

**PENGARUH PENYEMPROTAN KOMBINASI SILIKA DAN BORON  
TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU BENIH  
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

**(Skripsi)**

**Oleh  
MIA YULIA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH PENYEMPROTAN KOMBINASI SILIKA DAN BORON TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

Oleh

**MIA YULIA**

Produktivitas kedelai di Indonesia masih cukup rendah. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas adalah penggunaan benih bermutu dan teknik budidaya yang kurang optimal. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas kedelai adalah dengan mengoptimalkan pemupukan dengan pemberian unsur hara mikro seperti silika dan boron. Aplikasi kombinasi silika dan boron pada konsentrasi yang tepat melalui daun diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, generatif, dan mutu benih kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

Rancangan perlakuan adalah tunggal tidak terstruktur yaitu kombinasi konsentrasi silika dan boron yaitu (0 + 0), (50 + 5), (50 + 10), (100 + 5), (100 + 10), (150 + 5), (150 + 10), (200 + 5), dan (200 + 10) ppm. Perbedaan kombinasi perlakuan silika dan boron diuji dengan analisis standar deviasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi konsentrasi silika dan boron (200+5) ppm cenderung meningkatkan mutu benih kedelai ditunjang dengan meningkatnya pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Mutu benih kedelai meliputi kecepatan berkecambah, bobot kering kecambah normal, dan potensi tumbuh. Pertumbuhan vegetatif meliputi tinggi tanaman. Pertumbuhan generatif meliputi jumlah polong total, jumlah polong isi, bobot polong total, bobot polong isi, dan bobot butir per tanaman.

Kombinasi konsentrasi silika dan boron (50 + 10) ppm juga cenderung meningkatkan pertumbuhan vegetatif, generatif, dan mutu benih kedelai. Pertumbuhan vegetatif meliputi tinggi tanaman, jumlah daun trifoliat, dan kehijauan daun. Pertumbuhan generatif meliputi bobot butir per tanaman. Mutu benih kedelai meliputi daya berkecambah, kecepatan berkecambah, dan potensi tumbuh.

**Kata Kunci:** boron, kedelai, dan silika

**PENGARUH PENYEMPROTAN KOMBINASI SILIKA DAN BORON  
TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU BENIH  
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

**Oleh  
MIA YULIA**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
Sarjana Pertanian

pada

Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENYEMPROTAN KOMBINASI SILIKA DAN BORON TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

Nama Mahasiswa : **Mia Yulia**

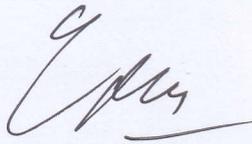
Nomor Pokok Mahasiswa : 1214121130

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

### **MENYETUJUI**

#### 1. Komisi Pembimbing

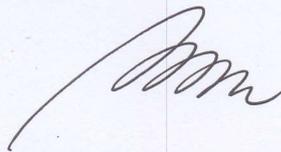


**Ir. Ermawati, M.S.**  
NIP 196101011987032003



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

#### 2. Ketua Jurusan Agroteknologi

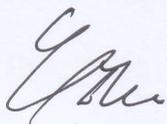


**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**  
NIP 196305081988112001

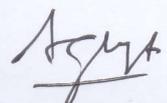
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

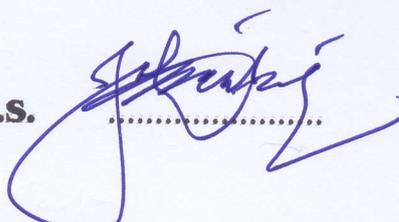
**Ketua : Ir. Ermawati, M.S.**

  
.....

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

  
.....

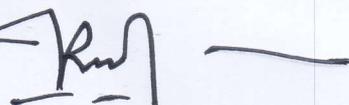
**Penguji  
Bukan Pembimbing : Ir. Yohanes C. Ginting, M.S.**

  
.....

**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Maret 2017**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH PENYEMPROTAN KOMBINASI SILIKA DAN BORON TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU BENIH KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi saya ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Skripsi saya ini bila dikemudian hari hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2017

Penulis,



**Mia Yulia**  
NPM 1214121130

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Simpang Sari, Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat pada 20 Juli 1994, sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari Bapak Maman dan Ibu Turlich.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 4 Simpang Sari pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 1 Sumberjaya pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 1 Sumberjaya pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ujung Gunung Ilir, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang. Pada tahun 2016, penulis melaksanakan Praktik Umum di PTPN VII Unit Way Berulu, Gedong Tataan, Pesawaran. Penulis selama menjadi mahasiswa pernah menjadi asisten praktikum Teknologi Benih. Penulis menjadi anggota UKM Fotografi ZOOM Unila sejak 2013 dan pernah menjabat sebagai Kepala Divisi Pendidikan pada tahun 2015 dan Sekretaris Umum pada tahun 2016.

## SANWACANA

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

1. Ir. Ermawati, M.S., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan nasehat, bimbingan, motivasi, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Agustiansyah, S.P., M.Si., selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan nasehat, bimbingan, motivasi, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
3. Ir. Yohanes C. Ginting, M.S., selaku Penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

7. Bapak Maman, Mama Turliah, dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis selama menempuh pendidikan.
8. Rekan satu tim penelitian Tio Galih Dewantoro, S.P., Nanda Pusparini, dan Putu Deva A.S. yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian hingga skripsi.
9. Sahabat-sahabat Ganding: Melia Diantari, S.P., Mentari Pertiwi, S.P., Misluna, S.P., Nidya Triana Putri, S.P., dan Ni'malia Estika Ratna, S.P. yang telah memberikan bantuan, semangat, dan motivasi kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat: Ani Puspa, Ati Nursanti, Dervina Rahmawati, Deti Haryati, Elmisa Subama, Fadilla Nuari, Rida Illahi, dan Rina Rizkiah yang telah memberikan doa dan semangat kepada penulis.
11. Teman-teman Agroteknologi 2012 atas kerjasama dan kebersamaannya selama ini.
12. Keluarga besar UKM Fotografi ZOOM Unila atas kebersamaan dan kekeluargaan selama ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, April 2017  
Penulis

