

SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI *PACLOBUTRAZOL* TERHADAP
PERTUMBUHAN REPRODUKTIF TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

REYNALDI LAURENZE

G011 17 1315



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI *PACLOBUTRAZOL* TERHADAP
PERTUMBUHAN REPRODUKTIF TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

Disusun dan diajukan oleh

REYNALDI LAURENZE

G011 17 1315



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**PENGARUH KONSENTRASI PACLOBUTRAZOL TERHADAP
PERTUMBUHAN REPRODUKTIF TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)**

REYNALDI LAURENZE

G011 17 1315

**Skripsi Sarjana Lengkap
Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana**

Pada

Departemen Budidaya Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin


Makassar


Makassar, Mei 2021

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. H. Ambo Ala, MS.
NIP. 19541231 198102 1 006


Dr. Ir. Abd Haris B., M.Si.
NIP. 19670811 199403 1 003

Mengetahui,

Ketua Departemen Budidaya Pertanian




Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si.
NIP. 19591103 199103 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI *PACLOBUTRAZOL* TERHADAP
PERTUMBUHAN REPRODUKTIF TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L.)

Disusun dan Diajukan oleh

REYNALDI LAURENZE


G011 17 1315


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada tanggal 20 Mei 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

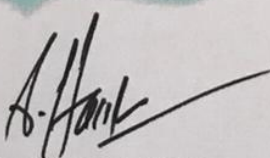
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. H. Ambo Ala, MS.
NIP. 19541231 198102 1 006


Dr. Ir. Abd Haris B., M.Si.
NIP. 19670811 199403 1 003

Ketua Program Studi


Dr. Ir. Abd Haris B., M.Si.
NIP. 19670811 199403 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : REYNALDI LAURENZE

NIM : G011171315

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya yang berjudul

**“Pengaruh Konsentrasi *Paclobutrazol* terhadap Pertumbuhan Reproduksi
Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Mei 2021

Yang menyatakan



Reynaldi Laurenze

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kehendaknya yang memberikan penulis kekuatan dan kemauan sehingga skripsi yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi *Paclobutrazol* terhadap Pertumbuhan Reproduktif Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)”** dapat terselesaikan dengan baik yang sekaligus menjadi syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis pun menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan tulisan ini sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Penulis pun menyadari bahwa tanpa dukungan dari beberapa pihak, penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik, oleh karena itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Papa Ferdy Laurenze, Mama Rubiana Tjioe, dan saudaraku Rudyanto Laurenze yang selalu memberikan bantuan yang sangat besar, dukungan, doa, perhatian, serta kasih sayangnya kepada penulis yang tak ternilai dan tak pernah usai selama penyelesaian penelitian dan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ambo Ala, MS. selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Abd. Haris B., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya memberikan arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penelitian ini hingga terselesaikannya penelitian ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS., Bapak Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si, dan Ibu Dr. Ir. Hj. Syatrianty A. Syaiful, MS. selaku penguji yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis sejak awal penelitian hingga terselesaikannya penelitian ini.
4. Bapak Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si selaku ketua Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, dan bapak Alm. Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP. selaku Pembimbing Akademik beserta seluruh dosen dan staf pegawai atas segala bantuan dan perhatian yang telah diberikan.
5. Keluarga besar Bapak Andi Lodji, kak Suci Wardana, S.P., dan kak Al Az Ari, S.P. yang telah memberikan kesempatan belajar dan memberikan ilmu pengetahuan serta menyediakan kebun kakao sebagai tempat penelitian berlangsung.
6. Keluarga besar *Plant Physiology* (E11) yang selalu bersedia menjadi penyemangat, tempat belajar dan berbagi ilmu serta senantiasa memberikan kritik dan saran yang sangat membangun terutama kepada kak Kurniawan, S.P, M.Si., kak Eka Setiawan, S.Si, M.Si., kak Rahmania Rizki Syawlia, S.P., kak Adya Novita Aprilyani., S.P., kak Sribulan Hendrik, S.P., kak Herlin, S.P, kak Muthmainnah, S.P., kak Zhalzha Natasya As-Zhahra., Kak Nurul Qadriani Yushar, S.P., kak Mariam Umar, S.P., kak Aisyah Amini Iqbal, S.P., Nurazizah Basri, Muhammad Syachrul Ramadhan, dan Gavrilla Chavvah Bijang Sahetapy.
7. Teman-teman semasa penelitian di Bantaeng dan Bulukumba “Posko Kaloling”, Jordan Christi Penggele, Exalt Rivaldo Lewi, Reski Anugraeni Rahman, Hasriani Nurainun Hasbi, Ainun Rahmawati N, dan Kiki Atmi.

Terima kasih untuk kebersamaan, semangat, suka duka, dan motivasinya selama ini.

8. Teman-teman Kaliptra dan Agroteknologi 2017 atas semangat, dukungan, dan doa yang telah diberikan.
9. Seluruh pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal penelitian hingga terselesaikannya penelitian ini.

