

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK MANGAN (Mn) DAN ZINK (Zn)
TERHADAP PERTUMBUHAN, HASIL, KANDUNGAN
PROTEIN, DAN KLOOROFIL PADA TANAMAN
KACANG BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

(Tesis)

Oleh

MIANDRI SABLI PRATAMA



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK MANGAN (Mn) DAN ZINK (Zn) TERHADAP PERTUMBUHAN, HASIL, KANDUNGAN PROTEIN, DAN KLOOROFIL PADA TANAMAN KACANG BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)

Oleh

MIANDRI SABLI PRATAMA

Manajemen hara merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman yang juga mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman baik unsur hara makro maupun hara mikro. Unsur hara mikro mempunyai peran yang sama pentingnya dengan hara makro dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman dan apabila kekurangan satu nutrisi saja maka dapat mengurangi hasil tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pupuk hara mikro Zn dan Mn terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis terutama peningkatan kandungan klorofil dan protein pada kacang buncis akibat pemberian pupuk hara mikro Zn dan Mn. Penelitian ini dilakukan di Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan bulan Agustus s.d. Desember 2017. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktor tunggal non faktorial dengan lima belas kombinasi perlakuan dan tiga kelompok.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk Mn dan Zn menghasilkan indikator terbaik untuk parameter tinggi tanaman dan hasil tanaman. Pemberian pupuk Mn menghasilkan indikator terbaik terhadap bobot brangkasan kering, bobot akar, bobot buah per petak panen, hasil biji per tanaman kadar air 12%, dan indeks luas daun. Pemberian pupuk Zn menghasilkan kandungan protein tertinggi dari perlakuan lainnya dan pemberian perlakuan Mn dan Zn mampu menghasilkan nilai terbaik pada kandungan klorofil tanaman buncis daripada perlakuan lainnya.

Kata kunci : kacang buncis, pupuk NPK, pupuk Mn dan Zn, protein, klorofil

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK MANGAN (Mn) DAN ZINK (Zn)
TERHADAP PERTUMBUHAN, HASIL, KANDUNGAN
PROTEIN, DAN KLOOROFIL PADA TANAMAN
KACANG BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Oleh
Miandri Sabli Pratama

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

Judul Tesis

: **PENGARUH PEMBERIAN PUPUK MANGAN (Mn) DAN ZINK (Zn) TERHADAP PERTUMBUHAN, HASIL, KANDUNGAN PROTEIN, DAN KLOOROFIL PADA TANAMAN KACANG BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Nama Mahasiswa

: **Miandri Sabli Pratama**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1424011016

Program Studi

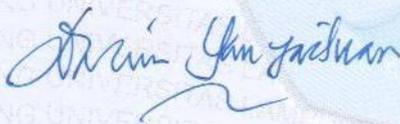
: Magister Agronomi

Fakultas

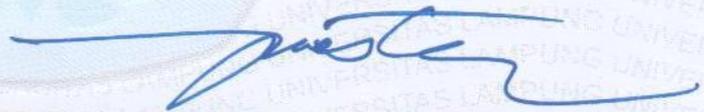
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

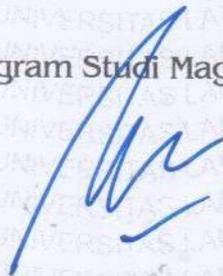


Dr. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc.
NIP 196301311986031004



Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.Sc.
NIP 196209281987031001

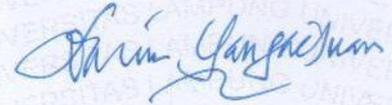
2. Ketua Program Studi Magister Agronomi



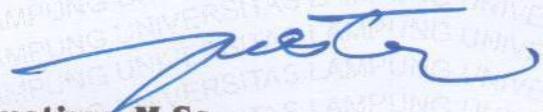
Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

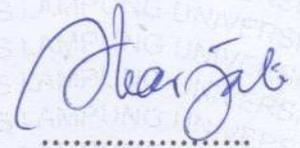


Ketua : Dr. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc.

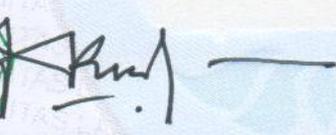
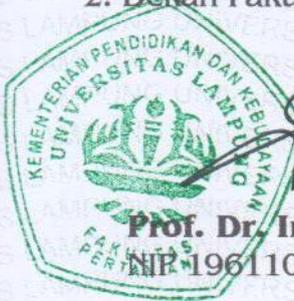


Sekretaris : Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.Sc.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.**

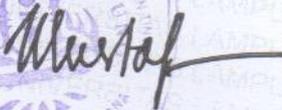


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



**Prof. Drs. Mustofa, M.A., Ph.D.
NIP. 195701011984031020**

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 28 Juni 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul **“PENGARUH PEMBERIAN PUPUK MANGAN (Mn) DAN ZINK (Zn) TERHADAP PERTUMBUHAN, HASIL, KANDUNGAN PROTEIN, DAN KLOOROFIL PADA TANAMAN KACANG BUNCIS (*Phaseolus vulgaris L.*)”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Pembimbing penulis tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya bersedia serta sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 31 Agustus 2019

Berbuat Pernyataan,



Miandri Sabli Pratama
NPM. 1424011016

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kota Metro, pada 26 Juni 1992 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak H. Sabli Nazar, S.H., M.H. dan Ibu Hj. Amia Nurmiasih.

Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Negeri Pembina Pahoman Bandar Lampung pada tahun 1998, SD Negeri 1 Sukabumi Indah pada tahun 2004, SMP Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2007, SMA Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2010, Sarjana Pertanian Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2014, dan penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Magister Agronomi semester genap tahun akademik 2014/2015.

Saat ini penulis telah menikah dengan Riza Aprianti, S.P. dan telah dikaruniai anak laki-laki yang bernama Ammar Raihan Sabli Al Fatih. Penulis bekerja sebagai tenaga kependidikan sejak tahun 2015 sampai saat ini di Institut Teknologi Sumatera Unit Pelaksana Teknis Kawasan dan K3.

**TESIS INI SAYA PERSEMBAHKAN KEPADA AYAHANDA, IBUNDA
DAN ISTRI TERCINTA SERTA ALMAMATERKU UNIVERSITAS
LAMPUNG**

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas karunia rahmat, hidayah, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tesis ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Drs. Mustofa, M.A., Ph.D., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., sebagai Ketua Program Studi Magister Agronomi yang telah banyak membantu dan memberikan kesempatan dalam proses penyelesaian penyusunan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan ide, saran, perhatian, dan pengarahan serta motivasi selama penelitian dan penyusunan tesis ini.
5. Bapak Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.Sc., sebagai Pembimbing Kedua yang telah memberikan ide, saran, perhatian, dan pengarahan serta motivasi selama penelitian dan penyusunan tesis ini.
6. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., sebagai Pembahas yang telah memberikan ide, saran, dan pengarahan selama penyusunan tesis ini.

