

**PENGARUH PEMUPUKAN FOSFOR DAN APLIKASI BORON
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

(Skripsi)

**Oleh
STEFFY AGUSTIN**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGARUH PEMUPUKAN FOSFOR DAN APLIKASI BORON TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)

Oleh

Steffy Agustin

Peningkatan pertumbuhan dan produksi kedelai diharapkan dapat terjadi dengan pemupukan fosfor dan aplikasi boron. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) pengaruh pemupukan fosfor pada pertumbuhan dan produksi kedelai, (2) pengaruh aplikasi boron pada pertumbuhan dan produksi kedelai, (3) Respons pertumbuhan dan produksi kedelai terhadap pemupukan fosfor dan aplikasi boron.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai bulan November 2016 hingga April 2017. Perlakuan disusun secara faktorial (6x2) dengan menerapkan rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS). Faktor pertama adalah pemberian fosfor yang terdiri dari 6 taraf dosis 0 (P₀); 10,12 (P₁); 20,24 (P₂); 30,36 (P₃); 40,48 (P₄) dan 50,60 kg/ha (P₅). Faktor kedua adalah pemberian boron dengan konsentrasi 0 (B₀), 5 ppm (B₁). Homogenitas ragam antarperlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Analisis data dilakukan dengan analisis ragam

dan dilanjutkan dengan uji polinomial orthogonal. Semua pengujian dilakukan pada taraf α 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) pemupukan fosfor hingga dosis 50,60 kg/ha mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai melalui variabel tinggi tanaman, jumlah daun tidak gugur, bobot kering berangkasan, jumlah polong total, jumlah polong isi, dan bobot 100 butir, (2) aplikasi boron dengan konsentrasi

5 ppm menghasilkan pertumbuhan dan produksi kedelai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa boron melalui variabel jumlah daun tidak gugur (5,96%), bobot kering berangkasan (8,47%), bobot 100 butir (6,41%) serta menghasilkan jumlah daun gugur lebih rendah (-11,79%), (3) Respons pertumbuhan dan produksi kedelai terhadap peningkatan dosis fosfor tidak bergantung pada pemberian boron yang ditunjukkan oleh semua variabel pertumbuhan dan produksi.

Kata kunci: boron, fosfor, dan kedelai

**PENGARUH PEMUPUKAN FOSFOR DAN APLIKASI BORON
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI
KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merril)**

**Oleh
Steffy Agustin**

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 PEMUPUKAN FOSFOR DAN APLIKASI BORON TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill)**

Nama Mahasiswa : **STEFFY AGUSTIN**

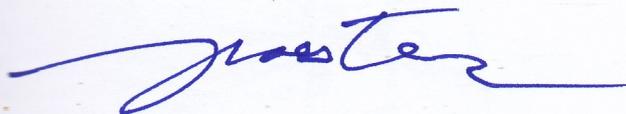
Nomor Pokok Mahasiswa : 1314121173

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S.
NIP 1962092819870310001



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

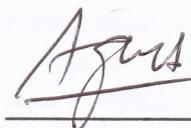
Ketua

: **Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S.**



Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Ir. Eko Pramono, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian

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

NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 November 2017**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH PEMUPUKAN FOSFOR DAN APLIKASI BORON TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merril)”** merupakan hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 07 Desember 2017

Penulis,



Steffy Agustin
NPM. 1314121173

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Bintang, pada 20 Agustus 1995 dan penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Muhtadin dan Ibu Tri Sutanti. Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 1 Bratasena Adiwarna, tahun 2010 di SMP Negeri 1 Dente Teladas, dan tahun 2013 di SMA Negeri 1 Tanjung Bintang.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis terdaftar aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Universitas Lampung sebagai anggota bidang Eksternal periode 2014-2015 dan anggota bidang Dana dan Usaha (Danus) periode 2015-2016 Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) serta penulis menjadi anggota muda Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung periode 2014-2015. Penulis juga aktif di bidang akademik Universitas Lampung sebagai asisten praktikum Teknologi Benih pada tahun ajaran 2015/2016.

Pada bulan Januari–Maret 2016, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Bhakti, Kecamatan Gedung Aji Baru, Kabupaten Tulang Bawang. Pada bulan Juli–Agustus 2016 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan

Hortikultura (BBPPMB-TPH) Tapos, Depok, Jawa Barat selama 30 hari kerja dengan judul “Pengujian Mutu Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Varietas Jerapah di Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Tapos Depok”.

Dengan segala kerendahan hati kupersembahkan skripsi ini kepada:

*Kedua orang tuaku tercinta, Muhtadin dan Tri Sutanti
yang selalu mendoakan dan mendukung dengan penuh kesabaran.*

*Adik-adikku tersayang, Sazkia Finanti dan Salma Widya Dana,
serta keluarga besarku
atas doa, perhatian dan dukungan untuk kesuksesanku.*

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

*“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya,
dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan kepadanya,
kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan
yang paling sempurna.”*

(An- Najm 39-41)

SANWACANA

Assalamu'alaykum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah swt. atas anugerah yang telah diberikan, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S., selaku Ketua Komisi Pembimbing atas bimbingan dan nasehat selama penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Agustiansyah, S.P. M.Si., selaku Sekretaris Komisi Pembimbing dan Pembimbing Akademik atas saran, bimbingan dan nasehat selama penyusunan skripsi ini;
3. Bapak Ir. Eko Pramono, M.S., selaku Penguji bukan pembimbing atas koreksi dan saran yang diberikan selama penyusunan skripsi ini;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M. S., selaku ketua bidang Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas koreksi, saran, dan persetujuan pencetakan skripsi ini;
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 yang telah membantu dalam administrasi skripsi ini;
7. Ayah dan Ibu tercinta, Muhtadin dan Tri Sutanti, yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi dalam bentuk moral maupun material dan untaian doa yang tiada terputus untuk keberhasilan penulis;
8. Sahabat-sahabatku, Isna Afifaturrahmah, Rully Yosita, Sari Dewi, Siti Istiqomah, Siti Maysaroh, Siti Nurrohmah, Stefanus Budi Prasetyo, Sukma Rahayu, Tri Lestari, Umi Mahmudah, Vina Oktavia, Wiwin Ervinatun, dan Yessa Liliana atas dukungan, semangat, doa dan bantuannya;
9. Teman-teman sepenelitian Risma Rahmawati, Sofiah, dan Suci Amalia yang telah banyak membantu penulis dalam melaksanakan penelitian serta selalu memberikan doa dan semangat bagi penulis;
10. Teman-teman AGT kelas D 2013, yang telah banyak membantu penulis selama menjadi mahasiswa Agroteknologi Pertanian serta teman-teman keluarga Agroteknologi 2013, yang telah menjadi teman seperjuangan dan pemberi motivasi terbaik selama ini;
11. Keluarga besar Agroteknologi dan seluruh civitas akademi.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Wassalamu'alaykum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Desember 2017
Penulis,