**Mia Yulia**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	5
1.3 Kerangka Pemikiran .....	5
1.4 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Mutu Benih Kedelai .....	7
2.2 Peranan Silika pada Tanaman .....	8
2.3 Peranan Boron pada Tanaman .....	10
<b>III. METODE</b> .....	<b>12</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Metode .....	12
3.4 Pelaksanaan .....	13
3.5 Pengamatan .....	16
3.5.1 Variabel pertumbuhan tanaman .....	16
3.5.2 Variabel produksi tanaman .....	17
3.5.3 Variabel mutu benih .....	19
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Hasil .....	21

4.1.1 <i>Pertumbuhan vegetatif kedelai</i> .....	21
4.1.2 <i>Generatif kedelai</i> .....	26
4.1.3 <i>Mutu benih kedelai</i> .....	33
4.2 Pembahasan .....	37
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>43</b>
5.1 Simpulan .....	43
5.2 Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>48</b>
Tabel 4-33 .....	49-63

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Nilai rata-rata variabel pertumbuhan tanaman kedelai .....	23
2.	Nilai rata-rata variabel generatif kedelai .....	28
3.	Nilai rata-rata variabel mutu benih kedelai .....	34
4.	Data tinggi tanaman per tanaman kedelai .....	49
5.	Hasil analisis tinggi tanaman per tanaman kedelai .....	49
6.	Data jumlah daun trifoliat per tanaman .....	50
7.	Hasil analisis jumlah daun trifoliat per tanaman .....	50
8.	Data jumlah cabang per tanaman .....	51
9.	Hasil analisis jumlah cabang per tanaman .....	51
10.	Data kehijauan daun per tanaman .....	52
11.	Hasil analisis kehijauan daun per tanaman .....	52
12.	Data bobot berangkasan per tanaman .....	53
13.	Hasil analisis bobot berangkasan per tanaman .....	53
14.	Data jumlah polong total per tanaman .....	54
15.	Hasil analisis jumlah polong total per tanaman .....	54
16.	Data jumlah polong isi per tanaman .....	55
17.	Hasil analisis jumlah polong isi per tanaman .....	55
18.	Data bobot polong isi per tanaman .....	56
19.	Hasil analisis bobot polong isi per tanaman .....	56

20.	Data bobot polong total per tanaman .....	57
21.	Hasil analisis bobot polong total per tanaman .....	57
22.	Data bobot 100 butir per tanaman .....	58
23.	Hasil analisis bobot 100 butir per tanaman .....	58
24.	Data bobot biji kering per tanaman .....	59
25.	Hasil analisis bobot biji kering per tanaman .....	59
26.	Data daya berkecambah per tanaman .....	60
27.	Hasil analisis daya berkecambah per tanaman .....	60
28.	Data kecepatan berkecambah per tanaman .....	61
29.	Hasil analisis kecepatan berkecambah per tanaman .....	61
30.	Data bobot kering kecambah normal per tanaman .....	62
31.	Hasil analisis kecepatan berkecambah per tanaman .....	62
32.	Data potensi tumbuh per tanaman .....	63
33.	Hasil analisis potensi tumbuh per tanaman .....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap tinggi tanaman kedelai .....	22
2. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap jumlah daun trifoliat tanaman kedelai .....	22
3. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap jumlah cabang tanaman kedelai .....	24
4. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap kehijauan daun tanaman kedelai .....	25
5. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot berangkasan tanaman kedelai .....	26
6. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap jumlah polong total tanaman kedelai .....	27
7. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap jumlah polong isi tanaman kedelai .....	27
8. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot polong isi tanaman kedelai .....	30
9. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot polong total tanaman kedelai .....	31
10. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot 100 butir tanaman kedelai .....	32
11. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot butir per tanaman kedelai .....	32
12. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap daya berkecambah benih tanaman kedelai .....	33
13. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap kecepatan berkecambah benih tanaman kedelai .....	35

14. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap bobot kering kecambah normal tanaman kedelai .....	36
15. Pengaruh penyemprotan kombinasi silika dan boron terhadap potensi tumbuh maksimum tanaman kedelai .....	37

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang dan Masalah**

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang utama bagi penduduk Indonesia setelah padi dan jagung. Kedelai banyak dimanfaatkan sebagai bahan olahan makanan seperti tempe, tahu, kecap, tauco, susu dan bahan baku industri.

Menurut Badan Pusat Statistik (2016), produksi kedelai Indonesia tahun 2015 mencapai 963.183 ton biji kering, mengalami kenaikan sebesar 8.186 ton biji kering atau naik 0,86% dibandingkan tahun 2014. Peningkatan produksi ini tidak cukup tinggi untuk mengimbangi kebutuhan penduduk Indonesia karena berdasarkan data tersebut konsumsi penduduk mencapai 2,54 juta ton biji kering kedelai. Ketidakstabilan produksi kedelai di Indonesia disebabkan oleh adanya penurunan luas panen kedelai yang tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas kedelai (Malian, 2004). Berdasarkan data BPS (2016), luas panen menurun sebesar 0,26% dari 615.685 ha tahun 2014 menjadi 614.095 ha tahun 2015. Produktivitas kedelai tahun 2015 mengalami peningkatan 1,10% dari 15,51 ku/ha pada tahun 2014 menjadi 15,68 ku/ha tahun 2015. Selama lima tahun terakhir rata-rata produktivitas kedelai dunia sebesar 24,28 ku/ha (Triyanti, 2015). Berdasarkan data tersebut, produktivitas kedelai Indonesia masih terbilang cukup

rendah. Penyebab rendahnya produktivitas kedelai di Indonesia adalah kondisi lahan yang kurang sesuai, penggunaan benih bermutu yang kurang optimal, dan teknik budidaya yang kurang optimal pula.