Makassar, April 2021

Reynaldi Laurenze

ABSTRAK

REYNALDI LAURENZE (G011171315), Pengaruh Konsentrasi *Paclobutrazol* terhadap Pertumbuhan Reproduktif Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). Dibimbing oleh **AMBO ALA** dan **ABD. HARIS BAHRUN**.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *paclobutrazol* terhadap pertumbuhan reproduktif pada tanaman kakao dan mengetahui konsentrasi yang optimum pada aplikasi *paclobutrazol* terhadap pertumbuhan reproduktif ditandai dengan produksi buah kakao yang optimal. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bonto Macinna, Kecamatan Gantarang, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan pada Juli 2020 hingga Januari 2021. Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dimana perlakuannya adalah konsentrasi *paclobutrazol* yang terdiri atas 5 taraf, yaitu 0 mL.L^{-1} (kontrol), 5 mL.L^{-1} , 10 mL.L^{-1} , 15 mL.L^{-1} , dan 20 mL.L^{-1} dengan 3 ulangan sehingga terdapat 30 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian *paclobutrazol* menghasilkan persentase pentil buah gugur terendah (70,88%), penambahan jumlah *flush* terendah (1,85 ranting), jumlah pentil buah yang terbentuk tertinggi (36,00 buah), jumlah buah masak yang dipanen tertinggi (5,00 buah), jumlah biji per buah tertinggi (36,32 biji), bobot kering 100 biji tertinggi (155,70 g), produksi biji kering per pohon tertinggi (278,78 g), dan produksi biji kering per hektar tertinggi (309,44 kg), serta diperoleh pula *paclobutrazol* dengan konsentrasi 10 mL.L^{-1} merupakan konsentrasi terbaik dalam mendukung pertumbuhan reproduktif tanaman kakao.

Kata kunci: Kakao, *paclobutrazol*, pertumbuhan, produksi, reproduktif.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Hipotesis	6
1.3 Tujuan dan Kegunaan	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	7
2.2 Fisiologi Pembungaan Kakao	10
2.3 Pucuk Muda (<i>Flush</i>)	13
2.4 Layu Pentil (<i>Cherelle Wilt</i>)	14
2.5 Zat Penghambat Tumbuh <i>Paclobutrazol</i>	15
BAB III. METODOLOGI	18
3.1 Tempat dan Waktu..	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil	22
4.2 Pembahasan	35
BAB V. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Keadaan Curah Hujan selama Penelitian Berlangsung	18
2.	Rata-rata Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> (ranting) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	22
3.	Rata-rata Jumlah Pentil Buah Terbentuk (buah) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	24
4.	Rata-rata Persentase Pentil Buah Gugur (%) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	26
5.	Rata-rata Jumlah Buah Masak yang Dipanen (Buah) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	27
6.	Rata-rata Jumlah Biji per Buah (biji) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	29
7.	Rata-rata Bobot Kering 100 Biji (g) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	31
8.	Rata-rata Produksi Biji Kering per Pohon (g) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	32
9.	Rata-rata Produksi Biji Kering per ha (kg) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	34

Lampiran

1a.	Rata-rata Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> (ranting) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	46
1b.	Sidik Ragam Rata-rata Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> pada Umur 2 hingga 20 MSPP	46
1c.	Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> pada Umur 2 hingga 20 MSPP	47
2a.	Rata-rata Jumlah Pentil Buah Terbentuk (buah) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	48
2b.	Sidik Ragam Data Hasil Transformasi $\sqrt{x+1}$ Rata-rata Jumlah Pentil Buah Terbentuk pada Umur 2 hingga 20 MSPP	48
2c.	Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Jumlah Pentil Buah Terbentuk pada Umur 2 hingga 20 MSPP	49
3a.	Rata-rata Persentase Pentil Buah Gugur (%) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	50
3b.	Sidik Ragam Rata-rata Pentil Buah Gugur pada Umur 2 hingga 20 MSPP.....	50

3c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Persentase Pentil Buah Gugur pada Umur 2 hingga 20 MSPP	51
4a. Rata-rata Jumlah Buah Masak yang Dipanen (buah) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	52
4b. Sidik Ragam Data Hasil Transformasi $\sqrt{x} + 1$ Rata-rata Jumlah Buah Masak yang Dipanen pada Umur 2 hingga 20 MSPP	52
4c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Jumlah Buah Masak yang Dipanen pada Umur 2 hingga 20 MSPP	53
5a. Rata-rata Jumlah Biji per Buah (biji) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	54
5b. Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Biji per Buah pada Umur 2 hingga 20 MSPP	54
5c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Jumlah Biji per Buah pada Umur 2 hingga 20 MSPP	55
6a. Rata-rata Bobot Kering 100 Biji (g) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	56
6b. Sidik Ragam Rata-rata Bobot Kering 100 Biji pada Umur 2 hingga 20 MSPP	56
6c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Bobot Kering 100 Biji pada Umur 2 hingga 20 MSPP	57
7a. Rata-rata Produksi Biji Kering per Pohon (g) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	58
7b. Sidik Ragam Data Hasil Transformasi $\sqrt{x} + 1$ Rata-rata Produksi Biji Kering per Pohon pada Umur 2 hingga 20 MSPP	58
7c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Produksi Biji Kering per Pohon pada Umur 2 hingga 20 MSPP	59
8a. Rata-rata Produksi Biji Kering per ha (kg) pada Umur 2 hingga 20 MSPP	60
8b. Sidik Ragam Data Hasil Transformasi $\sqrt{x} + 1$ Rata-rata Produksi Biji Kering per ha pada Umur 2 hingga 20 MSPP	60
8c. Sidik Ragam Data Hasil Uji Orthogonal Polinomial Rata-rata Produksi Biji Kering per ha pada Umur 2 hingga 20 MSPP	61

