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Kemudian disaring kembali dengan kertas saring, hasilnya didestilasi dengan rotary evaporator. Sampel yang sudah didestilasi kemudian dikeringkan dengan menggunakan vakum konsentrat. Setelah itu menimbang sampel sebanyak 1 g, kemudian menambahkan methanol sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam vortex dan diinjeksikan ke dalam GCMS dan mencatat data yang diperoleh pada layar (Badan Litbang Pasca Panen).

**Analisis Xanthorizol**, diperoleh dengan mencuci sampel hingga bersih, kemudian diiris tipis dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 5 jam. Setelah sampel kering kemudian dihaluskan. Sampel ditimbang seberat 50 g kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan ditambahkan 100 ml methanol. Kemudian diaduk/shaker dengan kecepatan 3500 rpm selama 20 menit. Hasil dari pengadukan didiamkan selama 24 jam. Hasil yang sudah didiamkan kemudian dievaporasi pada suhu 50°C sehingga diperoleh ekstrak yang kental, kemudian mengambil filtrat dengan pipet, dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan menambahkan methanol. Kemudian filtrat disaring dengan kertas saring whatman dan dimasukkan ke tabung uji, selanjutnya diinjeksi kedalam GCMS. Kemudian mencatat data yang diperoleh (Badan Litbang Pasca Panen).

**Intensitas cahaya**, pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada fase pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman jahe. Alat yang digunakan adalah Lux meter UNI-T UT383, dengan cara mengarahkan sensor cahaya ketiga titik yang berbeda di areal percobaan setiap masing-masing ulangan, pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00. Hasil penangkapan cahaya pada layar alat kemudian dicatat. Data intensitas cahaya matahari yang didapatkan kemudian dihitung dan data digunakan untuk dikalibrasi dengan data yang diperoleh dari LI-250 Light meter dengan sensor quantum sehingga diperoleh persamaan  $y = 0,0054x + 10,416$ , dengan  $R^2 = 0,9037$ , dan dari persamaan tersebut maka akan diperoleh nilai intensitas cahaya.



Gambar 3.1 Regresi intensitas cahaya dan pengukuran tingkat cahaya matahari

Sedangkan untuk mendapatkan tingkat naungan di bawah tegakan kelapa sawit dengan rumus yaitu Tingkat naungan (%) = (Intensitas pada tanpa naungan,  $I_o$  (kontrol) - yang ternaung,  $I_i$ ):  $I_o \times 100$  %.

### 3.2.6 Analisis data

Analisis ragam dilakukan terhadap data yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh faktor. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan selanjutnya diuji dengan polynomial orthogonal dan uji korelasi (Gomez and Gomez 1995; Mattjik dan Sumertajaya 2002). Analisis dilakukan menggunakan program Minitab.

## 3.3 Hasil dan Pembahasan

### 3.3.1 Intensitas Cahaya pada Tingkat Naungan yang Berbeda

Hasil penelitian (Tabel 3.2) menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan paranet maka tingkat pencahayaan semakin rendah. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kerapatan paranet maka tingkat intensitas naungan semakin tinggi pula yang menyebabkan intensitas cahaya matahari yang masuk

semakin rendah. Hal ini berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe, temulawak dan kapulaga. Pada intensitas cahaya sebesar  $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  tanaman jahe, temulawak, dan kapulaga masih dapat melakukan metabolisme tanaman yang ditunjukkan oleh peubah yang ada.

Tabel 3.2 Intensitas cahaya dan tingkat intensitas naungan pada masing-masing perlakuan

Tingkat kerapatan paranet (%)	Tingkat pencahayaan (Lux)	Tingkat intensitas naungan (%)	Intensitas cahaya ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
0	105150	0	578
25	56710	47	317
50	33850	68	193
75	13820	87	85

### 3.3.2 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jahe

Berdasarkan hasil penelitian tingkat naungan terhadap pertumbuhan jahe menunjukkan hasil berpengaruh nyata secara linear pada tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, klorofil a, klorofil b, total klorofil, bobot basah rimpang dan berpengaruh nyata secara kuadrat pada jumlah anakan dan gingerol. Sementara tingkat naungan tidak berpengaruh nyata pada bobot kering akar, rasio klorofil ab, jumlah stomata, kerapatan stomata, tebal daun, bobot kering rimpang, antosianin dan karoten (Tabel 3.3).

#### *Tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun dan indeks luas daun*

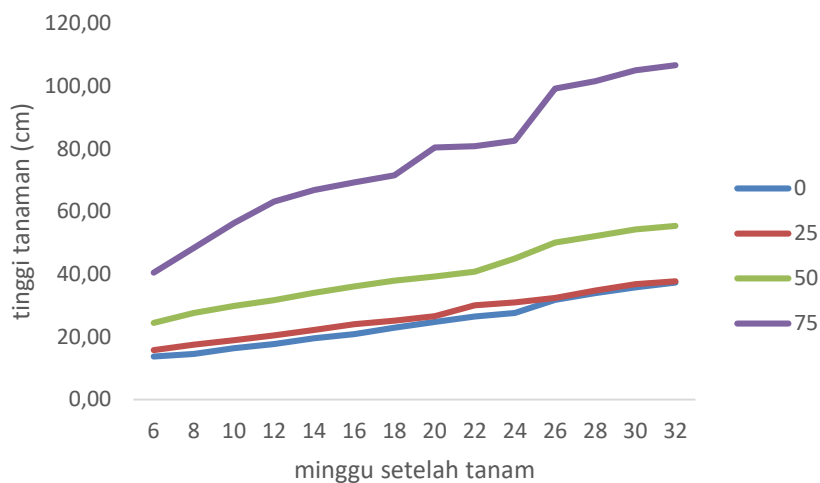
Tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun, dan indeks luas daun merupakan parameter penting dari pertumbuhan dan perkembangan umum suatu tanaman yang menunjukkan adaptasi dan kekuatan tanaman pada berbagai kondisi lingkungan. Berdasarkan grafik pertumbuhan tanaman (Gambar 3.2) menunjukkan bahwa nilai tinggi tanaman tertinggi terdapat pada tingkat naungan 75%. Hal ini diduga bahwa pada tingkat naungan yang lebih tinggi tanaman mengalami etiolasi, hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi kekurangan cahaya atau intensitas cahaya rendah menyebabkan etiolasi pada tanaman hal ini disebabkan adanya penumpukan hormon auksin yang terdapat di ujung atau pucuk (apikal) yang tidak terdegradasi oleh kondisi cahaya rendah (Gardner *et al.* 1991).

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linear terhadap tinggi tanaman, dengan persamaan regresi  $Y = 25,4 + 0,9027x$  dan nilai  $R^2 = 67\%$  sehingga dari persamaan ini tingkat naungan optimum belum diperoleh. Dari persamaan menunjukkan bahwa 67% keragaman tinggi tanaman per tanaman dapat dijelaskan oleh pengaruh tingkat naungan sedangkan 33% sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya. Ini mengindikasikan bahwa tingkat naungan adalah faktor penting yang memengaruhi tinggi tanaman, meskipun ada faktor lain yang juga berperan. Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 3.3) tinggi tanaman jahe masih dapat meningkat pada tingkat naungan yang lebih tinggi.

Tabel 3.3 Hasil anova pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe pada umur 32 MST

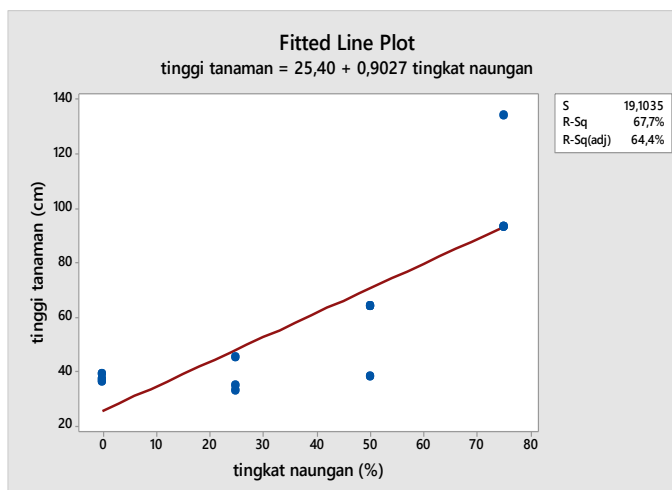
Peubah	Anova	KK
Tinggi tanaman (cm)	L **	24,7
Jumlah anakan (unit)	Q*	39,07
Luas daun (cm <sup>2</sup> )	L**	11,36
Indeks luas daun	L**	12,36
Bobot basah tajuk (g)	L*	71,8
Bobot kering tajuk (g)	L*	76,92
Bobot basah akar (g)	L*	42,77
Bobot kering akar (g)	tn	60,15
Klorofil a (mg g <sup>-1</sup> )	L*	28,35
Klorofil b (mg g <sup>-1</sup> )	L*	31,03
Total klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	L*	29,09
Rasio klorofil ab	tn	60,96
Jumlah stomata (buah)	tn	15,23
Kerapatan stomata (stomata/mm)	tn	15,25
Tebal daun (mm)	tn	11,64
Bobot basah rimpang (g)	L*	55,79
Bobot kering rimpang (g)	tn	55,84
Gingerol (mg g <sup>-1</sup> )	Q*	10,52
Antosianin (mg g <sup>-1</sup> )	tn	28,12
Karoten (mg g <sup>-1</sup> )	L*	31,73

Keterangan : L: Linier; Q: Quadratic, \*:berpengaruh nyata pada 5%, \*\*: berpengaruh sangat nyata pada 1%, KK : Koefesin keragaman



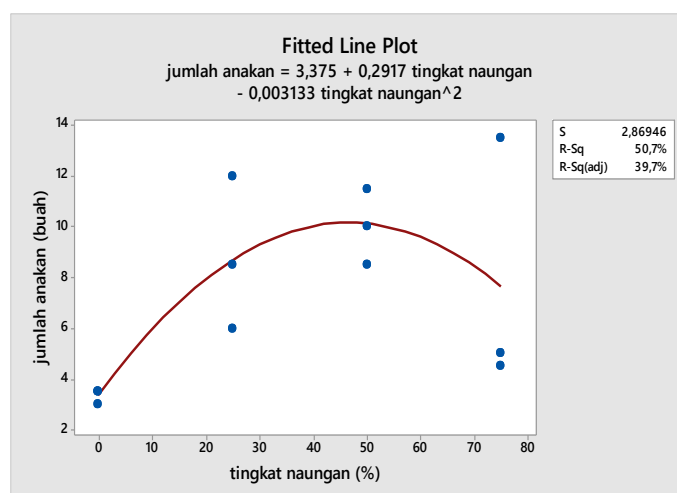
Gambar 3.2 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman jahe





Gambar 3.3 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman jahe

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap jumlah anakan dengan persamaan regresi  $Y = 3,375 + 0,2917x - 0,003133 x^2$  dan nilai  $R^2 = 50,7\%$ , sebanyak 50,7% keragaman jumlah anakan per tanaman dipengaruhi oleh tingkat naungan, dan 49,3% dipengaruhi oleh faktor lain di luar perlakuan dan diperoleh jumlah anakan sebanyak 10,16 buah pada tingkat naungan sebesar 46,55% (Gambar 3.4). Berdasarkan hasil analisis jumlah anakan semakin menurun dengan semakin tingginya tingkat naungan. Sejalan dengan hasil penelitian Edvanido (2023) pada tanaman kunyit terdapat penurunan persentase jumlah anakan pada tanaman kunyit berkisar antara 59,1%-84,8%, jumlah anakan yang diberi naungan lebih sedikit dibandingkan tanaman yang tidak diberi naungan. Hal ini diduga karena terdapat faktor lain selain cahaya yang dapat memengaruhi jumlah anakan tanaman, seperti suhu lingkungan, hormon pertumbuhan, kandungan air dan unsur hara (Anni *et al.* 2013). Selain itu, faktor internal seperti umur tanaman dan faktor genetik juga dapat memengaruhi pembentukan anakan (Beneš 2012).

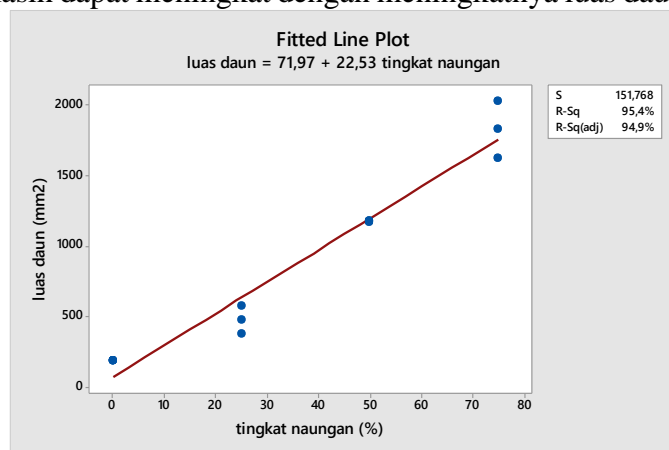


Gambar 3.4 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan jahe



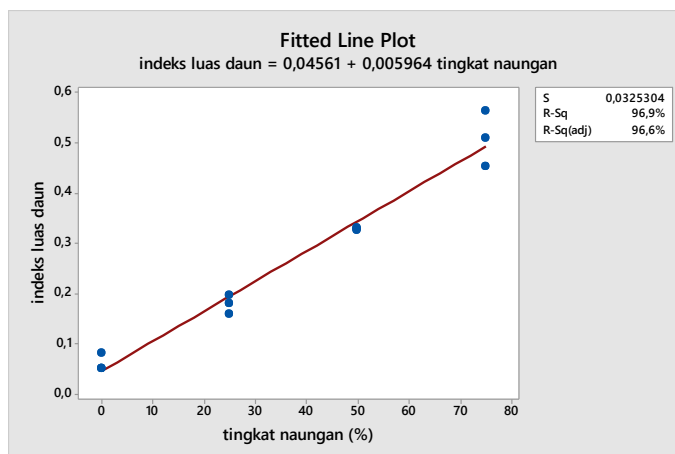
Luas daun merupakan salah satu faktor utama yang diamati didasarkan atas fungsinya sebagai penerima cahaya dan alat fotosintesis. Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap luas daun, dengan persamaan regresi  $Y = 71,97 + 22,53x$  dan  $R^2 = 95,4\%$ , yang berarti luas daun akan terus bertambah dengan meningkatnya intensitas naungan. Nilai  $R^2 = 95,4\%$  menunjukkan variasi dalam luas daun yang dipengaruhi oleh tingkat naungan. Ini mengindikasikan bahwa tingkat naungan adalah faktor yang sangat penting dan dominan dalam memengaruhi luas daun (Gambar 3.5). Pemberian naungan menyebabkan luas daun akan lebih besar dibandingkan tanpa naungan. Hal ini dikarenakan daun tanaman yang ternaungi mengalami perubahan morfologi organ daun sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap kondisi cahaya rendah. Salah satu bentuk adaptasi morfologi daun adalah dengan membuat daun menjadi lebih lebar dan tipis (Sopandie, 2013). Bagian sel tanaman yang tidak terkena cahaya akan cenderung lebih besar ukurannya jika dibanding dengan sel yang terdapat pada bagian tanaman yang terpapar cahaya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi intensitas cahaya maka akan menyebabkan luas daun tanaman cenderung semakin sempit (Kesumawati *et al.* 2020). Daun yang lebar dan tipis digunakan untuk memaksimalkan penyerapan cahaya dalam proses fotosintesis. Struktur lapisan sel palisade dan mesofil berkurang pada daun yang dinaungi. Penelitian lain pada tanaman *Vitis vinifera* menunjukkan bahwa luas daun akan meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan (Qiu *et al.* 2018).

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap indeks luas daun, dengan persamaan regresi  $y = 0,04561 + 0,005964x$  dan  $R^2 = 96,9\%$  sehingga diperoleh indeks luas daun sebesar 0,49 dengan intensitas naungan maksimum (75%). Berdasarkan persamaan diperoleh  $R^2 = 95,4\%$  hal ini menunjukkan bahwa bahwa tingkat naungan adalah faktor yang sangat penting dan dominan dalam mempengaruhi indeks luas daun, dengan sedikit variasi yang disebabkan oleh faktor lain. Tanaman masih dapat tumbuh pada intensitas cahaya yang lebih rendah dan indeks luas daun tanaman masih dapat meningkat dengan meningkatnya luas daun (Gambar 3.6).



Gambar 3.5 Pengaruh tingkat naungan terhadap luas daun jahe

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



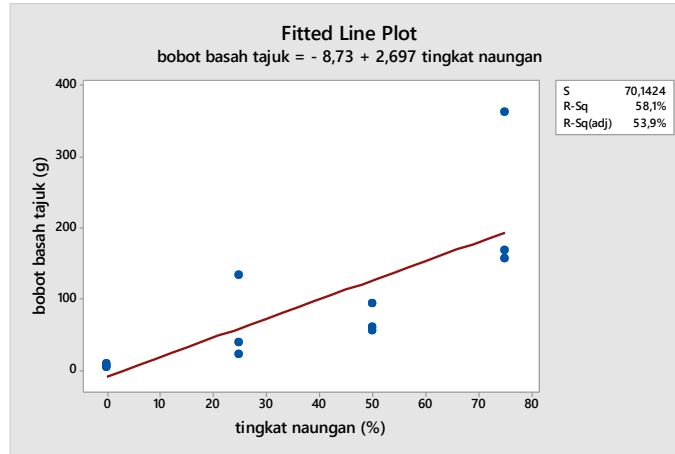
Gambar 3.6 Pengaruh tingkat naungan terhadap indeks luas daun jahe

Ketebalan kanopi dapat dinilai dari indeks luas daun (ILD) yang menunjukkan luas permukaan daun yang menutupi satu satuan luas tanah (Atwell *et al.* 1999). Pertambahan indeks luas daun dan penutupan kanopi ini memberikan pengaruh positif pada kemampuan penyerapan radiasi cahaya matahari (Zhou *et al.* 2020), yang pada akhirnya dapat meningkatkan kapasitas fotosintesis dan pembentukan asimilat bagi tanaman. Luas daun yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan akumulasi biomasa.

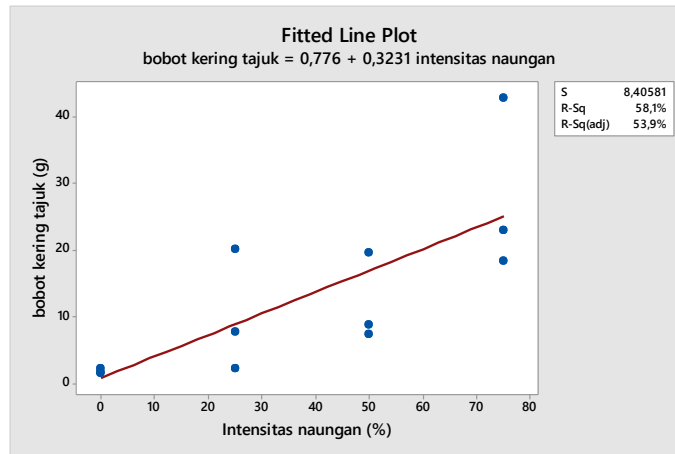
### **Bobot tajuk dan akar**

Komponen biomassa tanaman yang diamati adalah bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk serta bobot basah akar, dan bobot kering akar per tanaman. Biomassa tanaman menggambarkan total material atau bobot kering dari suatu organisme. Berdasarkan uji polinomial ortogonal, intensitas naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap bobot basah tajuk (g), dengan persamaan regresi  $y = 8,73 + 2,697x$  dan  $R^2 = 58\%$ , bobot basah tajuk masih bisa meningkat sejalan dengan meningkatnya tingkat naungan yang diberikan (Gambar 3.7). Nilai  $R^2 = 58\%$  menunjukkan bahwa sebanyak 58% dari bobot basah tajuk dipengaruhi oleh tingkat naungan. Tinggi atau rendahnya peubah tinggi tanaman dan jumlah daun juga memengaruhi bobot biomassa tanaman. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa tanaman kolesom yang ternaungi memiliki bobot basah pucuk kolesom lebih tinggi dibandingkan kolesom yang tidak ternaungi pada umur 8 MST (Ekawati 2018).

Berdasarkan uji polinomial ortogonal intensitas, naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap bobot kering tajuk (g), dengan persamaan regresi  $Y = 0,766 + 0,3231x$  dan  $R^2 = 58\%$ , tanaman menghasilkan bobot kering tajuk yang tinggi pada intensitas cahaya yang lebih rendah dan masih dapat meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan, demikian pula dengan bobot kering tajuk sebanyak 58% dipengaruhi oleh faktor tingkat naungan dan 42% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain (Gambar 3.8). Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap bobot basah akar (g), dengan persamaan regresi  $Y = 7,456 + 0,1913x$  dan  $R^2 = 43\%$  (Gambar 3.9).