Peningkatan produktivitas kedelai dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk secara efisien, waktu tanam yang tepat sesuai dengan potensi, daya dukung lahan, dan menggunakan varietas unggul yang memiliki daya adaptasi yang luas pada agroekosistem spesifik lokasi (Martodireso dan Suryanto, 2001). Tanaman juga butuh unsur hara mikro seperti silika dan boron.

Silika pada tanaman sereal dapat memberikan hasil tanaman yang baik, karena Si dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan sel. Silika dapat meningkatkan tingkat fotosintesis karena pasokan Si membantu daun lebih tegak dalam pengaruh kondisi pemupukan nitrogen yang tinggi. Penambahan Si dapat mengurangi tendensi tanaman untuk layu pada kondisi kekeringan karena penurunan permeabilitas uap air dari dinding sel epidermal daun (Sumida, 2002; dalam Amrullah *et al.*, 2014). Silika pada tanaman kedelai berperan dalam mengurangi salinitas dan kekeringan, mengurangi laju transpirasi, meningkatkan penyerapan cahaya, membuat daun menjadi lebih tegak, meningkatkan ketahanan hama dan penyakit, dan membantu memulihkan keseimbangan nutrisi. Silika yang diserap tanaman kedelai akan menyebabkan penebalan dinding sel sehingga dapat menurunkan serangan hama dan patogen penyebab penyakit (Hamayun *et al.*, 2010).

Pemberian silika dapat dihubungkan dengan peningkatan kadar silika gel ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) yang bergabung dengan selulosa pada sel epidermis dinding sel daun sehingga lapisan silika gel yang tebal membantu menahan atau memperlambat kehilangan air akibat penguapan. Selain itu, silika juga memperkuat dinding sel epidermis sehingga dapat menekan kegiatan transpirasi dan cekaman air dapat berkurang (Yukamgo dan Yuwono, 2007).

Boron juga merupakan unsur mikro yang sangat dibutuhkan pada pertumbuhan tanaman legum. Boron berperan penting dalam produksi biji-bijian, meningkatkan transportasi karbohidrat dan menaikkan aktifitas enzim. Tanaman kekurangan boron menyebabkan akar dan pucuk akan berhenti tumbuh dan tidak membentuk bunga (Sudarmi, 2013).

Hasil penelitian Julita *et al.* (2016) menyatakan bahwa peningkatan unsur boron yang diberikan meningkatkan viabilitas dan vigor benih kedelai. Hal ini sejalan dengan penelitian Dordas (2006) dalam Julita *et al.* (2016) pada tanaman kapas bahwa setiap kenaikan dosis boron yang diberikan berpengaruh terhadap biji yang dihasilkan, komponen hasil, dan perkecambahan benih khususnya vigor benih. Peningkatan perkecambahan benih dan vigor benih juga dipengaruhi oleh aplikasi boron dari dosis yang paling rendah.

Aplikasi silika dan boron dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi yang tinggi pada tanaman padi. Peran silika dalam akumulasi silika padat dapat menegakkan daun tanaman sehingga proses penangkapan sinar matahari untuk aktivitas fotosintesis menjadi efektif (Heckman, 2013). Penambahan boron mampu menunjang peningkatan produksi tanaman padi dengan kemampuannya

dalam membentuk kompleks dengan berbagai gula dan senyawa lain yang mengandung kelompok cis-hidroksil menyebabkan distribusi fotosintat berjalan dengan baik (Dear dan Weir, 2004). Peran masing-masing unsur tersebut secara tidak langsung saling berinteraksi sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Peningkatan tersebut tentunya akan menunjang meningkatnya mutu benih tanaman. Menurut Wiese *et. al.* (2007), penyemprotan silika pada tanaman mentimun yang mengalami defisiensi boron dapat meningkatkan ketersediaan boron. Silika juga dapat mengikat boron untuk mencegah keracunan boron pada tanaman. Penyebabnya adalah pemberian silika pada mentimun tersebut tidak berpengaruh pada jumlah konsentrasi boron, tetapi berinteraksi dengan kompartemensi sel (sistem sel yang terpisah) terutama pada pasokan boron tinggi. Berdasarkan penelitian Amin (2013) bahwa nilai kandungan silika yang tinggi pada arang sekam mempengaruhi ketersediaan boron dalam tanah, karena silika bersifat mengikat unsur boron. Silika yang banyak terkandung di dalam arang sekam mengikat unsur boron di dalam tanah, sehingga secara tidak langsung interaksi boron dan arang sekam tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan semai cendana.

Penelitian mengenai penyemprotan kombinasi Si dan B pada tanaman kedelai belum banyak dipublikasikan. Pemberian Si dan B dengan konsentrasi yang tepat akan meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai yang optimum. Percobaan ini dilakukan untuk menjawab masalah; apakah pengaruh konsentrasi kombinasi silika dan boron terhadap pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai?

## 1.2 Tujuan

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

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Produksi kedelai di Indonesia masih belum mencukupi kebutuhan konsumsi kedelai penduduk sehingga Indonesia masih bergantung pada impor kedelai. Salah satu potensi produksi kedelai rendah adalah produktivitas kedelai yang juga rendah. Penggunaan benih bermutu dan teknik budidaya yang kurang optimal merupakan salah satu penyebab rendahnya produktivitas kedelai.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kedelai adalah dengan meningkatkan teknik budidaya tanaman seperti pemupukan. Pemupukan dilakukan terhadap unsur hara makro maupun mikro. Pemupukan unsur hara mikro yang dilakukan melalui tanah kurang efektif karena unsur hara mikro yang dimasukkan ke dalam tanah sebelum diserap tanaman akan terfiksasi terlebih dahulu sehingga unsur hara tersebut akan habis sebelum diserap oleh tanaman. Pemberian unsur hara mikro umumnya lebih efektif jika diberikan melalui daun dengan cara penyemprotan. Salah satu unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman adalah silika dan boron.