7. Bapak Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc., sebagai Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
8. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak H. Sabli Nazar, S.H., M.H., dan Ibu Hj. Amia Nurmiasih yang telah banyak memberikan bantuan do'a, kasih sayang, motivasi, dan bantuan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pascasarjana ini.
9. Kepada istri tercinta Riza Aprianti, S.P., yang telah banyak memberikan bantuan dan menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan penyusunan tesis ini.
10. Kepada adik penulis yaitu Rizky Rahmadi, S.P., dan Trisna Addin yang telah banyak membantu penulis saat penulis melaksanakan penelitian setiap harinya.
11. Seluruh saudara dan kerabat Magister Agronomi Angkatan tahun 2014 dan 2015 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Serta seluruh rekan kerja di Institut Teknologi Sumatera yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka dan Tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca. Amin.

Bandar Lampung, 31 Agustus 2019

Miandri Sabli Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Landasan Teori	5
1.4 Kerangka Pemikiran	9
1.5 Hipotesis	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Tanaman Buncis	12
2.2 Unsur Hara Mikro Zn dan Mn	14
2.3 Efisiensi Pupuk Majemuk	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1 Ujian Pendahuluan	21
3.4.2 Pengolahan Tanah	22
3.4.3 Penanaman	22
3.4.4 Pemupukan	22

3.4.5	Pemeliharaan	22
3.4.6	Pemanenan	23
3.5	Variabel Pengamatan	23
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Pengamatan	26
4.1.1	Hasil Pengamatan Lingkungan Penelitian	26
4.1.2	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Tinggi Tanaman Buncis	27
4.1.3	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Tingkat Kehijauan Daun Tanaman Buncis	28
4.1.4	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Jumlah Daun Tanaman Buncis	29
4.1.5	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Jumlah Daun Trifoliat Sempurna Tanaman Buncis	30
4.1.6	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Bobot Basah Brangkasan Tanaman Buncis	31
4.1.7	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Bobot Kering Brangkasan Tanaman Buncis	32
4.1.8	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Bobot Akar Tanaman Buncis	34
4.1.9	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Jumlah Buah Buncis Per Tanaman	35
4.1.10	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Panjang Buah Buncis	36
4.1.11	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Hasil Buncis Per Tanaman	37
4.1.12	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Hasil Buncis Per Petak Panen	39
4.1.13	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Bobot Biji Per Tanaman Kadar Air 12%	40
4.1.14	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Jumlah Kandungan Protein	41
4.1.15	Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Indeks Luas Daun Tanaman Buncis	42

4.1.16 Pengaruh Pemberian Pupuk Mn dan Zn Terhadap Kandungan Klorofil Daun Tanaman Buncis	43
4.2 Pembahasan	45
V. KESIMPULAN	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Daftar perlakuan kombinasi pupuk NPK dan pupuk mikro Mn dan Zn pada tanaman buncis	21
2	Rekapitulasi hasil analisis ragam α 0,05 perlakuan pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap pertumbuhan, hasil, kandungan protein, dan klorofil pada tanaman kacang buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	27
3	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap tinggi tanaman buncis pada pengamatan 5 MST (cm)	28
4	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap tingkat kehijauan daun tanaman buncis pada pengamatan 5 MST	29
5	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap jumlah daun tanaman buncis pada pengamatan 5 MST (helai)	30
6	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap jumlah daun trifoliat sempurna tanaman buncis pada pengamatan 5 MST (helai)	31
7	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap bobot basah brangkasan tanaman buncis pada umur 5 MST (gr)	32
8	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap bobot kering brangkasan tanaman buncis pada umur 5 MST (gr)	33
9	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap bobot akar tanaman buncis pada umur 5 MST (gr)	34
10	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap jumlah buah buncis per tanaman (buah)	35
11	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap panjang buah buncis (cm)	36

12	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap hasil buncis per tanaman (gr)	38
13	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap hasil buncis per petak panen (kg)	39
14	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap hasil bobot biji per tanaman kadar air 12% (gr)	40
15	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap jumlah kandungan protein dalam 100 gr buncis (gr)	41
16	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap indeks luas daun tanaman buncis (cm ²)	42
17	Uji beda nyata terkecil pengaruh pemberian pupuk Mn dan Zn terhadap kandungan klorofil daun tanaman buncis (mg/l)	44
18	Hasil analisis tanah awal sebelum penelitian	66
19	Hasil pengamatan curah hujan di lahan Institut Teknologi Sumatera pada bulan Oktober sampai Desember 2017 oleh UPT. MKG ITERA	66
20	Hasil pengamatan tinggi tanaman buncis 5 MST	67
21	Hasil analisis ragam pengamatan tinggi tanaman buncis 5 MST	67
22	Hasil pengamatan tingkat kehijauan daun tanaman buncis 5 MST	68
23	Hasil analisis ragam tingkat kehijauan daun tanaman buncis 5 MST	68
24	Hasil pengamatan jumlah daun total tanaman buncis 5 MST	69
25	Hasil analisis ragam jumlah daun total tanaman buncis 5 MST	69
26	Hasil pengamatan jumlah daun trifoliat tanaman buncis 5 MST	69
27	Hasil analisis ragam jumlah daun trifoliat tanaman buncis 5 MST	70
28	Hasil pengamatan bobot basah brangkasan tanaman buncis 5 MST ...	70
29	Hasil analisis ragam bobot basah brangkasan tanaman buncis 5 MST	71
30	Hasil pengamatan bobot kering brangkasan tanaman buncis 5 MST	71
31	Hasil analisis ragam bobot kering brangkasan tanaman buncis 5 MST	71
32	Hasil pengamatan bobot akar tanaman buncis 5 MST (gr)	72

