

**PENGARUH PENYEMPROTAN BORON DAN GA₃ PADA
PERTUMBUHAN PRODUKSI DAN MUTU BENIH
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

(Skripsi)

Oleh

PUTU DEVA ARI SANDHY



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PENGARUH PENYEMPROTAN BORON DAN GA₃ PADA PERTUMBUHAN PRODUKSI DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)

Oleh

PUTU DEVA ARI SANDHY

Produksi kedelai di Indonesia masih rendah. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai adalah melalui pemupukan terutama unsur hara mikro berupa boron (B) dan pemberian hormon giberelin (GA₃). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyemprotan kombinasi konsentrasi boron (B) dan GA₃ pada pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

Perlakuan disusun dalam rancangan perlakuan faktor tunggal tidak terstruktur yaitu kombinasi boron dan GA₃. Perlakuan terdiri dari B + GA₃ (0 + 0) ppm, B + GA₃ (5 + 20) ppm, B + GA₃ (5 + 40) ppm, B + GA₃ (5 + 60) ppm, B + GA₃ (5 + 80) ppm, B + GA₃ (5 + 100) ppm, B + GA₃ (10 + 20) ppm, B + GA₃ (10 + 40) ppm, B + GA₃ (10 + 60) ppm, B + GA₃ (10 + 80) ppm dan, B + GA₃ (10 + 100). Perlakuan diulang sebanyak delapan kali. Perbedaan antarkombinasi perlakuan diketahui dengan menggunakan standar deviasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ (10 + 60) ppm dapat meningkatkan cenderung tinggi pada persen perkecambahan, kecepatan perkecambahan, potensi tumbuh maksimum, tinggi

Putu Deva Ari Sandhy

tanaman, jumlah cabang, jumlah daun, jumlah daun trifoliat, jumlah polong total, jumlah polong isi, dan bobot biji. Pemberian kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ (5 + 60) ppm dapat meningkatkan cenderung tinggi pada persen perkecambahan, bobot kering kecambah normal, potensi tumbuh maksimum, dan bobot kering berangkasan. Pemberian kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ (10 + 100) ppm mendominasi pada variabel pertumbuhan vegetatif kedelai.

Kata kunci: boron, GA₃, dan kedelai

**PENGARUH PENYEMPROTAN BORON DAN GA₃ PADA
PERTUMBUHAN PRODUKSI DAN MUTU BENIH
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

Oleh

PUTU DEVA ARI SANDHY

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

Jurusan Agroteknologi



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENYEMPROTAN BORON DAN GA₃ PADA PERTUMBUHAN PRODUKSI DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

Nama Mahasiswa : **Putu Deva Ari Sandhy**

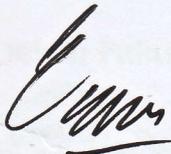
Nomor Pokok Mahasiswa : 1214121171

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

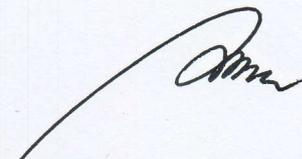


Ir. Ermawati, M.S.
NIP 196101011987032003



Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.
NIP 197208042005011002

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



Prof. Dr. Ir. Sri Yusraini, M.Si.
NIP 196305081988112001

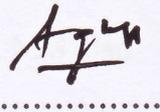
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Ermawati, M.S.**



Sekretaris : **Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **17 Januari 2018**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "PENGARUH PENYEMPROTAN BORON DAN GA₃ PADA PERTUMBUHAN PRODUKSI DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)" merupakan hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing 1) Ir. Ermawati, M.S. dan 2) Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll.) yang telah dipublikasi sebelumnya atau bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain. Jika pernyataan ini di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku

Bandar Lampung, 14 Februari 2018
Yang membuat pernyataan



Putu Deva Ari Sandhy
NPM 1214121171

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Trimomukti, Lampung Selatan pada 23 November 1993, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Made Alit Sucipto dan Ibu Sri Handayani. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak (TK) di TK Bratasena Adiwarna pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 1 Bratasena Adiwarna pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Xaverius 4 Bandar Lampung pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada tahun 2016 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Pekon Umbar, Kelumbayan, Tanggamus dan Praktik Umum di Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura (BBPPMBTPH) Depok, Jawa Barat.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas anugrah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Ermawati, M.S. selaku Pembimbing Utama atas perhatian, nasehat, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
2. Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si. selaku Pembimbing Kedua dan dosen Pembimbing Akademik atas nasehat, saran, kritik, dan perhatiannya kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi dan selama menjadi mahasiswa di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S. selaku Penguji pada ujian skripsi atas masukan dan saran untuk skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
5. Bapak Made Alit Sucipto, Mamak Sri Handayani, dan Adik Kadek Adina Ari Sandhy yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. Mia Yulia, Tio Dewantoro, Nanda Pusparini, Rahmadyah Hamiranti, dan Novia Pratiwi Ardiyani yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan.

7. Teman-teman seperjuangan di UKM-F LS-MATA yang telah memberikan banyak pembelajaran selama menempuh pendidikan. Teman-teman di UKM-F GUMPALAN dan Himapet yang telah memberi dukungan selama menempuh pendidikan.
8. Teman-teman KKN Pekon Umbar dan teman-teman Praktik Umum BBPPMBTPH yang telah memberi dukungan dalam proses menempuh pendidikan.
9. Seseorang yang telah memberi dukungan, bantuan, dan doa selama proses menyelesaikan skripsi.

Semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, Januari 2018
Penulis

Putu Deva Ari Sandhy

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Mutu Benih Kedelai	8
2.2 Peran Boron (B) pada Pertumbuhan Tanaman	10
2.3 Peran GA ₃ pada Pertumbuhan Kedelai	11
III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	13
3.2 Bahan dan Alat	13
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5 Pengamatan	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil	22
4.2 Pembahasan	43
V. SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49

5.2 Saran	iv
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52
Tabel 4-17	53-66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai rata-rata variabel vegetatif kedelai	24
2. Nilai rata-rata variabel generatif kedelai	32
3. Nilai rata-rata variabel mutu benih kedelai	39
4. Data dan analisis tinggi tanaman kedelai	53
5. Data dan analisis jumlah cabang tanaman kedelai	54
6. Data dan analisis jumlah daun tanaman kedelai	55
7. Data dan analisis jumlah daun trifoliat tanaman kedelai	56
8. Data dan analisis bobot kering berangkasan tanaman kedelai	57
9. Data dan analisis jumlah polong total tanaman kedelai	58
10. Data dan analisis jumlah polong isi tanaman kedelai	59
11. Data dan analisis bobot polong isi tanaman kedelai	60
12. Data bobot biji tanaman kedelai	61
13. Data dan analisis bobot 100 butir tanaman kedelai	62
14. Data dan analisis persen perkecambahan benih tanaman kedelai	63
15. Data dan analisis kecepatan berkecambah benih tanaman kedelai	64
16. Data dan analisis bobot kering kecambah normal tanaman kedelai	65
17. Data dan analisis potensi tumbuh maksimum benih tanaman kedelai	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada tinggi tanaman kedelai	23
2. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada jumlah cabang tanaman kedelai	26
3. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada jumlah daun tanaman kedelai	27
4. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada jumlah daun trifoliat tanaman kedelai	28
5. Pengaruh penyemprotan kombinasi B dan GA ₃ pada bobot kering berangkasan tanaman kedelai	29
6. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada jumlah polong total tanaman kedelai	31
7. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada jumlah polong isi tanaman kedelai	33
8. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada bobot polong isi tanaman kedelai	34
9. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada bobot biji tanaman kedelai	36
10. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada bobot 100 butir tanaman kedelai	37
11. Pengaruh penyemprotan kombinasi B dan GA ₃ pada persen perkecambahan benih tanaman kedelai	38
12. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada kecepatan berkecambah benih tanaman kedelai	40
13. Pengaruh penyemprotan kombinasi B + GA ₃ pada bobot kering kecambah normal tanaman kedelai	41

14. Pengaruh penyemprotan B + GA ₃ pada potensi tumbuh maksimum benih tanaman kedelai	42
---	----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kedelai (*Glycine max* [L.] Merril) adalah salah satu komoditas pangan penting setelah padi dan jagung yang juga merupakan sumber protein nabati yang harganya lebih murah dibandingkan dengan protein hewani. Kedelai memiliki banyak manfaat yang digunakan sebagai bahan makanan olahan seperti tempe, tahu, kecap, pakan ternak, dan bahan baku industri.

Produksi kedelai di Indonesia masih rendah sedangkan kebutuhan kedelai setiap tahun yang selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Menurut data Badan Pusat Statistik (2016), produksi kedelai di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 963.180 ton sedangkan kebutuhan kedelai mencapai 2,54 juta ton dengan produktivitas sebesar 1,54 ton/ha. Menurut Sudaryono, Taufik, dan Wijanako (2007), produksi kedelai rendah disebabkan oleh penggunaan benih bermutu rendah dan pemupukan yang kurang optimal. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan upaya meningkatkan mutu benih kedelai.

Upaya peningkatan produksi kedelai dapat dilakukan dengan perbaikan teknik budidaya berupa pemupukan. Pemupukan dilakukan untuk memenuhi unsur hara yang dibutuhkan tanaman karena keterbatasan unsur hara dalam tanah. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman terdiri atas dua macam unsur hara yaitu unsur hara

makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif sedikit, pengelolaan unsur hara akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman kedelai. Salah satu unsur mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman adalah boron.

Boron merupakan unsur mikro yang berperan penting pada setiap tanaman.

Boron dalam tanah merupakan mineral formalin yang mengalami pelapukan menjadi BO_3^- sedangkan tanaman menyerap boron dalam bentuk H_3BO_3 . Boron berperan dalam pembelahan sel, respirasi, dan pertumbuhan tanaman.

Kekurangan boron pada tanaman akan menghambat pertumbuhan tanaman sehingga tanaman menjadi kerdil (Hanafiah, 2007). Pada tanaman kedelai boron berperan dalam proses transfer gula dan nutrisi, penyerbukan bunga, dan pembentukan biji. Kekurangan boron akan menyebabkan tanaman kedelai mengalami klorosis daun, daun mudah rapuh, fungsi akar terganggu, dan bunga layu sebelum berkembang (Tinto, 2012).