Aplikasi kombinasi silika dan boron pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya peran silika yang dapat membuat tanaman menjadi tidak saling tumpang tindih karena adanya penebalan dinding sel sehingga cahaya

yang dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis menjadi lebih banyak diserap tanaman. Penebalan dinding sel juga mengakibatkan tanaman dapat menekan laju transpirasi dan cekaman kekeringan. Laju fotosintesis yang meningkat akibat adanya silika akan menghasilkan karbohidrat dan oksigen (fotosintat) menjadi lebih banyak. Karbohidrat ini yang menjadi nutrisi bagi organ reproduksi dan menjadi cadangan makanan bagi kedelai. Peran boron dalam transportasi karbohidrat dapat meningkatkan transpor asimilat ke seluruh bagian pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti pembentukan bunga dan buah (polong). Peran boron tersebut membuat fotosintat tidak tertumpuk dibagian daun sehingga laju fotosintetis juga akan meningkat. Peran silika dan boron tersebut secara tidak langsung dapat saling mendukung dalam proses pertumbuhan tanaman. Cadangan makanan yang tersimpan dalam polong meningkatkan jumlah polong isi, ukuran polong lebih besar, dan bobotnya meningkat. Cadangan makanan tersebut nantinya digunakan benih untuk meningkatkan mutu benih kedelai yaitu daya berkecambah, kecepatan berkecambah, bobot kering kecambah normal, dan potensi tumbuh maksimum. Mutu benih yang meningkat tentunya ditunjang oleh pertumbuhan vegetatif dan generatif yang meningkat.

#### **1.4 Hipotesis**

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

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mutu Benih Kedelai

Mutu benih merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman yang peranannya tidak dapat digantikan oleh faktor lain karena benih adalah bahan tanaman pembawa potensi genetik. Indikator benih yang bermutu tinggi ditandai dengan vigor awal yang tinggi. Vigor awal dibentuk oleh faktor *induced* (lingkungan) dan faktor *innate* (genetik) tempat benih diproduksi.

Perbaikan faktor *innate* dilakukan dengan perakitan varietas unggul melalui program pemuliaan tanaman; sedangkan perbaikan faktor *induced* dilakukan dengan kultur teknis serta persyaratan iklim, biosfer, dan nutrisi yang cukup bagi proses produksi benih di lapang (Sadjad, 1993).

Mutu benih dibedakan berdasarkan mutu genetik, mutu fisiologis, dan mutu fisik.

Mutu genetik adalah benih yang mempunyai identitas genetik yang murni dan mantap, benih ditanam mewujudkan kinerja pertanaman yang homogen sesuai dengan yang dideskripsikan pemuliaannya (Sadjad, 1994). Mutu fisiologis adalah mutu benih yang ditentukan oleh daya hidup (*viabilitas*) benih sehingga mampu menghasilkan tanaman yang normal. Mutu fisik seperti kebersihan, kesegaran butiran, dan keutuhan keadaan kulit benih (Sadjad, 1997).

Menurut Harwono et al. (2007), persyaratan ideal untuk memperoleh benih kedelai bermutu tinggi adalah:

1. Daerahnya mempunyai iklim yang cocok, yakni curah hujan sedang (150-200 mm per bulan) pada masa pertumbuhan, curah hujan < 50 mm per bulan pada saat pematangan, dan suhu harian tidak lebih dari 30°C pada saat pematangan. Kelembaban udara yang rendah ( $\pm 70\%$ ) pada saat pematangan polong juga menguntungkan.
2. Tanah subur dan air cukup tersedia sehingga diperoleh tanaman yang subur, sehat, dan menghasilkan biji bernas.
3. Pertanaman bebas dari gangguan hama, terutama hama yang merusak biji. Pada umumnya semua jenis hama mempengaruhi mutu benih kedelai yang dihasilkan.
4. Bebas gangguan penyakit. Pertanaman perbenihan yang tertular penyakit akan menghasilkan biji yang kurang normal, tidak bernas, atau terinfeksi patogen yang dapat menular bila benihnya ditanam.
5. Bebas gulma, sejak kedelai tumbuh hingga masa panen.
6. Jarak tanam teratur dan sebaiknya agak jarang agar tanaman tumbuh optimal.
7. Pemanenan pada saat tanaman telah matang, diproses, dan dibijikan. Biji segera dikeringkan sehinggamencapai kadar air 10%.

## **2.2 Peranan Silika pada Tanaman**

Komposisi berat unsur Si yang terdapat di kerak bumi sebesar 27,7%. Porsi terbesar Si tanah dijumpai dalam bentuk kuarsa atau kristal silikon. Silika merupakan unsur yang *inert* (sangat tidak larut) sehingga selama ini Si dianggap

tidak memiliki arti penting bagi proses-proses biokimia dan kimia padahal perannya dalam pertumbuhan tanaman sangat menguntungkan (Yukamgo dan Yuwono, 2007). Pengaruh silika pada tanaman dikaitkan dengan unsur fosfor dalam tanah dan tanaman. Beberapa ahli mengatakan, Si mampu menggantikan P dari kompleks pertukaran sehingga ketersediaan P meningkat. Ketersediaan P dalam tanah akan berkurang, bila senyawa beracun seperti Al dan Fe meningkat. Pemberian Si yang cukup dalam tanah dapat menekan senyawa Al dan Fe pada tanah sehingga P tersedia bagi tanaman (Nugroho, 2009).