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Grafik Orthogonal Polinomial Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	23
2.	Grafik Pertambahan Jumlah <i>Flush</i> dengan Perlakuan Pemberian <i>Paclobutrazol</i> pada Umur 2 hingga 20 MSPP	23
3.	Grafik Orthogonal Polinomial Jumlah Pentil Buah Terbentuk pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	25
4.	Grafik Orthogonal Polinomial Persentase Pentil Buah Gugur pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	26
5.	Grafik Orthogonal Polinomial Jumlah Buah Masak yang Dipanen pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	28
6.	Grafik Orthogonal Polinomial Jumlah Biji per Buah pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	30
7.	Grafik Orthogonal Polinomial Bobot Kering 100 Biji pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	31
8.	Grafik Orthogonal Polinomial Produksi Biji Kering per Pohon Pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	33
9.	Grafik Orthogonal Polinomial Produksi Biji Kering per ha pada Lima Taraf Konsentrasi <i>Paclobutrazol</i>	35
Lampiran		
1.	Denah Percobaan di Lapangan	62
2.	Pelaksanaan dan Pengamatan Penelitian	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sub sektor perkebunan mempunyai keunggulan komparatif jika dibandingkan dengan sub sektor lainnya antara lain disebabkan oleh tersedianya lahan yang belum dimanfaatkan secara optimal dan berada di kawasan iklim yang menunjang, ketersediaan tenaga kerja yang banyak, serta adanya pengalaman selama krisis ekonomi yang membuktikan ketangguhan sub sektor perkebunan dengan pertumbuhan ekonomi yang selalu positif. Kondisi seperti ini merupakan hal yang dapat memperkuat daya saing harga produk perkebunan Indonesia di pasaran lokal hingga dunia dan menjadi alasan kuat untuk selalu mengembangkan produk perkebunan.

Salah satu komoditi perkebunan yang cukup penting dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi dan telah mempunyai nama cukup baik di pasaran internasional adalah tanaman kakao. Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang saat ini sebagian besar banyak dikelola oleh perkebunan rakyat. Mengingat bahwa tanaman ini dapat berbunga dan berbuah sepanjang tahun, sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat menjadi sumber pendapatan harian ataupun mingguan. Tanaman kakao ini juga cukup banyak dibudidayakan di Indonesia. Hal ini dapat dibuktikan dengan data menurut Foresight (2020), yang menyatakan bahwa Indonesia menempati urutan kelima sebagai negara penghasil kakao terbesar di dunia setelah negara Pantai Gading, Ghana, Ekuador, dan Nigeria dengan total produksi sebesar 200.000 metric ton. Namun yang menjadi permasalahan saat ini adalah produksi kakao Indonesia pada

periode 2014-2019 juga berfluktuasi dan cenderung menurun dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2,60%. Hal ini tentunya didukung pula oleh data yang menyatakan bahwa pada tahun 2014 produksi kakao Indonesia mencapai 325.000 metric ton dan mengalami penurunan pada tahun 2019 menjadi 200.000 metric ton (Foresight, 2020).

Mengacu pada besarnya penurunan produksi kakao Indonesia pada periode waktu tersebut, tentunya hal ini ditinjau bisa terjadi akibat semakin banyaknya luas areal pertanaman kakao di Indonesia yang cenderung memiliki kondisi tanaman yang tua, rusak, tidak produktif, dan terkena serangan hama penyakit dengan tingkat serangan berat. Hal ini didukung oleh data estimasi Ditjen Perkebunan (2019), yang menyatakan bahwa terdapat pergeseran komposisi luas areal kakao menurut keadaan tanaman, dimana tanaman menghasilkan mengalami penurunan menjadi 46,72% (786.324 ha), sedangkan tanaman rusak meningkat menjadi 33,08% (556.766 ha).

Penurunan tingkat produktivitas kakao Indonesia ini tentunya semata-mata bukan hanya disebabkan karena kondisi areal pertanaman itu sendiri. Namun salah satu faktor yang menjadi penyebab penurunan itu antara lain gejala fisiologis, dimana salah satunya adalah gugurnya bunga dan buah yang masih muda pada tanaman kakao. Kerugian di tingkat petani akibat gugur buah dapat menurunkan produktivitas kakao sekitar 45% bahkan untuk tanaman yang lebih tua (berusia di atas 20 tahun), penurunan produksi dapat mencapai 85%. Adanya kejadian dari gejala tersebut dapat diidentifikasi dari berbagai sudut pandang, dimana kejadian tersebut dapat terjadi akibat serangan hama dan penyakit ataupun akibat persaingan secara fisiologis. Namun yang perlu ditekankan dalam penelitian ini adalah

kaitannya dengan persaingan hara secara fisiologis, dimana sifat fisiologi kakao menghasilkan bunga dan buah secara terus menerus sehingga memerlukan lebih banyak energi. Namun faktanya, energi tersebut tersedia dalam keadaan terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya kompetisi energi dari bunga dan buah dalam satu tanaman, serta secara fisiologis akan mengakibatkan terbentuknya *kallus* pada bantalan bunga/buah muda yang kemudian menghambat aliran energi sehingga akhirnya buah menjadi layu dan gugur dengan sendirinya (Nasaruddin, 2018).