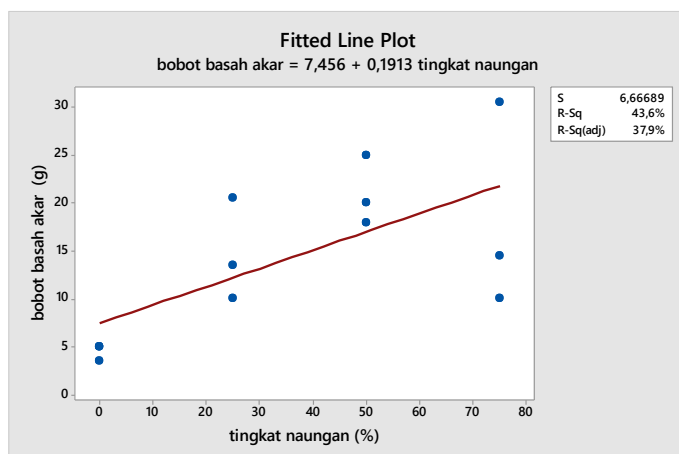
Gambar 3.7 Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah tajuk jahe



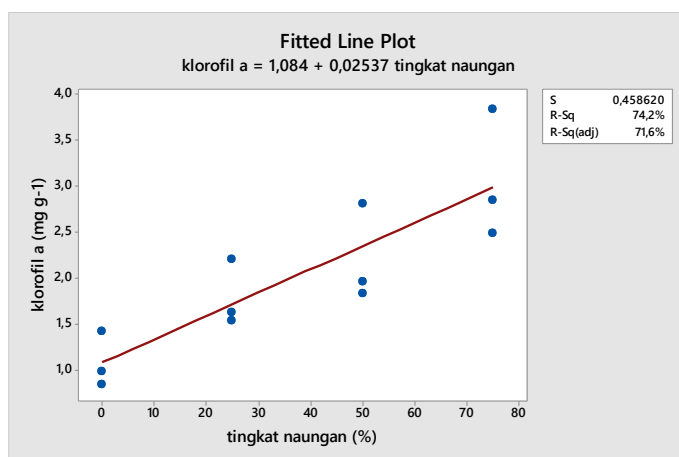
Gambar 3.8 Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot kering tajuk jahe

### **Klorofil a, klorofil b, total klorofil, rasio klorofil a/b, karoten**

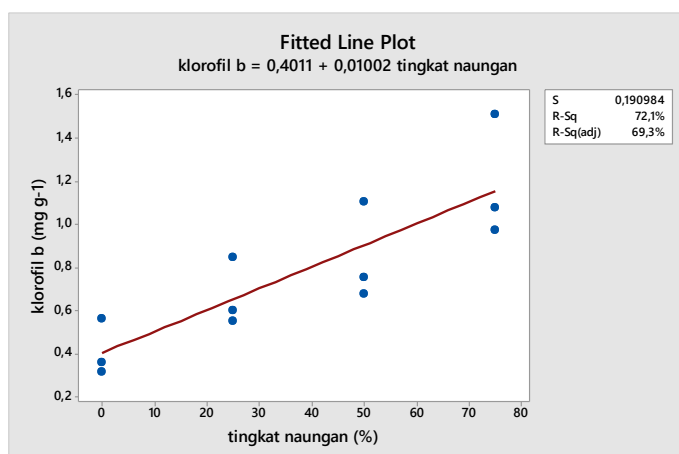
Berdasarkan uji polinomial ortogonal, intensitas naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap klorofil a ( $\text{mg g}^{-1}$ ), dengan persamaan regresi  $y = 1,084 + 0,02537x$  dan  $R^2 = 58\%$  (Gambar 3.10). Peubah klorofil b memberikan respons nyata secara linier dengan persamaan regresi  $y = 0,4011 + 0,01002x$  dan  $R^2 = 72,1\%$  (Gambar 3.11). Pada peubah total klorofil memberikan respons secara linier dengan persamaan regresi  $y = 1,084 + 0,02537x$  dengan  $R^2$  sebesar  $74,2\%$  (Gambar 3.12). Dari hasil data tersebut terlihat semakin meningkat intensitas naungan maka akan semakin meningkat nilai klorofil a, klorofil b dan total klorofil. Nilai klorofil a dan b serta total klorofil yang tinggi menunjukkan bahwa tanaman melakukan adaptasi dengan meningkatkan jumlahnya, yang ditunjukkan dengan semakin meningkat tingkat naungan maka semakin tinggi nilai klorofil a, b dan total klorofilnya. Menurut Levitt (1980), tanaman melakukan adaptasi atau penghindaran terhadap cekaman naungan dengan cara meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya tiap unit area fotosintetik dengan semakin tinggi tingkat naungan yang diberikan dengan cara meningkatkan jumlah klorofil per unit luas daun dan rasio klorofil a/b. Hasil penelitian Wulandari *et al.* (2016) menunjukkan bahwa perbedaan naungan dapat menurunkan kandungan klorofil tanaman kangkung darat.



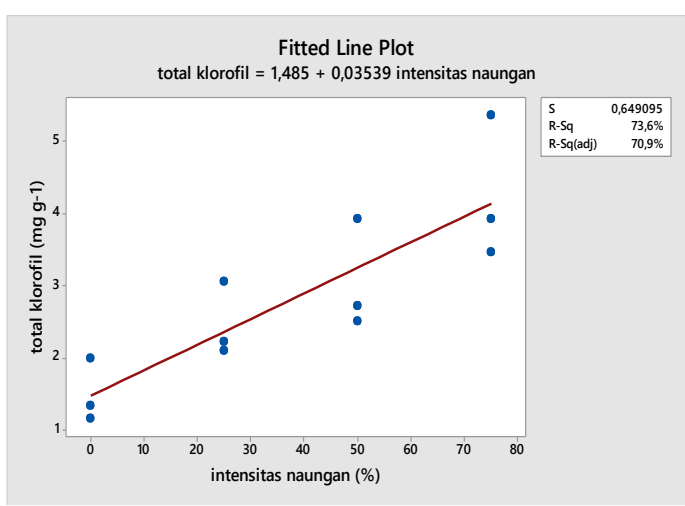
Gambar 3.9 Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah akar jahe



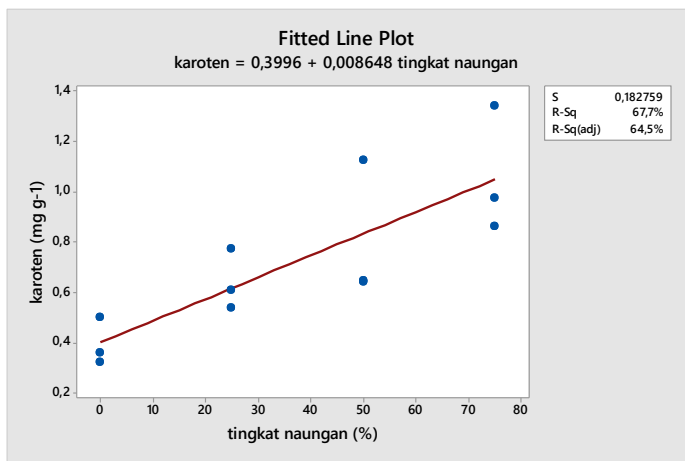
Gambar 3.10 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a jahe



Gambar 3.11 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b jahe



Gambar 3.12 Pengaruh tingkat naungan terhadap total klorofil jahe



Gambar 3.13 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan karoten jahe

Berdasarkan uji polinomial ortogonal intensitas naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap karoten ( $\text{mg g}^{-1}$ ), dengan persamaan regresi  $y = 0,3996 + 0,008648x$  dan  $R^2 = 67,7\%$  (Gambar 3.13). Tingkat naungan yang semakin tinggi meningkatkan kadar karoten tanaman jahe. Hasil percobaan ini sejalan dengan penelitian Hartoyo *et al.* (2014) bahwa kandungan karoten meningkat pada kedelai toleran naungan yang ditanam di bawah tegakan sengon umur 4 tahun. Pada *Salvia officinalis* kandungan karotenoid tertinggi terdapat pada tingkat naungan 70%. (Rezai *et al.* 2017). Pada lingkungan dengan cahaya rendah, karotenoid berperan penting dalam penyerapan cahaya dan transfernya ke klorofil (Taiz dan Zeiger 2002).

**Jumlah stomata, kerapatan stomata, dan tebal daun**

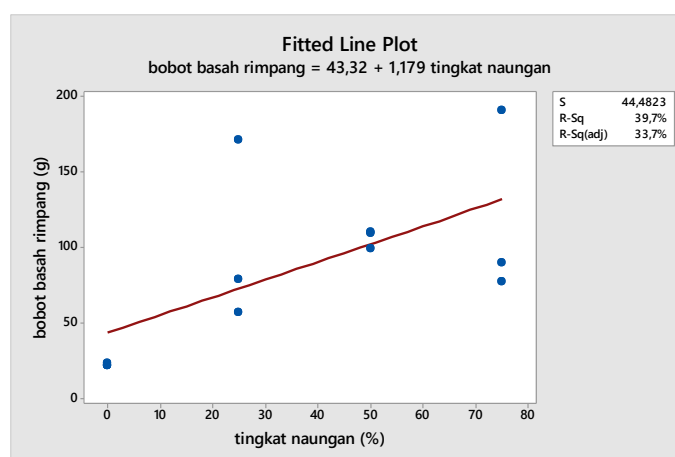
Berdasarkan hasil penelitian, intensitas naungan tidak berpengaruh nyata terhadap peubah jumlah stomata, kerapatan stomata, dan tebal daun jahe (Tabel 3.3). Hal ini diduga tanaman dapat beradaptasi pada keadaan ternaung. Respons tanaman dari faktor lingkungan terlihat pada karakter anatomi dari

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.

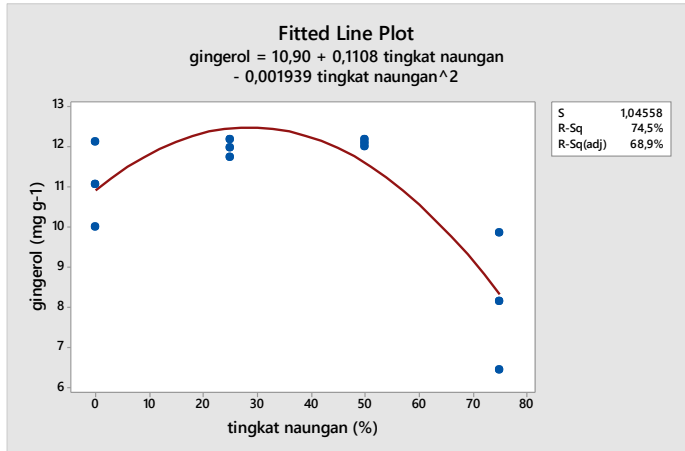
tanaman. Menurut Hayanti (2010), jumlah stomata pada perlakuan tanpa naungan lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan naungan. Hal ini diduga dengan adanya naungan antara fase daerah minimal dan fase daerah maksimal penerimaan cahaya dalam kloroplas berbeda pada daun tanaman tanpa naungan dan tempat panas. sehingga jumlah atau distribusi stomata pada daun semakin meningkat. Penelitian Idris (2019) pada *Mikania micrantha*, *Tridax procumbens*, *Clidemia hirta* and *Centella asiatica* yang diteliti, kepadatan stomata spesies yang terkena sinar matahari lebih tinggi dibandingkan spesies yang terkena naungan. Proses fotosintesis dapat terjadi karena adanya CO<sub>2</sub> yang masuk ke dalam daun melalui stomata. Stomata celah di antara epidermis daun yang diapit oleh dua sel epidermis khusus yang disebut sel penutup. Kerapatan dan jumlah stomata yang tinggi merupakan proses adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan (Karubuy *et al.* 2018). Tingkat kerapatan dan jumlah stomata dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, suhu dan kelembaban. Intensitas cahaya matahari yang rendah dapat menurunkan fungsi stomata pada tanaman (Yunus *et al.* 2015).

### **Bobot basah rimpang, bobot kering rimpang, dan kandungan gingerol**

Berdasarkan uji polinomial ortogonal, tingkat naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap bobot basah rimpang, dengan persamaan regresi  $y = 43,32 + 1,179x$  dan  $R^2 = 32,7\%$  (Gambar 3.14). Dari persamaan regresi diperoleh model memiliki kemampuan yang cukup rendah dalam menjelaskan variasi dalam bobot basah rimpang, ini berarti bahwa tingkat naungan hanya menjelaskan sebagian kecil dari variasi dalam bobot basah rimpang. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat naungan bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi bobot basah rimpang, dan diduga ada faktor lain yang juga berperan. Berdasarkan uji polinomial orthogonal hal ini menunjukkan potensi perlakuan naungan dapat meningkatkan produktivitas tanaman jahe, dengan harapan juga dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang lebih tinggi. Menurut penelitian dari Wahyuni *et al.* (2013), perlakuan naungan dapat memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan tanpa naungan pada tanaman jahe, dikarenakan naungan dapat menaikkan suhu dan kelembaban di area penanaman. Budidaya tanaman jahe perlu menggunakan tanaman pelindung untuk menjaga kelembaban udara di area tanaman jahe, suhu optimum untuk tanaman jahe antara 20-25°C.



Gambar 3.14 Pengaruh tingkat naungan terhadap bobot basah rimpang jahe



Gambar 3.15 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan gingerol

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap kandungan gingerol (%), dengan persamaan regresi  $y = 10,90 + 0,1108x - 0,001939x^2$  dan  $R^2 = 74,5\%$  diperoleh kandungan gingerol sebesar  $12,48 \text{ mg g}^{-1}$  pada tingkat naungan optimum sebesar  $28,57\%$  (Gambar 3.14). Hasil gingerol per bobot kering sebesar  $12,48 \text{ mg g}^{-1}$  menunjukkan hasil yang relatif tinggi. Hasil penelitian Puengphian dan Sirichote (2008) menunjukkan bahwa kandungan [6]-gingerol dengan basis data menggunakan bobot basah dan bobot kering rimpang menghasilkan  $21,15 \text{ mg g}^{-1}$  dari bobot basah jahe dan  $18,81 \text{ mg g}^{-1}$  dari bobot kering jahe. Penelitian Suhaimi *et al.* (2018) menghasilkan kandungan gingerol sebesar  $0,236 \text{ mg g}^{-1}$  per berat kering yang dipanen pada bulan ke 8 dengan perlakuan pemberian sabut halus.

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 3.14) di atas tingkat naungan sebesar  $28,57\%$  maka semakin kecil kandungan gingerol. Menurut penelitian Edvanido *et al.* (2023) jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit umur 5, 10, 15, dan 20 tahun mengandung senyawa polar yang sama ada pada setiap umur kelapa sawit yaitu senyawa 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester dan Gingerol, dan memiliki persentase oleoresin tertinggi pada tanaman jahe di bawah tegakan umur kelapa sawit 10 tahun.

### 3.3.3 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Temulawak

Berdasarkan hasil penelitian tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan hasil temulawak (Tabel 3.4) menunjukkan berpengaruh nyata secara linear pada jumlah anakan, rasio klorofil ab, berpengaruh sangat nyata secara linier pada klorofil a, klorofil b, total klorofil, karoten, dan tebal daun dan berpengaruh sangat nyata secara kuadratik kandungan xanthorhizol. Sedangkan tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, bobot kering akar, jumlah stomata, kerapatan stomata, bobot basah rimpang, bobot kering rimpang, dan antosianin.

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



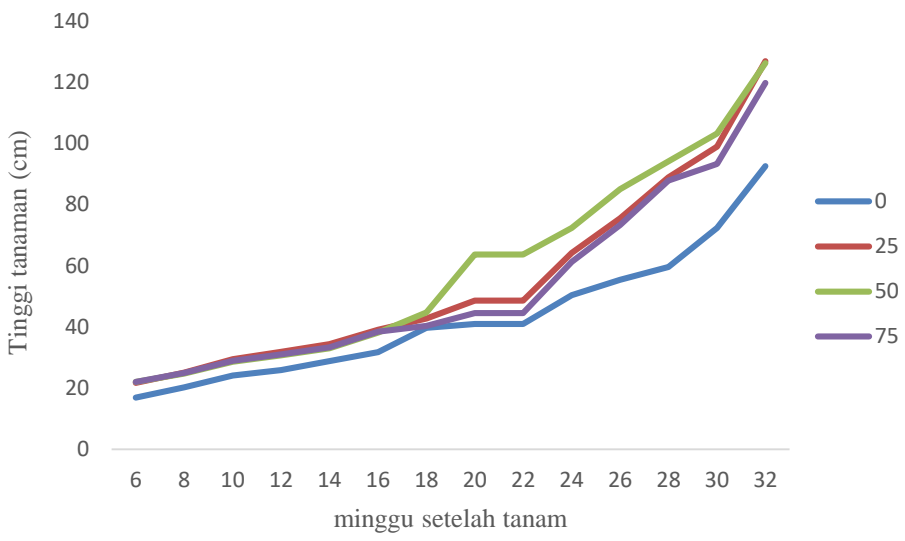
Tabel 3.4 Hasil sidik ragam pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman temulawak pada umur 32 MST

Peubah	Sidik ragam	KK
Tinggi tanaman (cm)	tn	23,2
Jumlah anakan (unit)	*L	91,39
Luas daun (cm <sup>2</sup> )	tn	61,72
Indeks luas daun	tn	61,31
Bobot basah tajuk (g)	tn	60,08
Bobot kering tajuk (g)	tn	54,68
Bobot basah akar (g)	tn	53,6
Bobot kering akar (g)	tn	65,94
Klorofil a (mg g <sup>-1</sup> )	**L	13,92
Klorofil b (mg g <sup>-1</sup> )	**L	11,99
Total klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	**L	12,7
Rasio klorofil ab	*L	8,98
Jumlah stomata (buah)	tn	13,05
Kerapatan stomata (mm)	tn	13,09
Tebal daun (mm)	**L	13,06
Bobot basah rimpang (g)	tn	75,03
Bobot kering rimpang (g)	tn	70,05
Xanthorizhol (mg g <sup>-1</sup> )	**Q	29,3
Antosianin (mg g <sup>-1</sup> )	tn	60,68
Karoten (mg g <sup>-1</sup> )	**L	17,78

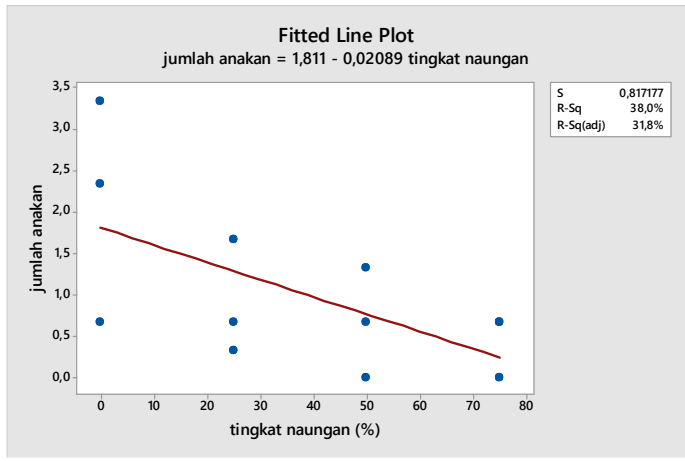
Keterangan : L: Linier; Q: Quadratic, \*:berpengaruh nyata pada 5%, \*\*: berpengaruh sangat nyata pada 1%; KK: Koefisien Keragaman

### ***Tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun dan indeks luas daun***

Berdasarkan hasil penelitian pada tanaman temulawak, tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan. Pada tanaman temulawak tidak berbeda nyata antar perlakuan hal ini diduga bahwa pada tingkat naungan rendah dan tingkat naungan tinggi tanaman masih dapat melakukan metabolisme. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman dapat beradaptasi pada intensitas cahaya rendah. Pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 3.16) menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi tingkat naungan terjadi peningkatan pada tinggi tanaman temulawak. Hal ini diduga bahwa pada naungan 75% tanaman mengalami etiolasi, hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi kekurangan cahaya atau intensitas cahaya rendah menyebabkan etiolasi pada tanaman hal ini disebabkan adanya penumpukan hormon auksin yang terdapat di ujung atau pucuk (apikal) yang tidak terdegradasi oleh kondisi cahaya rendah karena naungan meningkatkan tinggi tanaman sebagai akibat dari aktivitas hormon auksin.



Gambar 3.16 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman temulawak



Gambar 3.17 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan temulawak

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linear terhadap jumlah anakan dengan persamaan regresi  $Y = 1,811 - 0,02089x$  dan nilai  $R^2 = 38\%$  (Gambar 3.16). Semakin tinggi tingkat naungan semakin menurun jumlah anakan, diduga tanaman menyalurkan hasil fotosintesis ke tinggi tanaman dan luas daun sehingga anakan yang terbentuk sedikit. Intensitas cahaya rendah dapat menyebabkan akumulasi auksin, hormon yang mengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Auksin yang tinggi dapat menghambat pembentukan anakan dan mendorong pertumbuhan batang utama. Peningkatan naungan dapat menurunkan jumlah anakan pertanaman. Menurut Ratri *et al.* (2015) bahwa jumlah anakan akan meningkat dengan bertambahnya cahaya yang diterima.

Berdasarkan hasil penelitian, tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun dan indeks luas daun (Tabel 3.4). Daun adalah faktor utama yang diamati didasarkan atas fungsinya sebagai penerima cahaya dan alat fotosintesis. Meskipun tingkat naungan yang diberikan tidak berpengaruh nyata memberikan peningkatan terhadap luas daun dan indeks luas daun tetapi

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.

diduga bahwa tanaman temulawak dapat beradaptasi baik pada kondisi ternaungi.

### **Bobot tajuk dan akar**

Tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk serta bobot basah akar, dan bobot kering akar tanaman temulawak (Tabel 3.4). Tinggi atau rendahnya pada peubah tinggi tanaman dan jumlah daun juga memengaruhi bobot biomassa tanaman. Tanaman memiliki mekanisme adaptasi untuk mempertahankan pertumbuhan yang stabil di bawah kondisi cahaya yang berbeda. Mekanisme ini termasuk penyesuaian morfologi, efisiensi fotosintesis, penggunaan nutrisi dan air, regulasi hormon, dan faktor genetik, adaptasi tanaman ini bisa berkontribusi pada stabilitas bobot basah dan kering tajuk, meskipun pada intensitas cahaya berbeda. Penelitian Nihayati *et al.* (2021) hasil bobot kering tajuk tanaman menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 50 cm x 30 cm pada temulawak yang ditanam di bawah jati umur 17 tahun (60% intensitas cahaya) menghasilkan bobot kering tajuk yang lebih rendah. Hasil penelitian Ekawati *et al.* (2010) menunjukkan bahwa naungan dengan kisaran intensitas cahaya 90.23-272.85 Watt m<sup>2</sup> meningkatkan bobot basah total per tanaman daun ginseng.

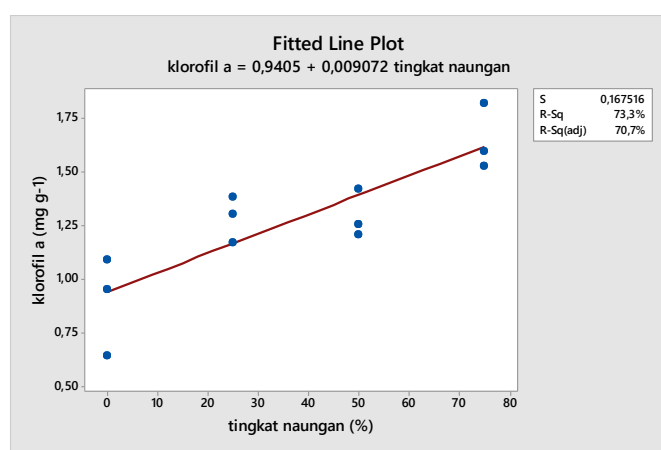
### **Klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan rasio klorofil a/b**

Peranan klorofil sebagai pigmen pemanen cahaya sangat diperlukan pada intensitas cahaya rendah dalam melaksanakan proses fotosintesis. Tingkat naungan yang diberikan memengaruhi klorofil a dan klorofil b, tetapi tidak berpengaruh nyata pada rasio klorofil a/b dan total klorofil pada temulawak (Tabel 3.4).