33	Hasil analisis ragam bobot akar tanaman buncis 5 MST	72
34	Hasil pengamatan jumlah buah buncis per tanaman (buah)	72
35	Hasil analisis ragam jumlah buah buncis per tanaman	73
36	Hasil pengamatan panjang buah buncis (cm)	73
37	Hasil analisis ragam panjang buah buncis	74
38	Hasil pengamatan bobot buah buncis per tanaman (gr)	74
39	Hasil analisis ragam bobot buah buncis per tanaman	74
40	Hasil pengamatan bobot buah buncis per petak panen 4 m ² (kg)	75
41	Hasil analisis ragam bobot buah buncis per petak panen 4 m ²	75
42	Hasil pengamatan bobot biji buncis per tanaman KA 12% (gr)	75
43	Hasil analisis ragam bobot biji buncis per tanaman KA 12 %	76
44	Hasil analisis kandungan protein dalam 100 gr buah buncis (gr)	76
45	Hasil analisis ragam kandungan protein dalam 100 gr buah buncis	77
46	Hasil analisis indeks luas daun tanaman buncis (cm ²)	77
47	Hasil analisis ragam indeks luas daun tanaman buncis	77
48	Hasil analisis klorofil A daun tanaman buncis (mg/l)	78
49	Hasil analisis ragam kandungan klorofil A daun tanaman buncis	78
50	Hasil analisis klorofil B daun tanaman buncis (mg/l)	78
51	Hasil analisis ragam kandungan klorofil B daun tanaman buncis	79
52	Hasil analisis total klorofil daun tanaman buncis (mg/l)	79
53	Hasil analisis ragam total klorofil daun tanaman buncis	80
54	Deskripsi tanaman buncis varietas tegak Garnisa	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Tata letak percobaan, lokasi, ketinggian, dan ukuran satuan percobaan	81
2	Ukuran petak sampel dan petak panen dalam satuan percobaan	81
3	Pembuatan lubang tanam jarak 30x40 cm dan penanaman buncis	82
4	Bentuk pupuk $MnSO_4$ dan keterangannya	82
5	Bentuk pupuk $ZnSO_4$ dan keterangannya	83
6	Penimbangan pupuk Zn dan Mn dengan neraca analitik	83
7	Pemupukan Zn dan Mn ke tanaman buncis sesuai dengan perlakuan	84
8	Tanaman buncis perlakuan M2 memasuki fase berbunga	85
9	Pengambilan data tingkat kehijauan daun dengan menggunakan klorofil meter SPAD 502	86
10	Pengukuran luas daun tanaman buncis dengan aplikasi global mapper	86
11	Pemanenan dan penimbangan bobot brangkasan tanaman dan akar	87
12	Panen buncis hijau umur 42 HST untuk tujuan konsumsi	87
13	Rataan panjang buah buncis pada setiap perlakuan	88
14	Buah buncis panen kuning untuk menghitung bobot biji per tanaman kadar air 12 %	88
15	Analisis klorofil dengan alat spektrofotometer <i>Thermo scientific Genesys 20</i>	89

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Manajemen hara merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman yang juga mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman baik unsur hara makro maupun hara mikro. Akan tetapi, defisiensi hara mikro dalam tanah dan tanaman merupakan suatu masalah yang sudah umum terjadi di banyak negara (Mousavi, dkk., 2007).

Unsur hara mikro mempunyai peran yang sama pentingnya dengan hara makro dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman dan apabila kekurangan satu nutrisi saja maka dapat mengurangi hasil tanaman. Hara mikro yang tersedia bagi tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor meliputi kemampuan tanah dalam menyediakan nutrisi, tingkat penyerapan nutrisi, dan mobilisasi nutrisi dalam tanaman (Abbas, dkk., 2009).

Tanaman sangat bervariasi dalam kebutuhan hara mikro, yang mana sangat berpengaruh dalam semua fungsi fisiologi tanaman. Ada beberapa hara mikro esensial yang berpengaruh dalam reaksi redoks dan beberapa lainnya sebagai kofaktor dalam banyak enzim. Hara mikro mempunyai fungsi sebagai aktivasi enzim dan memainkan peran secara struktural dalam menstabilkan protein dalam tanaman (Hansch dan Mendel, 2009).

Sementara itu, tanah Ultisol dengan kesuburan rendah dan pH tanah yang masam sangat mendominasi tanah di Indonesia sehingga berpengaruh terhadap teknologi budidaya yang diterapkan. Subagyo, dkk. (2004) menyebutkan persebaran tanah Ultisol sangat luas mencapai 45,79 juta ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sehingga kegiatan budidaya tanaman yang dilakukan di tanah dengan pH masam selalu dilakukan pengapuran dengan dosis tinggi.

Pengapuran pada tanah masam dapat meningkatkan pH tanah secara signifikan, sehingga beberapa unsur hara mikro esensial seperti Zn dan Mn menjadi tidak tersedia. Akibatnya produksi tanaman akan menurun seiring dengan gejala kekahatan unsur hara mikro Zn dan Mn tersebut. Selain dari pengapuran, pemupukan dengan dosis tinggi dan kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah juga menyebabkan tidak tersedianya hara Zn dan Mn di dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman (Sims, 1986).

Seng (Zn) adalah unsur hara mikro esensial bagi manusia, hewan, dan tumbuhan tingkat tinggi. Kandungan Zn total rata-rata pada litosfer sekitar 80 mg/kg. Mineral-mineral sebagai sumber utama yang kaya Zn dalam tanah adalah sphalerite dan wurtzite (ZnS), dan sumber yang sangat kecil dari mineral-mineral smithsonites ($ZnCO_3$), willemite (Zn_2SiO_4), zincite (ZnO), zinkosite ($ZnSO_4$), franklinite ($ZnFe_2O_4$), dan hopeite ($Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$) (Lindsay, 1972).

Zn diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Zn^{++} dan dalam tanah alkalis mungkin diserap dalam bentuk monovalen $Zn(OH)^+$. Di samping itu, Zn diserap dalam bentuk kompleks khelat, misalnya $Zn-EDTA$. Seperti unsur mikro lain, Zn dapat diserap lewat daun. Kadar Zn dalam tanah berkisar antara 16-300 ppm, sedangkan

kadar Zn dalam tanaman berkisar antara 20-70 ppm. Fungsi Zn antara lain sebagai pengaktif enzim anolase, aldolase, asam oksalat dekarboksilase, lesitimase, sistein desulfhidrase, histidin deaminase, super okside demutase (SOD), dehidrogenase, karbon anhidrase, proteinase dan peptidase. Juga berperan dalam biosintesis auxin, pemanjangan sel dan ruas batang (Mengel, dkk., 2001).

Mangan terdapat dalam tanah berbentuk senyawa oksida, karbonat dan silikat dengan nama pyrolusit (MnO_2), manganit ($MnO(OH)$), rhodochrosit ($MnCO_3$) dan rhodinit ($MnSiO_3$). Mn umumnya terdapat dalam batuan primer, terutama dalam bahan ferro magnesium. Mn dilepaskan dari batuan karena proses pelapukan batuan. Hasil pelapukan batuan adalah mineral sekunder terutama pyrolusit (MnO_2) dan manganit ($MnO(OH)$). Kadar Mn dalam tanah berkisar antara 300 sampai 2000 ppm. Bentuk Mn dapat berupa kation Mn^{++} atau mangan oksida, baik bervalensi dua maupun valensi empat. Fungsi Mn adalah sebagai penyusun ribosom dan juga mengaktifkan polimerase, sintesis protein, karbohidrat. Mn berperan sebagai aktivator bagi sejumlah enzim utama dalam siklus krebs, dibutuhkan untuk fungsi fotosintetik yang normal dalam kloroplas, ada indikasi dibutuhkan dalam sintesis klorofil (Mengel, dkk., 2001).