Steffy Agustin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Landasan Teori	3
1.4 Kerangka Pemikiran	6
1.5 Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Morfologi dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai	10
2.2 Peran Fosfor dalam Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman	13
2.3 Peran Boron dalam Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman	13
III. BAHAN DAN METODE	15
3.1 Waktu Pelaksanaan dan Lokasi Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat	15
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	16
3.4.1 <i>Persiapan Media Tanam</i>	16
3.4.2 <i>Penanaman</i>	17
3.4.3 <i>Perlakuan Pemupukan</i>	17
3.4.4 <i>Aplikasi Boron</i>	17

3.4.5 <i>Pemeliharaan Tanaman</i>	18
3.4.6 <i>Panen</i>	18
3.5 <i>Pengamatan</i>	19
3.5.1 <i>Variabel Pertumbuhan Tanaman</i>	19
3.5.2 <i>Variabel Produksi</i>	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 <i>Hasil Penelitian</i>	21
4.1.1 <i>Pertumbuhan Kedelai</i>	21
4.1.2 <i>Produksi Kedelai</i>	26
4.2 <i>Pembahasan</i>	28
4.2.1 <i>Pertumbuhan Kedelai</i>	28
4.2.1 <i>Produksi Kedelai</i>	30
V. SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 <i>Simpulan</i>	34
5.2 <i>Saran</i>	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik fase vegetative dan reproduktif tanaman kedelai.	12
2. Rekapitulasi pengaruh peningkatan dosis P dan aplikasi B pada pertumbuhan tanaman kedelai.	22
3. Rekapitulasi pengaruh peningkatan dosis P dan aplikasi B pada produksi kedelai.	26
4. Koefisien perbandingan kelompok dan polinomial ortogonal untuk pengaruh aplikasi B dan peningkatan dosis P pada pertumbuhan dan produksi kedelai.	40
5. Deskripsi kedelai varietas Wilis.	41
6. Data hasil analisis tanah Balittan Kp Taman Bogo Kecamatan Purbolinggo Kabupaten Lampung Timur.	42
7. Data tinggi tanaman (cm).	43
8. Uji bartlett tinggi tanaman kedelai.	43
9. Analisis ragam tinggi tanaman kedelai.	44
10. Tanggapan tinggi tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	44
11. Data jumlah daun gugur tanaman kedelai.	45
12. Uji bartlett jumlah daun gugur tanaman kedelai.	45
13. Analisis ragam jumlah daun gugur tanaman kedelai.	46
14. Tanggapan jumlahdaun gugur tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	46
15. Data jumlah daun tidak gugur tanaman kedelai.	47
16. Uji bartlett jumlah daun tidak gugur tanaman kedelai.	47
17. Analisis ragam jumlah daun tidak gugur tanaman kedelai.	48

18.	Tanggapan jumlah daun tidak gugur tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	48
19.	Data bobot kering berangkasan tanaman kedelai.	49
20.	Uji bartlett bobot kering berangkasan.	49
21.	Analisis ragam bobot kering berangkasan tanaman kedelai.	50
22.	Tanggapan bobot kering berangkasan tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	50
23.	Data jumlah polong total tanaman kedelai.	51
24.	Uji bartlett jumlah polong total tanaman kedelai.	51
25.	Analisis ragam jumlah polong total tanaman kedelai.	52
26.	Data jumlah polong total tanaman kedelai transformasi.	52
27.	Uji bartlett jumlah polong total tanaman kedelai transformasi.	53
28.	Analisis ragam jumlah polong total tanaman kedelai transformasi.	53
29.	Tanggapan jumlah polong total tanaman kedelai transformasi terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	54
30.	Data jumlah polong isi tanaman kedelai.	55
31.	Uji bartlett jumlah polong isi tanaman kedelai.	55
32.	Analisis ragam jumlah polong isi tanaman kedelai.	56
33.	Data jumlah polong isi tanaman kedelai transformasi.	56
34.	Uji bartlett jumlah polong isi transformasi.	57
35.	Analisis ragam jumlah polong isi tanaman kedelai transformasi	57
36.	Tanggapan jumlah polong isi tanaman kedelai transformasi terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B.	58
37.	Data bobot 100 butir kedelai (g).	59
38.	Uji bartlett bobot 100 butir kedelai.	59

39. Analisis ragam bobot 100 butir kedelai. 60
40. Tanggapan bobot 100 butir kedelai terhadap peningkatan dosis P dan aplikasi B. 60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Flow chart</i> kerangka pemikiran.	8
2. Tanggapan tinggi tanaman terhadap peningkatan dosis fosfor.	23
3. Tanggapan jumlah daun gugur terhadap peningkatan dosis fosfor.	23
4. Tanggapan jumlah daun tidak gugur terhadap peningkatan dosis fosfor.	24
5. Tanggapan bobot kering berangkasan terhadap peningkatan dosis fosfor.	25
6. Tanggapan jumlah polong total terhadap peningkatan dosis fosfor.	27
7. Tanggapan jumlah polong isi terhadap peningkatan dosis fosfor.	27
8. Tanggapan bobot 100 butir terhadap peningkatan dosis fosfor.	28
9. <i>Flow chart</i> hasil penelitian.	32
10. Tata letak percobaan.	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kedelai (*Glycine max* [L.] Merril) merupakan sumber protein nabati yang cukup tinggi, dan banyak digunakan sebagai bahan pangan dalam bentuk tempe, kecap maupun dalam bentuk makanan lainnya. Nilai gizi kedelai dalam 100 gram bahan makanan cukup tinggi sekitar 53 gram karbohidrat, 35 gram protein, 18 gram lemak, 8 gram air, 227 miligram kalsium, 358 miligram fosfor, 8 miligram besi, serat, serta vitamin A dan vitamin B (USDA, 2017).