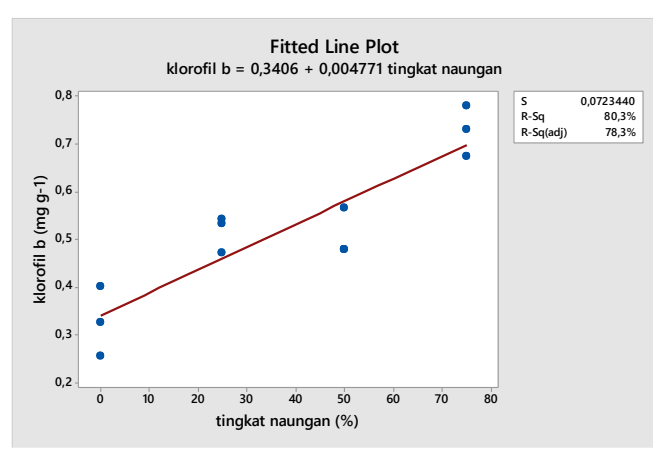
Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh sangat nyata secara linier terhadap klorofil a, dengan persamaan regresi  $y = 0,9306 + 0,01026x$  dan  $R^2 = 73\%$ , tanaman menghasilkan klorofil a yang tinggi pada intensitas cahaya yang lebih rendah dan masih dapat meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan (Gambar 3.18). Peubah klorofil b memberikan respons secara linier terhadap tingkat naungan dengan persamaan regresi  $y = 0,3488 + 0,003777x$  dan  $R^2 = 80,3\%$  (Gambar 3.19). Pada peubah total klorofil memberikan respons secara linier terhadap tingkat naungan dengan persamaan regresi  $y = 1,281 + 0,01384x$  dan  $R^2 = 77,5\%$  (Gambar 3.20). Penelitian Murwani (2024) menunjukkan bahwa perlakuan naungan tidak memengaruhi kandungan klorofil secara signifikan, namun peningkatan kandungan klorofil daun *C. xanthorrhiza* berbanding lurus dengan peningkatan tingkat naungan. Hasil penelitian lain (Thilmony *et al.* 2009) menunjukkan bahwa pada kondisi naungan sedang menurunkan jumlah cahaya yang sampai pada permukaan daun, dimana penurunan cahaya sampai taraf tertentu yaitu 50%, pada daun padi mempunyai jumlah klorofil yang lebih banyak dibandingkan 0%. Menurut (Hermann and Garcés 2013), padi yang mempunyai kandungan klorofil yang meningkat dalam kondisi ternaungi dapat dijadikan indikator sebagai padi tahan naungan.



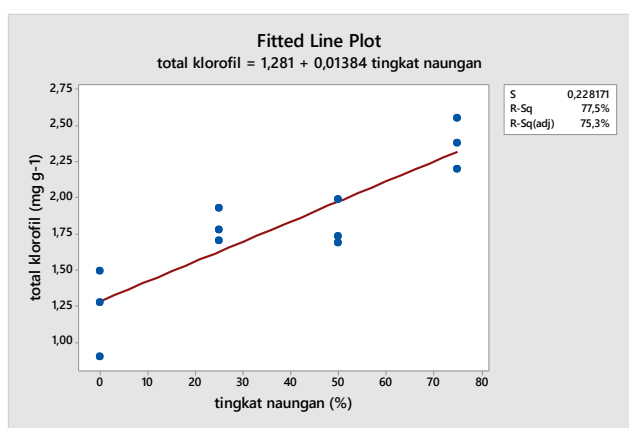
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b.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



Gambar 3.18 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a temulawak



Gambar 3.19 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b temulawak

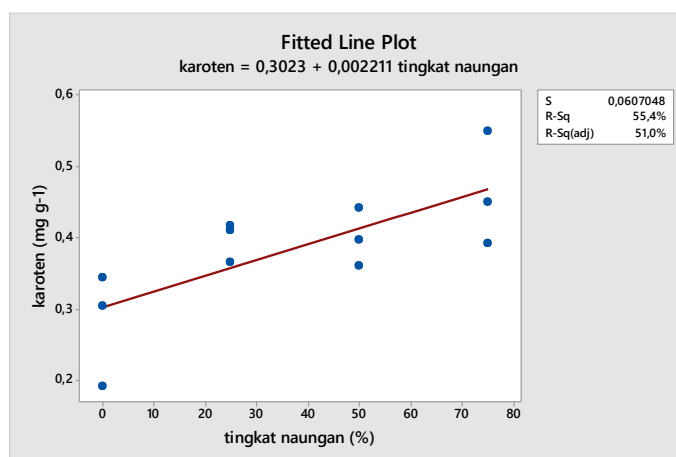


Gambar 3.20 Pengaruh tingkat naungan terhadap total klorofil temulawak

**Antosianin dan karoten tanaman temulawak**

Berdasarkan hasil analisis data fisiologis tanaman temulawak tingkat naungan berpengaruh nyata terhadap kadar karoten tetapi tidak berpengaruh nyata pada kadar antosianin (Tabel 3.4). Hasil uji polinomial orthogonal

intensitas naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap kadar karoten, dengan persamaan regresi  $y = 0,3023 + 0,0022x$  dan  $R^2=55,4\%$  (Gambar 3.21). Semakin tinggi persentase tingkat naungan maka meningkatkan kadar karoten tanaman temulawak. Karotenoid (karoten dan xantofil) merupakan pigmen aksesori, berfungsi sebagai *photo protectors*, dan membantu klorofil menyerap dan mentransfer cahaya ke pusat reaksi melalui klorofil b. Karotenoid meningkat pada intensitas cahaya rendah karena perannya dalam melindungi tanaman dari stres oksidatif. Pada kondisi cahaya rendah, karotenoid membantu mengoptimalkan penyerapan cahaya dan melindungi klorofil dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas dan berfungsi dalam fotosintesis sebagai pigmen penangkap cahaya tambahan, sehingga meningkatkan efisiensi fotosintesis di bawah intensitas cahaya yang terbatas



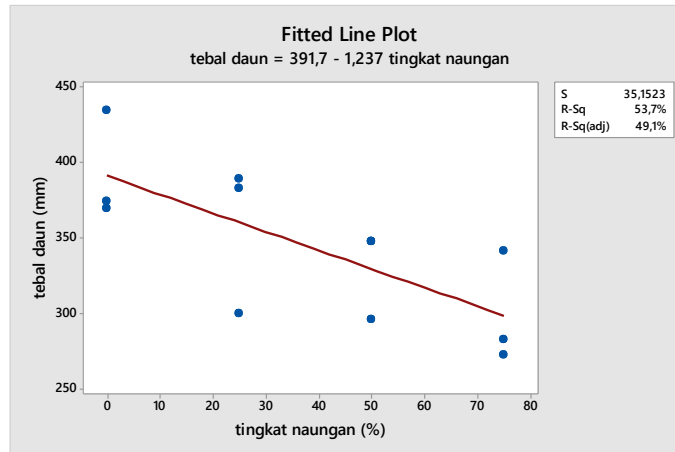
Gambar 3.21 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan karoten temulawak

### ***Jumlah stomata, kerapatan stomata, tebal daun tanaman temulawak***

Tingkat naungan tidak berpengaruh nyata pada peubah jumlah stomata dan kerapatan stomata tanaman temulawak, tetapi berpengaruh nyata pada tebal daun temulawak (Tabel 3.4). Hal ini diduga tanaman dapat beradaptasi pada keadaan ternaung. Respons tanaman dari faktor lingkungan terlihat pada karakter anatomi dari tanaman. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018) pada tanaman kapulaga yang ditanam di bawah naungan 75%, memiliki laju fotosintesis bersih dan konduktansi stomata tertinggi, dan menurun pada naungan 50% dan kondisi terbuka.

Berdasarkan uji polinomial ortogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara linier terhadap tebal daun, dengan persamaan regresi  $y = 391,7 - 1,237x$  dan  $R^2 = 53,7\%$  dari persamaan regresi tersebut diperoleh hasil bahwa tanaman memiliki tebal daun rendah pada intensitas cahaya yang lebih rendah (Gambar 3.22). Tanaman yang tumbuh pada lingkungan berintensitas cahaya rendah memiliki daun berukuran lebih besar, lebih tipis dan ukuran stomata lebih besar, sel epidermis tipis, tetapi jumlah daun lebih sedikit, ruang antar sel lebih banyak (Fahn 1992). Pada tanaman pegagan, semakin tinggi tingkat naungan yang diberikan maka daun menjadi semakin tipis. Penipisan daun terjadi karena

adanya pengurangan jumlah lapisan palisade dan sel-sel mesofil. Daun di bawah naungan 55% memiliki 2 lapis jaringan palisade, sedangkan pada naungan yang lebih tinggi yaitu 65% hanya terdapat antara 1-2 lapis jaringan palisade. Daun yang tipis dimaksudkan agar lebih banyak radiasi matahari yang diteruskan ke bawah sehingga distribusi cahaya merata sampai pada bagian daun bagian bawah (Musyarofah *et al.* 2007).



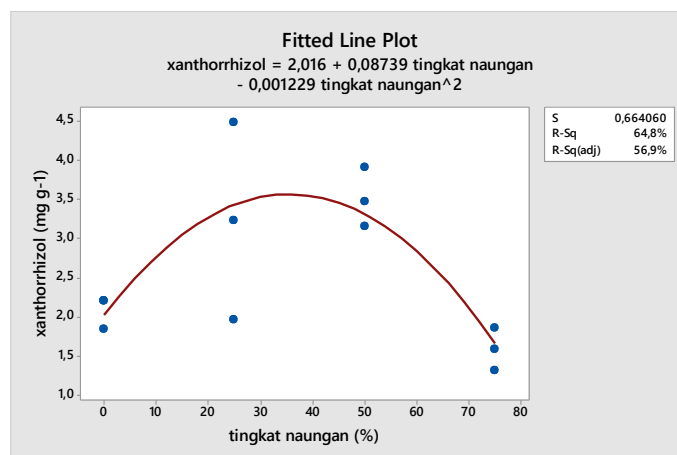
Gambar 3.22 Pengaruh tingkat naungan tebal daun temulawak

### **Bobot basah rimpang, bobot kering rimpang dan xanthorrhizol**

Tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah rimpang dan bobot kering rimpang pada tanaman temulawak, tetapi berpengaruh nyata pada kandungan xanthorrhizol (Tabel 3.4). Hasil penelitian lain pada tanaman temulawak menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam di bawah tegakan kelapa mempunyai pertumbuhan vegetatif, generatif, dan mutu hasil yang sama pada semua intensitas cahaya kecuali pada bobot basah rimpang (Ferry *et al.* 2009). Hasil penelitian Sholihah *et al.* (2022) tanaman temulawak yang ditanam di bawah tegakan jati dengan pemberian kombinasi pupuk kandang 10 ha<sup>-1</sup> dan 15 ha<sup>-1</sup> dan pupuk belerang 40 kg ha<sup>-1</sup> menghasilkan bobot basah rimpang per rumpun tertinggi, kandungan kurkumin tinggi dan aktivitas antioksidan rimpang tertinggi. Hasil penelitian Ferreira (2016) menunjukkan bahwa temulawak yang diberi naungan 50% dan 30% memberikan hasil rimpang yang lebih tinggi dibandingkan dengan naungan 70%.

Berdasarkan uji polinomial orthogonal peubah xanthorrhizol memberikan respons secara kuadrat terhadap tingkat naungan dengan persamaan regresi  $y = 2,016 + 0,08739x - 0,001229x^2$  dan  $R^2 = 64,8\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa tingkat naungan 35,5% menghasilkan kandungan xanthorrhizol sebesar 3,56 mg g<sup>-1</sup> apabila dikonversikan ke dalam persen terdapat 3,56% dari per gram bobot kering rimpang temulawak (Gambar 3.23). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman temulawak dapat ditanam di bawah naungan dengan intensitas 35,5%. Hasil penelitian Nurholis *et al.* (2012) produktivitas xanthorizol tiga nomor harapan temulawak di tiga lokasi penelitian berkisar 0,102- 0,157 g tanaman<sup>-1</sup>. Kandungan xanthorizol sebesar 3,56 mg g<sup>-1</sup> masih dapat dikatakan memiliki nilai yang tinggi. Penelitian Faiza *et al.* (2017) pada pola tanam tumpang sari temulawak dengan jagung yang dipanen pada umur 9 bst,

diperoleh kadar xanthorrhizol sebesar 5,71%. Hasil penelitian Nihayati *et al.* (2021) kualitas (tingkat aktivitas antioksidan) temulawak yang optimum didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah naungan jati umur 17 tahun dengan jarak tanam 50 cm x 20 cm dengan tingkat aktivitas antioksidan sebesar 93,54%.



Gambar 3.23 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan xanthorrhizol

### 3.3.4 Pengaruh Tingkat Naungan terhadap Pertumbuhan Kapulaga

Berdasarkan hasil penelitian tingkat naungan terhadap pertumbuhan kapulaga menunjukkan hasil berpengaruh nyata secara linear pada tinggi tanaman dan jumlah anakan, berpengaruh nyata secara kuadrat pada jumlah stomata dan kerapatan stomata (Tabel 3.5).

#### *Tinggi tanaman, jumlah anakan, luas daun dan indeks luas daun*

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian naungan berpengaruh nyata pada tinggi tanaman dan jumlah anakan kapulaga (Tabel 3.5). Semakin tinggi intensitas naungan semakin meningkatkan tinggi tanaman (Gambar 3.24). Semakin tinggi intensitas naungan semakin rendah tingkat penerimaan cahaya matahari oleh tanaman. Rendahnya intensitas cahaya saat perkembangan tanaman akan menimbulkan gejala etiolasi yang disebabkan oleh aktivitas hormon auksin. Berdasarkan uji polinomial orthogonal intensitas naungan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kapulaga, dengan persamaan regresi  $y = 49,47 + 0,512x$  dan  $R^2 = 45,5\%$  (Gambar 3.25).

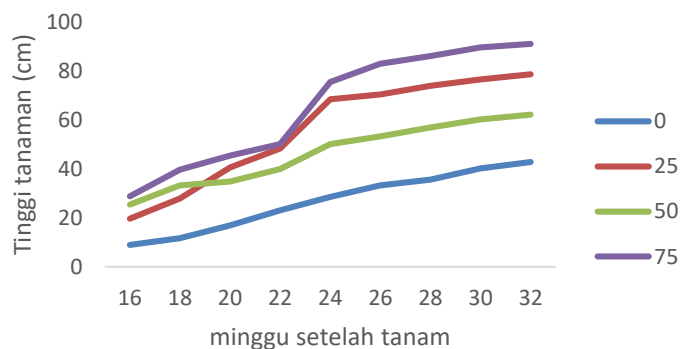
Tabel 3.5 Sidik ragam pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan tanaman kapulaga pada umur 32 MST

Peubah	Sidik ragam	KK
Tinggi tanaman (cm)	*L	22,43
Jumlah anakan (unit)	*L	41,56
Luas daun (cm <sup>2</sup> )	tn	37,41

Indeks luas daun	tn	38,14
Bobot basah tajuk (g)	tn	65,90
Bobot kering tajuk (g)	tn	61,73
Bobot basah akar (g)	tn	48,98
Bobot kering akar (g)	tn	43,87
Klorofil a (mg g <sup>-1</sup> )	tn	17,32
Klorofil b (mg g <sup>-1</sup> )	tn	16,02
Total klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	tn	16,26
Rasio klorofil ab	tn	9,05
Jumlah stomata (buah)	*Q	7,59
Kerapatan stomata (mm stomata <sup>-1</sup> )	*Q	8,40
Tebal daun (mm)	tn	7,75
Antosianin (mg g <sup>-1</sup> )	tn	66,64
Karoten (mg g <sup>-1</sup> )	tn	18,39

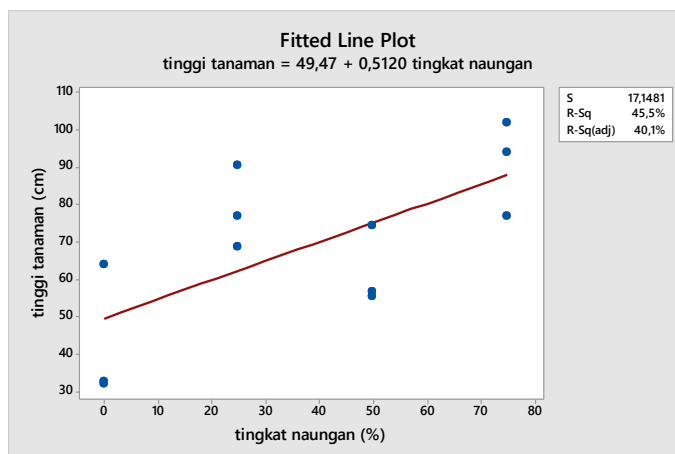
Keterangan : L: Linier; Q: Quadratic, \*:berpengaruh nyata pada 5%, \*\*: berpengaruh sangat nyata pada 1%, KK: koefisien keragaman

Pengaruh intensitas naungan terhadap luas daun dan indeks luas daun tidak berpengaruh nyata pada tanaman kapulaga (Tabel 3.5), hal ini diduga bahwa tanaman kapulaga dapat beradaptasi pada kisaran intensitas cahaya yang luas. Luas daun berhubungan dengan indeks luas daun, ketebalan kanopi dapat dinilai dari indeks luas daun (ILD) yang menunjukkan luas permukaan daun yang menutupi satu satuan luas tanah (Atwell *et al.* 1999). Pertambahan indeks luas daun dan penutupan kanopi ini memberikan pengaruh positif pada kemampuan penyerapan radiasi cahaya matahari (Zhou *et al.* 2020), yang pada akhirnya dapat meningkatkan kapasitas fotosintesis dan pembentukan asimilat bagi tanaman. Luas daun yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan akumulasi biomassa.

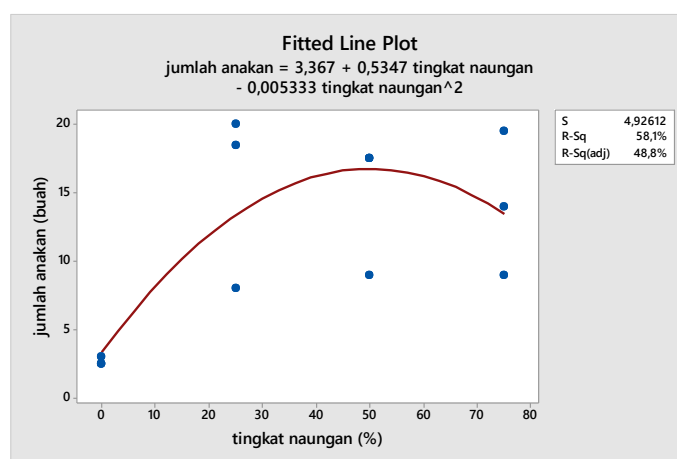


Gambar 3.24 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman kapulaga





Gambar 3.25 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi tanaman kapulaga



Gambar 3.26 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah anakan kapulaga

Berdasarkan uji polinomial orthogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap jumlah anakan kapulaga, dengan persamaan regresi  $y = 3,367 + 0,5347x - 0,005333x^2$  dan  $R^2 = 58,1\%$  sehingga didapatkan tingkat naungan optimum sebesar 50,13% dengan jumlah anakan yang dihasilkan sebesar 16,76 buah (Gambar 3.26). Jumlah anakan erat kaitanya dengan pertumbuhan tunas. Anakan akan menghasilkan buah sendiri yang dapat diasumsikan bahwa semakin banyak anakan maka buah yang dihasilkan akan semakin banyak. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2019) pada tingkat naungan 50% menghasilkan sejumlah 31,6 anakan per tanaman, dan diperoleh hasil kapsul sebanyak 247,7 per tanaman, jika dihitung rata-rata kapsul per anakan maka akan diperoleh sebesar 7,8 kapsul per anakan. Pada penelitian ini tanaman berumur 32 MST, sehingga belum menghasilkan buah atau kapsul, tetapi jika dihitung berdasarkan hasil penelitian dari Alagupalamuthirsolai *et al.* (2019) diasumsikan tanaman kapulaga yang ditanam menghasilkan anakan sebanyak 16,76 pada tingkat naungan 50,13%, hasil kapsul per anakan 7,8 dapat diperoleh sebesar 114,42 kapsul per anakan. Penelitian Edvanido (2023) menunjukkan bahwa jumlah anakan kapulaga pada naungan meningkat sebesar 66,9%-242,9% dibandingkan tanaman tanpa

naungan. kapulaga tumbuh baik pada naungan 50-70% atau ditanam di bawah tegakan pohon, hal ini menunjukkan bahwa kapulaga dapat beradaptasi dengan kondisi naungan. Indrajaya dan Siarudin (2015) melaporkan bahwa kapulaga yang ditanam sebagai tanaman sela pada pohon *jabon* (*Neolamarckia cadamba*) dapat tumbuh dengan baik dibandingkan tanaman kapulaga tanpa naungan.

### ***Bobot tajuk dan akar tanaman kapulaga***

Tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, dan bobot kering akar pada tanaman kapulaga (Tabel 3.5). Peubah pertumbuhan memengaruhi bobot biomassa tanaman. Pertumbuhan tanaman yang dapat beradaptasi pada intensitas cahaya rendah menghasilkan bobot basah tajuk dan bobot basah akar yang sama dengan intensitas cahaya tinggi. Tanaman kapulaga masih melakukan proses pertumbuhan, pada fase ini tanaman masih dapat beradaptasi dengan tingkat naungan yang diberikan, sehingga tanaman belum memberikan respons pada umur 32 MST.

### ***Klorofil a, klorofil b, total klorofil dan rasio a/b pada tanaman kapulaga***

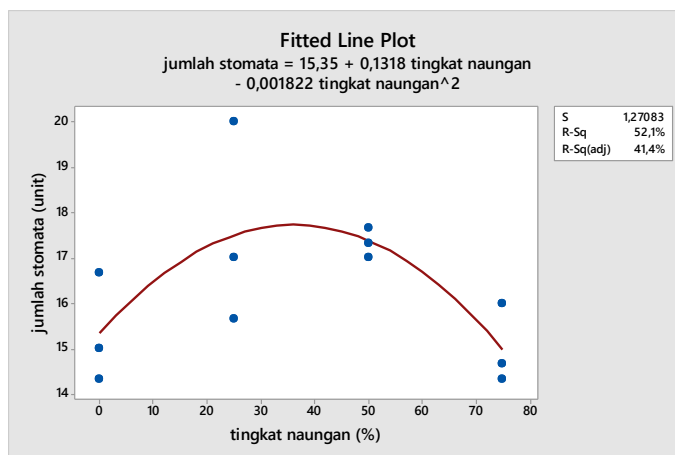
Perlakuan tingkat naungan tidak berpengaruh nyata pada klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan nisbah klorofil a/b pada tanaman kapulaga (Tabel 3.5). Respons tanaman kapulaga terhadap intensitas cahaya rendah menunjukkan tanaman ini dapat beradaptasi dengan pemberian tingkat naungan tinggi. Kandungan klorofil total tinggi dan daun tipis membantu menangkap energi cahaya sebagai usaha untuk beradaptasi dengan naungan. Salah satu sifat penting klorofil adalah kemampuannya menyerap cahaya secara selektif. Klorofil a dan b mempunyai spektrum serapan yang berbeda. Serapan klorofil a pada cahaya merah lebih luas dibandingkan dengan klorofil b, dan serapan klorofil b pada cahaya biru dan ungu lebih luas dibandingkan dengan klorofil a (Yu *et al.* 2022). Kandungan pigmen yang bervariasi membantu tanaman dalam meningkatkan kemampuan menangkap cahaya dan pemanfaatan klorofil.