Kekurangan atau kelebihan unsur Zn pada lahan pertanian diperlihatkan pada kandungannya yang terdapat dalam jaringan tanaman, khususnya pada tanaman semusim. Beberapa spesies tanaman toleran terhadap tingginya kandungan Zn dalam jaringan tanaman (mencapai 600–7800 ppm) (Antonofics, dkk., 1971; Carles, dkk., 1969). Keracunan Zn menyebabkan berkurangnya pertumbuhan akar tanaman dan pelebaran daun diikuti klorosis atau bercak-bercak. Kadar Zn

yang tinggi menekan serapan P dan Fe oleh tanaman (Adriano, dkk., 1971).

Sedangkan keracunan Mn pada tanaman dapat menyebabkan penurunan kandungan klorofil diikuti dengan penurunan hasil tanaman, bercak cokelat pada daun diikuti klorosis, dan menekan serapan Fe (Mengel, dkk., 2001).

Unsur hara Zn dan Mn adalah unsur hara mikro esensial yang sangat berpengaruh dalam proses fisiologi tanaman dan dalam peningkatan hasil tanaman. Pemberian pupuk Zn dan Mn sangat dibutuhkan tanaman dalam dosis yang tepat dan sesuai mengingat peran Zn dan Mn yang dapat meningkatkan fotosintesis bagi tanaman. Berdasarkan hal-hal yang telah dikemukakan, maka penelitian ini dilaksanakan untuk menjawab masalah yang telah dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah pemberian pupuk Zn dan Mn pada tanaman buncis dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman?
2. Manakah pemberian pupuk Zn dan Mn dosis yang sama yang lebih baik untuk tanaman buncis terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman?
3. Apakah pemberian pupuk Zn dan Mn memberikan pengaruh nyata pada peningkatan kandungan klorofil dan protein kacang buncis?

1.2 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mempelajari pengaruh pupuk hara mikro Zn dan Mn terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis.
2. Untuk mengetahui pengaruh yang lebih baik antara pemberian pupuk Zn dan Mn terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman buncis.

3. Untuk mempelajari adanya pengaruh peningkatan kandungan klorofil dan protein pada kacang buncis akibat pemberian pupuk hara mikro Zn dan Mn.

1.3 Landasan Teori

Aplikasi pupuk hara mikro Fe (dosis 150 g/ha), Zn (dosis 100 g/ha), Mn (dosis 100 g/ha), B (dosis 100 g/ha), dan kombinasi keempatnya melalui daun (*foliar*) pada tanaman kedelai mampu meningkatkan karakter tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong, bobot biji per tanaman dan bobot biji per ha secara signifikan daripada tanpa dipupuk hara mikro. Pada kombinasi keempat hara mikro tersebut menunjukkan hasil yang paling tinggi. Selain itu, hal yang sama ditunjukkan pada kandungan minyak dan protein (%) pada kedelai dan minyak serta protein yang dihasilkan (kg/ha) (El Haggan, 2014).

Pada aplikasi Zn ($ZnSO_4$) yang dilakukan pada 2 metode yaitu melalui tanah dan daun menghasilkan nisbah berat daun tanaman tomat secara nyata lebih tinggi melalui tanah daripada aplikasi melalui daun untuk perlakuan penyiraman 2 dan 12 hari sekali pada dosis Zn 40 mg/kg dan 60 mg/kg (Sakya, dkk., 2015).

Pemupukan hara mikro Zn dan Mn secara signifikan dengan konsentrasi yang tinggi (0,5 kg/ha dan 1 kg/ha) akan mengakibatkan akumulasi penurunan karakter hasil dan berat kering pada tanaman *Sesamum indicum* L. pada tanah Litosol. Sementara itu, aplikasi Zn dan Mn dengan konsentrasi yang tinggi menunjukkan peningkatan serapan dan kandungan hara Mn dan Zn pada tanaman tersebut sehingga menyebabkan tanaman menjadi keracunan Mn dan Zn yang berkorelasi dengan penurunan hasil dan berat kering tanaman (Shehu, 2014).

Pemupukan hara mikro Zn (116 ppm), Fe (116 ppm), serta kombinasi Zn dan Fe pada daun (*foliar application*) tanaman kedelai secara signifikan mampu meningkatkan hasil per hektar, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong dan bobot 1000 butir kedelai. Sementara itu pada waktu aplikasi hara mikro tersebut, perlakuan waktu aplikasi daun berjumlah sepuluh secara nyata mampu meningkatkan jumlah polong per tanaman dan bobot 1000 butir daripada waktu aplikasi saat pembungaan dan saat pembentukan polong (Heidarian, dkk., 2011).

Pemberian hara mikro Fe, B dan Zn pada pemupukan daun untuk tanaman *Cowpea* secara nyata mampu meningkatkan kandungan konsentrasi Fe, B, dan Zn serta meningkatkan kandungan protein dalam biji *Cowpea* daripada kontrol yang mana kandungan konsentrasinya hara mikro dan proteinnya lebih tinggi pada aplikasi Fe, B dan Zn pada level 2 ppm dibandingkan 1 ppm (Salih, 2013).

Pada parameter tanaman gandum, pemberian kombinasi NPK dan hara mikro Fe sampai taraf 16 kg/ha Fe secara signifikan mampu meningkatkan panjang malai daripada yang hanya diberi perlakuan pupuk NPK dan perlakuan kontrol. Sedangkan parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah bulir tidak berbeda nyata antara perlakuan NPK dan kombinasi NPK ditambah Fe. Untuk perlakuan kontrol secara signifikan menunjukkan hasil yang paling rendah daripada yang diberi pupuk NPK dan kombinasi NPK dan Fe (Abbas, dkk., 2009).

Pemberian hara mikro juga berpengaruh pada kuantitas dan kualitas tanaman jeruk. Contohnya pemberian hara mikro Zn, Cu, dan B pada tanaman jeruk varietas Kinnow dengan konsentrasi masing-masing yaitu 0.3%, 0.1%, dan 0.2% secara nyata mampu meningkatkan laju fotosintesis, mempengaruhi buka tutup

stomata dan laju transpirasi, meningkatkan kandungan klorofil a/b dan karotenoid, menambah massa buah dan volume sari jeruk serta meningkatkan jumlah buah jeruk per tanaman (Ilyas, dkk., 2015).

Pada tanaman kakao, pemberian hara mikro boron (B) pada konsentrasi tinggi sampai 10.050 ppm secara nyata dapat menurunkan jumlah kumulatif pentil yang terbentuk, pentil kakao sehat, dan jumlah kakao dapat dipanen tetapi dapat menekan jumlah pentil layu. Tanggapan terhadap boron pada tanaman kakao dipengaruhi oleh Zn pada parameter jumlah kumulatif pentil kakao terbentuk dan jumlah kumulatif pentil kakao layu. Aplikasi boron dengan konsentrasi 3.350 ppm dan Zn 2.500 ppm meningkatkan jumlah pentil kakao yang terbentuk lebih besar 18,3% dibandingkan kontrol, dan kombinasinya pada konsentrasi boron 3.350 ppm dan Zn 3.750 ppm dapat menekan pentil layu hingga 86% (Kurniawati, dkk., 1998).