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, adapun masalah utama lain yang menyebabkan rendahnya produktivitas kakao dan menjadi sorotan utama peneliti dalam usaha peningkatan pertumbuhan reproduktif kakao yaitu masalah layu pentil (*cherelle wilt*). Layu pentil disebabkan karena kurang mampunya buah muda (pentil) untuk menyerap nutrisi secara optimal. Terjadinya layu pentil tersebut perlu diminimalisir karena sekitar 70-90% dari pentil yang terbentuk akan mengalami kelayuan. Hal tersebut diduga disebabkan karena adanya persaingan antara pucuk muda (*flush*) dengan buah muda dalam penggunaan fotosintat (Hartati dkk., 2007). Dimana pucuk muda kakao merupakan pesaing terkuat utama buah muda dalam memperoleh asimilat (Winarsih, 1990 dalam Abdillah dkk., 2014).

Menanggapi banyaknya permasalahan yang terjadi, maka salah satu aspek fisiologis yang perlu menjadi perhatian utama dalam hubungannya dengan peningkatan produksi buah kakao adalah pertumbuhan reproduktif yang terdiri atas pembungaan dan pembentukan buah. Pembungaan pada tanaman kakao juga perlu mendapatkan perhatian yang cukup serius karena pada bulan-bulan tertentu, bunga yang tumbuh sangat banyak, namun tidak menutup kemungkinan di bulan-bulan

berikutnya bunga yang dihasilkan menjadi sangat sedikit atau bahkan tidak berbunga sama sekali. Pada saat kondisi tersebut, tanaman kakao dapat ditingkatkan pembungaannya, antara lain dengan menggunakan zat pengatur pertumbuhan (ZPT). Pemberian ZPT ini dapat berupa zat penghambat pertumbuhan vegetatif atau *vegetative growth retardant* (VGR) yang bersifat menekan ataupun menghambat pertumbuhan vegetatif sehingga asimilat dapat dialihkan untuk pertumbuhan reproduktif (Santoso dan Rahmawan, 2002) dan juga dapat menggunakan hormon-hormon pertumbuhan yang dapat merangsang pertumbuhan buah berupa auksin sintetik seperti NAA (*Nepthalane Acetic Acid*) (Widiancas, 2010 dalam Abdillah dkk., 2014).

Paclobutrazol merupakan salah satu bentuk zat pengatur tumbuh yang dapat menghambat pertumbuhan vegetatif, menyebabkan tanaman menjadi kerdil, namun tanpa menurunkan produktivitas karena mampu meningkatkan kandungan klorofil daun. Klorofil merupakan suatu faktor utama dalam proses fotosintesis yang berfungsi untuk menangkap cahaya dan melepaskan oksigen. Peningkatan kandungan klorofil total oleh *paclobutrazol* terjadi akibat adanya pengalihan reaksi dari senyawa prekursor *geranyl geranyl phyrophosphat*, yang seharusnya membentuk asam kaurenat dihambat oleh *paclobutrazol* sehingga beralih membentuk *phytyl phyrophosphat* yang merupakan senyawa prekursor sintesis klorofil. Dengan ini, semakin meningkatnya kandungan klorofil, maka proses fotosintesis berjalan optimal dan meningkatkan fotosintat (Sambeka dkk., 2012).

Paclobutrazol dapat diserap oleh tanaman melalui jaringan akar, batang, dan daun, kemudian ditranslokasikan secara akropetal melalui xylem menuju meristem subapikal, dan selanjutnya menghambat biosintesis giberelin pada daerah

meristem subapikal tersebut. Salah satu peran giberelin yaitu dalam proses pemanjangan sel. Dengan dihambatnya produksi giberelin tentunya berdampak pada tidak memanjangnya sel-sel baru namun sel-sel baru terus membelah setiap saat (Salisbury and Ross, 2002).

Paclobutrazol ini juga telah banyak digunakan secara komersial untuk menginduksi pembungaan pada berbagai tanaman hortikultura, pangan, hingga tanaman tahunan atau perkebunan. Aplikasi *paclobutrazol* diyakini mampu meningkatkan kandungan karbohidrat dalam jaringan kayu. Kandungan karbohidrat ini merupakan sumber energi utama yang dapat digunakan untuk pembentukan bunga. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian *paclobutrazol* dengan konsentrasi 7,5 mL/L cenderung menekan pembentukan jumlah pentil layu rata-rata sebesar 77,73% (Oktaviani, 2008). Selain itu, pemberian 50-100 ppm *paclobutrazol* merupakan konsentrasi optimum dalam menghambat pertumbuhan tanaman cengkeh. Pada konsentrasi tersebut, pertumbuhan vegetatif tanaman terhambat dilihat dari lambatnya proses penambahan tinggi ruas tunas apikal jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Runtunuwu dkk., 2011).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa ternyata *paclobutrazol* ini tidak hanya menghambat pertumbuhan tanaman tetapi juga meningkatkan hasil fotosintesis dengan tujuan akhir meningkatkan produksi. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Moningka dkk (2012), yang menyatakan bahwa *paclobutrazol* mampu meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, bobot kering bunga 1.000 butir, serta bobot kering bunga per pohon pada tanaman cengkeh berusia 8 tahun. Tak hanya pada tanaman cengkeh, pada tanaman perkebunan

lainnya seperti kelapa sawit, pengaruh *paclobutrazol* terhadap tinggi tanaman mulai tampak pada bulan kedua setelah aplikasi (Carvajal dkk., 1998).