### ***Jumlah stomata, kerapatan stomata dan tebal daun pada tanaman kapulaga***

Jumlah stomata, kerapatan stomata dan tebal daun pada tanaman kapulaga dipengaruhi secara nyata oleh tingkat naungan (Tabel 3.5). Hal ini diduga tanaman dapat beradaptasi pada keadaan ternaung. Berdasarkan uji polinomial orthogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap jumlah stomata, dengan persamaan regresi  $y = 15,35 + 0,1318x - 0,001822x^2$  dan  $R^2 = 52,1\%$  sehingga didapatkan tingkat naungan optimum sebesar 36,16% dengan jumlah stomata yang dihasilkan sebesar 17,72 buah (Gambar 3.27). Respons tanaman dari faktor lingkungan terlihat pada karakter anatomi tanaman. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018) pada tanaman kapulaga yang ditanam di bawah naungan 75%, memiliki laju fotosintesis bersih dan konduktansi stomata tertinggi, dan menurun pada naungan 50% dan kondisi terbuka. Menurut Li *et al.* (2014), menurunnya kerapatan stomata di bawah naungan juga dapat menurunkan konduktansi stomata dan menyebabkan terbatasnya

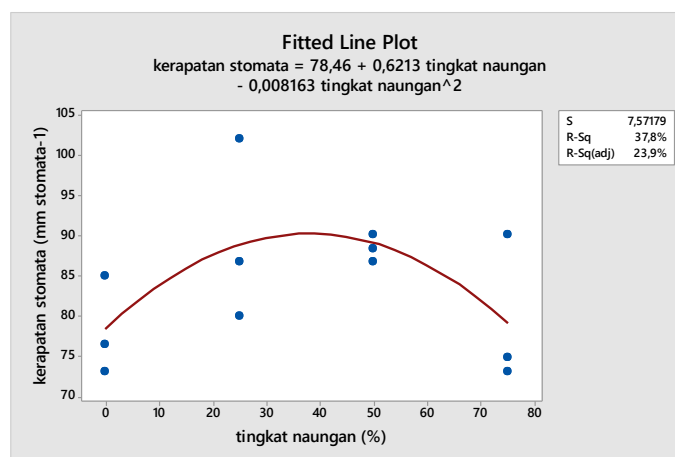


pertukaran CO<sub>2</sub> melalui stomata. Salisbury and Ross (1992) menyatakan bahwa cahaya matahari mempunyai peranan dalam proses fisiologi tanaman menutup dan membukanya stomata, ketersediaan cahaya matahari menentukan tingkat produksi tanaman.



Gambar 3.27 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah stomata kapulaga

Berdasarkan uji polinomial orthogonal tingkat naungan berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap kerapatan stomata, dengan persamaan regresi  $y = 78,46 + 0,6213x - 0,008163x^2$  dan  $R^2 = 37,8\%$  sehingga didapatkan tingkat naungan optimum sebesar 38,05% dengan kerapatan stomata yang dihasilkan sebesar 90,46 stomata/mm<sup>2</sup> (Gambar 3.28).



Gambar 3.28 Pengaruh tingkat naungan terhadap kerapatan stomata kapulaga

### ***Kandungan antosianin dan karoten pada tanaman kapulaga***

Berdasarkan hasil penelitian data fisiologis tanaman kapulaga perlakuan tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar antosianin dan karoten (Tabel 3.5). Antosianin merupakan pigmen nonkloroplas termasuk ke dalam golongan flavonoid yang terdapat di dalam kloroplas, berfungsi untuk mencegah kerusakan akibat radiasi sinar ultra violet. Peningkatan pembentukan antosianin pada kondisi cahaya rendah akan menurunkan asimilat terbentuk untuk mengurangi efisiensi penggunaan cahaya (Levitt

1980). Kadar karoten tanaman kapulaga mengalami peningkatan semakin tinggi persentase intensitas naungan maka semakin besar nilai karotennya. Hasil percobaan ini sejalan dengan penelitian Hartoyo *et al.* (2014) bahwa kandungan karoten meningkat pada kedelai toleran naungan yang ditanam di bawah tegakan sengon umur 4 tahun.

### 3.4 Simpulan

Jumlah anakan pada tanaman jahe, pada tingkat naungan 46,55% menghasilkan jumlah anakan sebanyak 10,16 buah per tanaman, pada tingkat naungan 75% atau setara dengan intensitas cahaya  $25,6 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  menghasilkan produksi rimpang per tanaman sebesar 81,53 g. Pada tingkat naungan 28,57 % menghasilkan kandungan gingerol sebesar  $12,48 \text{ mg g}^{-1}$  per bobot kering tanaman.

Berdasarkan hasil jumlah anakan terdapat penurunan jumlah anakan pada tanaman temulawak, meskipun terdapat penurunan jumlah anakan, bobot basah rimpang antar perlakuan tingkat naungan tidak menunjukkan perbedaan. Berdasarkan respons morfologi tanaman temulawak merespons perlakuan tingkat naungan 75% dengan menghasilkan tebal daun sebesar  $298,92 \mu\text{m}$ , lebih tipis dibandingkan tingkat naungan 0%, 25% dan 50%. Temulawak menghasilkan kandungan xanthorhizhol sebesar  $3,56 \text{ mg g}^{-1}$  bobot kering rimpang pada tingkat naungan sebesar 35,5%.

Berdasarkan respons karakteristik pertumbuhan, kapulaga dianggap dapat beradaptasi pada intensitas cahaya rendah. Kapulaga mampu beradaptasi dengan baik berdasarkan karakter pertumbuhannya pada masing-masing tingkat naungan 0%, 25%, 50% dan 75%. Tanaman kapulaga menghasilkan jumlah anakan sebesar 16,76 buah pada naungan 50,13%, jumlah stomata sebesar 17,72 buah pada naungan 36,16%, dan menghasilkan kerapatan stomata sebesar  $90,46 \text{ stomata mm}^{-2}$  pada naungan 38,05%.

## IV APLIKASI PEMUPUKAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI DAN KANDUNGAN SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN JAHE YANG DITANAM DI BAWAH TEGAKAN KELAPA SAWIT

### Abstrak

Produksi tanaman jahe dapat ditingkatkan dengan penambahan lahan untuk budidaya, namun demikian lahan pertanian semakin menyempit sehingga dibutuhkan lahan alternatif untuk budidaya tanaman jahe. Salah satunya dengan pemanfaatan lahan sela di areal lahan perkebunan kelapa sawit. Permintaan ekspor naik setiap tahunnya, kualitas jahe nasional menentukan tinggi rendahnya permintaan jahe di pasar internasional. Jahe yang bermutu baik diperoleh dengan melakukan perbaikan budidaya, salah satunya melalui pemupukan. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan dosis pemupukan yang optimum untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda dalam blok berdasarkan arah datangnya cahaya matahari. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan faktor pertama posisi letak plot areal percobaan yang menggambarkan beda taraf arah datangnya sinar matahari (baris depan blok, tengah blok dan belakang blok) dan faktor kedua yaitu dosis pemupukan yang terdiri dari 5 taraf. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 45 unit percobaan. Hasil penelitian posisi belakang dari arah datangnya sinar matahari dapat meningkatkan kandungan gingerol pada tanaman jahe di kebun kelapa sawit TM10, sementara posisi depan dari arah datangnya sinar matahari meningkatkan bobot basah dan bobot kering rimpang. Perlakuan dosis dan jenis pupuk yang diuji tidak dapat meningkatkan bobot basah rimpang dan kandungan gingerol tanaman jahe. Pemberian 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl, menghasilkan kandungan hara N, klorofil a, dan total klorofil daun tertinggi yakni masing-masing 4,03%, 2,67 mg g<sup>-1</sup>, dan 3,73 mg g<sup>-1</sup>. Dengan pemupukan ini dihasilkan bobot rimpang basah, kering, dan ginegrol masing masing sebesar 15,50 g, 2,47 g, dan 7,47 mg g<sup>-1</sup>. Terdapat interaksi antara perlakuan posisi arah datang sinar matahari dan dosis pupuk yang diberikan terhadap kandungan antosianin.

Kata kunci : gingerol, pemupukan, tanaman sela

### Abstract

Ginger production can be increased by increasing land for cultivation, but existing agricultural land is increasingly narrowing so alternative land is needed that can be used for cultivating ginger plants. One way is by utilizing intervening land in plantation areas. The plantation land that can be optimized for use is oil palm plantation land. Export demand increases every year, and the volume of ginger exports has a significant influence on the competitive advantage

of Indonesian ginger in the international market. This is because the terms and conditions for ginger for export are quite strict, the low quality of national ginger determines the high or low demand for ginger in the international market. Good quality ginger is obtained by improving cultivation, one of which is through fertilization. The use of fertilizer is one of the efforts to increase crop production that has been carried out by farmers. This research used a Randomized Block Design with the first factor being the position of the plot in the experimental area which described the different levels of sunlight direction (front row of the block, middle of the block, and back of the block) and the second factor was the fertilizer dose which consisted of 5 levels for each plant. Each treatment was repeated three times so that there were 45 experimental units. The results of showed that the rear position from the direction of sunlight can increase the gingerol content in ginger plants in 10-year-old oil palm plantations, while the front position from the direction of sunlight increases the wet weight and dry weight of the rhizomes. The dose and type of fertilizer treatment tested could not increase the fresh weight of rhizomes and gingerol content of ginger plants. Providing 10 tons ha<sup>-1</sup> of manure + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl, produces the highest nutrient content of N, chlorophyll a, and total leaf chlorophyll, namely 4,03%, 2,67 mg g<sup>-1</sup>, and 3,73 mg g<sup>-1</sup>. With this fertilization, the wet, dry, and gingerol rhizome weights were 15,50 g, 2,47 g, and 7,47 mg g<sup>-1</sup>, respectively. There is an interaction between the treatment position in the direction of sunlight and the dose of fertilizer given to the anthocyanin content.

Keyword: gingerol, fertilization, intercropping

#### 4.1 Pendahuluan

Tanaman jahe merah merupakan salah satu komoditas ekspor dan sebagai tanaman yang memiliki banyak khasiat, karena digunakan sebagai bahan baku obat untuk jamu gendong, industri kecil obat tradisional, industri obat tradisional, industri makanan dan minuman, dan bumbu (Pribadi, 2011). Menurut BPS (2022) tanaman jahe di Indonesia memiliki produktivitas sebesar 23,77 ton ha<sup>-1</sup> dan menurut Badan Karantina Pertanian (Barantan) volume ekspor jahe Indonesia mencapai 6,75 ribu ton, ekspor terbesar rimpang-rimpangan dunia adalah jahe. Persaingan komoditas jahe untuk memasuki pasar internasional sangat ketat, komoditas jahe Indonesia memiliki kendala, di antaranya adalah rendahnya kualitas, rendahnya produktivitas serta produksi yang tidak menentu disebabkan iklim. Pada dasarnya jahe Indonesia berpeluang untuk menguasai pasar ekspor jahe dunia.

Gingerol adalah senyawa pedas utama yang ada dalam rimpang jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) kaya akan berbagai konstituen kimia, termasuk senyawa fenolik, terpena, polisakarida, lipid, asam organik, dan serat mentah dan terkenal karena kontribusinya terhadap kesehatan dan nutrisi manusia. Penelitian Arijanti dan Suryaningsih (2019), profil komposisi metabolit sekunder Gingerol, Shogaol, dan Zingeron pada ketiga varietas jahe gajah, jahe emprit, dan jahe merah, dari hasil profiling memiliki komposisi metabolit sekunder emprit jahe yaitu mengandung 1,181% gingerol, 0,188% shogaol, dan zingerone 0,098%. Menurut Li *et al.* (2020) metabolit sekunder merupakan indikator penting untuk mengevaluasi kualitas bahan obat. Namun, sintesis dan akumulasi metabolit

sekunder sangat kompleks, yang dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk genetik perkembangan internal (gen yang diatur, enzim) dan oleh faktor lingkungan eksternal (cahaya, suhu, air, salinitas).

Peningkatan produksi tanaman jahe dapat dilakukan dengan pemanfaatan lahan-lahan perkebunan. Lahan pertanian semakin menyempit sehingga luas lahan untuk budidaya tanaman jahe semakin menyempit, oleh karena itu dibutuhkan lahan alternatif yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman jahe, antara lain pemanfaatan lahan sela di areal lahan perkebunan. Salah satu lahan perkebunan yang dapat dioptimalkan pemanfaatannya adalah lahan perkebunan kelapa sawit. Jarak tanam kelapa sawit yang cukup lebar (umumnya 9 m x 9 m), sehingga dapat menjadi lahan potensial yang dapat dimanfaatkan (PPKS 2008). Lahan pada gawangan kelapa sawit yang dapat digunakan adalah selebar 5 m didalam gawangan mati. Permasalahan yang terdapat pada lahan sela kelapa sawit adalah intensitas matahari yang rendah, yaitu adanya naungan. Naungan merupakan suatu keadaan dimana tanaman tidak mendapatkan intensitas cahaya matahari sepenuhnya. Tanaman jahe merah dapat tumbuh di bawah tegakan karena jahe merah toleran terhadap naungan sehingga mampu tumbuh dan berproduksi di bawah tegakan pohon. Tanaman jahe merah merupakan salah satu tanaman yang memiliki kemampuan hidup di bawah naungan hingga mencapai 50% (Devy dan Nawfetrias 2012). Tanaman yang dapat hidup di bawah naungan sering digunakan dalam sistem pertanian tumpangsari untuk mengoptimalkan kemampuan lahan dan efisiensi penggunaan lahan.

Penggunaan pupuk sebagai salah satu usaha untuk meningkatkan produksi tanaman sudah dilakukan petani. Hasil penelitian pemupukan pada tanaman jahe menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan nitrogen 120 kg ha<sup>-1</sup> memberikan nilai maksimum untuk kandungan minyak atsiri pada pertumbuhan tanaman dengan persentase kenaikan kadar minyak atsiri yang dihasilkan dibandingkan kontrol adalah 13,8% dan 11,8% pada 180 dan 240 HST (Singh *et al.* 2016). Efek peningkatan nitrogen pada kandungan protein rimpang dikaitkan dengan peran langsung N dalam pembentukan protein (Taiz dan Zeiger 2006). Penelitian Pamuji dan Saleh (2010) menunjukkan pemberian pupuk Kalium pada tanaman jahe gajah dengan dosis 100 kg ha<sup>-1</sup>, 200 kg ha<sup>-1</sup>, dan 300 kg ha<sup>-1</sup>, mendapatkan hasil yang sama pada tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah batang, total luas daun, tingkat kehijauan daun, bobot basah rimpang, bobot kering rimpang per rumpun, jumlah akar, bobot basah bagian atas, bobot kering bagian atas tanaman per rumpun. Kandungan hara dalam pupuk kandang sangat menentukan kualitas pupuk kandang. Kandungan unsur-unsur hara di dalam pupuk kandang tidak hanya tergantung dari jenis ternak, tetapi juga tergantung dari makanan dan air yang diberikan, umur dan bentuk fisik dari ternak. Penelitian Saputri *et al.* (2018) pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 150 g per polybag memberikan rendemen minyak atsiri rimpang jahe merah tertinggi. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan dosis pemupukan yang optimum untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit pada posisi yang berbeda dalam blok berdasarkan arah datangnya cahaya matahari.

## 4.2 Metode Penelitian

### 4.2.1 Waktu dan Tempat

Percobaan dilakukan di Kebun Pendidikan dan Penelitian Kelapa Sawit IPB-Cargill Jonggol pada bulan Januari - September 2023. Jenis tanah adalah podsolik. Analisis kandungan bioaktif tanaman dilakukan di Laboratorium Bioteknologi BRIN dan analisis klorofil dilakukan di Laboratorium Pasca Panen Departemen AGH IPB. Analisis anatomi daun di Laboratorium Mikroteknik Departemen AGH IPB.

### 4.2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit jahe, kebun kelapa sawit berumur 10 tahun, pupuk kandang kotoran sapi, pupuk Urea, pupuk SP-36, Pupuk KCl dan bahan kimia yang digunakan untuk analisis klorofil dan analisis bahan aktif target.

Peralatan yang digunakan terdiri atas peralatan tanam, klorofil, hygrometer, *lux meter*, peralatan tanam, timbangan digital, meteran, dan HPLC, GCMS.

### 4.2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan faktor pertama posisi plot dalam blok atau areal percobaan yang menggambarkan beda taraf intensitas cahaya (baris depan blok, tengah blok dan belakang blok) (Tabel 4.1) dan faktor kedua yaitu dosis pemupukan yang terdiri dari 5 taraf (Tabel 4.2). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 45 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdapat 20 tanaman.

Tabel 4.1 Faktor pertama arah datangnya sinar matahari

Kode Perlakuan	Posisi plot dalam Blok
P1	Depan
P2	Tengah
P3	Belakang

Tabel 4.2 Faktor kedua dosis pupuk yang diuji

Kode Perlakuan	Pupuk kandang (ton ha <sup>-1</sup> )	Urea (kg ha <sup>-1</sup> )	SP-36 (kg ha <sup>-1</sup> )	KCl (kg ha <sup>-1</sup> )
D1	20	0	0	0
D2	20	200 (N 92)	150 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 54)	150 (K <sub>2</sub> O 90)
D3	0	400 (N 184)	300 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 108)	300 (K <sub>2</sub> O 180)
D4	10	400 (N 184)	300 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 108)	300 (K <sub>2</sub> O 180)
D5	10	200 (N 92)	150 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 108)	150 (K <sub>2</sub> O 90)

Keterangan :

D<sub>1</sub> = pupuk kandang dosis rekomendasi,

D<sub>2</sub> = pupuk kandang (dosis rekomendasi) + setengah dosis rekomendasi Urea, SP-36 dan KCl,



- D<sub>3</sub> = pupuk Urea, SP-36 dan KCl (dosis rekomendasi),  
 D<sub>4</sub> = Setengah dosis rekomendasi Pupuk kandang + pupuk Urea, SP-36 dan KCl (dosis rekomendasi)  
 D<sub>5</sub> = Setengah dosis rekomendasi pupuk kandang + setengah dosis rekomendasi pupuk Urea, SP-36 dan KCl.

#### 4.2.4 Prosedur Kerja

Prosedur percobaan yang dilakukan adalah persiapan bibit dengan memilih rimpang yang seragam dengan ukuran panjang 5-8 cm, selanjutnya pada gawangan mati dilakukan pengolahan tanah minimum dengan menggunakan traktor tangan, kemudian dicangkul untuk pembuatan petakan dengan ukuran 6 m x 5 m dengan jarak tanam antar tanaman adalah 60 cm x 60 cm dengan jumlah tanaman 25 per petak. Jarak dari pohon kelapa sawit ke bedengan berjarak 1,5 meter. Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam dengan kedalaman 15 cm. Pemupukan dasar diberikan sesuai dengan perlakuan, pupuk kotoran sapi diberikan seminggu sebelum tanam, pupuk urea diberikan 2 kali pada saat tanam dan 16 MST, sedangkan pupuk SP-36 dan KCl diberikan saat tanam. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan dilakukan setiap minggu. Pengendalian hama penyakit dilakukan dengan fungisida dan insektisida. Panen dilakukan pada umur 8 bulan setelah tanam.

#### 4.2.5 Peubah pengamatan

Beberapa peubah pengamatan yang diamati meliputi pertumbuhan, fisiologi tanaman, bahan aktif tanaman jahe, faktor lingkungan pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

**Tinggi tanaman (cm)**, pengukuran pertambahan tinggi tanaman dilakukan setiap dua minggu dengan cara mengukur dari pangkal sampai daun terpanjang sampai 32 MST.

**Jumlah daun per rumpun (helai)**, pengukuran dilakukan dengan menghitung jumlah daun dari awal muncul daun, dilakukan setiap satu bulan.

**Jumlah anakan tanaman** dihitung dengan menghitung anakan yang muncul dari indukan pada umur 32 MST.

**Bobot basah tajuk (g)** dilakukan dengan memotong tanaman bagian atas sampai batas leher akar kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik dan dilakukan pada saat panen.

**Bobot kering tajuk (g)**, dilakukan dengan mengeringkan tajuk segar menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 x 24jam kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Bobot basah akar (g)**, bobot basah akar diperoleh dengan memisahkan akar dari rimpang kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik.

**Bobot kering akar (g)**, dilakukan dengan mengeringkan akar segar menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 x 24jam kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Bobot basah rimpang jahe (g)**, pengamatan dilakukan pada umur 32 MST dengan membersihkan rimpang dan memisahkan akarnya, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik.

**Bobot kering rimpang jahe (g)**, diperoleh dengan cara mengiris rimpang setebal 5 mm setelah itu hasil irisan rimpang dioven dengan suhu 105°C kemudian ditimbang dengan timbangan analitik.

**Tebal daun (mm)**, dilakukan dengan cara mengiris sampel menggunakan mikrotom secara vertikal setebal 1 mm dan irisan tersebut diletakkan di atas objek glass dan ditutup dengan cover glass dan diamati di bawah mikroskop dan difoto hasil foto kemudian dihitung dengan menggunakan aplikasi Image J, kemudian mencatat data yang tertera pada layar aplikasi.

**Jumlah stomata (unit)** diukur dengan mengambil daun yang diamati dan mengoleskan cat kuku pada permukaan bawah daun dengan jarak kurang lebih 2 cm x 2 cm mendiamkan hingga cat kuku mengering lalu mengoleskan insulasi transparan pada permukaan daun yang sudah diolesi cat kuku menekan insulasi agar cat kuku menempel sempurna kemudian isolasi yang tepat segera dilepaskan dari daunnya kemudian ditempelkan pada kaca objek dan diamati di bawah mikroskop menggunakan lensa objektif perbesaran 4x, 10x, dan 40x. Kemudian difoto, hasil dari foto dihitung dan mencatat jumlah stomata pada bidang pandang.