Perbaikan teknik budidaya juga dilakukan dengan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT). Penyemprotan zat pengatur tumbuh (ZPT) berupa GA_3 (giberelin) pada tanaman menyebabkan sel-sel pada tanaman bertambah jumlah dan ukurannya sehingga menyebabkan perpanjangan ruas tanaman. Menurut Salisbury dan Ross (1995), GA_3 dapat menggantikan panjang hari yang dibutuhkan kedelai untuk proses pembungaan. Tanggapan tanaman terhadap ZPT juga bergantung pada konsentrasi ZPT, bagian tanaman, fase perkembangan tanaman, interaksi antar-ZPT, dan faktor lingkungan. Konsentrasi yang tepat akan menentukan keefektifan GA_3 dalam mendorong pertumbuhan tanaman. Azizi *et al.* (2012) menyimpulkan

bahwa penyemprotan tanaman kedelai dengan konsentrasi GA₃ 125 ppm menghasilkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi 250 dan 375 ppm.

Siahaan *et al.* (2015) menyatakan bahwa kombinasi boron dan GA₃ mempunyai kurva linear positif terhadap jumlah bunga yang dihasilkan. Kurva linear positif juga ditunjukkan pada pengaruh kombinasi tersebut terhadap bobot biji yang dihasilkan. Boron mempengaruhi pembuahan dengan meningkatkan produksi serbuk sari di kepala sari dan viabilitas serbuk sari biji-bijian sehingga terjadi peningkatan persentase bunga menjadi polong. Peningkatan persentase bunga jadi polong akan meningkatkan jumlah biji. Giberelin memperbesar luas daun berbagai jenis tanaman, juga memperbesar ukuran bunga dan buah. Giberelin mendorong terbentuknya buah tanpa biji pada tanaman anggur dan beberapa jenis buah lainnya. Proses dormansi pada biji dan mata tunas juga dapat dihilangkan dengan penambahan giberelin. Dormansi biji yang diperpendek akan meningkatkan kecepatan perkecambahan benih.

Boron pada tanaman berperan dalam suplai nutrisi ke seluruh bagian tanaman yang akan meningkatkan metabolisme tanaman. Nutrisi yang disuplai oleh boron ke setiap bagian tanaman akan dimaksimalkan oleh GA₃ untuk memperbesar ukuran dan jumlah sel. Boron yang merupakan unsur hara mikro dan giberelin yang merupakan hormon diperlukan tanaman dalam jumlah optimum.

Kekurangan dan kelebihan kedua unsur tersebut akan berdampak buruk bagi tanaman sehingga diperlukan kombinasi konsentrasi yang optimum untuk meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai. Kombinasi antara

boron dan GA₃ akan meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

Percobaan ini dilakukan untuk menjawab masalah bagaimana pengaruh kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ pada pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ pada pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

1.3 Kerangka Pemikiran

Kebutuhan kedelai meningkat setiap tahunnya seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Produksi kedelai di Indonesia yang masih rendah belum mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri. Faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya produksi kedelai adalah teknik budidaya berupa pemupukan, iklim, dan mutu benih yang kurang optimum. Berdasarkan hal tersebut, perlu upaya untuk meningkatkan produksi kedelai.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai adalah dengan penggunaan unsur hara mikro dan ZPT. Unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman adalah Mn, Zn, Fe, Cl, B, Si, Na, dan lain-lain; sedangkan ZPT yang dibutuhkan tanaman adalah auksin, sitokinin, dan giberelin. Pemberian unsur hara mikro dan ZPT umumnya akan lebih efektif jika diberikan melalui penyemprotan pada daun. Pengelolaan unsur hara mikro dan ZPT harus dilakukan secara optimal karena akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai. Salah satu unsur hara mikro yang dibutuhkan

tanaman adalah boron sedangkan GA_3 adalah ZPT yang dibutuhkan oleh tanaman.

Boron memiliki peranan penting bagi tanaman. Boron berperan pada proses aktivitas seluler seperti pembelahan sel, respirasi, dan pertumbuhan tanaman. Pada tanaman kedelai boron berperan dalam proses transfer gula dan nutrisi, penyerbukan bunga, dan pembentukan biji. Kekurangan boron akan menyebabkan klorosis daun, daun muda rapuh, dan bunga layu sebelum berkembang.

Boron berfungsi dalam transfer gula dan nutrisi dari daun ke organ reproduksi sehingga pemberian boron untuk tanaman lebih efektif bila diaplikasikan pada saat tanaman memasuki periode kritis yaitu sebelum tanaman berbunga dan pada saat pengisian biji. Boron juga berfungsi dalam penyerapan kalium bagi tanaman sehingga dapat meningkatkan proses fotosintesis, mengefisienkan penggunaan air, mempertahankan turgor, membentuk batang yang lebih kuat, memperkuat perakaran, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Boron juga berfungsi dalam pembiakan sel terutama dalam pembentukan tepung sari, titik tumbuh, bunga, dan akar.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kedelai adalah dengan penyemprotan ZPT tanaman seperti GA_3 . Penyemprotan GA_3 dapat menggantikan hari panjang yang dibutuhkan kedelai untuk proses pertumbuhan dan pembungaan. Hal tersebut diperlukan karena Indonesia yang beriklim tropis memiliki hari pendek. Pemberian ZPT harus memperhatikan konsentrasi ZPT dan waktu penyemprotan ZPT. Respon tanaman terhadap ZPT dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis tanaman, musim sewaktu pemberian, varietas tanaman,

keadaan lingkungan sewaktu pemberian, stadia pertumbuhan, dan konsentrasi ZPT tersebut.

Konsentrasi ZPT yang optimal akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi benih kedelai. Zat pengatur tumbuh efektif pada jumlah tertentu. Konsentrasi terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan, pembelahan sel dan kalus akan berlebihan, dan mencegah pertumbuhan tunas dan akar sedangkan konsentrasi di bawah optimum tidak efektif.