Kebutuhan kedelai akan terus berkembang pesat seiring dengan perkembangan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat yang berminat pada makanan berprotein tinggi, berkembangnya usaha peternakan dan sebagai bahan baku industri. Hal ini harus terus didukung dengan semakin tingginya produktivitas kedelai. Upaya yang dapat dilakukan selain perluasan areal pertanaman adalah mengoptimalkan kegiatan budidaya tanaman dengan cara penggunaan benih bermutu tinggi dan pemupukan.

Menurut Sihalo dkk., (2012), pemupukan fosfor sangat nyata terhadap tinggi tanaman, dapat merangsang perkembangan akar, mempercepat pembungaan dan

pemasakan buah, biji atau gabah selain itu juga dapat menambah nilai gizi (lemak dan protein).

Selain hara makro seperti fosfor, unsur hara mikro juga merupakan unsur hara esensial bagi tanaman. Unsur mikro yang berperan penting bagi tanaman salah satunya yaitu boron. Boron berperan dalam mengatur pengangkutan gula melalui membran sel tanaman (Dear dan Weir, 2004). Boron berperan penting dalam produksi biji-bijian, meningkatkan transportasi karbohidrat dan menaikkan aktifitas enzim. Kadar boron dalam tanaman rata-rata mencapai 20,0 ppm, sedangkan kadar boron yang tersedia pada umumnya hanya sekitar 5% dari kadar totalnya di dalam tanah yang berkisar antara 7-80 ppm (Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan, sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk tanggapan tanaman kedelai dalam pertumbuhan dan produksi terhadap peningkatan dosis fosfor?
2. Apakah terdapat perbedaan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai antara yang tidak dan diberi boron ?
3. Apakah respon tanaman kedelai dalam pertumbuhan dan produksi berbeda pada pemberian fosfor dan boron yang berbeda?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui bentuk tanggapan tanaman kedelai dalam pertumbuhan dan produksi terhadap peningkatan dosis fosfor.
2. Membandingkan pertumbuhan dan produksi kedelai antara yang tidak dan diberi boron.
3. Mengetahui respons tanaman kedelai pada pertumbuhan dan produksi terhadap pemberian dosis fosfor dan boron yang berbeda.

1.3 Landasan Teori

Dalam rangka menyusun penjelasan teoritis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan, penulis menggunakan teori sebagai berikut:

Kedelai memerlukan nutrisi dalam jumlah yang relatif besar sebagai zat makanan, terutama unsur hara N, P, dan K. Unsur hara diperlukan dalam jumlah yang cukup dan berimbang untuk mendapatkan pertumbuhan dan produksi benih yang tinggi. Unsur hara dapat diserap tanaman melalui akar, batang dan daun dalam bentuk ion yang tersedia bagi tanaman.

Unsur hara P merupakan unsur hara yang penting dan berkaitan dengan mutu benih kedelai. Pemberian hara fosfat dapat memacu pertumbuhan generatif sehingga dapat meningkatkan hasil biji per satuan luas dan mutu benih kedelai yang tinggi. Rasyid (2012) menyatakan bahwa hara fosfor disimpan paling banyak dalam biji dan menentukan vigor benih kedelai.

Suprpto (2004) menyatakan fosfor merupakan salah satu unsur esensial bagi tanaman yang berfungsi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman antara lain merangsang perkembangan akar sehingga tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan, mempercepat masa vegetatif, dan panen. Menurut Musa (2010), pemberian P pada tanaman kedelai mempengaruhi hasil dan komposisi biji kedelai. Defisiensi unsur P pada tanaman akan mengakibatkan pertumbuhan, pemasakan, dan biosintesis klorofil akan terhambat sehingga tanaman akan mengalami perubahan warna menjadi gelap dan pengisian polong kurang maksimum.

Unsur hara P yang diserap tanaman dari tanah berbentuk ion fosfat H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . Ion H_2PO_4^- banyak ditemukan pada tanah yang masam sedangkan HPO_4^{2-} dominan pada tanah basa. Fosfor diserap akar dalam bentuk H_2PO_4^- secara difusi yang diangkut dari xylem menuju mesofil daun mengikuti aliran transpirasi (Lakitan, 2012).

Selain hara makro seperti fosfor, unsur hara mikro juga merupakan unsur hara esensial bagi tanaman. Boron merupakan hara mikro yang mempunyai peran dalam transportasi karbohidrat sehingga adanya penambahan boron dapat meningkatkan transfer asimilat untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tinto, 2012).

Boron akan tersedia bagi tanaman dalam bentuk BO_3^{3-} dan dapat diserap oleh tanaman melalui daun maupun akar (Lakitan, 2012). Boron yang diaplikasikan melalui daun akan masuk ke dalam lapisan kutikula, stomata, dan ektodesmata (Marschner, 1995).

Menurut Lakitan (2012), sel-sel penting yang berperan di dalam mekanisme serapan unsur hara melalui daun adalah epidermis, sel penjaga, stomata, mesofil dan seludang pembuluh. Sakyadkk., (2008) menyatakan bahwa penambahan boron juga mampu meningkatkan kandungan klorofil dan jumlah stomata sehingga akan mempengaruhi fotosintesis serta mampu memproduksi asimilat yang optimum serta menambah cadangan makanan dalam biji.