Untuk pertumbuhan, tanaman membutuhkan unsur Zn hanya dalam jumlah sedikit dibandingkan dengan unsur hara makro. Hal ini terlihat dari hasil analisis Zn pada jaringan tanaman berkisar 21–120 ppm dari bahan kering jaringan tanaman yang sehat, bila kandungan 11–25 ppm dikatakan rendah, di bawah angka 10 ppm disebut kurang (defisien), dan tinggi atau berlebihan bila kandungan Zn di atas 71 atau 81 ppm (Lindsay, 1972).

Pada percobaan pupuk daun oleh hara mikro Zn dan Mn pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris*) yang dilakukan di rumah kaca yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, kombinasi aplikasi Zn dan Mn dengan dosis perlakuan Zn (0, 50, 100, 200, 400 g/ha) dan dosis perlakuan Mn (0, 75, 150, 300, 600 g/ha) secara

nyata mampu meningkatkan tinggi tanaman dan komponen hasil seperti jumlah biji per polong, jumlah polong per tanaman dan produktivitasnya. Berdasarkan kurva efisiensi maksimum didapatkan bahwa dosis 315 g/ha Mn dan 280 g/ha Zn menghasilkan produksi kacang buncis sebesar 2.275 kg/ha yang mana hasilnya lebih 60% diatas kontrol (Teixeira, dkk., 2004).

Pada tanaman buncis (*Phaseolous vulgaris*) dengan perlakuan pupuk urea dosis 250 kg/ha, 300 kg/ha, 350 kg/ha yang dikombinasi dengan pupuk K dosis 120 kg/ha dan dosis pupuk daun Zn 6/1000 secara nyata meningkatkan hasil biomassa, bobot polong segar, hasil biji per ha, panjang buncis dan jumlah polong per tanaman dibandingkan perlakuan tanpa kombinasi (Nasri, dkk., 2011).

Aplikasi pupuk Zn pada daun tanaman paprika (*Capsicum annuum* L.) secara nyata mampu meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total daripada perlakuan kontrol, dan secara keseluruhan pemberian kombinasi pupuk daun yang terdiri dari asam humik, Zn, dan B pada tanaman paprika mampu menunjukkan hasil tertinggi daripada perlakuan lainnya untuk kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total (Manas, dkk., 2014).

Pada pemberian dosis Zn dipengaruhi oleh sifat tanah, ketersediaan Zn dalam tanah (tingkat kekahatan), jenis tanaman, sumber Zn, dan metode aplikasi. Pupuk Zn anorganik memiliki dosis pemberian lebih besar dibandingkan dengan bentuk khelat. Rekomendasi untuk Zn anorganik adalah 3 – 10 kg/ha Zn, dan 0,5 – 2 kg/ha Zn jika diberikan dalam bentuk khelat. Untuk sebagian besar tanaman sayuran, direkomendasikan 10 kg/ha pada tanah lempungan dan geluhan, serta 3 –

5 kg/ha untuk tanah pasiran. Pupuk Zn dalam bentuk khelat memiliki efektivitas lebih baik tetapi harganya yang mahal (Havlin, dkk., 1999).

1.4 Kerangka Pemikiran

Pada kondisi lahan pertanian yang mempunyai pH tinggi akibat pemberian kapur dosis tinggi mengakibatkan hilangnya beberapa hara mikro esensial yang mempunyai pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Dengan nilai pH yang tinggi mengakibatkan unsur hara mikro seperti Zn dan Mn menjadi tidak tersedia bagi tanaman sehingga berpengaruh terhadap fisiologi tanaman. Kekurangan hara mikro dapat mempengaruhi kinerja enzim dan metabolisme pada tanaman.

Secara umum fungsi unsur hara mikro adalah sebagai penyusun jaringan tanaman, sebagai katalisator atau perangsang, mengatur kadar asam tanaman, berpengaruh terhadap proses oksidasi dan reduksi tanaman, mempengaruhi penyerapan unsur hara lain dan nilai osmotik tanaman, serta membantu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil.

Unsur hara mikro juga lebih banyak hilang dan tidak tersedia bagi tanaman akibat terserap oleh tanaman. Selain itu, penggunaan pupuk hara makro terutama N, P, dan K dengan dosis tinggi juga menurunkan kadar hara mikro dalam tanah. Sehingga penggunaan pupuk hara makro maupun hara mikro harus seimbang.

Penggunaan hara mikro Zn dan Mn sangat dianjurkan pada setiap budidaya tanaman. Peran hara Zn bagi tanaman adalah membantu pembentukan klorofil,

kofaktor berbagai enzim terutama mengaktifkan enzim Rubisco untuk proses fotosintesis sedangkan peran hara Mn adalah sebagai pembentukan klorofil dan membantu proses fotosintesis. Sehingga dengan pemberian unsur hara mikro Zn dan Mn dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, meningkatkan kandungan pigmen dan protein pada hasil tanaman terutama pada tanaman kacang buncis.

Adanya batasan dalam penggunaan unsur hara mikro juga harus diperhatikan, karena salah satu sifat dari unsur hara mikro tersebut adalah hara mikro diperlukan dalam jumlah yang sedikit dan dapat merusak bila dijumpai dalam jumlah yang banyak.

Karena begitu pentingnya unsur hara mikro terutama Zn dan Mn selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman, maka perlu diaplikasikan sesuai dengan dosis dan konsentrasi yang tepat. Penambahan unsur hara Zn dan Mn melalui pupuk dilakukan dan dikendalikan lebih teliti dan dilihat pengaruhnya pada pertumbuhan, produksi tanaman, dan pada proses fotosintesisnya.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dan kerangka pemikiran yang telah dipaparkan, maka hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman buncis dengan pemberian pupuk hara mikro Zn dan Mn.
2. Terdapat pupuk mikro yang terbaik antara pemberian pupuk Zn dan Mn terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman buncis.

3. Adanya peningkatan yang signifikan pada kandungan klorofil dan protein tanaman kacang buncis akibat pemberian pupuk hara mikro Zn dan Mn.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Buncis

Taksonomi tanaman buncis menurut Benson (1957) adalah kingdom Plantae, divisi Spermatophyta, sub divisi Angiospermae, kelas Dicotyledonae, sub kelas Calyciflorae, ordo Rosales (Leguminales), keluarga Leguminosae (Papilionaceae), sub keluarga Papilionoideae, genus *Phaseolus*, dan spesiesnya adalah *Phaseolus vulgaris* L.

Tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) berasal dari wilayah selatan negara Meksiko dan wilayah tropis Guatemala. Pada lingkungan liar, buncis dapat ditemukan di dataran rendah sampai dataran tinggi, dan pada lingkungan kering hingga kondisi lembab (Duke, A. James, 1981). Jenis buncis yang berdaging kurang mampu beradaptasi terhadap iklim dibandingkan tipe biji kering (Waluyo dan Djuariah, 2013).

Dalam 100 g buncis yang dapat di makan, terkandung nilai gizi sebesar 35 kal kalori; 2,4 g protein; 0,2 g lemak; 7,7 g karbohidrat; 6,5 g kalsium; 4,4 g fosfor; 1,2 g serat; 1,1 g besi; 630 SI vitamin A; 0,08 mg thiamine; 0,1 mg riboflavin; 0,7 mg niacin; 19 mg vitamin C; dan 89 g kandungan air (Cahyono, 2007).

Tanaman buncis memiliki bentuk semak atau perdu. Tinggi tanaman buncis dengan tipe tegak berkisar antara 30-50 cm sedangkan untuk tipe merambat dapat mencapai 2 meter. Kacang buncis tumbuh merambat (*pole beans*) dan dipanen polong mudanya. Penamaan umum kacang buncis adalah *Snap beans* atau *French beans* (Rukmana, 1998).

Berdasarkan kegunaannya, buncis terbagi menjadi 4 kelompok, yaitu Buncis Perancis: bagian yang dikonsumsi adalah polong berdaging yang berwarna hijau, kuning, atau ungu yang mengandung biji yang belum berkembang. Polong tidak mempunyai urat samping atau lapisan lir kertas; Buncis *filet haricot*: polong mengandung urat samping (*string*), tetapi polong muda berdaging untuk dikonsumsi; Buncis *haricot*: biji segar adalah bagian yang dimakan, sedangkan polong mengandung urat samping dan serat umumnya tidak dikonsumsi; Buncis bijian kering: biji kupasan kering adalah bagian yang dikonsumsi, sedangkan polong mempunyai urat samping, serat, lapisan lir kertas, dan tidak dimakan (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

Buncis dapat digolongkan dalam dua tipe, yaitu tipe merambat dan tipe tegak. Tipe merambat memiliki karakteristik morfologi adalah tanaman memerlukan turus atau lanjaran sebagai tempat merambat, habitus tampak rimbun ketika masih muda dan apabila sudah mulai merambat maka akan terlihat langsing karena percabangan yang berselang, tinggi tanaman dapat mencapai lebih 2,5 meter, bunga mekar relatif tidak serentak karena perbedaan umur disetiap cabang tanaman, dan populasi tanaman per hektar hanya separuh dari tipe tegak karena jarak tanam yang lebih renggang. Sedangkan tipe tegak memiliki karakteristik

morfologi yaitu tanaman tidak memerlukan turus untuk merambat karena tumbuh tegak, habitus tanaman rimbun karena jarak cabang yang dekat, tinggi tanaman sekitar 40 cm, bunga mekar relatif serempak, dan populasi tanaman per hektar mencapai dua kali lipat tanaman buncis tipe merambat (Pitojo, 2004).

Berdasarkan tipe fotosintesis, kacang buncis merupakan tanaman C3 yang tingkat kejenuhan fotosintesis dicapai pada intensitas cahaya lebih rendah dibandingkan tanaman C4. Laju fotosintesis lambat pada kondisi intensitas cahaya dan suhu tinggi. Fotosintesis pada kondisi suhu dingin, lembab, dan cahaya normal akan lebih efisien dibandingkan tanaman C4. Pada kondisi panas dan kering, stomata akan menutup untuk mengurangi kehilangan air dari dalam tanaman, tetapi dapat menghambat pertukaran CO₂ sehingga menurunkan laju fotosintesis. Pada tanaman C3, enzim RuBisCo dapat menyatukan CO₂ dengan substrat untuk membentuk karbohidrat (fotosintesis) dan secara bersamaan mengikat O₂ untuk proses fotorespirasi yaitu pembongkaran karbohidrat hasil fotosintesis untuk menghasilkan energi yang terjadi pada siang hari (Taufiq dan Sundari, 2012).

2.2 Unsur Hara Mikro Zn dan Mn

Seng (Zn) adalah salah satu unsur hara mikro yang berperan penting dalam aktivitas enzim karbonik anhidrase dan enzim ribulose 1,5 biphosphate karboxilase (RuBPC) yang dalam kegiatan fotosintesis akan memproduksi bahan kering (Sakya, dkk., 2015).

Seng memiliki peran sebagai katalis, aktivator, atau struktural dalam beberapa sistem enzim. Zinc merupakan komponen enzim karbonik anhidrase dan enzim

ribulose 1,5 biphosphate karboxilase (RuBPC), enzim yang terlibat dalam aktivitas fotosintesis dan enzim yang lain seperti dehidrogenase, transphosphorilase, RNA, dan DNA polimerase berpengaruh pada aktivitas metabolisme karbohidrat dan protein (Welch, 2001).

Unsur hara mikro lainnya yang tak kalah penting adalah mangan (Mn). Mangan berperan dalam proses fisiologis pada tanaman sebagai aktivator beberapa enzim dan katalisator dalam pemisahan molekul air selama proses fotolisis fotosintesis (Gardner, dkk., 1985). Menurut Sutedjo (2008) dan Agustina (2011), Mn bisa menjaga kondisi daun tetap hijau, terutama pada daun yang lebih tua. Dengan dilakukan penambahan unsur hara Mn, daun tua diharapkan tetap mampu berfotosintesis yang berpengaruh pada peningkatan potensi hasil.

Pada serapan Zn bervariasi antar spesies tanaman yang ditentukan oleh komposisi dan konsentrasi media pertumbuhan. Serapan Zn muncul sebagai kation divalen atau sebagai senyawa kompleks dengan organik ligan, cenderung untuk menampilkan pola linear dalam konsentrasi larutan nutrisi di tanah dan melalui xilem akar memuat tunas jaringan. Translokasi Zn ke akar xilem terjadi melalui simplas dan apoplast (Broadley, dkk., 2007), tetapi pada konsentrasi Zn yang tinggi juga telah terdeteksi di floem, yang menunjukkan bahwa logam ini bertranslokasi melalui kedua xilem dan floem jaringan (Haslett, dkk., 2001).