Hormon GA₃ meningkatkan ukuran dan jumlah sel. GA₃ meningkatkan ukuran sel dengan merangsang dinding sel untuk melepaskan dan mengirimkan kalsium ke sitoplasma yang menyediakan kondisi untuk penyerapan air dan pertumbuhan sel. Giberelin juga dapat mempercepat fase-fase dalam pembelahan sel dan selanjutnya berakibat memperpanjang ruas-ruas batang dan memperbesar tubuh tanaman. Mekanisme tersebut diharapkan mempengaruhi peningkatan pertumbuhan dan produksi benih kedelai.

Boron diperlukan untuk proses pembungaan dan pengisian polong, sedangkan GA₃ mampu menambah dan memperbesar jumlah sel. Pada saat polong terbentuk, GA₃ akan memerlukan asupan fotosintat dalam jumlah besar memperbesar ukuran sel sehingga dalam proses ini boron akan membantu dalam suplai nutrisi dan fotosintat untuk memperbesar ukuran sel dan ukuran polong. Kedua pengaruh tersebut akan mengakibatkan peningkatan jumlah ukuran polong semakin besar. Jumlah ukuran polong yang semakin besar akan mengakibatkan peningkatan bobot polong, jumlah biji, dan bobot biji. Boron berfungsi pada peningkatan penyerapan nutrisi melalui akar sedangkan GA₃ mampu

memaksimalkan nutrisi tersebut untuk meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah cabang tanaman kedelai. Boron yang merupakan unsur hara mikro dan giberelin yang merupakan hormon diperlukan tanaman dalam jumlah optimum.

Kekurangan maupun kelebihan kedua unsur tersebut akan berdampak buruk bagi tanaman sehingga diperlukan kombinasi konsentrasi yang optimum untuk meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

Pemberian $GA_3 + B$ berpengaruh dalam menghasilkan biji yang lebih besar.

Ukuran biji yang relatif lebih besar akan menghasilkan bobot 100 butir yang tinggi. Bobot 100 butir benih kedelai akan meningkatkan bobot kecambah normal yang lebih besar karena ketersediaan cadangan makanan dalam biji yang lebih tinggi. Ketersediaan cadangan makanan yang tinggi akan meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih kedelai dan menghasilkan daya berkecambah yang tinggi.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan adalah penyemprotan kombinasi konsentrasi boron dan GA_3 dapat meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mutu Benih Kedelai

Mutu benih adalah gambaran dan karakteristik menyeluruh benih, yang menunjukkan kemampuan untuk memenuhi standar yang ditentukan. Mutu benih adalah sejumlah atribut dan karakter benih yang ditunjukkan secara individual atau kelompok. Kualitas benih dapat dibagi atas tiga bagian besar yaitu mutu fisik, mutu fisiologis, dan mutu genetik (Sadjad, 1993).

Mutu fisik benih ini berkaitan dengan kondisi fisik benih secara visual yaitu warna, ukuran, bentuk, bobot dan tekstur permukaan kulit benih. Tolok ukur yang dijadikan kriteria adalah keseragaman. Sifat-sifat lain yang diamati adalah tingkat keutuhan benih dengan tolok ukur tingkat kerusakan benih, tingkat kelembaban benih dengan tolok ukur kadar air benih, dan tingkat kontaminasi benda lain dengan tolok ukur kemurnian mekanis benih (Sadjad, 1993).

Mutu fisiologis benih berkaitan dengan aktivitas perkecambahan benih yang di dalamnya terdapat aktivitas enzim, reaksi-reaksi biokimia dan respirasi benih. Parameter yang biasa digunakan untuk mengetahui mutu fisiologis benih ini adalah viabilitas benih serta vigor benih. Tolok ukur viabilitas benih yaitu daya berkecambah (DB) dan potensi tumbuh maksimum (PTM). Viabilitas benih diartikan sebagai kemampuan benih untuk tumbuh menjadi kecambah. Istilah lain

untuk viabilitas benih adalah daya kecambah benih, persentase kecambah benih, atau daya tumbuh benih. Viabilitas benih merupakan daya kecambah benih yang dapat ditunjukkan melalui gejala pertumbuhan, selain itu daya kecambah juga merupakan tolok ukur parameter viabilitas potensial benih (Sadjad, 1994).

Perkecambahan benih mempunyai hubungan erat dengan viabilitas benih dan jumlah benih yang berkecambah dari sekumpulan benih (potensi tumbuh maksimum) yang merupakan indeks viabilitas benih. Tolok ukur vigor benih yaitu daya simpan benih dan kekuatan tumbuh benih (kecepatan tumbuh benih).

Salah satu masalah yang dihadapi dalam penyediaan benih bermutu adalah kurang optimumnya teknik budidaya terutama pemupukan. Rendahnya pemupukan menyebabkan produksi benih kedelai bermutu tidak memadai secara kuantitas dan kualitasnya. Pemupukan yang kurang dari kebutuhan akan menyebabkan produksi sedikit, ukuran benih kecil, dan resistensi terhadap patogen rendah.