Ali dkk., (2015) menerangkan bahwa dengan pemberian boron pada tanaman dapat membantu dalam pembentukan protein, seperti halnya nutrisi mikro yang lain. Pupuk boron dapat diberikan melalui penyemprotan daun, fertisasi, perlakuan benih, dan pemupukan tanah. Pemberian konsentrasi boron yang tepat diharapkan dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kedelai sehingga diperoleh hasil yang tinggi. Pemberian boron melalui daun dapat langsung diserap oleh tanaman kedelai guna menunjang proses fisiologis terutama fotosintesis.

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoritis terhadap perumusan masalah.

Unsur hara yang cukup diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan. Unsur hara makro dan mikro yang diperoleh tanaman dapat berasal dari alam maupun dari pemupukan berupa pupuk kimia dasar. Unsur hara makro yang dibutuhkan berupa N, P, K, Ca, Mg dan S sedangkan unsur hara mikro yaitu Cl, B, Fe, Mn, Zn dan Si.

Fosfor (P) sebagai unsur hara makro yang diserap tanaman dari tanah dalam bentuk ion fosfat terutama H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . H_2PO_4^- banyak dijumpai pada pH tanah rendah (masam) sedangkan HPO_4^{2-} dominan pada pH tanah yang tinggi (basa). Akar menyerap fosfor dalam bentuk H_2PO_4^- secara difusi yang diangkat dari xilem menuju mesofil daun mengikuti aliran transpirasi.

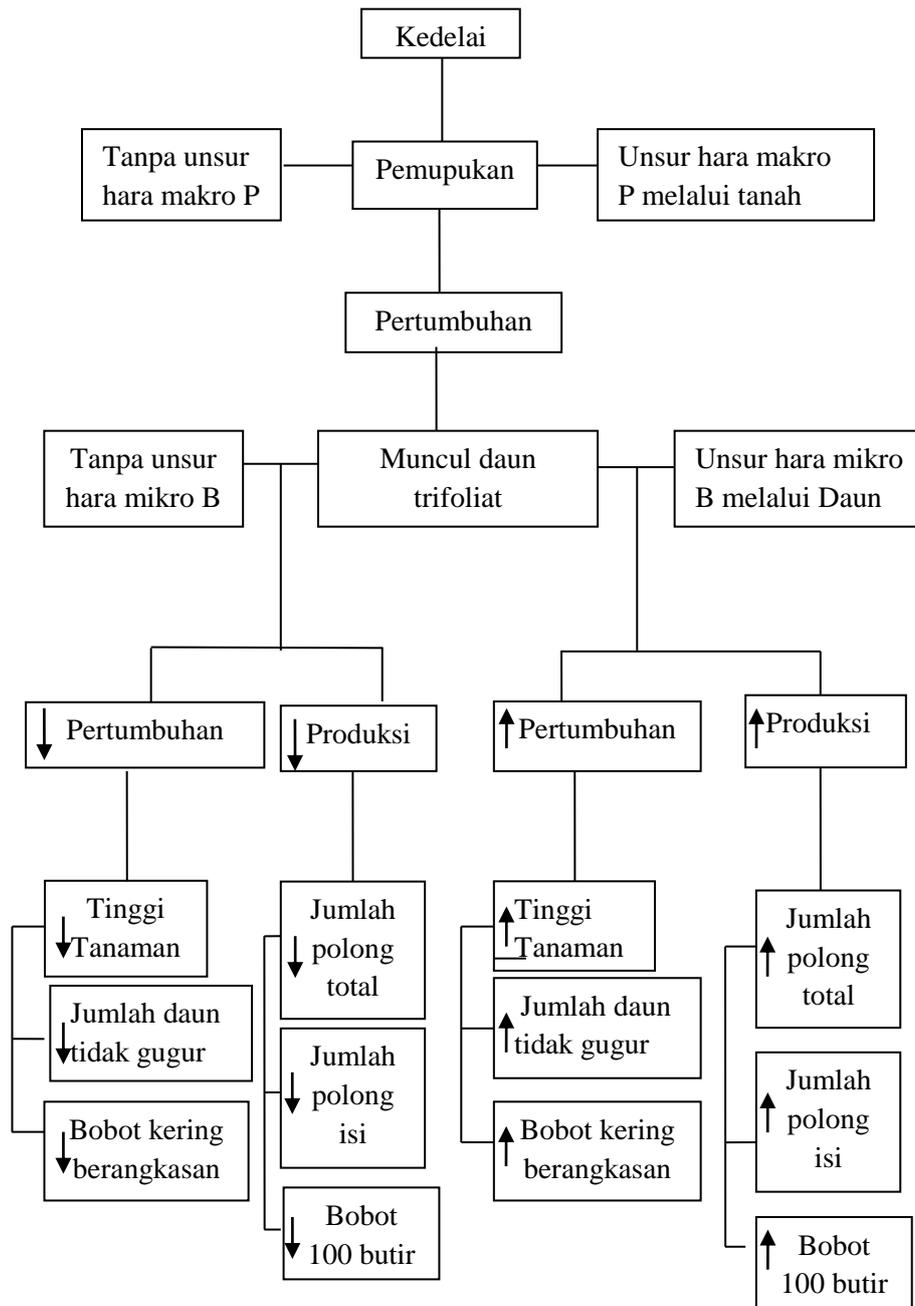
Pemupukan P pada dosis tertentu akan menyebabkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman yang optimum. Semakin banyak pupuk P yang diberikan ke dalam tanah maka laju serapan unsur hara P akan semakin meningkat hingga mencapai kebutuhan tanaman. Meningkatnya kandungan unsur hara P di dalam tanaman akan meningkatkan senyawa organik yang disintesis oleh tanaman.

Produk asimilat yang dihasilkan dari proses sintesis tersebut akan dimanfaatkan tanaman untuk proses penambahan ukuran sel dan penggantian sel-sel yang rusak.