Mn adalah unsur hara penting sebagai logam konstituen, aktif di 35 enzim termasuk phosphotransferase, oksidase, dekarboksilase, dehidrogenase, arginase, phosphomutase, peroksidase dan kinase, yang terlibat dalam sintesis klorofil, aktif dalam enzim siklus Krebs, metabolisme N_2 (nitrat pengurangan) dan glikolisis

(Fageria, dkk., 2007). Dalam hal ini terlibat dalam fotolisis air, transpor elektron dalam fotosintesis dan merupakan komponen struktural dalam kloroplas. Di samping itu, bersama dengan mikronutrien lain seperti Cu, Zn dan B terlibat dalam pertumbuhan reproduksi melalui keseimbangan hormon, dalam oksidasi auksin dan biosintesis metabolit sekunder. Kekurangan Mn dapat menghambat pengembangan anter dan mempengaruhi tingkat daya berkecambah benih (Kirkby dan Römheld, 2007).

Mn merupakan bagian dari enzim superoksida dismutase (SOD) untuk menetralkan efek degradasi oksidatif dari jaringan yang terletak di kloroplas dan mitokondria serta penting dalam perlindungan biomembran dan fotosintesis (Marschner, 2006).

Kekurangan Mn sedikit mempengaruhi fotosintesis dan mengurangi tingkat karbohidrat terlarut dalam tanaman, namun pasokan ini memberikan kontribusi reaktif terhadap evolusi fotosintesis oksigen. Kekurangan Mn akan mengganggu struktur kloroplas dan kondisi ini tidak dapat diubah kembali ke awal (Kirkby dan Römheld, 2007). Sebaliknya, konsentrasi tinggi Mn dapat terakumulasi dalam vakuola atau kompartemen seluler lain seperti Golgi, dan mengurangi fotosintesis bersih dengan menghambat reaksi dari RuBP karboksilase (Marschner, 2006).

Zinc (Zn) memiliki peran penting baik sebagai komponen enzim atau sebagai kofaktor, struktural dari sejumlah besar enzim (Grotz dan Guerinot, 2006).

Mangan (Mn) dianggap sebagai penggerak berbagai reaksi enzimatik yang berbeda dan mengambil bagian dalam fotosintesis. Mangan mengaktifkan dekarboksilase dan dehidrogenase dan merupakan konstituen dari kompleks PS II

protein, enzim superoksida dismutase (SOD) dan fosfatase. Kekurangan Mn menginduksi penghambatan pertumbuhan, klorosis dan nekrosis. Beberapa penelitian menunjukkan pengaruh positif dari aplikasi mikronutrien Zn dan Mn dalam peningkatan parameter hasil dan kuantitatif tanaman pada kentang (Mosavi, dkk., 2007) dan tanaman pearl millet (Paygozar, dkk., 2009). Seifi Nadergholi, dkk. (2011) menunjukkan bahwa pemberian foliar application Zn dan Mn terasa meningkatkan komponen hasil kacang.

Berglund (2002) mencatat bahwa aplikasi Zn pada daun meningkatkan hasil biji kedelai. Bozoglu, dkk. (2007) menyatakan bahwa aplikasi daun dari mikronutrien (Zn) pada kacang dapat diterapkan untuk hasil dan kualitas yang lebih tinggi.

Kekurangan mangan sering dikaitkan dengan defisiensi Zn (Zekri dan Obreza, 2009). Kekurangan Mn terjadi pada tanah alkalin. Mangan adalah nutrisi yang ditemukan dalam jaringan tanaman pada konsentrasi mulai dari 10 sampai 500 mg kg⁻¹ atau lebih. Pada kebanyakan tanaman, itu adalah kurang dari 10 mg kg⁻¹ dan beracun ketika konsentrasi melebihi sekitar 300 mg kg⁻¹ (Sturgul, 2010).

2.3 Efisiensi Pupuk Majemuk

Pupuk majemuk merupakan pupuk yang kandungannya terdiri lebih dari satu unsur yang dibutuhkan tanaman. Keuntungan penggunaan pupuk majemuk adalah praktis dalam penggunaannya, hara yang terkandung tercampur dengan rata, dan yang paling penting adalah memudahkan dalam aplikasi sehingga lebih efisien. Penggunaan pupuk majemuk lengkap formula tablet pada tanaman teh dapat

menurunkan takaran pupuk sebesar 33,3% dibandingkan penggunaan pupuk tunggal konvensional (Wibowo dan Rachmiati, 1995).

Pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung unsur hara esensial lebih dari satu unsur, misalnya pupuk NP, NK, PK, NPK atau NPKMg. Pupuk majemuk yang mengandung unsur hara lengkap dapat dikatakan sebagai pupuk NPK atau *Compound Fertilizer*. Pupuk majemuk NPK adalah pupuk anorganik atau pupuk buatan yang dihasilkan dari pabrik-pabrik pembuat pupuk, yang mana pupuk tersebut mengandung unsur-unsur hara atau zat-zat makanan yang diperlukan tanaman dengan kandungan tertentu, bisa 15:15:15 atau 16:16:16 tergantung kegunaan dan spesifikasinya (Sutejo, 2002). Kandungan unsur hara dalam pupuk majemuk dinyatakan dalam tiga angka yang berturut-turut menunjukkan kadar N, P₂O₅ dan K₂O (Hardjowigeno, 2007).

Keuntungan penggunaan pupuk majemuk adalah lebih praktis karena hanya dengan satu kali penebaran dan beberapa jenis unsur hara dapat diserap oleh tanaman. Penggunaan pupuk majemuk berperan penting dalam menambah kebutuhan unsur hara tanaman, terutama pada tanah-tanah miskin hara (Hakim, 2006). Penggunaan pupuk NPK dapat memberikan kemudahan dalam pengaplikasian di lapangan dan dapat meningkatkan jumlah unsur hara yang dibutuhkan serta dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman. Sutejo (2002) berpendapat bahwa pemberian pupuk anorganik ke dalam tanah dapat menambah ketersediaan hara yang cepat bagi tanaman.

Berdasarkan penelitian Putra (2012) penggunaan pupuk dengan perlakuan takaran NPK 200 kg/ha + Urea 50 kg/ha + Pupuk daun 2 kg/ha merupakan takaran yang

tepat dan dapat meningkatkan hasil padi gogo varietas Situ Patenggang hingga 3,4 ton/ha atau meningkat sebanyak 58% bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan pupuk tunggal saja (Urea 200 kg/ha + SP 36 100 kg/ha + KCl 50 kg/ha).