Berdasarkan pernyataan di atas, maka perlunya dilaksanakan penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi *paclobutrazol* yang optimum yang dapat menekan pertumbuhan vegetatif tanaman agar memudahkan petani dalam aspek pemanenan namun tetap menunjang peningkatan perkembangan reproduktif tanaman itu sendiri.

1.2 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, maka hipotesis yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh pemberian konsentrasi *paclobutrazol* terhadap pertumbuhan reproduktif pada tanaman kakao.
2. Terdapat satu atau lebih konsentrasi optimum *paclobutrazol* yang dapat menghasilkan pertumbuhan reproduktif dengan produksi optimal.

1.3 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh konsentrasi *paclobutrazol* terhadap pertumbuhan reproduktif pada tanaman kakao, serta mengetahui konsentrasi yang optimum pada aplikasi *paclobutrazol* terhadap pertumbuhan reproduktif yang ditandai dengan produksi buah kakao yang optimal.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi tentang penggunaan konsentrasi *paclobutrazol* yang tepat untuk mendukung meningkatnya pertumbuhan reproduktif pada tanaman kakao melalui penghambatan pertumbuhan vegetatif tanaman.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah salah satu hasil perkebunan terbaik di Indonesia yang memiliki peranan yang sangat penting bagi perekonomian nasional. Hal tersebut disebabkan karena perkebunan kakao mampu menyediakan lapangan pekerjaan, sumber pendapatan, dan salah satu penyumbang devisa negara terbesar di bidang perkebunan. Kakao juga merupakan salah satu bahan baku pembuatan coklat, dimana kandungan biji coklat yang lebih dari 70% memiliki manfaat untuk kesehatan tubuh karena coklat kaya akan kandungan antioksidan yaitu fenol dan flavonoid (Sumampow, 2010).

Kandungan antioksidan tersebut dapat bermanfaat untuk menangkap radikal bebas dalam tubuh sehingga dengan ini, coklat cukup digemari sebagai salah satu produk kesehatan dalam bidang pangan. Selain itu, kandungan lemak pada coklat (biji kakao) memiliki kualitas tinggi, dimana hal ini terbukti dengan banyaknya kandungan vitamin yang berguna bagi tubuh, seperti vitamin A, vitamin B₁, vitamin C, vitamin D, dan vitamin E. Tak hanya itu, coklat juga mengandung zat maupun nutrisi yang penting untuk tubuh seperti zat besi, kalium, dan kalsium, serta disebut sebagai sumber magnesium alami tertinggi (Maemunah, 2009).

2.1.1 Morfologi Tanaman Kakao

Tanaman kakao merupakan salah satu jenis tanaman tahunan yang tergolong dalam kelompok tanaman *caulifloris*, artinya tanaman yang berbunga dan berbuah pada batang dan cabang. Tanaman ini pada garis besarnya dapat dibagi atas dua bagian, yaitu bagian vegetatif yang meliputi akar, batang serta daun dan

bagian generatif yang meliputi bunga dan buah. Benih kakao termasuk benih rekalsitran, yaitu benih yang tidak tahan dikeringkan, peka terhadap suhu dan kelembaban rendah, serta berdaya simpan rendah (Lukito dkk., 2010).

Menurut Lukito dkk. (2010), morfologi tanaman kakao adalah sebagai berikut:

1 Akar

Tanaman kakao memiliki sistem perakaran tunggang yang pertumbuhannya dapat mencapai 8 meter ke arah samping dan 15 meter ke arah bawah. Perkembangan sistem perakaran lateral tanaman kakao sebagian besar berkembang di area permukaan tanah, yaitu pada jarak 0 hingga 30 cm. Kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada masa awal pertumbuhannya tidak membentuk akar tunggang, melainkan membentuk banyak akar-akar serabut. Seiring berjalannya waktu, tanaman yang semakin dewasa akan membentuk dua akar yang menyerupai akar tunggang. Pada kecambah yang telah berumur 1 – 2 minggu terdapat akar-akar cabang (*radix lateralis*) sebagai tempat tumbuhnya akar-akar rambut (*fibrilla*). Pada bagian ujung akar ini terdapat bulu akar yang dilindungi oleh tudung akar atau disebut *calyptra*.

2 Batang dan cabang

Pada masa awal pertumbuhannya, tanaman kakao yang diperbanyak dengan biji akan membentuk batang utama sebelum menumbuhkan cabang-cabang primer. Letak pertumbuhan cabang-cabang primer dikenal dengan istilah *jourquette*, dengan ketinggian yang ideal antara 1,2 – 1,5 meter dari permukaan tanah dan *jourquette* ini tidak terdapat pada kakao yang

diperbanyak secara vegetatif. Ditinjau dari segi pertumbuhannya, cabang-cabang yang dihasilkan tanaman kakao ini tumbuh ke arah atas (*orthotrop*) dan samping (*plagiotrop*). Cabang yang tumbuh ke arah atas disebut cabang *orthotrop* dan cabang yang tumbuh ke arah samping disebut dengan *plagiotrop*. Dari batang dan kedua jenis cabang tersebut sering ditumbuhi tunas-tunas air (*chupon*) yang banyak menyerap energi, sehingga bila dibiarkan tumbuh akan mengurangi pembungaan dan pembuahan.