Beberapa faktor yang mempengaruhi mutu benih adalah faktor genetik, lingkungan, dan status benih (kondisi fisik dan fisiologis benih). Genetik merupakan faktor bawaan yang berkaitan dengan susunan genetik benih. Setiap varietas memiliki identitas genetika yang berbeda. Faktor lingkungan berpengaruh terhadap mutu benih berkaitan dengan kondisi dan perlakuan selama prapanen, pascapanen, dan saat pemasaran benih. Faktor kondisi fisik dan fisiologis benih berkaitan dengan penampilan benih seperti tingkat kemasakan, tingkat kerusakan mekanis, tingkat keusangan (hubungan antara vigor awal dan lamanya disimpan), tingkat kesehatan, ukuran dan berat jenis, komposisi kimia, tingkat kadar air, dan dormansi benih (Wirawan dan Sri, 2002).

2.2 Peran Boron (B) pada Pertumbuhan Tanaman

Tanaman memanfaatkan boron untuk translokasi gula ke membran, mempengaruhi perkembangan sel-sel dalam pembentukan polisakarida, dan kecepatan pembelahan sel. Kekurangan boron pada tanaman menyebabkan pertumbuhan pucuk-pucuk tanaman berhenti kemudian mati, pangkal daun rusak, dan pada akar menyebabkan kerusakan jaringan internal (Hanafiah, 2007).

Boron pada tanaman kedelai berfungsi dalam transfer gula dan nutrisi dari daun ke organ reproduksi, penyerbukan bunga, dan pembentukan biji. Boron dibutuhkan dalam jumlah yang cukup pada masa pembungaan dan pengisian polong (Tinto, 2012). Kekurangan boron pada tanaman kedelai akan menyebabkan penyerapan nutrisi melalui akar terhambat dan perubahan struktur daun (Will *et al.*, 2011).

Boron juga berpengaruh pada pembentukan dan poliferasi sel kambium dan gangguan diferensiasi xilem. Xilem bertanggung jawab atas peningkatan penyerapan nutrisi dan berkontribusi terhadap mobilitas nutrisi. Boron mempengaruhi pembuahan dengan meningkatkan produksi serbuk sari di kepala sari dan viabilitas serbuk sari biji-bijian (A and L Canada Laboratories, 2002).

Tanaman kekurangan unsur boron dapat menyebabkan dinding sel yang terbentuk sangat tipis, sel menjadi besar yang diikuti dengan penebalan suberin atau terbentuk ruang-ruang reksigen karena sel menjadi retak dan pecah akibat tidak terbentuk selulosa untuk mempertebal dinding sel. Pada buah melon menyebabkan rasanya menjadi tidak manis, karena terlalu banyak air di dalam ruang sel, di samping itu laju proses fotosintesis akan menurun. Hal ini karena

gula yang terbentuk dari karbohidrat hasil fotosintesis akan tertumpuk di daun. Pertumbuhan vegetatif tanaman juga akan terhambat karena boron berfungsi sebagai aktivator maupun inaktivator hormon auksin dalam pembelahan dan pembesaran sel (Yudhie, 2008).

Pemberian unsur boron dapat dilakukan dengan menambahkan boron pada tanah dan daun, tetapi pemberian boron pada tanah dapat menyebabkan terikatnya boron oleh Al dan Fe peroksida sehingga ketersediaan boron terganggu bagi tanaman. Pemberian boron melalui daun dapat meningkatkan produksi kedelai dibandingkan dengan pemberian boron melalui tanah (Schon dan Blevins, 1990).

2.3 Peran GA₃ pada Pertumbuhan Kedelai

Asam giberelat merupakan hormon tanaman yang memengaruhi diferensiasi kambium dalam proses pembentukan berkas pembuluh. Pemberian GA₃ dapat menambah jumlah floem yang terbentuk (Davies, 1995). Menurut Salisbury dan Ross (1995), giberelin dapat menggantikan kebutuhan panjang hari pada beberapa jenis tanaman seperti kedelai. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara GA₃ dan kebutuhan tanaman kedelai. Giberelin juga memenuhi kebutuhan beberapa jenis tanaman akan masa dingin untuk menginduksi pembungaan atau agar pembungaan terjadi lebih awal (varnalisasi).

Respons kebanyakan tanaman dengan pemberian giberelin adalah penambahan panjang batang. Pertambahan panjang batang tersebut terjadi karena bertambahnya ukuran dan jumlah sel-sel pada ruas-ruas batang tersebut.

Giberelin juga memperbesar luas daun berbagai jenis tanaman, juga memperbesar ukuran bunga dan buah. Giberelin mendorong terbentuknya buah tanpa biji pada

tanaman anggur dan beberapa jenis buah lainnya (Wattimena, 1998).

Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa pemberian GA_3 pada tanaman akan diangkut ke apeks dan tajuk yang akan meningkatkan pembelahan sel dan pertumbuhan yang mengarah pada penambahan panjang batang. Efek tunggal GA_3 dalam memacu pemanjangan batang disebabkan oleh tiga peristiwa yaitu pembelahan sel terutama di sel meristematik, meningkatkan pembelahan sel dengan meningkatkan hidrolisis sukrosa menjadi fruktosa sehingga tekanan osmotik dalam sel naik dan meningkatkan plastisitas dinding sel.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari April sampai dengan September 2015.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah kedelai Varietas Wilis , tanah Ultisol, pupuk boron (H_3BO_3), serbuk GA_3 , alkohol 90%, dan akuades.