**Analisis kadar klorofil**, dilakukan dengan cara menghaluskan daun sebanyak 0,02 g daun kemudian ditambahkan Acetris 1 ml dan dimasukkan ke dalam Microtube 2 ml dan dilakukan sentrifugasi 14.000 rpm selama 10 detik. Mengambil 1 ml Supernatan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diisi dengan Acetris 1 ml dan kemudian tutup dengan kelereng. Kemudian dilakukan pengadukan agar Supernatan dan Acetris tercampur rata dengan menggunakan Vortex sehingga menjadi filtrate. Setelah itu filtrate diambil 1 ml dan diamati kandungan klorofilnya pada panjang gelombang 537 nm, 647 nm dan 663 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Larutan blanko sebagai acuan kalibrasi menggunakan Acetris sebagai pelarut Hasil pembacaan dari spektrofotometer kemudian digunakan untuk menghitung kandungan klorofil dengan menggunakan Rumus (Sims and Gamon 2002).

Penghitungan untuk kandunga Anthocyanin pada daun :

$$\text{Anthocyanin} = 0.08173 * A_{537} - 0.00697 * A_{647} - 0.002228 * A_{663}$$

$$\text{Chl a} = 0.01373 * A_{663} - 0.000897 * A_{531} - 0.003046 * A_{641}$$

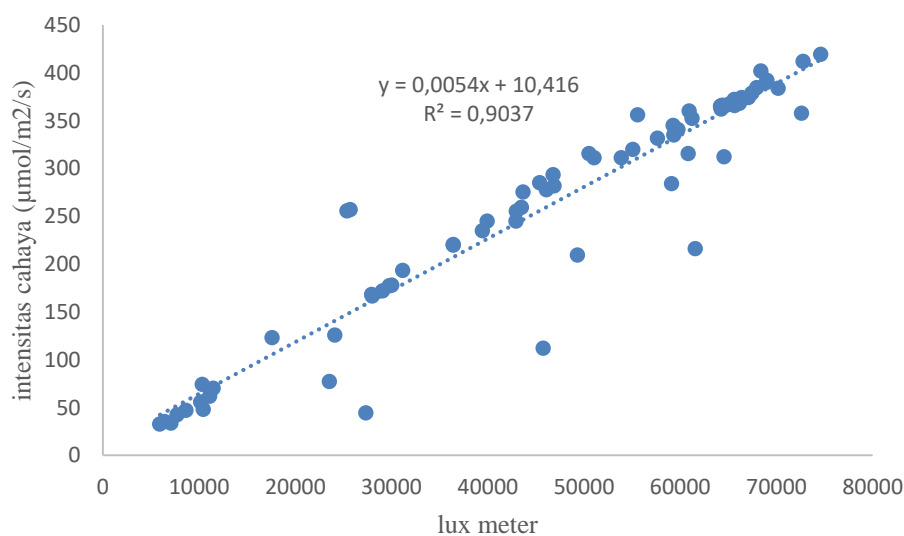
$$\text{Chl b} = 0.02405 * A_{647} - 0.004305 * A_{537} - 0.005507 * A_{663}$$

**Kandungan bahan aktif gingerol**, diperoleh dengan cara mencuci sampel hingga bersih, kemudian diiris tipis dan dikeringkan di oven dengan suhu 60°C selama 5 jam. setelah sampel kering kemudian dihaluskan. Sampel ditimbang seberat 50 g kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan ditambahkan 150 ml ethanol. Kemudian diaduk/shaker dengan kecepatan 3500 rpm selama 8 jam, kemudian menyaring larutan yang sudah dikocok dengan kertas saring. Setelah itu larutan yang sudah disaring disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Kemudian disaring kembali dengan kertas saring, hasilnya didestilasi dengan rotary evaporator. Sampel yang sudah didestilasi kemudian dikeringkan dengan menggunakan vakum konsentrat. Setelah itu menimbang sampel sebanyak 1 g, kemudian ditambah methanol sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam vortex dan diinjeksikan ke dalam GCMS. Kemudian mencatat data yang diperoleh pada layar (Badan Litbang Pasca Panen).



**Analisis hara daun**, untuk mengetahui serapan hara di daun oleh tanaman selama pertumbuhannya. Pengukuran menggunakan daun muda dengan cara daun dipisahkan dengan petiol daun kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70 selama 48 jam. Daun yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan hingga berukuran 0,5 mm ring sieve dengan menggunakan mill ultrasentrifugal. Dua buah sub sampel dari 0,2 g digunakan untuk pengujian unsur hara, satu sampel digunakan untuk pengukuran N dan sampel lain untuk pengukuran hara lain. Pengukuran kadar N dilakukan dengan metode Kjeldhal. Fosfor (P), Kalium (K), diukur dengan menginduksi di plasma-optikal emisi spektrometri setelah dicerna dengan  $H_2SO_4$  (95%) dan  $H_2O_2$  (30%). Konsentrasi hara dinyatakan berdasarkan basis tanaman (Romero *et al.* 2010)

**Intensitas cahaya**, pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada fase pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman jahe. Alat yang digunakan adalah Lux meter UNI-T UT383, dengan cara mengarahkan sensor cahaya ketiga titik yang berbeda di areal percobaan setiap masing-masing ulangan, pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00. Hasil penangkapan cahaya pada layar alat kemudian dicatat. Data intensitas cahaya matahari yang didapatkan kemudian dihitung dan data digunakan untuk dikalibrasi dengan data yang diperoleh dari LI-250 Light meter dengan sensor quantum sehingga diperoleh persamaan  $y = 0,0054x + 10,416$ , dengan  $R^2 = 0,9037$ , dan dari persamaan tersebut maka akan diperoleh nilai intensitas cahaya.



Gambar 4. 1 Regresi intensitas cahaya dan pengukuran tingkat cahaya matahari

Sedangkan untuk mendapatkan tingkat naungan di bawah tegakan kelapa sawit dengan rumus yaitu Tingkat naungan (%) =  $(\text{Intensitas pada tanpa naungan, } I_o - \text{ yang ternaung, } I_i) / I_o \times 100 \%$ .

#### 4.2.6 Analisis Data

Analisis ragam dilakukan terhadap data yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh faktor. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan adanya perbedaan

selanjutnya diuji dengan DMRT (Gomez and Gomez 1995; Mattjik dan Sumertajaya 2002). Analisis dilakukan menggunakan program SAS.

### 4.3 Hasil dan Pembahasan

#### 4.3.1 Perbedaan Intensitas Cahaya Pada Pertumbuhan Tanaman Jahe

Pada areal perkebunan kelapa sawit TM (tanaman menghasilkan) berumur 10 tahun, semakin tua umur tanaman maka tajuk tanaman semakin menutup sehingga intensitas cahaya semakin rendah. Hal ini berpengaruh pada pertumbuhan tanaman sela. Berdasarkan data intensitas cahaya matahari, intensitas tertinggi terdapat pada posisi depan yaitu arah datangnya sinar matahari diikuti dengan posisi belakang dan yang terakhir adalah posisi tengah. Posisi tengah memiliki nilai terendah diduga sinar matahari yang masuk ke dalam gawangan lebih tertutup dibandingkan posisi depan dan belakang. Pada pengukuran intensitas cahaya (Tabel 4.3) menunjukkan data yang dikonversikan dengan menghitung tingkat naungan di bawah tegakan sawit posisi depan, tengah, dan belakang menunjukkan nilai yang sama dengan tingkat naungan sebesar 80%. Pada penelitian ini tanaman jahe mampu beradaptasi dan memperoleh hasil rimpang jahe pada tingkat naungan 80%. Setelah dikonversikan ke dalam intensitas cahaya, diperoleh intensitas cahaya nilai tertinggi terdapat pada posisi depan yaitu  $146 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ . Menurut Sitompul (2016), adanya perubahan posisi radiasi matahari dari mulai matahari terbit (pagi) hingga terbenam (sore), kuantitas cahaya pada setiap saat sepanjang hari dapat dihubungkan. Lama dari suatu titik tertimpa cahaya langsung tergantung pada letak titik tersebut dalam gawangan yang berhubungan dengan pengaruh tinggi pohon, tingkat cahaya yang jatuh pada suatu titik, semakin rendah semakin dekat titik tersebut dengan tajuk pohon. Penyinaran dengan foton dengan panjang gelombang dan intensitas berbeda adalah komponen abiotik penting yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis, pertumbuhan, dan akumulasi produk metabolisme sekunder (Zhang *et al.*, 2015; Li *et al.* 2018). Penyinaran yang berlebihan dapat menonaktifkan atau merusak pusat reaksi fotosintesis kloroplas dan menyebabkan fotoinhibisi serta dapat menurunkan pertumbuhan tanaman (Szymańska *et al.* 2017).

Tabel 4.3 Intensitas cahaya dan tingkat naungan pada masing-masing posisi arah datangnya sinar matahari di bawah tegakan kelapa sawit

Tingkat kerapatan paranet (%)	Tingkat pencahayaan (Lux)	Tingkat intensitas naungan (%)	Intensitas cahaya ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )
Cahaya penuh	152530	100	834
Depan	25091	81	146
Tengah	22985	87	135
Belakang	17640	82	106

### 4.3.2 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan Tanaman Jahe

#### ***Tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan***

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa posisi arah datangnya sinar matahari, pemberian dosis pupuk yang berbeda dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, luas daun dan indeks luas daun (Tabel 4.4 dan Tabel 4.5). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jahe. Tanaman masih dapat melakukan proses metabolismenya. Hasil penelitian Aly *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun meningkat pada naungan 60% dibandingkan tanpa naungan, peningkatan ini karena adanya penurunan transmisi cahaya dan peningkatan relatif kelembaban dan penurunan temperatur udara. Febriyono *et al.* (2017) menjelaskan bahwa fotosintat hasil fotosintesis dimanfaatkan tanaman untuk menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman seperti pembentukan daun dengan mengoptimalkan cahaya matahari dan air yang tersedia. Jumlah daun tanaman jahe merah pada perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari memberikan hasil yang tidak berbeda, hal ini menunjukkan bahwa posisi tanaman jahe masih ternaungi dengan adanya intensitas cahaya yang rendah sehingga mampu mengurangi kehilangan air karena kelembaban atmosfer cukup tinggi yang mampu menurunkan penguapan dari tanah. Penanaman di bawah tegakan pohon sawit dapat memberikan kondisi tercukupinya air bagi tanaman. Menurut Atikah *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pemberian naungan pada tanaman berfungsi untuk menjaga suhu dan kelembaban di sekitar tanaman sehingga mengurangi cekaman kekeringan.

Pemupukan dengan dosis yang berbeda menunjukkan bahwa tanaman masih cukup mendapatkan hara untuk pertumbuhannya. Menurut Boswell *et al.* (1997), N dibutuhkan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman dan sintesis protein, sedangkan P, K dan Mg masing-masing berperan pada proses fotosintesis, aktivator berbagai enzim dan penyusun klorofil (Tisdale dan Nelson 1985). Senyawa N digunakan tanaman untuk membentuk asam amino yang akan diubah menjadi protein, membentuk klorofil, asam nukleat, dan enzim, sehingga nitrogen dibutuhkan dalam jumlah banyak pada tahap vegetatif tanaman bagian di atas tanah, meningkatkan rasio pucuk/akar dan esensial untuk pembentukan buah dan biji (Tjondronegoro *et al.* 1999). Jumlah anakan jahe merah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain genetik, umur tanaman dan kondisi lingkungan. Anakan merupakan organ pada fase vegetatif yang dapat menggambarkan potensial rimpang jahe merah yang dihasilkan. Wahyuni *et al.* (2013) berpendapat bahwa pertumbuhan rimpang jahe dapat dirangsang dengan menciptakan suhu dan kelembaban yang tinggi. Buntoro *et al.* (2014) berpendapat bahwa rimpang jahe dan jumlah daun yang dihasilkan oleh tanaman temutemuan dipengaruhi oleh jumlah anakan yang dihasilkan. Penelitian Azizah *et al.* (2022), pada musim pertama pemberian pupuk K belum menunjukkan perbedaan yang nyata pada tinggi tanaman, pemberian K hingga 400 kg K ha<sup>-1</sup> tidak meningkatkan pertumbuhan jahe merah secara signifikan dibandingkan dengan tingkat dosis yang lebih rendah (100, 200, dan 300 kg K ha<sup>-1</sup>).

Tabel 4.4 Tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah anakan tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Jumlah anakan
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>			
Depan (P1)	74,96 ± 5,87	17,80 ± 1,06	2,87 ± 0,31
Tengah (P2)	74,84 ± 5,64	19,36 ± 1,33	3,56 ± 0,74
Belakang (P3)	68,47 ± 5,74	18,29 ± 0,67	2,93 ± 0,50
<b>Dosis pupuk</b>			
D1	72,04 ± 7,45	18,37 ± 0,45	3,30 ± 1,11
D2	76,78 ± 4,77	19,15 ± 1,03	2,67 ± 0,11
D3	73,04 ± 6,23	18,37 ± 1,43	3,30 ± 0,78
D4	65,78 ± 4,67	17,78 ± 1,09	2,96 ± 0,16
D5	76,15 ± 3,62	18,74 ± 1,94	3,37 ± 0,27
Interaksi	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl;

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

### Luas daun dan indeks luas daun

Luas daun merupakan salah satu parameter pertumbuhan yang penting dan salah satunya harus mencatatnya untuk pemantauan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam percobaan. Berdasarkan data penelitian intensitas cahaya matahari juga tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman jahe merah (Tabel 4.5), hal ini dikarenakan cahaya yang diterima dapat digunakan tanaman untuk fotosintesa. Berdasarkan penelitian Khoiri (2010) bahwa naungan dapat mengurangi masuknya cahaya matahari yang penting bagi fotosintesis. Intensitas naungan 0% mengindikasikan cahaya yang diterima tanaman sebesar 100% sehingga mendukung proses fotosintesis. Menurut Buntoro *et al.* (2014) proses fotosintesis tanaman yang berlangsung secara optimal terdapat pada kondisi tanaman dapat menyerap cahaya yang banyak dan menghasilkan fotosintat yang kemudian dialokasikan ke organ-organ tanaman. Pemberian naungan pada tanaman jahe merah dapat diterapkan di lapangan dengan menggunakan pohon/tegakan sebagai upaya efisiensi penggunaan lahan. Menurut Devy dan Nawfetriyas (2012) bahwa tanaman jahe merah termasuk tanaman yang memiliki toleransi yang tinggi terhadap naungan.

Ketebalan kanopi dapat dinilai dari indeks luas daun (ILD) yang menunjukkan luas permukaan daun yang menutupi satu satuan luas tanah (Atwell *et al.* 1999). Pertambahan indeks luas daun dan penutupan kanopi ini memberikan pengaruh positif pada kemampuan penyerapan radiasi cahaya matahari (Zhou *et al.* 2020), yang pada akhirnya dapat meningkatkan kapasitas

fotosintesis dan pembentukan asimilat bagi tanaman. Luas daun yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan akumulasi biomassa. Akumulasi biomassa dapat dikaitkan dengan hara yang diserap oleh tanaman. Pemberian dosis pupuk yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata pada luas daun dan indeks luas daun Penelitian Yuliana *et al.* (2015) perlakuan pupuk kandang ayam dan sapi tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun terlebar. pada penelitian Buntoro *et al.* (2014) perlakuan pemberian pupuk kandang sebanyak 150 g per polybag menghasilkan nisbah luas daun terbesar. Penelitian Rahmansyah dan Barus (2023) pemberian pupuk organik belum dapat meningkatkan luas daun tanaman jahe dan jumlah anakan.

Tabel 4. 5 Luas daun dan indeks luas daun (ILD) tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Luas daun (cm <sup>2</sup> )	ILD
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>		
Depan (P1)	405,15 ± 45,59	0,113 ± 0,013
Tengah (P2)	321,96 ± 26,98	0,089 ± 0,007
Belakang (P3)	368,17 ± 53,45	0,102 ± 0,015
<b>Dosis pupuk</b>		
D1	341,14 ± 30,45	0,095 ± 0,008
D2	336,65 ± 49,83	0,094 ± 0,014
D3	396,08 ± 64,95	0,110 ± 0,018
D4	395,16 ± 73,36	0,110 ± 0,020
D5	356,45 ± 44,92	0,099 ± 0,012
Interaksi	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl;

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

### 4.3.3 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan terhadap Anatomi Daun Tanaman Jahe

#### *Tebal daun dan jumlah stomata*

Berdasarkan data hasil penelitian tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit dengan perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari, dosis pemupukan dan interaksinya tidak terdapat pengaruh yang nyata terhadap peubah tebal daun dan jumlah stomata (Tabel 4.6). Hal ini diduga tanaman sudah beradaptasi pada intensitas cahaya yang rendah. Mekanisme adaptasi daun terhadap cahaya yaitu dengan melalui perubahan struktur anatomi dan morfologi. Menurut Peri *et al.* (2009) struktur anatomi dan morfologi daun merupakan salah satu mekanisme adaptasi yang dilakukan tumbuhan terhadap intensitas cahaya yang berbeda tujuannya adalah agar tumbuhan mampu melakukan penyerapan cahaya optimal dan melakukan proses fotosintesis secara efisien. Sedangkan menurut Taiz and Zeiger (2010) jenis adaptasi yang

dilakukan oleh tumbuhan dapat berupa sieve effect atau efek penyaringan, light channeling atau penyaluran cahaya, dan aklimatisasi.

Pemberian dosis pupuk yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tebal daun dan jumlah stomata hal ini diduga tanaman masih dapat melakukan metabolisme dengan baik dengan perbedaan taraf pemberian dosis pupuk. Pemberian pupuk Kalium berupa KCl pada tanaman berperan sebagai aktivator berbagai enzim, mempertahankan vigor tanaman, merangsang pertumbuhan akar dan sebagai katalisator, tekanan turgor dalam sel, serta proses membuka dan menutupnya stomata (Marchsner 1995).

Tabel 4.6 Tebal daun dan jumlah stomata tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Tebal daun ( $\mu\text{m}$ )	Jumlah stomata
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>		
Depan (P1)	178,91 $\pm$ 44,42	8,73 $\pm$ 0,95
Tengah (P2)	162,59 $\pm$ 24,47	8,73 $\pm$ 0,28
Belakang (P3)	167,24 $\pm$ 23,80	8,64 $\pm$ 1,36
<b>Dosis pupuk</b>		
D1	160,52 $\pm$ 20,33	7,67 $\pm$ 0,88
D2	161,00 $\pm$ 32,80	8,67 $\pm$ 0,88
D3	194,01 $\pm$ 46,00	9,22 $\pm$ 0,51
D4	163,70 $\pm$ 29,46	9,11 $\pm$ 0,77
D5	168,68 $\pm$ 31,25	8,22 $\pm$ 1,07
Interaksi	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl;

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

#### 4.3.4 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan terhadap Fisiologi Tanaman Jahe

##### *Klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan rasio klorofil ab*

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.7) data fisiologis tanaman jahe. pada perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari berpengaruh nyata pada peubah jumlah klorofil a, jumlah klorofil b, dan total klorofil tetapi tidak berpengaruh nyata pada peubah nisbah klorofil a/b. Sedangkan pemberian dosis pemupukan yang berbeda berpengaruh nyata pada peubah klorofil a dan total klorofil, dan tidak berpengaruh nyata pada klorofil b dan nisbah klorofil a/b. Interaksi perlakuan menunjukkan tidak ada pengaruh yang nyata terhadap peubah klorofil a, klorofil b, total klorofil dan nisbah klorofil a/b.

Pada posisi arah datangnya sinar matahari barisan belakang (P3) peubah jumlah klorofil a dan b serta total klorofil memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan posisi barisan tengah (P2) dan depan (P1), intensitas matahari yang diterima tanaman semakin menurun hal ini menyebabkan kandungan klorofil a, klorofil b dan total klorofil semakin meningkat, hal ini



merupakan salah satu mekanisme adaptasi tanaman jahe terhadap intensitas cahaya rendah. Pada pemberian dosis pupuk, hasil penelitian menunjukkan bahwa 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl (D4) berbeda nyata dengan dosis pupuk lainnya. Hal ini diduga pemberian pupuk sesuai dosis anjuran dengan pemberian nitrogen yang terdapat di dalam urea dapat meningkatkan jumlah klorofil a serta meningkatkan total klorofil. Hal ini diduga tanaman sudah beradaptasi pada intensitas cahaya yang rendah. Menurut Levitt (1980), tanaman melakukan adaptasi atau penghindaran terhadap cekaman naungan dengan meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya tiap unit area fotosintetik. Semakin tinggi tingkat naungan yang diberikan akan meningkatkan jumlah klorofil per unit luas daun dan rasio klorofil a/b. Pigmen fotosintetik (klorofil a, klorofil b, dan klorofil total) berperan penting dalam mengubah energi matahari menjadi energi kimia. Dalam kondisi cahaya yang berubah-ubah, studi tentang klorofil a, klorofil b dan klorofil total membantu sebagai indeks penyerapan cahaya matahari (Fan *et al.* 2018). Syam'Un *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa semakin tinggi taraf naungan maka semakin tinggi pula total klorofil yang dihasilkan.

Tabel 4.7 Kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan rasio klorofil pada tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Klorofil a (mg g <sup>-1</sup> )	Klorofil b (mg g <sup>-1</sup> )	Total klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	Rasio klorofil a/b
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>				
Depan (P1)	2,25 ± 0,14 b	0,87 ± 0,05 b	3,12 ± 0,19 b	2,58 ± 0,04
Tengah (P2)	2,31 ± 0,19 b	0,88 ± 0,08 b	3,21 ± 0,27 b	2,63 ± 0,15
Belakang (P3)	2,86 ± 0,17 a	1,09 ± 0,08 a	3,97 ± 0,26 a	2,63 ± 0,06
<b>Dosis pupuk</b>				
D1	2,52 ± 0,26 ab	0,96 ± 0,11	3,49 ± 0,37 ab	2,64 ± 0,09
D2	2,52 ± 0,41 ab	1,00 ± 0,16	3,49 ± 0,59 ab	2,53 ± 0,12
D3	2,26 ± 0,40 b	0,87 ± 0,13	3,17 ± 0,50 b	2,60 ± 0,07
D4	2,67 ± 0,37 a	1,01 ± 0,16	3,73 ± 0,53 a	2,66 ± 0,09
D5	2,40 ± 0,27 b	0,91 ± 0,08	3,31 ± 0,39 b	2,64 ± 0,08
Interaksi	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl;

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

Klorofil merupakan pigmen terpenting pada tumbuhan dengan fungsi menyerap dan meneruskan cahaya. Tanaman berusaha meningkatkan absorpsi cahaya pada kondisi defisit cahaya dengan cara meningkatkan jumlah klorofil per unit luas daun. Penurunan rasio klorofil a/b pada tanaman toleran naungan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya bagi tanaman secara keseluruhan Klorofil b lebih efisien menangkap cahaya dibanding

dengan klorofil a sehingga untuk menghasilkan tanaman yang toleran terhadap pencahayaan dapat dilakukan dengan meningkatkan klorofil b. Hal ini diduga berkaitan dengan organisasi kompleks fotosistem pada *light harvesting complex* (LHC II).