3 Daun

Daun kakao bersifat dimorfisme. Pada tunas *orthotrop*, panjang tangkai daunnya sekitar 7,5 - 10 cm, sedangkan pada tunas *plagiotrop*, panjang tangkai daunnya hanya sekitar 2,5 cm. Tangkai daun berbentuk silinder dan bersisik halus, tergantung pada varietasnya. Salah satu ciri khusus daun kakao adalah adanya dua persendian yang terletak di pangkal dan ujung tangkai daun. Bentuk helai daun bulat memanjang, ujung daun meruncing, dan pangkal daun runcing.

4 Bunga

Bunga kakao ini memiliki jenis bunga sempurna, yang terdiri atas daun kelopak (*calyx*) sebanyak 5 helai dan benang sari (*androecium*) berjumlah 10 helai. Diameter bunga cukup kecil yaitu hanya sekitar 1,5 cm. Bunga disangga oleh tangkai bunga yang panjangnya 2-4 cm. Sifat pembungaan kakao dikenal dengan istilah *cauliflora* dan *ramiflora*, yang berarti bahwa bunga dan buah tumbuh melekat pada batang atau cabang, dimana bunganya hanya terbatas pada cabang sekunder. Tanaman kakao dalam kondisi

normal dapat memproduksi dan menghasilkan bunga sebanyak 6.000 – 10.000 per tahun tetapi hanya sekitar lima persen yang dapat menjadi buah.

5 Buah

Buah kakao tergolong sebagai jenis buah buni yang daging bijinya sangat lunak. Kulit buah mempunyai sepuluh alur dan tebalnya 1–2 cm. Bentuk, ukuran dan warna buah kakao cukup bervariasi dengan panjangnya sekitar 10–30 cm. Umumnya ada tiga macam warna buah kakao, yaitu hijau muda sampai hijau tua waktu muda dan menjadi kuning setelah masak, warna merah, serta campuran antara merah dan hijau. Buah ini akan masak pada kisaran waktu 5–6 bulan setelah terjadinya penyerbukan.

6 Biji

Biji kakao tergolong biji rekalsitran yang artinya tidak mempunyai masa dormansi sehingga penyimpanan biji untuk benih dengan waktu yang agak lama tidak memungkinkan. Biji ini diselimuti oleh lapisan yang lunak dan manis. *Pulp* ini dapat menekan perkecambahan dimana jika *pulp* ini tidak dibuang maka di dalam penyimpanan akan terjadi proses fermentasi sehingga dapat merusak kualitas biji itu sendiri.

2.2 Fisiologi Pembungaan Kakao

Secara umum, pembungaan tanaman merupakan suatu proses fisiologis yang cukup kompleks dalam menginisiasi terjadinya transisi secara morfologis dari fase vegetatif menuju fase generatif. Pada kondisi lingkungan yang sesuai, meristem vegetatif akan berkembang menjadi meristem reproduktif, dimana secara langsung dapat menjadi bunga majemuk (*inflorescence*) hingga kemudian menghasilkan lebih banyak meristem bunga. Hal tersebut tentunya disebabkan

karena faktor lingkungan (fotoperiod/panjang hari, kuantitas cahaya, kualitas cahaya, vernalisasi, serta ketersediaan nutrisi dan air) berperan utama dalam mengendalikan transisi dari meristem vegetatif menuju ke meristem reproduktif pada sebagian besar tanaman khususnya dalam memberikan kondisi pertumbuhan yang optimum bagi reproduksi seksual dan pemasakan biji, namun tetap pula dipengaruhi oleh faktor internal seperti umur tanaman. Tak hanya kondisi eksternal optimum yang dapat menginduksi pembungaan, melainkan pembungaan dapat pula diinduksi oleh adanya cekaman stress pada kondisi biotik maupun abiotik, seperti defisiensi nutrisi, kekeringan, dan kerapatan tanaman (Staveley, 2005 dalam Samanhudi, 2006).

Lang (1952), menyatakan bahwa proses pembentukan bunga secara garis besar terdiri atas empat tahap. Tahap pertama yaitu induksi atau inisiasi bunga dan diferensia primordia bunga. Kedua, penyusunan/organisasi bunga dan diferensiasi bagian-bagian bunga secara individu. Ketiga, pematangan bunga dan biasanya terjadi bersamaan dengan proses pertumbuhan bagian-bagian bunga, diferensiasi jaringan sporogen, meiosis, tepung sari dan perkembangan kantung embrio. Keempat, anthesis atau bunga mekar. Dari keempat tahap tersebut, fase inisiasi bunga merupakan fase yang paling kritis dari pembungaan, dimana terjadi perubahan fisiologi atau biokimia pada mata tunas dari pertumbuhan vegetatif mengarah pada pertumbuhan generatif, namun perubahan secara morfologi tidak nampak (Poerwanto, 2003).