Menurut Mitani dan Ma (2005), silika merupakan unsur bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Silika membantu tanaman untuk mengatasi beberapa tekanan termasuk cekaman biotik dan abiotik. Silika memiliki peranan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen. Pemberian silika juga dapat meringankan toksisitas yang disebabkan oleh mangan, karena mangan yang bersifat *immobile* sehingga mangan dapat terdistribusikan keseluruhan jaringan tanaman lainnya.

Silika (Si) banyak terkandung pada tanaman gramineae dan leguminae seperti kacang tanah, kacang hijau, dan kacang kedelai; terutama dipermukaan daun, batang, dan polong. Manfaat silika pada tanaman gramineae yaitu membentuk daun yang tegak (tidak terkulai) sehingga efektif menangkap radiasi surya dalam penggunaan hara N yang menentukan tinggi rendahnya hasil tanaman (Makarim *et al.*, 2007).

Tanaman yang cukup pasokannya dengan unsur silika akan mempunyai pertumbuhan yang cukup baik, seperti batang dan daun yang tegak serta akan

mengurangi toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik (Nugroho, 2009). Menurut Yukamgo dan Yuwono (2007), pasokan Si yang cukup pada serelia diharapkan mampu memperoleh hasil yang baik, karena dengan penambahan Si dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan sel. Pasokan Si tersebut membantu daun untuk lebih tegak dalam pengaruh kondisi pemupukan nitrogen yang tinggi, sehingga bisa meningkatkan tingkat fotosintesis. Penambahan Si yang cukup juga bisa mengurangi tendensi tanaman serelia untuk layu pada kondisi kekeringan mungkin karena penurunan permeabilitas atas uap air dari dinding sel epidermal daun. Penyebaran Si tersebut dalam tanaman dipengaruhi oleh spesies tanaman; tanaman yang berkadar silika rendah, Si terdapat dalam tanaman bagian atas dan bagian bawah hampir sama misalnya pada tanaman tomat dan sawi. Silika pada clover (tanaman makanan ternak, legum) lebih banyak terdapat pada akar, sedangkan pada tanaman yang kandungan Si tinggi seperti padi maka sebagian besar Si terdapat pada tanaman bagian atas (Yukamgo dan Yuwono, 2007).

### **2.3 Peranan Boron pada Tanaman**

Boron merupakan salah satu unsur hara mikro yang esensial bagi tanaman karena peranannya dalam perkembangan dan pertumbuhan sel-sel baru di dalam jaringan meristematik, pembungaan, dan perkembangan buah (Syukur, 2005). Boron dalam tanah terutama sebagai asam borax ( $H_2BO_3$ ) dan kadarnya berkisar antara 7-80 ppm. Boron dalam tanah umumnya berupa ion borat hidrat  $B(OH)_4^-$ . Boron yang tersedia untuk tanaman hanya sekitar 5% dari kadar total boron dalam tanah. Boron ditemukan *mobile* pada tanaman yang mengakumulasi fotosintat dalam bentuk poliol (gula kompleks). Retranslokasi unsur ini melalui floem dapat

mengurangi gejala defisiensi tanaman, namun pada spesies yang tidak menghasilkan poliol dalam jumlah tinggi, boron tidak dapat diangkut kembali melalui floem setelah terakumulasi di daun pada akhir transpirasi (Miwa dan Fujiwara, 2010).

Menurut Aref (2007), boron berpengaruh pada pembentukan dan proliferasi sel kambium dan gangguan diferensiasi xilem. Xilem bertanggung jawab untuk peningkatan penyerapan nutrisi dan berkontribusi terhadap mobilitas nutrisi. Boron juga mempengaruhi pembuahan dengan meningkatkan kapasitas produksi serbuk sari dari kepala sari dan viabilitas serbuk sari biji-bijian. Boron secara tidak langsung berperan pada penyerbukan bunga dengan meningkatkan konsentrasi gula dalam nektar tanaman.

Gejala visual yang terlihat pada tanaman yang kahat boron adalah daun menggulung dan terjadi perubahan warna daun (*malformation* daun) (Sakya, 2001; dalam Sakya *et al.*, 2008).

### **III. METODE**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu dan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari Mei sampai dengan Nopember 2015.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Bahan yang digunakan adalah kedelai Varietas Wilis, tanah Latosol, pupuk Urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, pupuk boron ( $H_3BO_3$ ), pupuk silika ( $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ ), alkohol 70%, akuades, fungisida berbahan aktif mankozeb, insektisida berbahan aktif profenofos, plastik, dan kertas merang.

Alat yang digunakan adalah cangkul, sekop, polibag ukuran 10 kg, alat semprot (*hand sprayer*), timbangan, alat pengukur panjang, gelas ukur, erlenmeyer, germinator, oven, dan alat tulis.

#### **3.3 Metode**

Rancangan perlakuan adalah tunggal tidak terstruktur disusun secara tunggal yaitu kombinasi antara silika dan boron. Silika dan boron konsentrasi (0+0) ppm, silika dan boron konsentrasi (50+5) ppm, silika dan boron konsentrasi (50 + 10) ppm,

silika dan boron konsentrasi (100 +5) ppm, dan silika dan boron konsentrasi (100+ 10) ppm, silika dan boron konsentrasi (150 +5) ppm, silika dan boron konsentrasi (150 + 10) ppm, silika dan boron konsentrasi (200 +5) ppm, dan silika dan boron konsentrasi (200 + 10) ppm. Perbedaan kombinasi perlakuan silika dan boron diuji dengan analisis standar deviasi.