Perlakuan pemberian dosis pupuk berpengaruh nyata pada kandungan klorofil a dan total klorofil tetapi tidak berpengaruh nyata pada klorofil b dan rasio klorofil, hal ini diduga pemberian pupuk yang diberikan masih cukup untuk pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Bednarz dan Krzepilko (2009) pemberian unsur makro yang tinggi pada tanaman bayam yaitu NPK 130 kg N, 70 kg P and 70 kg K ha<sup>-1</sup>. menghasilkan kandungan klorofil yang lebih rendah dibandingkan kombinasi dosis yang lebih rendah (90 kg N, 60 kg P and 60 kg K ha<sup>-1</sup>) tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak dipupuk. Menurut penelitian Singh *et al* (2016) pemberian pupuk nitrogen dosis 120 kg ha<sup>-1</sup> pada tanaman jahe terbukti optimal pada fase pertumbuhan 120 HST dan 180 HST meningkatkan kandungan klorofil dibandingkan tanpa pupuk N dengan peningkatan sebesar 29,9 % dan 23,7 %. Nitrogen secara nyata membantu pembentukan pigmen fotosintesis aktif melalui peningkatan jumlah protein stroma dan tilakoid dalam daun (Texeira *et al* 2011). Ketersediaan N memberikan efek positif pembentukan kloroplas selama pertumbuhan daun. Menurut Hong *et al* (2012) pembentukan kloroplas menyebabkan peningkatan kandungan lipid daun dan penyusun kloroplas seperti klorofil dan karoten.

### ***Kandungan Antosianin dan karoten tanaman jahe***

Antosianin merupakan pigmen nonkloroplas termasuk ke dalam golongan flavonoid yang terdapat di dalam kloroplas, berfungsi untuk mencegah kerusakan akibat radiasi sinar ultra violet. Karotenoid (karoten dan xanthofil) dikenal dengan pigmen asesori, berfungsi sebagai fotoproteksi dan membantu klorofil menyerap dan mentransfer cahaya ke pusat reaksi melalui klorofil b.

Berdasarkan hasil percobaan data fisiologis tanaman jahe pada perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari tidak berpengaruh nyata pada peubah antosianin tetapi berpengaruh nyata pada peubah karoten (Tabel 4.8). Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan posisi belakang dilihat dari posisi arah datang sinar matahari sebesar 1 mg.g<sup>-1</sup>. Perlakuan pemberian dosis pupuk tidak berpengaruh nyata pada kandungan antosianin dan karoten hal ini diduga pemberian pupuk yang diberikan masih cukup untuk pertumbuhan tanaman. Tanaman mampu untuk meningkatkan kandungan antosianin dengan pemberian dosis yang lebih rendah, karena dengan pemberian pemupukan dengan dosis lebih tinggi kandungan antosianin tidak berbeda nyata.

Kurniawan *et al.* (2010) karotenoid berperan sebagai pigmen tambahan yang membantu klorofil dalam menyerap cahaya. Selain itu Fabrowska *et al.* (2018) menyatakan bahwa klorofil dan karotenoid merupakan pigmen penting pada fotosintesis yang mempunyai fungsi saling melengkapi dalam menyerap cahaya. Karotenoid memiliki fungsi melindungi klorofil dari efek cahaya yang berlebih. Berdasarkan data hasil penelitian (Tabel 4.9) terdapat interaksi antara perlakuan posisi arah datang sinar matahari dan dosis pupuk yang diberikan terhadap kandungan antosianin, perlakuan dosis pupuk 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang dengan posisi arah datang sinar matahari tengah memberikan kandungan antosianin tertinggi, sementara dengan pemberian 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk



kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl dengan posisi arah datang sinar matahari di belakang mendapatkan nilai antosianin tertinggi.

Tabel 4.8 Kandungan antosianin pada tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	D1	D2	D3	D4	D5
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>					
Depan (P1)	0,55 b	0,65 b	0,50	0,56	0,52
Tengah (P2)	0,77 a	0,56 b	0,55	0,66	0,53
Belakang (P3)	0,58 b	0,77 a	0,54	0,64	0,56

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

Tabel 4.9 Kandungan karoten (mg g<sup>-1</sup>) tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Karoten (mg g <sup>-1</sup> )
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>	
Depan (P1)	0,79 ± 0,03 b
Tengah (P2)	0,77 ± 0,06 b
Belakang (P3)	1,00 ± 0,06 a
<b>Dosis pupuk</b>	
D1	0,85 ± 0,01
D2	0,88 ± 0,12
D3	0,80 ± 0,15
D4	0,92 ± 0,15
D5	0,82 ± 0,11
Interaksi	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

#### 4.3.5 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan terhadap Biomass Tanaman Jahe

Biomassa tanaman menggambarkan total material atau berat kering dari suatu organisme. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan pengaruh arah datangnya sinar matahari dan pemupukan dengan dosis yang berbeda serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, dan bobot kering akar (Tabel 4.10). Hal ini diduga bahwa tanaman dapat menghasilkan biomassa yang sama pada perbedaan intensitas yang diperoleh. Tanaman merespons hal yang sama pada pemberian pemupukan dengan dosis berbeda.

Tabel 4.10 Bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk tanaman jahe umur 32 MST

Perlakuan	Bobot basah tajuk (g)	Bobot kering tajuk (g)	Bobot basah akar (g)	Bobot kering akar (g)
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>				
Depan (P1)	28,08 ± 3,43	4,45 ± 0,55	2,40 ± 0,09	0,48 ± 0,09
Tengah (P2)	20,87 ± 1,09	3,52 ± 0,18	2,59 ± 0,22	0,50 ± 0,22
Belakang (P3)	23,71 ± 6,52	3,73 ± 1,21	2,43 ± 0,16	0,47 ± 0,16
<b>Dosis pupuk</b>				
D1	22,66 ± 9,05	3,72 ± 1,28	2,73 ± 0,25	0,58 ± 0,25
D2	24,80 ± 4,60	4,01 ± 0,61	2,54 ± 0,15	0,39 ± 0,15
D3	27,47 ± 5,67	4,72 ± 0,89	2,58 ± 0,16	0,55 ± 0,16
D4	21,98 ± 1,06	3,52 ± 0,23	2,35 ± 0,10	0,49 ± 0,10
D5	24,17 ± 3,61	3,51 ± 0,66	2,19 ± 0,07	0,43 ± 0,07
interaksi	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

#### 4.3.6 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan terhadap Hasil Rimpang dan Kandungan Gingerol Jahe

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.11) terdapat pengaruh yang nyata pada bobot basah rimpang, bobot kering rimpang dan kandungan gingerol terhadap perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari. Tetapi dosis pemupukan tidak berpengaruh nyata pada peubah bobot basah rimpang, bobot kering rimpang dan kandungan gingerol. Interaksi perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari dan dosis pemupukan menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap peubah bobot basah rimpang, bobot kering rimpang dan kandungan gingerol. Bobot segar merupakan indikator utama hasil jahe merah.

Berdasarkan hasil analisis terdapat perbedaan yang nyata terhadap bobot basah rimpang jahe, bobot kering rimpang jahe dan kandungan gingerol. Posisi arah datangnya sinar matahari menghasilkan nilai tertinggi bobot basah rimpang pada posisi depan (P1) sebesar 22,47 g dan bobot kering nilai sebesar 3,79 g. Hal ini menunjukkan meskipun dalam keadaan ternaungi tanaman memiliki kemampuan untuk menghasilkan rimpang terbaik. Posisi memperoleh sinar matahari di awal menunjukkan kemampuan tanaman dalam fotosintesis memerlukan intensitas matahari lebih banyak. Tetapi kandungan gingerol tertinggi terdapat pada perlakuan posisi belakang arah datangnya sinar matahari senilai 8,04 mg g<sup>-1</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas matahari bagian belakang masih dapat meningkatkan kandungan gingerol. Sejalan dengan hasil penelitian Ghasemzadeh dan Ghasemzadeh (2011) menunjukkan bahwa pada kedua varietas jahe yang diuji, daunnya memiliki kandungan flavonoid yang lebih tinggi di bawah naungan 60% dibandingkan dengan

tingkat naungan 0%. Hasil penelitian Aly *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa jenis naungan yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe menunjukkan perlakuan naungan 60% mendapatkan nilai tertinggi pada hasil kadar minyak atsiri.

Tabel 4.11 Bobot basah rimpang dan bobot kering rimpang tanaman jahe umur 32 MST per rumpun

Perlakuan	Bobot basah rimpang (g)	Bobot kering rimpang (g)	Gingerol (mg g <sup>-1</sup> )
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>			
Depan (P1)	22,47 ± 2,12 a	3,79 ± 0,46 a	6,68 ± 0,19 b
Tengah (P2)	13,95 ± 2,46 b	2,31 ± 0,47 b	7,12 ± 0,64 b
Belakang (P3)	17,79 ± 3,79 ab	2,96 ± 0,60 ab	8,04 ± 0,47a
<b>Dosis pupuk</b>			
D1	17,83 ± 4,19	3,11 ± 0,60	7,01 ± 0,73
D2	20,14 ± 6,11	3,28 ± 1,15	7,01 ± 0,55
D3	18,41 ± 5,87	3,04 ± 0,93	7,34 ± 1,15
D4	15,50 ± 3,86	2,47 ± 0,58	7,47 ± 0,78
D5	18,48 ± 4,46	3,20 ± 0,93	7,56 ± 0,74
Interaksi	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

Berdasarkan hasil penelitian faktor dosis pupuk belum memberikan pengaruh yang nyata pada peubah bobot basah rimpang, bobot kering rimpang dan gingerol. Hal ini diduga pupuk yang diberikan sudah mencukupi dan efisien dalam proses metabolisme tanaman. Tanaman jahe merah memerlukan unsur hara yang tinggi untuk meningkatkan produktivitas jahe merah. Ketersediaan unsur hara yang cukup, terutama unsur N dan K, dapat merangsang peningkatan bobot segar rimpang jahe. Penelitian Saputri *et al.* (2018) Perlakuan 150 g pupuk kandang sapi per tanaman menghasilkan berat basah jahe yang paling tinggi sebesar 49,9 g. Selanjutnya penelitian Supriyono *et al.* (2021) Pemberian Pupuk organik dosis 2 kg. m<sup>-2</sup> memberikan nilai tertinggi pada rimpang basah jahe 303,07 g. Menurut Gardner *et al.* (1991), berat kering merupakan akibat dari penimbunan hasil bersih dari asimilasi CO<sub>2</sub> sepanjang musim pertumbuhan yang mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik terutama air dan CO<sub>2</sub>.

Menurut Sukarman *et al.* (2008) bahwa kadar air rimpang jahe dapat berubah menyesuaikan kelembaban udara di sekitarnya hingga mencapai keseimbangan sehingga memengaruhi berat rimpang. Asimilat hasil fotosintesis berupa karbohidrat sebagian akan disimpan oleh tanaman sebagai cadangan makanan dan digunakan sebagai energi untuk aktivitas metabolisme lainnya. Menurut Zuhro dan Sukanto (2018) tanaman jahe akan memindahkan

dan mengumpulkan hasil asimilat dari aktivitas fotosintesis pada bagian rimpang. Rimpang jahe merah mengandung kadar pati yang tinggi dan berserat. Penelitian Azizah *et al.* (2020), pemberian 300 kg K ha<sup>-1</sup> mempunyai diameter rimpang, bobot rimpang per tanaman, dan hasil total per ha yang lebih tinggi ( $P = 0,06 - < 0,01$ ) dibandingkan dengan takaran pupuk K lainnya. Pradeepkumar *et al.* (2001), menyebutkan bahwa tingkat pemupukan optimal N dan K masing-masing adalah 144 dan 109 kg ha<sup>-1</sup>, yang mendekati kombinasi 150 kg N ha<sup>-1</sup> dan 100 kg K ha<sup>-1</sup>. Penelitian Yuliana *et al.* (2015) Pemberian pupuk kandang dosis 5 ton ha<sup>-1</sup> meningkatkan berat basah rimpang jahe sebesar 163,15%.

#### 4.3.7 Pengaruh Arah Datangnya Sinar Matahari dan Pemupukan Terhadap Kadar Hara N, P, dan K Daun Jahe

Berdasarkan hasil penelitian kadar hara N, P dan K di daun tidak berpengaruh nyata pada perlakuan posisi arah datangnya sinar matahari dan dosis pemupukan serta interaksinya (Tabel 4.12). Hal ini diduga tanaman menyerap hara sesuai dengan kebutuhannya meskipun jumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah bervariasi sesuai perlakuan. Demikian pula dengan arah sinar matahari sebagai faktor lingkungan yang memengaruhi penyerapan hara.

Tabel 4.12 Kandungan hara N, hara P, dan hara K daun jahe umur 32 MST

Perlakuan	Hara N (%)	Hara P (%)	Hara K (%)
<b>Posisi arah datang sinar matahari</b>			
Depan (P1)	3,68 ± 0,29	0,21 ± 0,01	4,80 ± 0,01
Tengah (P2)	3,78 ± 0,17	0,22 ± 0,02	5,11 ± 0,02
Belakang (P3)	3,70 ± 0,24	0,20 ± 0,02	5,00 ± 0,02
<b>Dosis pupuk</b>			
D1	3,40 ± 0,13 c	0,21 ± 0,01	4,92 ± 0,01
D2	3,75 ± 0,05 c	0,22 ± 0,01	5,04 ± 0,01
D3	3,74 ± 0,17 b	0,19 ± 0,02	5,07 ± 0,02
D4	4,03 ± 0,07 a	0,21 ± 0,01	4,76 ± 0,01
D5	3,69 ± 0,07 b	0,22 ± 0,03	5,06 ± 0,03
Interaksi	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %

D<sub>1</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang

D<sub>2</sub> = 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>3</sub> = 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>4</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl

D<sub>5</sub> = 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

Tanaman secara optimal menggunakan hara yang terdapat di dalam tanah untuk proses metabolisme dan menghasilkan fotosintat. Menurut Rasyid *et al.* (2010) pemupukan merupakan usaha untuk mencukupi kebutuhan hara tanaman. Dengan memperbaiki pertumbuhan, akar tanaman akan lebih berkembang masuk ke dalam tanah dan dapat lebih baik menggunakan

persediaan air di lapisan bawah tanah. Tanaman yang mendapat cukup hara dapat menyelesaikan siklus hidupnya lebih cepat, sedangkan tanaman yang kekurangan hara dapat lebih lambat dipanen, tetapi jika tanaman kelebihan hara juga tidak baik karena dapat meracuni tanaman, sehingga pada proses pertumbuhan dan perkembangannya akan terganggu. Produksi dan mutu jahe merah dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah ketersediaan nutrisi tanah, terutama kalium (K). Kalium merupakan makronutrien utama yang paling banyak diserap oleh jahe (Dinesh *et al.* 2012).

Unsur ini dibutuhkan tanaman baik untuk metabolisme primer maupun sekunder. Dalam metabolisme primer, K adalah sebagian besar diserap oleh tumbuhan karena perannya yang penting dalam proses fotosintesis dan pembentukan rimpang. Banyak proses fisiologis dan biokimia pada tumbuhan ditentukan oleh K, termasuk aktivasi enzim, regulasi sel potensi osmotik, netralisasi anion molekul larut dan tidak larut, dan stabilisasi pH sel (Marschner 2012). Hepler *et al.* (2001) menyatakan bahwa K sangat penting bagi fungsi dan perkembangan tanaman dengan meningkatkan pertumbuhan sel. Unsur ini penting untuk kinerja banyak enzim, yang memengaruhi berbagai fungsi metabolisme dan mempunyai efek yang besar berpengaruh pada pertumbuhan, transportasi fotosintesis, dan metabolisme pernapasan (Xizhen *et al.* 2005). Aktivasi enzim ini meningkatkan translokasi karbohidrat dan translokasi fotosintat ke bagian generatif tanaman. Fotosintat translokasi pada tanaman jahe dimaksimalkan untuk pembentukan rimpang. Kalium memengaruhi fotosintesis melalui fungsinya dalam osmoregulasi stomata, khususnya dalam mengendalikan turgiditas sel penjaga stomata. Pada sebagian besar spesies tumbuhan, K<sup>+</sup> memainkan peran penting dalam mengubah turgiditas sel penjaga selama pergerakan stomata. Meningkatkan konsentrasi K<sup>+</sup> pada sel penjaga meningkatkan tekanan osmotiknya, yang meningkatkan turgiditas sel penjaga. Dalam kondisi sel penjaga turgid, stomata terbuka untuk memastikan transportasi CO<sub>2</sub> lancar. Akumulasi K<sup>+</sup> di dalam sitoplasma sel diinduksi oleh sinar matahari; stomata terbuka ke dalam pada pagi hari dan menutup dalam kondisi minim cahaya atau gelap (Hawkesford *et al.* 2012).

Berdasarkan uji korelasi (Tabel 4.13) pada peubah yang diamati ada peubah yang berkorelasi positif. Hasil analisis korelasi antar peubah menunjukkan bahwa bobot basah rimpang berkorelasi positif nyata dengan tinggi tanaman dan luas daun dengan masing-masing nilai  $r = 0,53$  dan  $0,29$ . Berdasarkan nilai koefisien korelasi tersebut, bobot basah rimpang memiliki keeratan hubungan dengan meningkatnya tinggi tanaman dan luas daun. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa semakin tinggi tanaman menghasilkan daun akan berpengaruh padapeningkatan ILD karena luas daun akan meningkat. Apabila ukuran daun lebih kecil, akan menurunkan ILD. Total klorofil berkorelasi positif dan memiliki hubungan yang erat dengan peubah klorofil a, klorofil b, karoten dan antosianin.



Tabel 4.13 Uji korelasi antar peubah pada tanaman jahe umur 32 MST

Peubah	Korelasi					
	Tinggi tanaman	Luas daun	Klorofil a	Klorofil b	Karoten	Antosianin
Bobot basah rimpang	** 0,53	* 0,29	tn	tn	tn	tn
Bobot kering rimpang	** 0,59	tn	tn	tn	tn	tn
Jumlah daun	** 0,54	tn	tn	tn	tn	tn
Total klorofil	tn	tn	** 0,98	** 0,95	** 0,95	** 0,38

#### 4.4 Simpulan

Posisi belakang dari arah datangnya sinar matahari dapat meningkatkan kandungan gingerol pada tanaman jahe di kebun kelapa sawit TM10, sementara posisi depan dari arah datangnya sinar matahari meningkatkan bobot basah dan bobot kering rimpang.

Perlakuan dosis dan jenis pupuk yang diuji tidak dapat meningkatkan bobot basah rimpang dan kandungan gingerol tanaman jahe. Pemberian 10 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 400 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 300 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 300 kg ha<sup>-1</sup> KCl, menghasilkan kandungan hara N, klorofil a, dan total klorofil daun tertinggi yakni masing-masing 4,03%, 2,67 mg g<sup>-1</sup>, dan 3,73 mg g<sup>-1</sup>. Dengan pemupukan ini dihasilkan bobot rimpang basah, kering, dan gingerol masing masing sebesar 15,50 g, 2,47 g, dan 7,47 mg g<sup>-1</sup>. Terdapat interaksi antara perlakuan posisi arah datang sinar matahari dan dosis pupuk yang diberikan terhadap kandungan antosianin.

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



## V PEMBAHASAN UMUM

Pada penelitian tahap pertama tingkat naungan tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar, rasio klorofil ab, jumlah stomata, kerapatan stomata, tebal daun, bobot kering rimpang, antosianin dan karoten tetapi memengaruhi tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar, klorofil a, klorofil b, total klorofil, bobot basah rimpang, jumlah anakan dan gingerol. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi tingkat naungan semakin meningkat nilai tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun. Hal tersebut menunjukkan tanaman masih beradaptasi pada tingkat kerapatan naungan 75% yang setara dengan intensitas cahaya  $106 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  dan setara dengan tingkat naungan sebesar 87% (Tabel 3.2). Pada kondisi ternaungi akan menimbulkan gejala etiolasi yang disebabkan oleh aktivitas hormon auksin. Bagian tajuk tanaman yang terkena cahaya pertumbuhannya akan lambat karena kerja auksin dihambat oleh cahaya, sedangkan pada bagian tajuk tanaman yang tidak terkena cahaya pertumbuhannya sangat cepat karena kerja auksin tidak dihambat. Menurut Gardner *et al.* (1991), bahwa intensitas cahaya rendah menyebabkan etiolasi pada tanaman hal ini disebabkan adanya penumpukan hormon auksin yang terdapat di ujung atau pucuk (apikal) yang tidak terdegradasi oleh kondisi cahaya rendah.

Berdasarkan hasil penelitian, pada kondisi ternaungi menyebabkan luas daun semakin meningkat. Peningkatan luas daun merupakan upaya daun menangkap cahaya lebih efisien. Daun yang lebar dan tipis digunakan untuk memaksimalkan penyerapan cahaya dalam proses fotosintesis. Menurut Soepandi (2013) salah satu bentuk adaptasi morfologi daun adalah dengan membuat daun menjadi lebih lebar dan tipis. Daun yang lebih luas dan lebih tipis dikarenakan berkurangnya pembentukan sel, ukuran sel menurun, dan jarak antar sel menjadi lebih longgar (Wu *et al.* 2018; Fan *et al.* 2019) menyebabkan kloroplas terdistribusi secara merata (Muhuria, 2007). Penipisan daun juga menurunkan ukuran kloroplas tetapi jumlah kloroplas dan ketebalan grana semakin meningkat (Levitt 1980; Fan *et al.* 2019), sehingga terjadi peningkatan produksi klorofil. Sejalan dengan hasil penelitian bahwa jumlah klorofil a, klorofil b, dan total klorofil meningkat dengan semakin tingginya tingkat naungan. Meningkatnya klorofil daun tanaman merupakan upaya tanaman untuk memaksimalkan cahaya yang diterima oleh tanaman (Gambar 3.10; 3.11; 3.12). Kondisi tersebut selanjutnya dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan daun menghindari jumlah cahaya yang ditransmisikan sehingga fotosintesis tetap optimal.