Inisiasi pembungaan diatur oleh hubungan antara karbohidrat dan nitrogen (nisbah C/N) pada tanaman. Nisbah C/N yang tinggi dapat menginduksi pembungaan, sedangkan bila nisbah C/N rendah maka tanaman akan lebih

mengarah pada pertumbuhan vegetatif. Selain itu, inisiasi pembungaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor eksternal, internal, hingga manipulasi oleh manusia. Faktor eksternal yaitu suhu, stress air, dan panjang hari. Faktor internal yaitu kandungan nitrogen, karbohidrat, asam amino, dan hormon. Sementara faktor manipulasi oleh manusia meliputi *girdling/ringing*, pemangkasan tajuk, pengeringan, pemangkasan akar, pelengkungan cabang, dan pemberian zat pengatur tumbuh. Inisiasi bunga termasuk tahap yang paling selektif terhadap faktor hormon dan lingkungan, dimana jika kondisinya tidak sesuai maka perkembangan tunas bunga menjadi terhambat (Corbesier dkk., 2002).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembungaan tanaman tersebut juga berlaku bagi tanaman kakao. Pertumbuhan dan perkembangan kakao sangat tergantung pada temperatur khususnya dalam pertumbuhan vegetatif hingga pada pembungaan dan perkembangan buah. Pada lokasi tertentu, pembungaan dapat terhambat akibat musim kemarau ataupun musim penghujan yang berkepanjangan. Oleh karena itu, tanaman kakao membutuhkan penyebaran curah hujan yang merata sepanjang tahun dan fluktuasi suhu yang kecil agar tanaman dapat berbunga sepanjang tahun (De dan Valle, 2007).

Namun terjadi beberapa permasalahan dari fase transisi bunga menjadi buah, dimana pada beberapa kultivar kakao banyak dijumpai bunga-bunga yang tidak dapat menjadi buah karena faktor sterilitas dan inkompatibilitas. Di samping itu, pembungaan kakao didukung pula oleh hasil fotosintesis kakao yang sebagian besar digunakan untuk menopang pertumbuhan vegetatif dan hanya sekitar 6% yang digunakan untuk pertumbuhan generatif. Dimana dari bagian yang 6% tersebut tidak seluruhnya akan menjadi biji siap panen sebab sebagian besar buah

kakao akan mengalami layu fisiologis yang lazim disebut sebagai *cherelle wilt*. Tingkat kelayuan dapat mencapai sekitar 60-90% yang umumnya terjadi pada umur buah sampai 50 hari dengan ukuran kurang dari 10 cm. Kelayuan buah muda pada umumnya terjadi dalam dua tahap, yaitu pada umur sekitar 7 minggu setelah pembuahan dan pada umur buah sekitar 10 minggu setelah pembuahan. Buah yang bertahan sampai umur di atas 70 hari setelah pembuahan biasanya telah mencapai ukuran panjang sekitar 10 cm dan umumnya dapat bertahan sampai panen (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 2004).

Tak hanya itu, adanya persaingan antara bunga dan buah juga dapat mempengaruhi pembungaan. Hal ini dapat dibuktikan pada beberapa penelitian yang telah dilakukan yang menyatakan bahwa pada saat tanaman tidak berbuah, pembungaan meningkat. Sebaliknya, pada saat buah kakao menjadi masak (menjelang panen), pembungaan sangat kurang. Pertumbuhan vegetatif dapat pula menyaingi pembungaan. Tanaman kakao mengalami *flush* yang cukup lebat diikuti intensitas pembungaan yang kurang. Pembungaan akan meningkat lagi pada saat pertumbuhan minimum (Rahardjo, 2011).

2.3 Pucuk Muda (*Flush*)

Pertumbuhan vegetatif dan reproduktif pada tanaman kakao merupakan faktor fisiologis yang cukup menentukan kuantitas dan kualitas dari produksi yang dihasilkan. Faktor-faktor fisiologis tersebut dapat berupa pembentukan tajuk, proses fotosintesis, pembentukan pucuk muda (*flush*), pembentukan bunga, pembentukan pentil (*cherelle*), dan perkembangan buah hingga masak (Susanto, 1994 dalam Oktaviani, 2008).

Menurut Siregar dkk (2003), daun yang tumbuh pada ujung-ujung tunas dan biasanya berwarna merah disebut *flush*, dengan permukaan daun seperti sutera. *Flush* merupakan kejadian yang terjadi pada tanaman kakao secara periodik. Hal tersebut menyebabkan pada umur tertentu, *flush* pada tanaman kakao menjadi rimbun. Terjadinya *flush* biasa diikuti pula oleh gugurnya daun sehingga hal tersebut berdampak pada ukuran kanopi *flush* dan dapat disebut sebagai proses pergantian daun (Winarsih dan Zaenuddin, 1996 dalam Oktaviani, 2008).

Menurut Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (2004), pertunasan atau *flushing* merupakan masa pertumbuhan tunas-tunas baru atau proses pergantian daun. Pada saat itu, setiap tunas akan membentuk 3-6 helai daun baru. Setelah masa bertunas selesai, kuncup-kuncup daun tersebut akan kembali dorman. Terkait hal tersebut, adanya berbagai faktor-faktor lingkungan sehingga dapat memacu kuncup-kuncup untuk bertunas lagi. Winarsih dan Zaenuddin (1996) dalam Oktaviani (2008), menyatakan bahwa pada umumnya pembentukan *flush* terjadi pada bulan September – Oktober kemudian diikuti dengan dua atau tiga kali *flush* kecil pada bulan November dan April. Daun gugur terbesar terjadi setelah *flush* besar, yaitu sekitar bulan September – Oktober.