### 3.4 Pelaksanaan

#### 1. Persiapan media tanam

Tanah yang digunakan adalah tanah latosol pada lapisan tanah *top soil*. Tanah digemburkan dengan cangkul kemudian diaduk sampai rata dan ditimbang sebanyak 10 kg. Tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam polibag berwarna hitam dengan diameter 25 cm dan tinggi 30 cm.

#### 1. 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/polibag. Benih kedelai yang tumbuh kemudian diseleksi menjadi 2 tanaman/polibag.

#### 2. Penyulaman

Penyulaman dilakukan pada saat satu minggu setelah tanam. Penyulaman dilakukan bila dalam satu polibag tidak ada benih yang tumbuh.

### 3. Aplikasi pupuk dasar

Pupuk dasar yang digunakan adalah Urea, SP-36, dan KCL dengan dosis anjuran masing-masing pupuk adalah 50 kg/ha, 100 kg/ha, dan 50 kg/ha. Kebutuhan pupuk dikonversikan dalam satuan 10 kg tanah dengan perhitungan Urea 0,2 g/10 kg tanah; SP-36 0,4 g/10 kg tanah; dan KCl 0,2 g/10 kg tanah. Aplikasi pupuk dasar dilakukan pada saat satu minggu setelah tanam (MST) dengan cara dibuat larikan dan dibenamkan ke dalam tanah dengan jarak 10 cm dari tanaman.

### 4. Penyemprotan pupuk silika dan boron

Perhitungan konsentrasi pupuk silika ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) dan pupuk boron ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Pupuk silika } (\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) \text{ (mg/l)} = \frac{\text{ppm} \times \text{BmNa}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \times 1\text{l}}{\text{BaSi}}$$

$$\text{Pupuk boron } (\text{H}_3\text{BO}_3) \text{ (mg/l)} = \frac{\text{ppm} \times \text{Bm H}_3\text{BO}_3 \times 1\text{l}}{\text{Ba B}}$$

Keterangan: Bm = Bobot molekul

Ba = Bobot atom

1 ppm = 1 mg/l

Bm  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  = 284

Bm  $\text{H}_3\text{BO}_3$  = 61,8

Ba Si = 28

Ba B = 10,81

Hasil perhitungan silika konsentrasi 50, 100, 150, dan 200 ppm berturut-turut adalah 0,51; 1,01; 1,52; dan 2,03 gram/l. Hasil perhitungan boron konsentrasi 5 ppm dan 10 ppm berturut-turut adalah 0,03 gram/l dan 0,06 gram/l  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

Pemberian pupuk silika dilakukan dengan cara melarutkan pupuk  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  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. Penyemprotan

boron dilakukan dengan melarutkan pupuk  $H_3BO_3$ . Penyemprotan dilakukan dengan sprayer ke bagian daun tanaman saat pagi hari untuk menghindari terjadinya penguapan, sesuai dengan masing-masing konsentrasi kombinasi perlakuan. Penyemprotan dilakukan sebanyak tiga kali penyemprotan yaitu saat tanaman berumur 3, 5, dan 7 MST pada hari yang berbeda.

#### 5. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan berupa penyiraman dan pengendalian OPT. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di sekitar areal tanam kedelai. Pengendalian penyakit dilakukan dengan menggunakan fungisida *Dithane M-45* berbahan aktif mankozeb dengan dosis 1 g/liter air. Penyemprotan fungisida ini dilakukan saat kedelai berumur 4 MST dan dihentikan pada saat 10 hari sebelum panen. Pengendalian hama dilakukan dengan menggunakan insektisida *Curacon 500EC* berbahan aktif profenofos dengan dosis 2 ml/liter air yang disemprotkan pada saat tanaman berumur 2 MST dan dihentikan pada saat 10 hari sebelum panen.

#### 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. Berangkasan kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 1x24 jam untuk mengetahui bobot kering konstan berangkasan, sedangkan polong dijemur dibawah sinar matahari sampai kering kemudian dipisahkan biji dari kulit polong. Biji kedelai selanjutnya dijemur kembali sampai kadar airnya 9-11%. Biji kedelai tersebut ditimbang untuk mengetahui produksi bobot biji kedelai per tanaman dengan menggunakan timbangan elektrik.

### **3.5 Pengamatan**

#### **3.5.1 Variabel pertumbuhan tanaman**

##### **1. Tinggi tanaman**

Pengukuran tinggi tanaman 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.

##### **1. Jumlah daun trifoliat**

Pengamatan jumlah daun trifoliat dilakukan setiap minggu sampai tanaman berbunga. Pengamatan dilakukan dengan menghitung daun yang berjumlah tiga helai dalam satu tangkai daun, jika tidak tiga helai daun maka tidak dihitung.

## 2. Jumlah cabang

Pengamatan jumlah cabang dilakukan pada setiap minggu sampai tanaman berbunga. Pengamatan dilakukan dalam satuan cabang per tanaman.

## 3. Tingkat kehijauan daun

Pengukuran tingkat kehijauan daun dilakukan dengan menggunakan alat *chlorophyl meter* dalam satuan SPAD. Pengukuran dilakukan terhadap tiga sampel daun yaitu bagian bawah, tengah, dan atas. Nilai yang didapat dari ketiga sampel tersebut kemudian dirata-ratakan. Pengamatan dilakukan satu kali pada saat tanaman kedelai memasuki fase reproduktif.

## 4. Bobot kering berangkasan

Pengamatan bobot kering berangkasan dilakukan dengan mengeringkan berangkasan menggunakan oven pada suhu 70°C selama tiga hari sampai mencapai bobot kering konstan. Berangkasan kemudian ditimbang dengan timbangan elektrik dalam satuan gram.

### **3.5.2 Variabel produksi tanaman**

#### 1. Jumlah polong total

Penghitungan jumlah polong total per tanaman dilakukan dengan menghitung semua polong yang terbentuk pada tanaman kedelai. Pengukuran dilakukan dalam satuan polong per tanaman.