Terjadinya penambahan ukuran dan pergantian sel-sel yang rusak akan menyebabkan tinggi tanaman meningkat. Meningkatnya tinggi tanaman akan menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak. Pertumbuhan vegetatif yang optimum akan menghasilkan fotosintat yang tinggi. Pada saat tanaman memasuki fase generatif, sebagian besar fotosintat yang terbentuk akan diakumulasikan pada organ reproduktif tanaman dan akan terlihat pada meningkatnya jumlah bunga dan banyaknya jumlah polong isi yang dihasilkan. Semakin banyak polong isi yang dihasilkan maka akan semakin tinggi produksi per hektarnya.

Unsur hara mikro yang sangat penting dibutuhkan yaitu boron. Ketersediaan boron dalam jumlah yang cukup dapat memacu pertumbuhan yang baik pada tanaman kedelai. Translokasi fotosintat juga akan dapat berjalan optimal dengan terpenuhinya boron pada tanaman. Hal ini karena boron berperan dalam membentuk ikatan kompleks dengan berbagai gula dan senyawa lain sehingga pengisian polong berjalan dengan baik. Boron akan tersedia bagi tanaman dalam bentuk BO_3^{3-} dan dapat diserap oleh tanaman melalui daun maupun akar. Unsur hara yang diberikan melalui daun akan masuk ke dalam jaringan tanaman melalui lapisan kutikula, stomata dan ektodesmata.

Peran fosfor dan boron pada tanaman kedelai diharapkan mampu menghasilkan pertumbuhan yang optimum seperti meningkatnya tinggi tanaman dan banyaknya jumlah daun sehingga meningkatnya fotosintesis dan proses metabolisme lainnya. Proses metabolisme yang tinggi akan menghasilkan jumlah bunga yang banyak. Meningkatnya asimilat bunga akan mengurangi terjadinya kerontokan dan proses pembelahan sel berlangsung aktif sehingga jumlah polong isi, dan potensi hasil meningkat. Produk asimilat yang cukup banyak juga disimpan oleh tanaman kedelai dalam bentuk cadangan makan di dalam biji. Semakin tinggi cadangan makanan, maka bobot bijinya akan semakin besar.



Gambar 1. *Flow chart* kerangka pemikiran.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat disimpulkan hipotesis sebagai berikut:

1. Pertumbuhan tanaman dan produksi kedelai akan meningkat seiring dengan peningkatan dosis fosfor yang diberikan.
2. Pemberian boron dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai.
3. Respons tanaman kedelai pada pertumbuhan dan produksi kedelai berbeda terhadap pemberian fosfor dan boron yang berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Kedelai merupakan tanaman dari famili Fabaceae. Struktur akar tanaman kedelai terdiri atas akar lembaga, akar tunggang dan akar cabang berupa akar rambut. Perakaran kedelai dapat menembus tanah pada kedalaman ± 150 cm, terutama pada tanah yang subur. Perakaran tanaman kedelai mempunyai kemampuan membentuk bintil (nodula-nodula) akar yang merupakan koloni dari bakteri *Rhizobium japonicum*. Bakteri *Rhizobium* bersimbiosis dengan akar tanaman kedelai untuk menambat nitrogen bebas dari udara. Unsur nitrogen tersebut dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman kedelai, sedangkan bakteri *Rhizobium* memerlukan makanan yang berasal dari tanaman kedelai, sehingga proses ini merupakan hubungan hidup yang saling menguntungkan (Rukmana dan Yuniarsih, 2005).

Kedelai memiliki empat tipe daun yaitu kotiledon atau daun biji, dua helai daun primer sederhana, daun bertiga, dan daun profila. Daun primer berbentuk oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama di atas kotiledon. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama dan cabang lateral terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda.

Anak daun bertiga mempunyai bentuk yang bermacam-macam, mulai bulat hingga lancip (Sumarno dkk., 2007). Tanaman kedelai termasuk berbatang semak yang dapat mencapai ketinggian antara 30-100 cm, batang beruas-ruas, dan memiliki percabangan antara 3-6 cabang. Daun kedelai mempunyai ciri-ciri antara lain helai daun oval, bagian ujung daun meruncing, dan tata letaknya pada tangkai daun bersifat majemuk berdaun tiga (Cahyono, 2007).

Bunga kedelai termasuk bunga sempurna karena pada setiap bunga memiliki alat reproduksi jantan dan betina. Warna bunga kedelai ada yang ungu dan putih. Potensi jumlah bunga yang terbentuk bervariasi tergantung dari varietas kedelai, tetapi umumnya berkisar 40-200 bunga per tanaman (Sumarno dkk., 2007). Buah kedelai disebut buah polong seperti buah kacang-kacangan lainnya yang tersusun dalam rangkaian buah. Polong kedelai yang sudah tua ada yang berwarna coklat, coklat tua, coklat muda, coklat kekuning-kuningan, coklat keputih-putihan, dan kehitaman. Tiap polong kedelai berisi antara 1 – 5 biji, jumlah polong pertanaman tergantung pada varietas kedelai, kesuburan tanah, dan jarak tanam yang digunakan. Kedelai yang ditanam pada tanah subur pada umumnya dapat menghasilkan antara 100 – 200 polong/pohon (Suhaeni, 2007).

Tipe Pertumbuhan tanaman kedelai dibedakan menjadi 3 macam, yaitu tipe determinate, semi determinate, dan indeterminate. Kedelai varietas Wilis memiliki tipe pertumbuhan determinate atau tipe tanaman yang ujung batangnya tidak melilit dan pertumbuhan vegetatifnya berhenti setelah tanaman berbunga. Tahapan pertumbuhan kedelai terdiri dari tahapan pertumbuhan vegetatif dan tahapan pertumbuhan generatif (reproduktif) (Sumarno dkk., 2007).

Tabel 1. Karakteristik fase vegetatif dan reproduktif tanaman kedelai.