Tinggi tanaman dan luas daun menggambarkan total material dari tanaman yaitu biomassa tanaman. Tinggi tanaman dan luas daun yang tinggi akan memberikan total biomassa yang tinggi, karena merupakan hasil pengukuran dari bobot basah biomassa tanaman sebagai akumulasi bahan yang dihasilkan selama pertumbuhan. Pengukuran bobot basah berbanding lurus dengan hasil dari tinggi tanaman dan luas daun. Pengamatan terhadap bobot segar tanaman diperlukan untuk mengetahui biomassa tanaman tersebut. Sedangkan berat kering, menurut Gardner *et al.* (1991), merupakan akibat dari penimbunan hasil bersih dari asimilasi  $\text{CO}_2$  sepanjang musim pertumbuhan yang mencerminkan akumulasi

senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik terutama air dan CO<sub>2</sub>. Hasil bobot basah rimpang jahe yang diperoleh meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan. Pada tingkat naungan 75%, menghasilkan 131,74 g bobot basah rimpang per tanaman. Sementara gingerol yang diperoleh pada tingkat naungan 28,57% adalah 12,48 mg g<sup>-1</sup> berat kering, semakin menurun dengan meningkatnya naungan. Hasil rimpang yang lebih tinggi diharapkan kandungan gingerol juga semakin meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian semakin tinggi tingkat naungan semakin menurun jumlah anakan tanaman temulawak, tanaman mengalokasikan energi yang terbatas ke pertumbuhan organ yang lebih penting seperti pemanjangan batang, sebagai upaya untuk mencapai lebih banyak cahaya, tanaman sering mengalami etiolasi, di mana batang tumbuh lebih panjang dan lebih tipis. Energi yang digunakan untuk memanjangkan batang dapat mengurangi energi yang tersedia untuk pembentukan anakan, diduga tanaman menyalurkan hasil fotosintesis ke tinggi tanaman dan luas daun sehingga anakan yang terbentuk sedikit. Tanaman temulawak merespons perlakuan tingkat naungan 75% atau setara dengan 106 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> dengan menghasilkan tebal daun sebesar 298,925 µm, lebih tipis dibandingkan tingkat naungan 0, 25% dan 50%. Berdasarkan hasil penelitian tingkat naungan meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil dan rasio klorofil. Hal ini dikarenakan tanaman dalam kondisi cahaya rendah mengalami perubahan morfologi, seperti peningkatan luas permukaan daun dan perubahan dalam struktur internal daun sehingga terjadi peningkatan jumlah kloroplas per sel. Ini memungkinkan lebih banyak klorofil untuk disintesis dan menangkap cahaya secara lebih efisien. Klorofil a dan b bersama-sama meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda. Dengan meningkatkan kandungan kedua jenis klorofil, tanaman dapat lebih efektif dalam memanfaatkan cahaya yang tersedia untuk fotosintesis. Levitt (1980) menyatakan kondisi tersebut juga dapat menurunkan jumlah cahaya yang ditransmisikan untuk mempertahankan proses fotosintesis. Struktur anatomi dan morfologi daun merupakan salah satu mekanisme adaptasi yang dilakukan tanaman terhadap intensitas cahaya yang berbeda (Peri *et al.* 2009). Pada penelitian ini kandungan karoten meningkat dengan meningkatnya tingkat naungan. Karotenoid pada lingkungan dengan cahaya rendah, berperan penting dalam penyerapan cahaya dan transfernya ke klorofil (Taiz dan Zeiger, 2002).

Tanaman temulawak memiliki kemampuan adaptif untuk meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya melalui peningkatan kandungan klorofil atau perubahan morfologi daun sehingga tetap dapat melakukan fotosintesis dengan baik meskipun dalam kondisi ternaung. Tanaman dapat mengalokasikan karbohidrat dan nutrisi secara efisien ke rimpang meskipun berada dalam kondisi naungan. Hal ini diduga meskipun fotosintesis mungkin berkurang, tetapi alokasi fotosintat ke rimpang tetap dilakukan. Intensitas penyinaran matahari juga menentukan pertumbuhan dan perkembangan rimpang temulawak, hasil penelitian Yusron (2009) bahwa tingkat naungan di bawah pohon jati di Desa Wonoharjo sekitar 60% dengan produktivitas 13,99 ton ha<sup>-1</sup>, sedangkan tingkat naungan di bawah sengon di Desa Kaligentong sekitar 40%. Produktivitas rata-rata 9,65 ton ha<sup>-1</sup>. Temulawak menghasilkan senyawa aktif xanthorrhizol yang terdapat pada rimpangnya, pada penelitian ini dengan naungan sebesar 35,5%

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.

menghasilkan kandungan xanthorrhizol sebesar  $3,56 \text{ mg g}^{-1}$  (Gambar 3.20), tetapi menurun dengan meningkatnya tingkat naungan. Penelitian Aziz *et al.* (2018) pemberian 0,1 % bizo zyme yang dipanen pada 5 bst menghasilkan 1,505 % xanthorrhizol. Hasil penelitian Nihayati *et al.* (2021) kualitas (tingkat aktivitas antioksidan) temulawak yang optimum didapatkan pada temulawak yang ditanam di bawah naungan jati umur 17 tahun dengan jarak tanam 50 cm x 20 cm dengan tingkat aktivitas antioksidan sebesar 93,54%. Yunus *et al.* (2015), tingkat naungan 25% dan tanpa cekaman air pada tanaman temulawak menghasilkan kadar kurkumin sebesar 0,90% lebih tinggi dibandingkan tingkat naungan 50% dan 75%. Menurut Rahardjo (2010), kandungan flavonoid dan fenol di daun maupun di rimpang lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas cahaya penuh. Penelitian Ghazemzadeh *et al.* (2010) pada pada daun dan rimpang jahe total fenol menurun pada tingkat naungan 60%, dan kandungan kurkumin pada kunyit meningkat pada tingkat naungan 59-73% (Hossain 2009).

Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan kapulaga pada tingkat naungan yang berbeda menunjukkan hasil yang tidak berpengaruh pada beberapa peubah pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman meningkat sejalan dengan meningkatnya tingkat naungan. Tetapi pada jumlah anakan dengan meningkatnya tingkat naungan semakin menurunkan jumlah anakan. Jumlah anakan erat kaitannya dengan pertumbuhan tunas. Anakan akan menghasilkan buah sendiri yang dapat diasumsikan bahwa semakin banyak anakan maka buah yang dihasilkan akan semakin banyak. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2019) pada tingkat naungan 50% menghasilkan sejumlah 31,6 anakan per tanaman, dan diperoleh hasil kapsul sebanyak 247,7 per tanaman, jika dihitung rata-rata kapsul per anakan maka akan diperoleh sebesar 7,8 kapsul per anakan. Pada penelitian ini tanaman berumur 32 MST, sehingga belum menghasilkan buah atau kapsul, tetapi jika dihitung berdasarkan hasil penelitian dari Alagupalamuthirsolai *et al.* (2019) dengan menghasilkan 7,8 kapsul per anakan diasumsikan tanaman kapulaga pada penelitian ini menghasilkan anakan sebanyak 16,76 pada tingkat naungan 50,13%, sehingga dapat diperoleh 114,42 kapsul per anakan. Penelitian Rini *et al.* (2022), jumlah anakan meningkat pada perlakuan tanpa dan dengan naungan sebesar 25% setiap bulannya, sedangkan pada perlakuan naungan 50% dan 75% terjadi penurunan jumlah anakan pada bulan ke 5 dan 6 setelah tanam. Penelitian Edvanido (2023) menunjukkan bahwa jumlah anakan kapulaga pada naungan meningkat sebesar 66,9%-242,9% dibandingkan tanaman tanpa naungan. kapulaga tumbuh baik pada naungan 50-70% atau ditanam di bawah tegakan pohon, hal ini menunjukkan bahwa kapulaga dapat beradaptasi dengan kondisi naungan.

Respons tanaman dari faktor lingkungan terlihat pada karakter morfologi dan anatomi dari tanaman, jumlah stomata dan kerapatan stomata menurun sejalan dengan meningkatnya tingkat naungan. Pada tingkat naungan 36,16% menghasilkan jumlah stomata sebesar 17,72 buah dan kerapatan stomata sebesar  $90,46 \text{ stomata mm}^{-2}$  pada tingkat naungan 38,05% (Gambar 3.26). Jumlah dan kerapatan stomata pada tanaman dapat dipengaruhi oleh tingkat naungan. Ketika intensitas cahaya menurun, tanaman akan mengalami beberapa perubahan fisiologis dan morfologis untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang kurang optimal untuk fotosintesis. Hasil penelitian Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018) pada tanaman kapulaga yang ditanam di bawah naungan 75%, memiliki

laju fotosintesis bersih dan konduktansi stomata tertinggi, dan menurun pada naungan 50% dan kondisi terbuka. Salisbury and Ross (1992) menyatakan bahwa cahaya matahari mempunyai peranan dalam proses fisiologi tanaman menutup dan membukanya stomata, ketersediaan cahaya matahari menentukan tingkat produksi tanaman.

Tanaman kapulaga tumbuh baik di bawah naungan parsial, seperti di hutan tropis di bawah kanopi pohon yang lebih tinggi. Pada beberapa penelitian, kapulaga yang ditanam sebagai tanaman agroforestri dibudidayakan di lahan hutan rakyat dinilai menguntungkan. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa pengelolaan agroforestri kapulaga di bawah tegakkan sengon (Indrajaya dan Sudomo 2013) maupun campuran jati, mahoni, dan sengon (Arinah *et al.* 2021) layak secara finansial.

Berdasarkan hasil penelitian tahap pertama, maka tanaman jahe lebih banyak memberikan respons secara linier artinya tanaman ini mampu merespon tingkat naungan sebesar 75%. Hal ini sesuai dengan keadaan intensitas cahaya pada tegakan kelapa sawit. Sehingga tanaman jahe dapat direkomendasikan sebagai tanaman sela diantara kelapa sawit menghasilkan. Memanfaatkan ruang terbuka pada areal tanaman kelapa sawit salah satunya dengan pemanfaatan gawangan yang sudah mulai dilakukan oleh petani-petani kelapa sawit untuk menambah pendapatan petani. Pada lahan perkebunan yang menjadi masalah budidaya tanaman di bawah tegakan adalah terbatasnya sinar matahari. Berdasarkan hasil penelitian pada tahap pertama, bahwa tanaman jahe dapat beradaptasi pada tingkat naungan tinggi hal ini merekomendasikan bahwa tanaman jahe dapat ditanam pada lahan yang ternaungi salah satunya sebagai tanaman sela diantara tegakan kelapa sawit yang menghasilkan.

Hasil penelitian tahap kedua yaitu aplikasi pemupukan untuk meningkatkan produksi dan kandungan senyawa bioaktif pada tanaman jahe yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit menunjukkan tanaman jahe memberikan respon terhadap posisi tegakan berdasarkan arah datangnya sinar matahari pada beberapa peubah pertumbuhan, morfologi, fisiologi tanaman, dan senyawa aktif jahe. Tanaman jahe memberikan respon pada arah datangnya sinar matahari dengan meningkatkan bobot rimpang, bobot kering rimpang dan kandungan gingerol.

Pada intensitas cahaya  $106 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  tanaman memproduksi klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan karoten lebih tinggi dibandingkan intensitas cahaya pada posisi depan dan tengah, hal ini merupakan salah satu mekanisme adaptasi tanaman jahe terhadap intensitas cahaya rendah. Dalam kondisi cahaya yang berubah-ubah, studi tentang klorofil a, klorofil b dan klorofil total membantu sebagai indeks penyerapan cahaya matahari (Fan *et al.* 2018). Syam'Un *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa semakin tinggi taraf naungan maka semakin tinggi pula total klorofil yang dihasilkan. Fabrowska *et al.* (2018) menyatakan bahwa klorofil dan karotenoid merupakan pigmen penting pada fotosintesis yang mempunyai fungsi saling melengkapi dalam menyerap cahaya. Karotenoid memiliki fungsi melindungi klorofil dari efek cahaya yang berlebih.

Berdasarkan hasil penelitian dosis pupuk  $10 \text{ ton ha}^{-1}$  pupuk kandang +  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  Urea,  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  SP-36,  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  KCl, memberikan dosis terbaik dengan hasil kandungan hara daun yang tinggi, klorofil a dan total klorofil tertinggi. Pemupukan yang tepat meningkatkan ketersediaan nutrisi yang diperlukan untuk sintesis klorofil. Ini membantu tanaman mempertahankan warna

hijau yang sehat dan efisiensi fotosintesis yang tinggi. Nitrogen secara nyata membantu pembentukan pigmen fotosintesis aktif melalui peningkatan jumlah protein stroma dan tilakoid dalam daun (Texeira *et al.* 2011). Ketersediaan N memberikan efek positif pembentukan kloroplas selama pertumbuhan daun. Menurut Hong *et al.* (2012) pembentukan kloroplas menyebabkan peningkatan kandungan lipid daun dan penyusun kloroplas seperti klorofil dan karoten.

Terdapat interaksi perlakuan terhadap kandungan antosianin, dosis pupuk yang terbaik pada posisi tengah adalah 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang (D<sub>1</sub>) dan dosis pupuk yang terbaik pada posisi belakang adalah 20 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang + 200 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 150 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl (D<sub>2</sub>). Kandungan antosianin semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kerapatan naungan menunjukkan bahwa pembentukan antosianin pada kondisi cahaya rendah akan menurunkan asimilat terbentuk untuk mengurangi efisiensi penggunaan cahaya (Levitt 1980). Kekurangan nitrogen dapat meningkatkan produksi antosianin sebagai respon stres. Antosianin diproduksi sebagai respon terhadap kondisi stres, termasuk defisiensi nutrisi. Pemupukan yang tidak memadai atau kelebihan nutrisi tertentu dapat menginduksi produksi antosianin sebagai mekanisme pertahanan tanaman.

Posisi depan tanaman jahe menghasilkan bobot basah rimpang sebesar 22,47 g per tanaman. Tanaman jahe dapat mengoptimalkan penggunaan cahaya yang diterima untuk mendukung proses pertumbuhan. Kandungan gingerol tertinggi terdapat pada perlakuan posisi belakang arah datangnya sinar matahari senilai 8,04 mg g<sup>-1</sup>, hal ini menunjukkan bahwa intensitas matahari bagian belakang masih dapat meningkatkan kandungan gingerol. Menurut Sanwal *et al.* (2010), konsentrasi gingerol dalam jahe berkisar antara 1.030 hingga 3.049 µg per g bobot segar rimpang, jika dibandingkan dengan hasil penelitian kandungan gingerol yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Menurut Sharangi *et al.* (2022), peningkatan intensitas naungan diketahui memengaruhi hasil tanaman. Faktor penentu hasil seperti jumlah tanaman per hektar, dan rimpang per tanaman dipengaruhi oleh naungan dan nutrisi, dengan pemberian naungan dan pengelolaan unsur hara yang tepat dapat ditanam dalam berbagai sistem tanam yaitu tanaman perkebunan seperti kelapa, pinang, dan kebun buah-buahan lainnya.





## VI SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

@Hak Cipta milik IPB University

Kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang dilakukan: Tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman jahe berkisar antara 28,57-46,55% dengan produksi jumlah anakan 10,16 dan kandungan gingerol 12,48 mg g<sup>-1</sup> bobot kering. Sedangkan tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman temulawak adalah 35,5% dengan kandungan xanthorizhol 3,56 mg g<sup>-1</sup> bobot kering. Sementara tingkat naungan yang sesuai untuk tanaman kapulaga berkisar antara 36,16-50,13% dengan jumlah stomata 17,72 dan jumlah anakan 16,76.

Berdasarkan arah datangnya cahaya matahari, tanaman jahe dapat ditanam pada seluruh areal blok tanam kelapa sawit yang berumur 10 tahun. Dosis pupuk tanaman jahe yang tepat adalah pemberian pupuk kandang 20 ton ha<sup>-1</sup> dengan produksi rimpang 17,83 g per tanaman.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut pada tanaman kapulaga sampai pada menghasilkan buah dan diuji kandungan senyawa aktifnya. Perlu dilakukan pengujian pada tanah sebelum dilakukan penanaman pada lahan perkebunan yang akan digunakan.

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.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2022. Statistika Tanaman Biofarmaka. Badan Pusat Statistik
- Adegbola OD, Olufunmilola AA. 2017. Comparative study of the effect of dry and wet ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) spice on the proximate and microbial safety of soybean beverage. *Croat. J. Food Sci. Technol.* 9 (2): 130 – 135 <https://doi.org/10.17508/CJFST.2017.9.2.07>
- Adiyoga W, Suherman R, Gunadi N, Hidayat A. 2004. Aspek nonteknis dan indikator efisiensi sistem pertanaman tumpangsari sayuran dataran tinggi. *Jurnal Hortikultura.* 14(3): 1-7.
- Agusta A, Chairul. 1996. Analisis komponen kimia minyak atsiri dari rimpang temu- lawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Prosiding Simposium Penelitian Bahan Obat Alami VIII*; Bogor, 24-25 Nov 1994. Perhipba & Balitro. hlm 643-647.
- Ajav EA, Ogunlade CA. 2014. Physical properties of ginger (*Zingiber officinale*). *Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary* 14 (8).
- Ajithkumar K, Jayachandran BK. 2003. Influence of shade regimes on yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Spices and Aromatic Crops* 12 (1): 29-33.
- Alagupalamuthirsolai M, Ankegowda SJ, Krishnamurthy KS. 2018 Effect of Different Shade Levels on Growth, Physiology and Biochemical Characteristics of Small Cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton). *Current Journal of Applied Science and Technology* 28(3): 1-9. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2018/42040>
- Alam A, Majumdar RS. 2018. Antioxidant activity of essential oil of three cultivars of *Amomum subulatum* and standardization of high performance thin layer chromatography (HPTLC) method for the estimation of 1,8-cineole. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 17(36), pp. 1129-1137. <https://doi.org/10.5897/AJB2018.16508>
- Alqamari M, Tarigam DM, Alridiwersah. 2017. Budidaya Obat dan Rempah. Mulya MO, editor. UMSU PRESS. Medan
- Aly MM, El Sawy AM, El Gendy RA. 2019. Comparative study of different shading types on growth and yield of ginger plants. *Middle East Journal of Agriculture Research* 8(4):1264-1270 DOI: 10.36632/mejar/2019.8.4.28
- Anni IA, Saptiningsih E, Haryanti S. 2013. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) di Bandungan, Jawa Tengah. *Jurnal Akademika Biologi.* 2(3): 31–40
- Arifin PF, Lucky LF, Waras N, Taufik R, Irmanida B, Raphael AS, Rosalina W. 2017. Pengaruh pola tanam tumpeng sari terhadap produktivitas rimpang dan kadar senyawa aktif temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Jurnal Jamu Indonesia* 2(2):51-59
- Arijanti S, Suryaningsih DR. 2019. Biosynthesis of secondary metabolites (gingerol, shogaol, and zingerone) from callus of three ginger varieties. *Drug Invention Today* 11(2):496-500

- Asadi B, Arsyad, Zahara H, Darmijati. 1997. Pemuliaan kedelai untuk toleran naungan. *Buletin Agrobio*. 2: 15-20.
- Ashokkumar K, Muthusamy M, Dhanya MK, Warkentin TD. 2019. Botany, traditional uses, phytochemistry and biological activities of cardamom [*Elettaria cardamomum* (L.) Maton] – A critical review. *Journal of Ethnopharmacology*
- Atikah, Muin A, Fahrizal. 2016. Pertumbuhan tanaman gaharu (*Aquilaria* spp) dengan pemberian mulsa dan jenis naungan pada tanah ultisol. *J. Hutan Lestari*. 4 (4) : 580-590.
- Atwell B, Kriedeman P, Turnbull C. 1999. *Plants in Action; Adaptation in Nature, Performance in Cultivation*. Ed ke-1. South Yarra : Macmillan Education Australia PTY LTD.
- Aziz SA. 2015. *Perspektif Ekofisiologi Produksi Bahan Bioaktif Tanaman Obat: Orasi Ilmiah Guru Besar IPB*. IPB Press. Bogor
- Azizah N, Nihayati E, Khotimah H, Rohmah S, Widaryanto E, Sugito Y, Kurniawan S. 2022. Impact of potassium fertilization on yield, nutrient use and response efficiency, and antioxidant content of red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade). *Chil. j. agric. res.* 82(3) <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392022000300380>
- Beneš B. 2012. *Visual model of plant development with respect to influence of light. in computer animation and simulation '97*. Springer Science & Business Media.
- Bermawie N, Kristina NN, Rizal M, Mauludi L, Wahyono TE. 2009. Standar mutu tanaman obat. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Badan Litbang Pertanian. Bogor. 20 hlm.
- Bhandari AK, Bisht VK, Negi JS, Baunthiyal M. 2013. 1, 8-Cineole: A predominant component in the essential oil of large cardamom (*Amomum subulatum* Roxb). *Journal of Medicinal Plants Research*. 7(26):1957-1960 DOI: 10.5897/JMPR2013.5131
- Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants* (Maryland : American Society of Plant Physiologists), 2000.
- Buntoro BH, Rogomulyo R, Trisnowati S. 2014. Pengaruh takaran pupuk kandang dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan hasil temu putih (*Curcuma zedoaria* L.). *J. Vegetalika*, 3(4):29-39.
- Chang JS, Wang KC, Yeh CF, Shieh DE, Chiang LC. 2013. Fresh ginger (*Zingiber officinale*) has anti-viral activity against human respiratory syncytial virus in human respiratory tract cell lines. *Journal of Ethnopharmacology* 145:146-151
- Chatterjee SK. 2002. Cultivation of medicinal and Aromatic plants in India – a commercial approach. Benath J *et al.* (eds). Proc Intl Conf on medicinal and Aromatic Plant. *Acta Hort* 575:191-202.
- De castro EM, Pinto JE, Bertolucci SKY, Malta MR, Cardoso MDG, De m. Silva FA. 2006. Coumarine contents in young *Mikania glomerata* plants (Guaco) under different radiation levels and photoperiod. *Acta Farm. Bonaerense* 25 (3): 387-92





- Denniff P, Whiting DA. 1976. Biosynthesis of [6] - Gingerol, Pungent Principle of *Zingiber officinale*. *J.C.S. chem. Comm* :711-712 [doi.org/10.1039/C39760000711](https://doi.org/10.1039/C39760000711)
- Devaraj S, Ismail S, Ramanathan S, Yam MF. 2013. In vivo toxicological investigations of standardized ethanolic extract of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. rhizome. *J. Nat. Prod. Plant Resour.* 3(1): 67-73.
- Devy L, Nawfetrias W. 2013. Pertumbuhan, kuantitas dan kualitas rimpang jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) pada cekaman kekeringan di bawah naungan. *J. Sains dan Teknologi Indonesia.* 14(3):216-220.
- Dinesh R, Srinivasan V, Hamza S. 2012. *Zingiberaceae crops: present and future cardamom, ginger, turmeric and others*. Nutrition In Singh, HP, Parthasarathy, VA, Kandiannan K, Krishnamurthy KS (eds.). Westville Publishing House, New Delhi, India p. 256-287.
- Donanhue RL, Miller RW, Shicluna JC. 1997. *An introduction to soil and plant growth*. in Faried MM. 2000. Free range poultry system; Their impact on some soil and pasture properties (thesis). England: University of New England.
- Edvanido H, Kurniawati A, Yahya S. 2023. Kajian agronomi tiga tanaman rempah sebagai tanaman bawah sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) perkebunan. *J. Agron.* 51(2), 281-288 doi: <https://dx.doi.org/10.24831/ija.v51i2.47351>
- Ekawati R, Susila AD, Kartika JG. 2010. The effect of shade on growth and productivity of several indigenous vegetable. *J. Hort. Indonesia.* 1(1):46-52
- Erhabor JO, Filson GC. 1999. Soil fertility changes under an oil palm-based intercropping system. *J. of Sustain. Agric.* (14):45 – 62.
- Estell RE, Fredrickson EL, James, DK. 2016. Effect of light intensity and wavelength on concentration of plant secondary metabolites in the leaves of *Flourensia cernua*. *Biochem. Syst. Ecol.* 65, 108–114.
- Fabrowska J, Messyasz B, Szyling J, Walkowiak J, Leska B. 2018. Isolation of chlorophylls and carotenoids from freshwater algae using different extraction methods. *Phycol. Res.* 66:52-57.
- Fachriyah E. 2007. Identifikasi minyak atsiri biji kapulaga (*Amomum cardamomum*). *JSM.* 15(2):83–87.
- Fahn A. 1992. *Anatomi Tumbuhan*. PT Gramedia Jakarta
- Faiza LL, Arifin PF, Nurcholis N, Ridwan T, Darusman LK, Susilowidodo RA, Wisastra R. 2018. Effect of Local Microorganism Utilization to Increase Productivity of Javanese Turmeric (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Jurnal Jamu Indonesia.* 3(2):62-67
- Falah RN. 2008. *Budidaya Kapulaga* [diunduh pada 30 September 2020]. Tersedia pada: <http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikelpertanian/541-budidaya-kapulaga>
- Fan Y, Chen J, Cheng Y, Raza MA, Wu X, Wang Z, Liu Q, Wang R, Wang X, Yong T, et al.. 2018. Effect of shading and light recovery on the growth, leaf structure, and photosynthetic performance of soybean in a maize-soybean relay-strip intercropping system. *plos one.* 13(5): 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0198159.