## 2. Jumlah polong isi

Pengamatan jumlah polong isi dilakukan pada saat panen. Pengamatan jumlah polong bernas yaitu dengan menghitung polong yang berisi biji per tanaman. Penghitungan dilakukan dalam satuan polong.

## 3. Bobot polong isi

Pengamatan bobot polong dilakukan pada saat panen dengan menimbang bobot polong per tanaman menggunakan timbangan elektrik. Pengamatan dilakukan dalam satuan gram.

## 4. Bobot polong total

Pengamatan bobot polong total dilakukan dengan menimbang seluruh polong yang bernas atau hampa. Pengamatan dilakukan dengan satuan gram.

## 5. Bobot 100 butir

Penghitungan bobot 100 butir dilakukan dengan menggabungkan semua butir kedelai dalam tiap perlakuan. Benih kedelai diambil 100 butir kedelai dari tiap perlakuan, kemudian benih ditimbang dengan timbangan elektrik. Pengamatan dilakukan dalam satuan gram.

## 6. Bobot butir per tanaman

Pengamatan bobot butir per tanaman dilakukan dengan menimbang biji kedelai yang bagus dan sehat per tanaman menggunakan timbangan elektrik. Pengamatan dilakukan dalam satuan gram.

### 3.5.3 Variabel mutu benih

#### 1. Daya berkecambah benih

Pengamatan daya berkecambah dilakukan dengan UKDdp. Pengamatan dilakukan sebanyak dua kali dengan membedakan kecambah normal, kecambah abnormal, dan benih mati. Daya berkecambah benih dihitung berdasarkan persentase kecambah normal yang dihasilkan pada hari ketiga untuk pengamatan pertama dan hari kelima untuk pengamatan kedua. Daya berkecambah benih dapat diketahui dengan rumus:

$$DB (\%) = \frac{\sum KN \text{ pengamatan I} + \sum KN \text{ pengamatan II}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Keterangan: DB = Daya berkecambah  
KN = Kecambah normal

#### 2. Kecepatan perkecambahan benih

Kecepatan perkecambahan adalah suatu peubah sebagai tolok ukur vigor kekuatan tumbuh benih. Kecepatan perkecambahan diukur melalui uji kecepatan perkecambahan (UKP) menggunakan metode uji kertas digulung dilapisi plastik (UKDdp). Benih yang dikecambahkan sebanyak 25 butir setiap satuan percobaan. Pengukuran kecepatan perkecambahan benih dilakukan dari hari kedua sampai hari kelima. Indikator yang diamati adalah benih yang berkecambah normal. Kecepatan berkecambah dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Kp (\%/hari) = \sum \frac{P_i}{T_i}$$

Keterangan:  $P_i$  = Pertambahan persen kecambah normal dari hari ke $_{i-1}$  ke hari $_i$   
 $T_i$  = Jumlah hari setelah tanam pada pengamatan ke- $i$   
 $Kp$  = Kecepatan perkecambahan

### 3. Bobot kering kecambah normal

Pengamatan bobot kering kecambah normal dilakukan dengan menimbang bobot kecambah yang tumbuh sampai hari ketujuh setelah dilakukan pengovenan selama 24 jam pada suhu 80°C. Pengamatan dilakukan dalam satuan gram.

### 4. Potensi tumbuh

Pengamatan potensi tumbuh didapat dari pembagian antara total kecambah yang tumbuh dan benih total yang dikecambahkan dikali dengan 100%. Pengamatan ini dilakukan dalam satuan persen.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Pemberian kombinasi konsentrasi silika dan boron (200 +5) ppm cenderung meningkatkan mutu benih kedelai melalui bobot kering kecambah normal, kecepatan berkecambah, dan potensi tumbuh. Peningkatan mutu tersebut ditunjang dengan meningkatnya pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman yang ditunjukkan oleh variabel tinggi tanaman, jumlah polong total, jumlah polong isi, bobot polong isi, bobot polong total, dan bobot butir per tanaman.

### **5.2 Saran**

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk memperbanyak sampel dan menggunakan rancangan untuk mengetahui lebih jelas perbedaan dari pengaruh silika, boron, dan kombinasinya terhadap pertumbuhan, produksi, dan mutu benih kedelai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amanullah, M.M., S. Sekar, and S. Vincent. 2010. Plant Growth Substance in Crop Production: A Review. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9 (4): 215 – 222.
- Amin, S.A. 2013. Pengaruh Boron dan Perendaman terhadap Perkecambah dan Pengaruh Arang Sekam dan Boron terhadap Pertumbuhan Bibit Cendana (*Santalum album* Linn.). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 69 hlm.
- Aref, F. 2012. Manganese, Iron, and Copper Contents in Leaves of Maize Plant (*Zea mays* L.) Grown with Different Boron and Zinc Micronutrients. *African Journal of Biotechnology*. 11 (4): 896-903.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Tanaman Kedelai Seluruh Propinsi di Indonesia (<http://www.bps.go.id>). Diakses pada 20 Januari 2017.
- Bellaloui, Nacer, Krishna N. Reddy, Anne M. Gillen, dan Craig A. Abel. 2010. Nitrogen Metabolism and Seed Composition as Influenced by Foliar Boron Application in Soybean. *J. Plant Soil*. 336:143-155.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1985. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press. New York.
- Darmawan, C.A., Respatijarti, dan L. Soetopo. 2014. Pengaruh Tingkat Kemasakan Benih terhadap Pertumbuhan dan Produksi Cabai Rawit Varietas Comexio. *Produksi Tanaman*. 2(4): 339-346.
- Davies, P. J. 2004. *Plant Hormone*. Prentice-Hall.Inc. New York. Hlm. 36-62.
- Dear, B.S. dan Weir R.G. 2004. Boron deficiency in pastures and field crops. *Agfact Pl. AC.1, 2nd edition*. pp 1 – 8.
- Dordas, C. 2006. Foliar Boron Application Improves Seed Set, Seed Yield, and Seed Quality of Alfalfa. *J. Agron*. 98: 907–913.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Herawati Susilo dan Subiyanto. UI Press. Jakarta. 428 hlm.