Sandi fase	Fase Pertumbuhan	Keterangan
Ve	Kecambah	Kotiledon di atas permukaan tanah.
Ve	Kotiledon	Daun unifoliat cukup tidak tergulung sehingga tepi daun tidak bersentuhan satu sama lain.
V1	Buku kesatu	Daun yang berkembang penuh pada buku unifoliat.
V2	Buku kedua	Daun trifoliat yang berkembang penuh pada buku di atas buku unifoliat.
V3	Buku ketiga	Tiga buku pada batang dengan daun yang berkembang penuh mulai dengan buku unifoliat.
V4	Buku keempat	Sejumlah n buku pada batang dengan daun yang berkembang penuh mulai dengan buku unifoliat.
Vn	Buku ke-n	Sejumlah n buku pada batang dengan daun yang berkembang penuh mulai dengan buku unifoliat.
R1	Malai berbunga	Satu kuntum bunga mekar pada buku atau di batang utama.
R2	Berbunga penuh	Satu kuntum bunga mekar pada salah satu dari dua buku teratas pada batang utama dengan daun yang telah berkembang sempurna.
R3	Malai pembentukan polong	Polong dengan panjang 5 mm pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama dengan daun yang telah berkembang sempurna.
R4	Polong berkembang penuh	Polong dengan panjang 5 mm pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama dengan daun yang telah berkembang sempurna.
R5	Polong mulai berisi	Benih dengan panjang 3 mm dalam polong pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama dengan daun yang telah berkembang sempurna.
R6	Biji penuh	Polong terisi penuh dengan benih hijau pada salah satu dari empat buku teratas pada batan utama dengan daun yang telah berkembang sempurna.
R7	Polong mulai kuning, coklat, matang	Satu buah polong normal pada batang utama yang telah mencapai warna polong masak.
R8	Polong matang penuh	95% dari polong yang telah mencapai warna polong masak.

Sumber: Sumarno dkk., (2007).

2.2 Peran Fosfor dalam Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Unsur fosfor adalah unsur esensial kedua setelah nitrogen (N) yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar (Ginting dkk., 2006). Fosfor berperan sebagai peredaran energi dalam tanaman. Energi didapatkan dari hasil fotosintesis, respirasi, dan metabolisme karbohidrat dalam bentuk ATP dan ADP yang kemudian digunakan untuk proses pertumbuhan dan reproduksi (Leiwakabessy dan Sutandi, 2004).

Ketersediaan P berperan dalam pembelahan inti sel untuk membentuk sel-sel baru dan memperbesar sel itu sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman meningkat. Pemberian pupuk P pada tanaman meningkatkan secara nyata serapan P. Pupuk P mampu meningkatkan proses fotosintesis yang selanjutnya akan berpengaruh pula pada peningkatan berat kering tanaman (Nurdin, 2008).

Pada tanaman kedelai fosfor diperlukan untuk aktivitas bintil akar yang maksimal lebih besar daripada yang diperlukan untuk pembentukan bintil akar. Kenyataan ini menunjukkan bahwa hasil biji yang maksimal diperlukan pupuk fosfat yang cukup agar terjamin proses fiksasi N_2 secara maksimal. Kekurangan fosfat yang serius dapat memperlambat dan menunda primordia, sehingga biji dihasilkan berkerut, ringan, kecambahnya kecil, dan matang lebih awal (Jayasumarta, 2012).

2.3 Peran Boron dalam Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Unsur hara mikro merupakan unsur hara yang penting bagi tanaman. Boron bagi tanaman memiliki peran yaitu mendukung proses metabolisme dan pengangkutan

gula, meristematik jaringan, pembentukan dinding sel, lignifikasi, integritas membran, sintesis DNA, perpanjangan akar, pembentukan serbuk sari dan penyerbukan (Alloway, 2008). Pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa penggunaan boron melalui daun pada taraf 0,45 kg/ha yang diaplikasikan melalui daun meningkatkan protein biji 13,7% dan asam lemak sampai 30,9% (Bellaloui, 2010). Dordas (2006) menambahkan pemberian boron mampu meningkatkan produksi benih dan kualitas benih pada tanaman alfalfa.

Boron berperan dalam pembelahan sel, transportasi karbohidrat, produksi hormon dan perkembangan benih (Gunes dkk., 2003). Boron merupakan unsur hara esensial yang memiliki peran dalam proses-proses fisiologis tanaman seperti meningkatkan peran Ca dalam menjaga integritas struktur dinding sel dan membran plasma, peningkatan pembelahan sel, diferensiasi jaringan dan metabolisme asam nukleat, karbohidrat, protein, fenol dan auksin, pembentukan bunga, perkembangan buah dan tanaman tahan terhadap penyakit (Tinto, 2012).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada November 2016 hingga April 2017.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah ultisol, benih kedelai varietas Wilis, pupuk TSP (46% P_2O_5), Urea, KCl, asam borat (H_3BO_3), aquades, dan insektisida.

Alat-alat yang digunakan adalah cangkul, timbangan, gelas ukur, polibag ukuran 10 kg, *hand sprayer*, sabit, meteran, oven, plastik, kamera dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam perumusan masalah dan menguji hipotesis, rancangan perlakuan disusun secara faktorial (6×2). Faktor pertama adalah dosis fosfor yang terdiri dari 6 (enam) level yaitu 0 kg/ha (P0); 10,12 kg/ha (P1); 20,24 kg/ha (P2); 30,36 kg/ha (P3), 40,48 kg/ha (P4), dan 50,60 kg/ha (P5).

Faktor kedua adalah aplikasi boron yang terdiri dari 2 (level) yaitu tanpa boron (B0) dan 5 ppm Boron (B1).

Kombinasi perlakuan diterapkan dalam satuan percobaan berupa polibag dengan media tanah dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS).

Pengelompokan didasarkan pada hari tanam yaitu interval 2 hari.

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan setiap ulangan terdapat duplo.

Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Analisis data dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji polinomial ortogonal. Semua pengujian dilakukan pada taraf α 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Media Tanam

Jenis tanah yang akan digunakan sebagai media tanam adalah tanah ultisol.