2.4 Layu Pentil (*Cherelle Wilt*)

Layu pentil merupakan gejala fisiologis pada tanaman kakao dimana buah yang masih kecil tidak dapat tumbuh dan berkembang. Buah kakao muda yang berukuran kurang dari 10 cm seringkali mengalami gejala pengeringan dan pelayuan sebagai mekanisme fisiologis dari kakao. Kondisi gejala tersebut dikenal dengan istilah *physiological effect thinning*, yaitu adanya proses fisiologis yang menyebabkan terhambatnya penyaluran hara untuk menunjang pertumbuhan buah

muda (pentil). Gejala tersebut juga dapat disebabkan karena adanya persaingan energi antara organ vegetatif yang aktif tumbuh dan organ generatif ataupun karena adanya pengurangan hormon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan buah muda (Siregar dkk., 2004 dalam Oktaviani, 2008). Hal tersebut dapat diperkuat dengan pernyataan Sukamto (1998), yang menyatakan bahwa layu pentil merupakan penyakit fisiologis, seperti halnya gugur buah pada tanaman buah-buahan.

Menurut McKelvie (1956), tanaman kakao dewasa yang tumbuh subur dapat menghasilkan 5.000 – 10.000 bunga dalam setahun. Bunga yang terserbuki hanya 10% dari total bunga yang terbentuk dan kebanyakan bunga akan mengalami kematian dalam 24 jam karena tidak terserbuki. Bunga yang telah diserbuki berkembang menjadi buah pentil yang jumlahnya hanya sekitar 10-30%, sedangkan sebagian besar akan mengalami gejala fisiologis yang lebih dikenal dengan istilah layu pentil (*cherelle wilt*).

Menurut Alvin dkk., (1974), layu pentil disebabkan oleh adanya persaingan dalam memperoleh asimilat hasil fotosintesis, terutama karbohidrat. Persaingan ini terjadi antara bunga dan buah serta antara buah dan pertumbuhan pucuk yang aktif. Tjasadihardja (1987), juga menambahkan bahwa pucuk vegetatif merupakan konsumen karbohidrat terbesar sehingga pasokan karbohidrat ke bagian generatif menjadi berkurang.

2.5 Zat Penghambat Tumbuh *Paclobutrazol*

Zat penghambat tumbuh adalah zat pengatur yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan cara menekan dan menghambat proses fisiologis tanaman dengan batasan yang luas. Jika suatu tanaman diaplikasikan senyawa *retardant*, maka akan berpengaruh ke tanaman secara responsif dalam menghambat

pemanjangan sel pada meristem sub apikal, mengurangi laju perpanjangan batang tanpa membatasi pertumbuhan dan perkembangan daun atau dengan kata lain tanpa mendorong pertumbuhan yang abnormal (Wattimena, 1989).

Paclobutrazol merupakan salah satu jenis zat penghambat tumbuh (*retardant*) dengan rumus empiris $C_{15}H_{20}ClN_3O$. *Paclobutrazol* dapat diserap oleh tanaman melalui berbagai organ vegetatif, misalnya daun, pembuluh batang, ataupun akar, untuk kemudian ditranslokasikan secara akropetal melalui xylem ke bagian tanaman yang lain. Pada meristem sub apikal, senyawa ini akan menghambat proses biosintesis giberelin yang selanjutnya akan berdampak pada penurunan laju pembelahan sel sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif dan secara tidak langsung akan mengalihkan hasil fotosintat ke pertumbuhan reproduktif yang diperlukan untuk pembentukan bunga dan buah (Susanto dan Poerwanto, 1999). Selain itu, *Paclobutrazol* juga dapat melindungi tanaman dari cekaman stress dan meningkatkan pertumbuhan akar tanaman pada situasi tertentu (Watson, 2006).

Paclobutrazol memiliki kandungan bahan aktif 250 g/L *paclobutrazol* yang tersedia dalam bentuk suspensi berwarna kuning kecoklatan dan berbentuk tepung dengan kandungan 500 g/kg (Krisantini, 2007). Dalam kaitannya dengan fungsi *paclobutrazol* itu sendiri, senyawa aktif tersebut melakukan proses oksidasi kauren menjadi asam kaurenat, sehingga berakibat pada meningkatnya biosintesis asam absisat (ABA) yaitu hormon yang berperan dalam dormansi tunas (Wattimena, 1987). Meningkatnya hormon ABA tersebut pada dasarnya akan berdampak pula pada peralihan asimilat ke pertumbuhan reproduktif untuk pembentukan bunga dan buah (Andini dan Nanda, 2010).

Pembungaan dan pembuahan itu sendiri berhubungan dengan kandungan giberelin dalam tanaman. Kandungan giberelin yang tinggi akan menekan kandungan karbohidrat pada pucuk yang aktif tumbuh sehingga menghambat pembungaan. Sehingga dengan adanya pemberian *paclobutrazol* sebagai zat yang dapat menghambat biosintesis giberelin, maka induksi pembungaan dapat terjadi dan akan berdampak pada masa panen buah yang semakin cepat pula (Sach, 1977).

Konsentrasi pemberian *paclobutrazol* dan efek penggunaan *paclobutrazol* pada setiap tanaman bervariasi, hal ini tentunya sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan (Voon dkk., 1992). Pengaruh nyata dari pemberian konsentrasi *paclobutrazol* yang semakin tinggi menyebabkan penurunan tinggi tanaman, ukuran daun semakin mengecil, serta luas daun yang lebih kecil tetapi dengan berkurangnya luas daun tersebut, kandungan klorofil tetap bertambah karena klorofil lebih rapat sehingga jumlah klorofil tetap banyak yang dapat digunakan untuk memacu fotosintesis serta meningkatkan produksi (Ani, 2004).