- Gunes, A., D. Pilbeam, A. Inal, and S. Coban. 2008. Influence of Silicon on Sunflower Cultivars Under Drought Stress, I: Growth, Antioxidant Mechanisms and Lipid Peroxidation Commun. *Soil Science & Plant Nutrition*. 39: 1885–1903.
- Hamayun, M., E. Shon, S.A. Khan, Z.K. Shinwari, A.L. Khan, and 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.
- Harnowo, D., J.R. Hidayat, dan Suyamto. 2007. Kebutuhan dan Teknologi Produksi Benih Kedelai. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 33 hlm.
- Heckman, Joseph. 2013. Silicon: A Beneficial Substance. *Better Crops*. 97(4): 14-16.
- Julita, H.D., Syamsuddin dan R. Hayati. 2016. Pengaruh Pemberian Nitrogen dan Boron Melalui Daun terhadap Mutu Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J. Floratek*. 11(1): 10–17.
- Issukindarsyah. 2013. Induksi ketahanan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap cekaman kekeringan dengan aplikasi beberapa dosis *boric acid* dan *sodium silicate*. *Tesis Fakultas Pertanian*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 140 hlm.
- Makarim, A.K., E. Suhartatik, dan A. Kartohardjono. 2007. Silikon: Hara Penting Pada Sistem Produksi Padi. *Iptek Tanaman Pangan*. 2(2): 195–204.
- Malian, A.H. 2004. Kebijakan Perdagangan Internasional Komoditas Pertanian di Indonesia. *Analisis Kebijakan Perdagangan*. 2(2): 135-156.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. *Academic Press San Diego*. p. 379–396.
- Martodireso, S. dan W.A. Suryanto. 2001. Terobosan Teknologi Pemupukan dalam Era Pertanian Organik, Budidaya Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan. Kanisius. Yogyakarta. 81 hlm.
- Mitani, N. and J.F. Ma. 2005. Uptake System of Silicon in Different Plant Species. *Journal of Experimental Botany*. 56 (414): 1255-1261.
- Miwa, K., and T. Fujiwara. 2010. Review: Part of A Special Issue on Plant Nutrition Boron Transport in Plants. *Annals of Botany*. 105: 1103–1108.
- Novizan. 2005. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agro Media Pustaka. Tangerang. 114 hlm.

- Nugroho, B. 2009. Peningkatan Produksi Padi Gogo dengan Aplikasi Silikat dan Fosfat serta Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Ultisol. *Disertasi Sekolah Pascasarjana*. IPB Press. Bogor. 111 hlm.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Edisi Keempat. Penerjemah: Kosasih Padmawinata. ITB Press. Bandung. 367 hlm.
- Rodriguez, M.B.H., A.G. Fonte, J. Rexach, J.J.C. Cristobal, J.M. Maldonado, and M.T.N. Gochicoa. 2010. Role of Boron in Vascular Plants and Response Mechanisms to Boron Stresses. *Plant Stress*. 4(2): 115–122.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih kepada Benih*. PT Gramedia Widiasarana. Jakarta. 144 hlm.
- Sadjad, S. 1994. *Kuantifikasi Metabolisme Benih*. PT Gramedia Widiasarana. Jakarta. 145 hlm.
- Sadjad, S. 1997. *Membangun Industri Benih dalam Era Agribisnis Indonesia*. Grasindo. Jakarta. 164 hlm.
- Sakya, A.T. 2001. Study of Boron Deficiency Sympton on Eucalyptus Globulus Seedlings Using Boron-Buffered Solution Culture. *J. Agrosains*. 3(2):70–77.
- Sakya, A. T., M.Rahayu, dan R. Wijayanti. 2008. Pertumbuhan dan Kualitas *Anthusium hookeri* pada Berbagai Pemberian Boron. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 5(2): 95–100.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Penerjemah: Diah R. Lukman dan Sumaryono. Penerbit ITB. Bandung. 241 hlm.
- Sudarmi. 2013. Penting Unsur Hara Mikro Bagi Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Widyatama*. 22(2): 178–183.
- Sumida, H. 2002. Plant Avaliable Silicon in Paddy Soil. *Second Silicon in Agriculture Conference*. 21: 43–49.
- Syukur, A. 2005. Penyerapan Boron oleh Tanaman Jagung di Pantai Bugel dalam Kaitannya dengan Tingkat Frekuensi Penyiraman dan Pemberian Bahan Organik. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 5(2): 20–26.
- Triyanti, D.R. 2015. *Kedelai*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. 75 hlm.
- Wiese, H., M. Nikolic, and V. Römheld. 2007. *Silicon In Plant Nutrition: Effects on zinc, manganese and boron leaf concentrations and compartmentation*. Springer Netherlands. Hlm 33-47.

- Wijaya, K.A. 2007. *Nutrisi Tanaman Sebagai Penentu Kualitas Hasil dan Resistensi Alami Tanaman*. Prestasi Pustaka. Jakarta. 121 hlm.
- Yamaji, N. dan J.F. Ma. 2007. Spatial Distribution and Temporal Variation of the Rice Silicon Transporter Lsi. *Plant Physiol.* 143(3): 1306–1313.
- Yukamgo, E. dan N.W. Yuwono. 2007. Peran Silikon Sebagai Unsur Bermanfaat pada Tanaman Tebu. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan.* 7(2) : 103–116.