Tanah tersebut terlebih dahulu digemburkan menggunakan cangkul kemudian diaduk sampai merata dan dipisahkan dari gulma atau bagian tanaman lainnya yang terbawa. Selanjutnya tanah yang telah digemburkan dimasukkan ke dalam polibag dan ditimbang seberat 8 kg tanah. Polibag yang digunakan sebanyak 72 polibag. Polibag yang telah diisi tanah kemudian disusun sebanyak 12 polibag untuk tiap kelompoknya.

3.4.2 *Penanaman*

Benih kedelai ditanam di polibag yang telah terisi media tanam. Penanaman dilakukan dengan cara membenamkan benih ke dalam polibag yang telah terisi media tanam dengan kedalaman sekitar 3 cm. Benih ditanam sebanyak 5 butir benih dalam satu polibag. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang tingkat pertumbuhannya paling baik dan untuk mencegah kegagalan tumbuh benih yang ditanam. Satu minggu setelah tanam dilakukan seleksi tanaman yang pertumbuhannya seragam sebanyak 3 tanaman dalam satu polibag.

3.4.3 *Perlakuan pemupukan*

Pemupukan fosfor dengan interval 0 g TSP /8 kg tanah setara dengan 0 kg /ha P; 0,2 g TSP/8kg tanah setara dengan 10,12 kg/ha P ; 0,4 g TSP/8 kg tanah setara dengan 20,24 kg/ha P; 0,6 g TSP/8 kg tanah setara dengan 30,36 kg/ha P; 0,8 g TSP/8 kg tanah setara dengan 40,48 kg/ha P; dan 0,10 g TSP/8 kg tanah setara dengan 50,60 kg/ha P; diaplikasikan 2 MST (Minggu Sebelum Tanam) dengan membenamkan pupuk ke dalam media tanam secara larikan. Pupuk urea dan KCl masing-masing sebanyak 0,4 g/8 kg setara dengan 100 kg/ha diberikan ke dalam tanah pada 2 MST (Minggu Setelah Tanam) dengan cara dibenamkan ke dalam tanah secara larikan.

3.4.4 *Aplikasi Boron*

Penyemprotan boron dilakukan sejak tanaman berumur 21 HST (Hari Setelah Tanam). Boron diaplikasikan sebanyak 4 kali yaitu pada saat 4, 5, 6, dan 7 MST

dengan konsentrasi 0 ppm dan 5 ppm. Sebelum dilakukannya penyemprotan, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu menggunakan air sehingga didapat volume semprot untuk satu tanaman. Penyemprotan dilakukan di seluruh permukaan daun bagian bawah dengan menggunakan *handsprayer* pada pagi hari untuk menghindari terjadinya penguapan oleh sinar matahari. Kebutuhan pupuk boron untuk membuat 1 dengan konsentrasi 5 ppm setara dengan 0,028 g. Larutan boron 0 ppm hingga 5 ppm dilakukan dengan penghitungan sebagai berikut:

$$\text{Pupuk boron (H}_3\text{BO}_3\text{) gram} = \left(\frac{\text{Mr H}_3\text{BO}_3}{\text{Ar B}} \right) \times \text{Konsentrasi (ppm)}$$

Keterangan : 1 ppm = 1 g/l
 Mr H₃BO₃ = Massa relatif asam borat 61,81
 Ar B = Atom relatif boron 10,81

3.4.5 Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan berupa pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit disesuaikan dengan kondisi lapang. Pengendalian gulma dilakukan setiap minggunya setelah tanam dan pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan mengaplikasikan insektisida dengan bahan aktif Sipermetrin 50 g/l sebanyak 2 ml/liter sesuai dengan tingkat serangan dan keparahan hama.

3.4.6 Panen

Panen dilakukan pada saat tanaman berumur 88 hari. Pada umur ini polong telah mencapai matang fisiologis yang ditandai oleh polong berwarna kecoklatan lebih dari 90% serta batang dan daun telah berwarna kecoklatan. Pemanenan dilakukan

dengan cara mencabut batang kedelai dari polibag yang berisi tanah. Berangkasan tanaman hasil panen dikumpulkan ditempat penjemuran dengan diberi alas sampai kadar air sekitar 13%. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perontokan benih. Perontokan dilakukan setelah pengeringan dengan cara memisahkan polong dari tanaman menggunakan tangan. Selanjutnya dilakukan pembersihan polong kedelai dengan cara memisahkan biji kedelai dari kotoran yang terbawa.

3.5 Pengamatan

Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dan hipotesis dilakukan pengamatan terhadap komponen pertumbuhan dan produksi kedelai yang dihasilkan.

3.5.1 Variabel Pertumbuhan Tanaman

Tinggi Tanaman. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai titik tumbuh pada akhir masa vegetatif tanaman kedelai. Pengukuran dilakukan dalam satuan sentimeter dengan menggunakan meteran pada saat tanaman berumur 7 MST.

Jumlah daun gugur. Jumlah daun gugur diketahui dengan cara menghitung daun yang gugur atau jatuh, serta daun yang sudah menguning dan akan gugur pada saat tanaman berumur 7 MST.

Jumlah daun tidak gugur. Jumlah daun tidak gugur diketahui dengan cara menghitung daun yang tidak gugur atau masih ada pada tanaman kedelai. Pengamatan dilakukan saat tanaman berumur 7 MST.

Bobot kering brangkasan. Bobot kering brangkasan diperoleh dengan penimbangan brangkasan kering tanaman kedelai saat fase awal pengisian polong. Pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan suhu 70⁰C selama 3x24 jam. Pengukuran dilakukan dalam satuan gram.

3.5.2 Variabel Produksi

Jumlah polong total. Pengamatan dilakukan pada saat panen dengan menghitung jumlah total polong hampa dan isi per tanaman. Penghitungan dilakukan dalam satuan polong per tanaman.

Jumlah polong isi. Pengamatan dilakukan pada saat panen dengan menghitung total polong isi per tanaman. Hasil penghitungan total polong isi kemudian dipisahkan agar tidak tercampur dengan dengan polong hampa. Penghitungan dilakukan dalam satuan polong per tanaman.