Alat-alat yang digunakan adalah cangkul, sekop, polibag ukuran 10 kg, alat semprot, timbangan, alat pengukur panjang, gelas ukur, dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Perlakuan disusun dalam rancangan perlakuan faktor tunggal tidak terstruktur yaitu kombinasi boron dan GA_3 . Perlakuan terdiri dari 0 ppm boron dan 0 ppm GA_3 (0 + 0), 5 ppm boron dan 20 ppm GA_3 (5 + 20), 5 ppm boron dan 40 ppm GA_3 (5 + 40), 5 ppm boron dan 60 ppm GA_3 (5 + 60), 5 ppm boron dan 80 ppm GA_3 (5 + 80), 5 ppm boron dan 100 ppm GA_3 (5 + 100), 10 ppm boron dan 20 ppm GA_3 (10 + 20), 10 ppm boron dan 40 ppm GA_3 (10 + 40), 10 ppm boron dan 60 ppm GA_3 (10 + 60), 10 ppm boron dan 80 ppm GA_3 (10 + 80), 10 ppm boron dan 100 ppm GA_3 (10 + 100). Perlakuan diulang sebanyak delapan kali.

Perbedaan antar kombinasi perlakuan diketahui dengan menggunakan standar deviasi.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan media tanam

Media tanaman yang digunakan adalah *top soil* ultisol yang digemburkan menggunakan cangkul. Tanah tersebut kemudian dibersihkan dari sisa-sisa gulma dan kotoran-kotoran lain. Tanah kemudian diaduk sampai rata dan ditimbang sebanyak 10 kg. Tanah yang telah digemburkan dan ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam polibag berwarna hitam dengan ukuran 10 kg. Polibag-polibag tersebut kemudian disusun secara berkelompok sesuai dengan jumlah perlakuan dan jumlah ulangan yang digunakan. Polibag disusun membujur dari barat ke timur untuk optimalisasi penyerapan cahaya matahari.

2. Penanaman

Benih kedelai ditanam dalam polibag yang telah diisi media tanam dengan cara membenamkan benih ke dalam tanah kurang lebih 3 cm. Benih ditanam sebanyak 3 benih per polibag yang ditanam dalam lubang tanam terpisah. Benih kedelai yang tumbuh kemudian diseleksi menjadi 2 tanaman/polibag yang selanjutnya akan menerima perlakuan dan diamati

3. Penyemprotan pupuk boron

Perhitungan konsentrasi pupuk boron (H_3BO_3) dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Pupuk boron (H}_3\text{BO}_3\text{) gram} = \frac{\text{Bm H}_3\text{BO}_3 \times \text{konsentrasi (ppm)}}{\text{Ba B}}$$

Keterangan: Bobot molekul (Bm) H₃BO₃ = 61,81
 Bobot atom (Ba) B = 10,81
 1ppm = 1,00 mg/l

Berdasarkan rumus tersebut diperoleh hasil perhitungan boron konsentrasi 5 ppm dan 10 ppm berturut-turut adalah 0,028 gram dan 0,057 gram H₃BO₃. Pemberian pupuk boron dilakukan dengan cara melarutkan pupuk H₃BO₃ yang telah ditimbang dengan menggunakan akuades 100 ml di dalam erlenmeyer kemudian diaduk hingga larut, setelah larut dipindahkan ke gelas ukur 1.000 ml lalu ditambahkan akuades hingga mencapai volume 1.000 ml. Pupuk tersebut disemprotkan ke seluruh permukaan daun bagian atas dan bagian bawah hingga jenuh menggunakan *hand sprayer*. Penyemprotan dilakukan pada pagi hari agar larutan tidak mudah menguap karena sinar matahari.

4. Penyemprotan GA₃

Larutan GA₃ dibuat dengan melarutkan bubuk GA₃ terlebih dahulu dengan alkohol 70%. Bubuk GA₃ yang telah larut ditambahkan aquades sampai dengan 1.000 ml. Konsentrasi larutan GA₃ yang diaplikasikan yaitu 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Cara membuat konsentrasi GA₃ yaitu pada konsentrasi GA₃ 20 ppm serbuk GA₃ yang diberikan yaitu sebanyak 20 mg/liter; 40 ppm serbuk GA₃ yang diberikan yaitu sebanyak 40 mg/liter; 60 ppm serbuk GA₃ yang diberikan yaitu sebanyak 60 mg/liter; 80 ppm serbuk GA₃ yang diberikan yaitu sebanyak 80 mg/liter; dan 100 ppm serbuk GA₃ yang diberikan yaitu sebanyak 100 mg/liter.

Penyemprotan GA₃ pada tanaman kedelai dilakukan pada saat tanaman berumur 3, 6, dan 9 minggu. Giberelin diberikan pada masing-masing tanaman sebanyak 15 ml. Pemberian GA₃ dilakukan dengan metode penyemprotan melalui permukaan daun. Penyemprotan GA₃ diberikan dengan *hand sprayer* agar penyemprotan terfokus dan tidak menyebar ke tanaman lain. Penyemprotan pada masing-masing perlakuan dilakukan dengan memberi pembatas plastik agar tanaman lain tidak menerima perlakuan yang tidak semestinya. Larutan GA₃ yang disemprotkan harus mengenai permukaan atas daun, permukaan bawah daun, dan permukaan batang.

5. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan berupa penyiraman, pemupukan pupuk dasar, penyiangan, dan pengendalian OPT. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari. Pupuk dasar yang diberikan yaitu N, P, dan K dengan dosis N 200 kg Urea/ha; P 100 kg SP 36/ha; dan K 100 kg KCL/ha. Dosis yang diberikan pada setiap polibag adalah 1,5 gram Urea yang diperoleh dari 300 kg/ha x (10 kg/ 2x10⁶ kg); 1 gram SP36 yang diperoleh dari 200 kg/ha x (10 kg/ 2x10⁶ kg); dan 1 gram KCl yang diperoleh dari 200 kg/ha x (10 kg/ 2x10⁶ kg). Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di sekitar areal tanam kedelai. Pengendalian OPT dilakukan dengan memberi pestisida yang mengandung Furadan sebanyak dua gram untuk tiap lubang saat benih ditanam, membuang bagian tanaman yang terserang, dan menyemprotkan pestisida. Tanaman kedelai disemprotkan dengan pestisida niklosamida 250 g/liter dan klorpirifos 200 g/liter pada saat tanaman berumur 3, 5, 7, dan 9 minggu dengan dosis 1 ml/liter dan dilakukan peningkatan dosis sampai

2 ml/liter karena serangan hama terus meningkat dengan menggunakan *hand sprayer*.

6. Panen

Panen kedelai dilakukan bila saat kedelai berumur sekitar 88 hari yang ditandai dengan sebagian besar daunnya telah menguning yaitu sekitar 95%, polong sudah berwarna kecoklatan lebih dari 95% dan retak-retak, dan batang berwarna kuning agak coklat serta gundul. Panen dilakukan dengan cara memotong batang kedelai dengan pisau yang tajam. Tanaman kedelai yang sudah dipanen kemudian dipisahkan antara berangkasan dan polongnya.

7. Pengamatan

Pengamatan terdiri dari tiga tahap yaitu pengamatan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih.

Pengamatan pertumbuhan kedelai dilakukan untuk mengetahui pencapaian tumbuh kedelai pada fase vegetatif. Pengamatan pertumbuhan kedelai dilakukan pada saat tanaman masih berada di lapangan. Pengamatan tersebut meliputi pengukuran tinggi tanaman (cm), penghitungan jumlah daun (helai), penghitungan jumlah daun trifoliolate (helai), jumlah cabang (buah), dan bobot kering berangkasan (gram).

Pengamatan produksi kedelai dilakukan untuk mengetahui pencapaian tumbuh kedelai pada fase generatif. Pengamatan produksi tanaman dilakukan pada saat tanaman telah dipanen. Pengamatan tersebut meliputi penghitungan jumlah polong (buah), jumlah biji (butir), pengukuran bobot polong

(gram), bobot biji (gram), dan bobot 100 butir (gram).

Pengamatan mutu benih kedelai dilakukan untuk mengetahui kualitas benih yang diproduksi. Pengamatan mutu benih dilakukan di laboratorium. Pengamatan tersebut meliputi persen perkecambahan (%), kecepatan perkecambahan (%), potensi tumbuh maksimum (%), dan bobot kering kecambah normal (gram).

3.5 Pengamatan

Variabel pertumbuhan

1. Tinggi tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dilakukan setiap minggu sampai tanaman berbunga. Tanaman diukur dari permukaan tanah sampai titik tumbuh batang utama. Pengukuran dilakukan dalam satuan sentimeter dengan menggunakan alat pengukur panjang yaitu meteran.

2. Jumlah cabang

Pengamatan umlah cabang dilakukan pada saat tanaman telah memasuki fase pertumbuhan generatif. Pengamatan dilakukan dengan dihitung dan dalam satuan buah.

3. Jumlah daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan pada saat tanaman kedelai memasuki telah masa pengisian polong. Pengamatan dilakukan dengan dihitung dan dalam satuan helai.

4. Jumlah daun trifoliat

Pengamatan jumlah daun trifoliat dilakukan pada saat tanaman kedelai telah memasuki masa pengisian polong. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah daun trifoliat dan dalam satuan helai.

5. Bobot kering berangkasan

Berangkasan tanaman terdiri dari tajuk tanaman dan dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama dua hari sampai mencapai bobot kering konstan.

Berangkasan kemudian ditimbang dengan timbangan elektrik dalam satuan gram.

Variabel produksi

1. Jumlah polong total

Pengamatan jumlah polong dilakukan pada saat panen. Pengamatan jumlah polong yaitu dengan menghitung polong keseluruhan. Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah polong dan dalam satuan buah.

2. Jumlah polong isi

Pengamatan jumlah polong isi dilakukan pada saat panen. Pengamatan jumlah polong isi yaitu dengan menghitung polong yang berisi biji. Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah polong isi dan dalam satuan buah.

3. Bobot polong isi

Pengamatan bobot polong isi dilakukan pada saat panen. Pengamatan bobot polong isi yaitu dengan menimbang polong isi. Penghitungan dilakukan dengan menghitung bobot polong isi dan dalam satuan gram.

4. Bobot biji

Pengamatan bobot biji dilakukan pada saat panen. Pengamatan bobot biji yaitu dengan menghitung biji keseluruhan. Penghitungan dilakukan dengan menimbang bobot biji dan dalam satuan gram.

5. Bobot 100 butir

Pengamatan bobot 100 butir dilakukan pada saat panen. Pengamatan bobot 100 butir yaitu dengan menimbang bobot 100 butir dari masing-masing kombinasi. Penghitungan dilakukan dengan menimbang bobot 100 butir dan dalam satuan gram.

Variabel mutu benih

1. Persen perkecambahan

Persen perkecambahan benih diperoleh dengan mengamati jumlah kecambah normal yang dihasilkan pada hari ke-5 dan ke-7. Persen perkecambahan benih dinyatakan dalam satuan persen (%).