- Febriyono R, Susilowati YE, Suprpto A. 2017. Peningkatan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans* L.) melalui perlakuan jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang. *J. Ilmu Pertanian dan Subtropika : VIGOR*, 2(1) : 22-27.
- Ferry Y, Bambang ET, dan Enny R. 2009. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Umur Panen Terhadap Pertumbuhan, Produksi, dan Kualitas Hasil Temulawak di antara Tanaman Kelapa. *Bul. Littro*. 20 (2): 131 – 140
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division, 2017. "Ginger production in 2016, Crops/ Regions/ World/ Production/ Quantity (from pick lists)".
- Gao L, Xu H, Bi H, Xi W, Bao B, Wang X, Bi C, Chang Y. 2013. Intercropping competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the loess plateau of China. *PLoS ONE*. 8(7): 1-8.
- Gawankar MS, Haldankar PM, Salvi BR, Haldavanekar PC, Malshe KV and Maheswarappa HP. 2018. Intercropping in young oil palm plantation under konkan region of maharashtra, India. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 7(12): 2752-2761 doi.org/10.20546/ijemas.2018.712.312
- Ghasemzadeh A, Jaafar HZE, Rahmat A, Wahab PEM, Halim MRA. 2010. Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (*Zingiber officinale* Roscoe). *Int J Mol Sci* 11: 3885- 3897.
- Goodwin TW, Mercel EL. 1983. *Introduction To Plant Biochemistry*. New York: Pergamon press
- Graham TL. 1998. Flavonoid and flavonol glycoside metabolism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 135-144.
- Hale MG, Orcutt DM. 1987. *The Physiology of Plants under Stress*. New York: John Wiley
- Hang LX, Guo QS, Chang QS, Zhu ZB, Liu L, Chen YH. 2015. Chloroplast ultrastructure, photosynthesis and accumulation of secondary metabolites in *Glechoma longituba* in response to irradiance. *Photosynthetica* 53 (1), 144–153.
- Harmida, Sarno, Yuni VF. 2011. Studi Etnofitomedika di Desa Lawang Agung Kecamatan Mulak Ulu Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 14 (1) : 42 – 46.
- Hartatik W, Widowati LR. 2006. Pupuk Kandang. Di dalam: Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W, editor. Pupuk organik dan pupuk hayati. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. hlm 59-82.
- Harun MU, Lestari I, Nusyirwan, Sodikin E, Irsan C. 2018. Polikultur Berbagai Varietas Padi Gogo dengan Kelapa Sawit di Lahan Kering. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018, Palembang 18-19 Oktober 2018*.
- Haryanti S. 2010. Pengaruh naungan yang berbeda terhadap jumlah stomata dan ukuran porus stomata daun *Zephyranthes rosea* Lindl. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*.18(1):41-48
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Møller IS. 2012. *Functions of macronutrients*. p. 135-189. In Marschner, P. (ed.) Mineral



- nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA. doi:10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6.
- Helen MPA, Susheela GK, Jayasree S, Nizzy AM, Rajagopal B, Jeeva S. 2012. Phytochemical characterization and antimicrobial activity of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* S637-S640
- Hepler PK, Vidali L, Cheung AY. 2001. Polarized cell growth in higher plants. *Annual Review of Cell and Development Biology* (17):159-187. doi:10.1146/annurev.cellbio.17.1.159
- Herbert RB. 1995. *Biosintesis Metabolit Sekunder*. Bambang Srigandono, Penerjemah. Semarang: IKIP Semarang Press. Terjemahan dari: The Biosynthesis of Secondary Metabolites.
- Hermann RH, Garcés G. 2013. Evaluation of low light intensity at three phenological stages in the agronomic and physiological responses of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *Agronomía Colombiana*. 31(2):195-200,
- Hong L, Li M, Luo J, Cao X, Qu L, Gai Y, Jiang X, Liu T, Janz H, Bai D, Polle A, Peng C, Luo ZB. 2012. N fertilization has different effects on the growth, carbon and nitrogen physiology, and wood properties of slow- and fastgrowing *Populus* species. *J. Exp. Bot.* 63:6173–6185.
- Hornok L. 1992. General aspects of medicinal plants. Hornok L, Editor. *Cultivation and processing of medicinal plants*. P.3-9. J. Wiley-Blackwell and Sons Pr.
- Hossain MA, Akamine H, Ishimine Y, Teruya R, Aniya Y, Yamawaki K. 2009. Effects of relative light intensity on the growth, yield and curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.) in Okinawa, Japan. *Plant Prod. Sci.* 12(1) : 29-36.
- Indrajaya Y, Sudomo A. 2013. Analisis finansial agroforestry sengon dan kapulaga di Desa Payungagung Kecamatan Panumbangan, Ciamis. *Jurnal Penelitian Agroforestry*,1(2):123- 132
- Jessykutty PC, Jayachandran BK, Asan B. 2006. Influence of oil palm shade on the physiology of galangal. *Indian J. Plant Physiol.* 11(4):415-420
- Jones JB. 1998. *Plant nutrition manual*. Florida: CRC Press. Boca Raton. 33431. 149p.
- Karubuy CNS, Rahmadaniarti A, Wanggai J. 2018. Karakteristik stomata dan kandungan klorofil daun anakan kayu cina (*Sundacarpus amarus* (Blume) C.N.Page) pada beberapa intensitas naungan. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*. 4(1): 45-56.
- Kesumawati E, Apriyatna D, Rahmawati M. 2020. The effect of shading levels and varieties on the growth and yield of chili plants (*Capsicum annum* L.). *In IOP Conference Series: Earth environ. sci. res. rev.* 425(1): p.012080. doi: 10.1088/1755-1315/425/1/012080.
- Khan S, Al-Qurainy F, Ranu M, Ahmad S, Abdin MZ. 2010. Phyllanthin biosynthesis in *Phyllanthus amarus*: Schum and Thonn growing at different altitudes. *Journal of Medicinal Plants Research* 4 (1): 041-048
- Khoiri M. 2010. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan laju fotosintesis tanaman cabe merah (*Capsicum annum* L) sebagai salah satu sumber belajar biologi. *J. Pendidikan*, 1 (2) : 1-8.



- Kim MB, Kim C, Song Y, and Hwang JK. (2014). Anti-hyperglycemic and anti-inflammatory effects of standardized *Curcuma xanthorrhiza* Roxb extract and its active compound xanthorrhizol in high-fat diet-induced obese mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014. Article ID 205915. 10 pp. <https://doi.org/10.1155/2014/205915>
- Kong DX, Li YQ, Wang ML, Bai M, Zou R, Tang H, Wu H. 2016. Effects of light intensity on leaf photosynthetic characteristics, chloroplast structure, and alkaloid content of *Mahonia bodinieri* (Gagnep.) Laferr. *Acta Physiol. Plant.* 38 (5), 120.
- Kurniawan M, Izzati M, Nurchayati Y. 2010. Kandungan klorofil, karotenoid, dan vitamin C pada beberapa spesies tumbuhan akuatik. *Bul. Anatomi Fisiologi.* 18:28-40.
- Leiwakabessy FM, Sutandi A. 1998. *Pupuk dan Pemupukan*. Bogor: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Levitt J. 1980. *Responses of plants to enviromental stresses: water, radiation, salt, and other stresses*. Vol. II. New York Academic Press. p:283-303.
- Li Y, Dexin K, Ying F, Michael S, Hong W. 2020. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry.* 148: 80–8S9
- Li YQ, Kong DX, Liang HL, Wu H. 2018. Alkaloid content and essential oil composition of *Mahonia breviracema* cultivated under different light environments. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 91, 171–179
- Mahmud 1998 Mahmud Z. 1998. Tanaman sela di bawah kelapa. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian XVII(2):* 61 – 67.
- Mao QQ, Xu XY, Cao SY, Gan RY, Corke H, Beta T, Li HB. 2019. Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods* (8) 185
- Marschner P. 2012. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA. doi:10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6.
- Moemeni F, Ghobadi M, Jalali-hanarmand S, Shekaari P. 2013. Effect of supplementary irrigation on growth analysis of chickpea (*Cicerarietinum* L.). *International Journal of Agriculture and Crops Science* 5. 1595-1600.
- Mousavi SR, Hamdollah E. 2011. A General Overview on Intercropping and Its Advantages in Sustainable Agriculture *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 1(11)482-486
- Munadi E. 2017. *Info Komoditi Tanaman Obat*. Z Salim, E Munadi, editor. Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Murwani ZA, Made AI, Syaefudin, Nurholis W. 2024. Evaluation on Growth, Chlorophyll Content, and Photosynthesis Rate of *Curcuma xanthorrhiza* With Different Shade Levels. *Current Applied Science and Technology.* doi.org/10.55003/cast.2024.256871
- Nihayati E, Rizqullah DRB, Widaryanto E. 2021. Strategi meningkatkan hasil dan kualitas temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) di bawah pohon jati (*Tectona grandis*) *J. Hort. Indonesia* 12(2): 81-88 doi: <http://dx.doi.org/10.29244/jhi.12.2.81-88>.



- Nurhayati E, Hartoyo S, Mulatsih S. 2019. Analisis pengembangan ekspor pala, lawang, dan kapulaga Indonesia. *JEPI*. 19(2):173–190.
- Nurlianti N, Prihanani P. 2017. Pengaruh komposisi bahan dasar bokhasi plus dan intensitas naungan terhadap pertumbuhan awal tanaman jahe (*Zingiber officinale* Roxb. var. *Rubra*). *J. Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*. 13 (2) : 46-56.
- Nurzaman M, Pridani SR, Setiawati T. 2020. Respon pertumbuhan kapulaga lokal (*Amomum compactum* Soland ex. Maton) dan kapulaga sabrang (*Elettaria cardamomum* L. Maton var. *Mysore*) terhadap cekaman kekeringan. *Pro-Life*. 7(1):27–41.
- Oon SF, Nallappan M, Tee TT, Shohaimi S, Kassim NK, Sa'ariwijaya MSF, Cheah YH. (2015). Xanthorrhizol: a review of its pharmacological activities and anticancer properties. *Cancer Cell International* 15. 100- 115. DOI: 10.1186/s12935-015-0255-4
- Pamuji S, Busri S. 2010. Pengaruh Intensitas Naungan Buatan dan Dosis Pupuk K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jahe Gajah. *Akta Agrosia*. 13(1) :62 - 69
- Pandey SBS, Pandey M, DB Jadeja, MB Tandel, Nayak D. 2017. Growth and yield of ginger (*Zingiber officinale* L) under Sapota- Jatropha based agroforestry systems in south Gujarat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6): 247-251
- Parthasarathy VA, Prasath D. 2012. *Handbook of herbs and spices (second edition vol 1): Cardamom*. K. V. Peter, editor. Woodhead Publishing Limited.
- Peri PL, Martines PG, Lencinas MV. 2009. Photosynthetic response to different light intensities and water status of two main *Nothofagus* species of southern Patagonian forest, Argentina. *Journal of Forest Science*, 55 (3), 101 – 111.
- Peschel D, Koerting R, and Nass N. 2006. Curcumin induces changes in the expression of genes involved in cholesterol homeostasis. *Journal of Nutritional Biochemistry* (18)113- 119.
- Prasetyo. 2004. Budidaya kapulaga sebagai tanaman sela pada tegakan sengon. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 6(1):22 - 31
- Pribadi ER, M Rahardjo. 2008. Efisiensi pemupukan NPK pada Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb). *Jurnal Littri* 14(4): 162 – 170
- Pribadi ER. 2011. *Usaha Tani dan Pemasaran Jahe*. Bogor. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Purba A, Girsang P, Dharmosarkoro W, Poeloengan Z. 1998. Corn as an intercropping in immature oil palm plantation. *Journal of Indonesia Oil Palm Research Institute* 6 (1): 29-36
- Purnomo D, Budiastuti MS, Sakya AT, Cholid MI. 2018. The potential of turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) in agroforestry system based on silk tree (*Albizia chinensis*) IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2019 doi:10.1088/1755-1315/142/1/012034
- Rahmansyah, Barus H. 2023. Respons pertumbuhan tanaman jahe merah (*zingiber officinale rosc*) terhadap pemberian mikoriza dan pupuk organik. *J agrotekbis*. 11(2):400-600

- Rasyid B, Samosir SSR, Sutomo F. 2010. Respon tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada berbagai regim air tanah dan pemberian pupuk nitrogen. Prosiding Pekan Serealia Nasional. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makasar
- Rhode J, Fogoros S, Zick S, Wahl H, Griffith KA, Huang J, Liu JR. 2007. Ginger inhibits cell growth and modulates angiogenic factors in ovarian cancer cells. *BMC complementary and Alternative med.* 7, 44. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-7-44>
- Rizki DP, Hariyadi and Suwanto. 2020. Alley cropping in immature oil palm. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 418 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/418/1/012042
- Rizki DP. 2020. Optimalisasi lahan pertanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan tanaman sela semusim [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rukayadi Y, Hwang JK. 2005. In vitro activity of xanthorrhizol against *Streptococcus mutans* biofilms. *Lett Appl Microbiol* 42(4):400-4.
- Salisbury FB, Ross CW. 1992. *Mineral nutrition of plants*. Wodsworth Publishing Company. Inc. Belmont. California. 748p.
- Samanhudi, A Yunus, B Pujiasmanto, M Rahayu. 2014. Application of organic manure and mycorrhizal for improving plant growth and yield of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) *Scientific Research Journal (SCIRJ)* 2(5): 11-16
- Sanwal SK, Yadav RK, Singh PK, Buragohain J, Verma MR. 2010. Gingerol content of different genotypes of ginger (*Zingiber officinale*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 80 (3): 258–60
- Saputri L, Hastuti ED, Budihastuti R. 2018. Respon pemberian pupuk urea dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan kandungan minyak atsiri tanaman jahe merah [*Zingiber officinale* (L.) Rosc var. rubrum]. *J. Biologi.* 7 (1) : 1-7.
- Semwal RB, Deepak KS, Sandra C, Alvaro MV. 2015. Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *Phytochemistry.* 117 (2015) 554–568
- Setiawati E, Kurniawati A, Widodo WD, Faridah DN. 2018. Pertumbuhan Jintan Hitam (*Nigella sativa* L.) pada tingkat naungan dan pemupukan nitrogen yang berbeda. *J. Agron. Indonesia.* 46(2):202-207
- Singh M, Khan MA, Naeem M. 2016. Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* 15: 171–178
- Sirait M, Moesdarsono, Gana A. 1985. Pemeriksaan kadar xanthorrhizol dalam *Curcuma xanthoriza* Roxb.. *Simposium nasional temulawak*; Bandung, 17-18 September 1985. Bandung: Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran. Hlm 82-84
- Slameto M. 2008. Teknologi Budidaya Jahe. Editor : Kiswanto, Bambang Wijayanto dan Achmad Subaidi. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.



- Sopandie, D. 2013. *Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada ekosistem tropika*. Bogor: IPB Press.
- Stetsenko LA, Pashkovsky PP, Voloshin RA, Kreslavsky V, Kuznetsov V, Allakhverdiev SI. 2020. Role of anthocyanin and carotenoids in the adaptation of the photosynthetic apparatus of purple- and green-leaved cultivars of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to high-intensity light, *Photosynthetica*. 58(4): 890-901, DOI: 10.32615/ps.2020.048
- Subositi D, Wahyono S. 2019. Study of the genus *Curcuma* in Indonesia used as traditional herbal medicines. *Biodiversitas*. 20(5): 1356-1361
- Sudomo A, Sebastian GE, Perdana A, Prameswari D, Roshetko JM. 2019. Intercropping of *Zingiber officinale* Var. Amarum on teak silviculture in Karangduwet, Paliyan, Gunung Kidul Yogyakarta IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2019. *IOP Publishing*. doi:10.1088/1755-1315/250/1/012104
- Sukarjo EI. 2004. Toleransi beberapa jenis *Curcuma* terhadap naungan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 6(2) :97 - 103
- Sulistyowati D. 2010. Pengaruh Intensitas Naungan Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Bioaktif Daun Dua Aksesori Tanaman Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.). *Jurnal Penyuluhan Pertanian*. 5 (2).
- Supriyono, Septyaningtyas L, Nyoto S, Sulandjari. 2021. Effectiveness of giving organic fertilizer with different doses On the growth and yield of red ginger (*Zingiber officinale* var Rubrum). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. *IOP Publishing* doi:10.1088/1755-1315/905/1/012063
- Sya'ban MF. 2013. Jahe, Kandungan dan Manfaatnya. Makalah Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Syam'Un E, Musa Y, Sadimantara GR, Leomo S, Rakian TC. 2018. The effect of shade on chlorophyll and anthocyanin content of upland red rice. *Conference Series: Earth environ. sci. res. rev.* 122(1): 012030. doi: 10.1088/1755-1315/122/1/012030.
- Syam'Un, Kaimuddin, Musa Y, Sadimantara GR, Usman, Leomo S, Rakian TC. 2018. The effect of shade on chlorophyll and anthocyanin content of upland red rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012030>
- Szymańska R, Ireneusz Ś, Aleksandra O, Jerzy K. 2017. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*. 139 (2017) 165–17
- Taiz L, Zeiger E. 2006. *Plant Physiology*, fourth ed. Sinauer Associates Inc, Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- Teixeira, Filho, Andreotti MCM, Arf SBM, Eustaquio de Sa MO. 2011. Application times, sources and doses of nitrogen on wheat cultivars under no till in the Cerrado region. *Cienc. Rural Santa Maria*. 41:1375–1382.
- Thilmony R, Guttman M, Thomson J G, Blechl AE. 2009. The LP2 leucine-rich repeat receptor kinase gene promoter directs organ-specific, light-responsive expression in transgenic rice. *Plant Biotechnol J*, 7(9): 867–882
- Tisdale SL, Nelson WL. 1985. *Soil fertility and fertilizer*. 3th edition. New York: Mc Millan Publishing co. Inc. 236p.

- Utama AN, E Haryanti, HS Wanto. 2020. Analisis keunggulan kompetitif jahe Indonesia di pasar internasional. *Jurnal ilmiah sosio agribis*. 20(1)
- Wahyuni DK, Ekasari W, Witono JR, Purnobasuki H. 2016. *Toga Indonesia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Wardhana S, Mawarni L, Barus A. 2014. Kajian penanaman kedelai di bawah kelapa sawit umur empat tahun di PTPN III kebun rambutan. *Jurnal Online Agroekoteknologi* . 2 (3):1037-1042
- Wardiana E, Mahmud Z. 2003. Tanaman sela di antara pertanaman kelapa sawit. Prosiding Lokakarya Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Badan Litbang Pertanian.
- Washikah. 2016. Tumbuhan Zingiberaceae sebagai Obat-obatan. *Jurnal Serambi Saintia*. 4(1):35-43
- Wolff XY, Hartutiningsih. 1999. Plant Resources of South-East Asia No 13: Spices. de Guzman CC dan Siemonsma JS, editor. Bogor: PROSEA Foundation.
- Xizhen A, Jinfeng S, Xia X. 2005. Ginger production in Southeast Asia. In Ravindran PN, Babu KN (eds.) *Ginger: The genus Zingiber*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- Yu XF, Ming XY, Xiong M, Zhang C, Yue LJ, Yang L, Fan CY. 2022. Partial shade improved the photosynthetic capacity and polysaccharide accumulation of the medicinal plant *Bletilla ochracea* Schltr. *Photosynthetica*. 60(63670010): 12–22. doi: 10.32615/ps.2021.064
- Yuliana, Elfi R, Indah P. 2015. Aplikasi pupuk kandang sapi dan ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe (*Zingiber officinale* rosc.) di media gambut. *J. Agroteknologi* 5(2): 37-42
- Yunus A, Rahayu M, Samanhudi, Pujiasmanto B, Dewangga I. 2014. Pengaruh tingkat naungan dan cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*). *Journal of Sustainable Agriculture*. 30 (1): 41-47
- Yusron, M. 2009. Respon temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) terhadap pemberian pupuk bio pada kondisi agroekologi yang berbeda. *Jurnal Littri*. 15:6.
- Zhou R, Su WH, Zhang GF, Zhang YN, Guo XR. 2016. Relationship between flavonoids and photoprotection in shade-developed *Erigeron breviscapus* transferred to sunlight. *Photosynthetica*. 54 (2), 201–209.
- Zhou W, Wang T, Fu Y, Yang Z, Liu Q, Yan F, Chen Y, Tao Y, Malik N, Ren W. 2020. Residual nitrogen from preceding garlic crops is important for double-cropped rice. *Nutr. Cycl. Agroecosystems*. 118(3):311–324. doi:10.1007/s10705-020-10099-1
- Zuhro F, Sukamto DS. 2018. Pengaruh teknik pemangkasan terhadap produktivitas jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinale*) dengan sistem penanaman bag culture. *J. Biologi dan Pembelajaran Biologi*. 3 (1): 22-31.