Bobot 100 butir. Pengamatan dilakukan dengan menghitung benih menggunakan alat penghitung benih hingga 100 butir kemudian ditimbang bobotnya pada kadar air 12% dalam satuan gram.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Pemupukan P hingga dosis 50,60 kg/ha mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai melalui variabel tinggi tanaman, jumlah daun tidak gugur, bobot kering berangkasan, jumlah polong total, jumlah polong isi, dan bobot 100 butir.
2. Aplikasi B dengan konsentrasi 5 ppm menghasilkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa B melalui variabel jumlah daun tidak gugur (5,96%), bobot kering berangkasan (8,47%), bobot 100 butir (6,41%) serta menghasilkan jumlah daun gugur lebih rendah (11,79%).
3. Respons pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis P tidak bergantung pada pemberian B yang ditunjukkan oleh semua variabel pertumbuhan dan produksi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan pada penelitian berikutnya untuk melakukan penambahan variabel dalam pengukuran pertumbuhan dan produksi. Selain itu, pemupukan fosfor dapat dilakukan 4 MST (Minggu Sebelum Tanam) agar lebih tersedia dan cukup untuk pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali F., A. Ali, H., Gul, M. Sharif., A. Sadiq., A. Ahmed., A. Ullah., A. Mahar and S.A. Kalhoro. 2015. Effect of boron soil application on nutrients efficiency in tobacco leaf. *American Journal of Plant Sciences* . 6: 1391-1400.
- Alloway, B.J. 2008. Micronutrients Deficiencies in Global Crop Production. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-6860-7_1. Diakses 12 Februari 2017.
- Barker, A., dan Pilbeam D. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press Taylor and Francis Group. 56 hlm.
- Begum, M. A., M. A. Islam, Q. A. Ahmed, M.A. Islam, and M.M. Rahman. 2015. Effect of nitrogen and phosphorus on the growth and yield performance of soybean. *Journal Agriculture, Livestock and Fisheries*. 2(1):35-42.
- Bellaloui, N., Krishna, NR., Anne, MG. dan Craig, AB. 2010. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. *J. Plant Soil*. 336:143-155.
- Bellaloui, N., Y. Hu, A. Mengistu, MA Kassem, and C. A. Abell. 2013. Effects of foliar boron application on seed composition, cell wall boron, and seed $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotopes in water-stressed soybean plants. *Journal Front Plant Science*. (4):270 hlm.
- Cahyono B. 2007. *Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Aneka Ilmu. Semarang.
- Fandi, M., Jalal, M., and Munir, H. 2010. Effect of N, P, K concentrations on yield and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in tuff culture. *Journal Central European Agriculture*. 11(2). 179-184

- Dear, B.S and R.G. Weir. 2004. Boron deficiency in pastures and field crops. Division of Plant Industries Order No. P1. Ac 1 Agdex 103/531. Diakses pada 16 November 2016.
- Dordas, C. 2006. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. *J. Agron.* 98: 907–913.
- Ginting, R.C.B., R. Saraswati, dan E. Husen. 2006. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 144-146 hlm.\
- Hartatik, W. 2011. *Fosfat Alam Sumber Pupuk P yang Murah*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanah. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 10-13 hlm.
- Jayasumarta, D. 2012. Pengaruh sistem olah tanah dan pupuk P terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai (*Glycine max L. Merrill*). *Jurnal Agrium*. 17(3): 148-154.
- Lakitan, B. 2012. *Dasar-Dasar Fisiologi Tanaman*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 205 hlm.
- Leiwakabessy, F.M. dan A. Sutandi. 2004. *Pupuk dan Pemupukan*. Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 208 hlm.
- Marschner, H . 1995. *Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn*. Academic Press. San Diego. 379–396 hlm.
- Morshed, R. M., M.M Rahman, and M.A. Rahman. 2008. Growth and yield soybean (*Glycine max L.*) as influenced by phosphorus. *Bangladesh Journal Sci. Ind. Res.* 43(3):359-368.
- Musa, M., H. 2010. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium levels on kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) growth and photosynthesis under nutrient solution. *Journal of Agricultural Science*. 2(2): 49-57
- Ndakidemi, P., A. and Dakora, F. D. 2007. Yield components of nodulated cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp*) and maize (*Zea mays*) plants grown with exogenous phosphorus in different cropping systems. *Aust. J. Exp. Agric.* 47: 587-590
- Rasyid, Harun. 2012. *Model Pendugaan Daya Simpan Benih Kedelai (Glycine max (L) Merrill Biji Besar dengan Pengusangan Cepat sebagai Teknologi Penentu Mutu Benih*. *J. Gamma*. 7 (2):34-52.
- Roesmarkam, A., dan N.W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 224 hlm.

- Rukmana R., Yuniarsih. 2005. *Kedelai Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius. Yogyakarta. 92 hlm.
- Sakya, AT., Rahayu, M. dan Wijayanti, R. 2008. Pertumbuhan dan kualitas anthusium hookeri pada berbagai pemberian boron. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 5(II): 1-6.
- Sihaloho, N., Rahmawati, N., Putri, L.A. 2015. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai varietas detam 1 terhadap pemberian vermikompos dan pupuk P. *Jurnal Agroteknologi USU*. 3(4): 1591-1600.
- Suhaeni, N. 2007. *Petunjuk Praktis Menanam Kedelai*. Nuansa. Bandung. 56 hlm.
- Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim. 2007. *Kedelai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 512 hlm.
- Suprpto, H. S. 2004. *Bertanam Kedelai*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Thoyyibah, S., Sumadi, A. Nuraini. 2014. Pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan, komponen hasil, hasil dan kualitas benih dua varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada inceptisol jatinangor. *Agriculture Science Journal*. 1(4):111-121.
- Tinto, R. 2012. Functions of Boron in Plant Nutrition. <https://www.researchgate.net>. Diakses 27 Juli 2017
- USDA (United States Department of Agriculture). 2017. United States Department of Agriculture Research Service. Nutrient Database for Standard Reference. *Nutrient Data Laboratory*. USDA publisher. New York. Diakses 29 November 2017.