2. Kecepatan perkecambahan

Kecepatan perkecambahan diperoleh dengan pengamatan jumlah benih berkecambah pada hari ke-3 dan hari ke-5. Benih dikecambahkan dengan metode UKDdP (Uji Kertas Digulung dalam Plastik) sebanyak 25 butir tiap gulung dan diulang sebanyak tiga kali. Kecepatan perkecambahan benih dinyatakan dalam satuan dengan persen (%).

3. Bobot kering kecambah normal

Bobot kering kecambah normal diukur dengan menimbang kecambah normal yang telah dikeringkan selama 1x24 jam dengan suhu 121°C dengan satuan gram.

4. Potensi tumbuh maksimum

Potensi tumbuh maksimum diamati dengan menghitung persen benih yang berkecambah pada hari ke-5 pengecambahan. Benih dikecambahkan dengan metode UKDdP (Uji Kertas Digulung dalam Plastik) sebanyak 25 butir tiap gulungan dan diulang sebanyak tiga kali. Potensi tumbuh maksimum benih dinyatakan dalam satuan dengan persen (%).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka disimpulkan bahwa pemberian kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ (10 + 60) ppm menghasilkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai cenderung tinggi dibandingkan dengan kombinasi konsentrasi lainnya. Kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ dengan konsentrasi boron yang lebih rendah (5 + 60) ppm cenderung tinggi hanya pada pertumbuhan dan mutu benih daripada kombinasi konsentrasi lainnya. Kombinasi konsentrasi boron dan GA₃ (10 + 100) ppm cenderung lebih dominan meningkatkan nilai rata-rata variabel vegetatif tanaman kedelai.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai boron dan GA₃ dengan menggunakan rancangan percobaan diperlukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- A and L Laboratories. 2002. Boron as A Plant Nutrient. www.alcanada.com. Diakses pada 30 April 2015.
- Arif, M., M.A. Khan, H. Akbar, Sajjad, and S. Ali. 2006. Prospect of Wheat as a Dual Purpose Crop and Its Impact on Weeds. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 12: 13-17
- Azizi K., J. Moradii, S. Heidari, A. Khalili, dan M. Feizan. 2012. Effect of Different Concentrations of Gibberelic Acid on Seed Yield and Yield Components of Soy Bean Genotypes in Summer Intercropping. *International Journal of Agriscience.* 2 (4): 291-301.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Produksi Padi Tahun 2015 Naik 6,42 Persen*. <https://bps.go.id/index.php/brs/1272>. Diakses pada tanggal 30 April 2017.
- Davies, P.J. 1995. Plant hormone: their nature, occurrence and function. *In Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publisher. Boston. 796 hlm.
- Hanafiah, A.K. 2007. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 hlm.
- Hemayun, M., E. Shon, S.A. Khan, Z.K. Shinwari, A.L. Khan, dan I. Lee. 2010. Silicon Alleviates the Adverse Effects of Salinity and Drought Stress on Growth and Endogenous Plant Growth Hormone of Soybean (*Glycine max* L.). *Pak. J. Bot.* 42(3): 1713-1722.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Second Edition. Academic Press. Harcourt Brace and Company, Publisher. London. 889 hlm.
- Sadjad, S. 1993. *Teknologi Benih*. Jakarta. PT Grasindo. 144 hlm.
- Sadjad, S. 1994. *Metode Uji Langsung Viabilitas Benih*. Bogor. IPB. 194 hlm.
- Salisbury, F.D. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan III*. Diterjemahkan oleh Lukman dan Sumaryono. Penerbit ITB. Bandung. 173 hlm.

- Schon, M.K. and D.G. Blevins. 1990. Foliar Boron Application Increase the Final Number of Branches and Pods on Branches of Field-Grown Soybeans. *Plant Physiology*. 92: 602-607
- Siahaan, F.Y. 2015. Produksi bunga dan biji bawang merah Lokal Samosir (*Allium ascalonicum*) pada Beberapa Konsentrasi GA₃ dan dosis boron. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan. 40 hlm.
- Sudaryono, A. Taufik, dan A. Wijanarko. 2007. Peluang Peningkatan Produksi Kedelai di Indonesia. Dalam Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan, disunting oleh Sumarno, Suyanto, Adi Widjono, Hermanto, dan Kusni Kasim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Hlm. 130-167.
- Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim. 2007. *Kedelai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 512 hlm.
- Tinto, R. 2012. Boron Applications for Increased Soy Bean Yield. <http://www.riotintominerals.com>. Diakses pada tanggal 10 April 2016.
- Wattimena, G.A. 1988. Zat Pengatur Tumbuh Tanaman. Pusat Antar-Universitas, Institut Pertanian Bogor Bekerja Sama dengan Lembaga Sumbar Daya Informasi-IPB. Bogor. 145 hlm.
- Will, S., T. Eichert, V. Fernández., J. Möhring, T. Müller, and V. Römheld. 2011. Absorption and Mobility of Foliar-Applied Boron in Soy Bean as Affected by Plant Boron Status and Application as A Polyol Complex. University Hohenheim. Stuttgart. Germany. 15 p.
- Wirawan, B. dan S. Wahyuni. 2002. *Memproduksi Benih Bersertifikat*. Penebar Swadaya. Jakarta. 120 hlm.
- Yudhie. 2008. Pengaruh Unsur Esensial terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. <http://www.tanindo.com/abdi4/hal2701.htm>. Diakses 14 Februari 2016