Menurut Pramono (2016), penggunaan pupuk majemuk 200 kg/ha dengan kandungan N, P, dan K yang hampir sama dengan pupuk tunggal urea, tsp, dan kcl secara nyata mampu meningkatkan jumlah buah pertanaman, bobot buah pertanaman, bobot buah perbuah, diameter buah, dan berat kering pada tanaman terung yang ditanam di tanah gambut dan mineral.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Lahan Institut Teknologi Sumatera Desa Way Hui Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan, Laboratorium Ilmu Tanah FP Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Dasar Institut Teknologi Sumatera dari bulan Agustus 2017 sampai Desember 2017.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan pengolahan tanah, peralatan pemeliharaan tanaman, alat scanning, aplikasi global mapper, mistar, oven, neraca analitik, klorofil meter SPAD 502, spektrofotometer Genesys 20, dan alat analisis klorofil metode Kjeldahl. Sedangkan bahan yang digunakan adalah benih buncis varietas tegak Garnisa, pupuk NPK 15-15-15, pupuk ZnSO₄ (Zn 35%), pupuk MnSO₄ (Mn 28%), insektisida, herbisida, dan bahan analisis protein dan klorofil.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal atau non faktorial dengan tiga kelompok berdasarkan waktu tanam. Adapun perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari 15 kombinasi perlakuan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar perlakuan kombinasi pupuk NPK dan pupuk mikro Mn dan Zn pada tanaman buncis

No	Perlakuan	Simbol Perlakuan
1	NPK 350 kg/ha	TMZ 1
2	NPK 400 kg/ha	TMZ 2
3	NPK 450 kg/ha	TMZ 3
4	NPK 500 kg/ha	TMZ 4
5	NPK 550 kg/ha	TMZ 5
6	NPK 350 kg/ha + Mn 3,5 kg/ha	M1
7	NPK 400 kg/ha + Mn 3,5 kg/ha	M2
8	NPK 450 kg/ha + Mn 3,5 kg/ha	M3
9	NPK 500 kg/ha + Mn 3,5 kg/ha	M4
10	NPK 550 kg/ha + Mn 3,5 kg/ha	M5
11	NPK 350 kg/ha + Zn 3,5 kg/ha	Z1
12	NPK 400 kg/ha + Zn 3,5 kg/ha	Z2
13	NPK 450 kg/ha + Zn 3,5 kg/ha	Z3
14	NPK 500 kg/ha + Zn 3,5 kg/ha	Z4
15	NPK 550 kg/ha + Zn 3,5 kg/ha	Z5

Untuk melihat pengaruh perlakuan dilakukan dengan analisis ragam α 0,05.

Apabila perlakuan nyata, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 0,05 untuk mengetahui perlakuan yang terbaik.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Uji Pendahuluan

Pengambilan sampel tanah pada awal Agustus 2017 sebelum dilakukan penanaman adalah untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah terutama

mengetahui nilai pH tanah, N-total, P-tersedia, K-dd, C-organik, Zn-tersedia, dan Mn-tersedia.

3.4.2 Pengolahan Tanah

Penelitian yang terdiri dari 15 perlakuan yang dibuat sebanyak 3 kelompok dengan luasan satuan percobaan adalah 12 m². Jarak antar perlakuan adalah 0,5 m dan jarak antar kelompok adalah 1 meter. Olah tanah dilakukan sebanyak 2 kali dengan olah tanah sempurna.

3.4.3 Penanaman

Jarak tanam yang digunakan sesuai dengan rekomendasi Setiawati, dkk. (2007) untuk buncis varietas tegak adalah 30 x 40 cm. Pembuatan lubang tanam dengan cara ditugal dan setiap lubang tanam diisi 2 benih. Apabila sudah tumbuh, disisakan 1 tanaman setiap lubang. Penyulaman dilakukan 7 HST.

3.4.4 Pemupukan

Pemupukan tanaman dengan pupuk NPK dilakukan melalui tanah pada awal tanam, 15 HST, dan 30 HST (berdasarkan petunjuk dari PT. Petrokimia Gresik) sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan. Pemberian pupuk mikro Zn dan Mn dilakukan pada saat tanaman berumur 7 HST.

3.4.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman tanaman, pembumbunan dan penyiangan gulma secara manual, dan penyemprotan insektisida dan herbisida jika diperlukan disesuaikan dosis pemakaian.

3.4.6 Pemanenan

Tanaman buncis tipe tegak dipanen pada saat tanaman berumur 42 hari (6 MST) setelah tanam dengan cara dipotong buahnya menggunakan pisau. Untuk panen biji ditunggu sampai buah buncis berwarna kuning dan biji berwarna kehitaman.

3.5 Variabel Pengamatan

Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tinggi Tanaman (cm), dihitung dari pangkal batang hingga titik tumbuh sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan. Diukur pada tanaman buncis umur 5 MST saat tanaman berbunga penuh (masa vegetatif maksimum).
2. Tingkat Kehijauan Daun (unit), dihitung dengan menggunakan alat SPAD dengan mengukur sampel daun trifoliat sempurna sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan. Diukur pada tanaman buncis umur 5 MST saat tanaman berbunga penuh (masa vegetatif maksimum).
3. Jumlah Daun (helai), dihitung semua daun yang ada pada batang tanaman sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan. Diukur pada tanaman umur 5 MST saat tanaman berbunga penuh (masa vegetatif maksimum).
4. Jumlah Daun Trifoliat Sempurna (helai), dihitung semua daun yang merupakan daun trifoliat sempurna sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan. Diukur pada tanaman usia 5 MST.

5. Bobot Basah Brangkasan (g), dihitung bobot seluruh bagian tanaman tanpa polong dan akar pada tanaman usia 5 MST sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan.
6. Bobot Kering Berangkasan (g), dihitung dengan cara mengoven seluruh tananaman kecuali polong dan akar pada saat waktu berbunga penuh usia 5 MST dengan suhu 70 °C sampai kering sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan.
7. Bobot Akar Tanaman (g), dihitung seluruh bobot akar tanaman usia 5 MST sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan.
8. Jumlah Buah Buncis Per Tanaman (buah), diukur dengan cara menghitung seluruh polong buncis yang terbentuk pada saat panen sebanyak 5 sampel tanaman pada masing-masing perlakuan. Panen usia 6 MST.
9. Panjang Buah Buncis (cm), diukur panjang polong buah buncis dengan alat penggaris pada sampel tanaman masing-masing perlakuan. Panen usia 6 MST.
10. Bobot Buncis Per Tanaman (g), diukur bobot buah buncis pada sampel tanaman masing-masing perlakuan. Panen usia 6 MST.
11. Bobot Buncis Per Petak Panen (kg), diukur bobot buah buncis pada petak panen seluas 4 m² pada masing-masing perlakuan. Panen usia 6 MST.
12. Bobot Biji per Tanaman kadar air 12% (g), diukur dengan cara menimbang bobot basah dan bobot kering biji setelah dioven, setelah itu dihitung dengan rumus kadar air 12%. Panen disaat buncis telah berwarna kuning.

$$\text{Bobot Biji KA 12 \% (g)} = \frac{100 - \text{KA terukur}}{100 - 12} \times \text{bobot KA terukur}$$

13. Jumlah Kandungan Protein (g), dihitung jumlah kandungan protein dalam 100 g buncis pada sampel masing-masing perlakuan. 1 gram sampel buncis dianalisis menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2011) yaitu dengan tahapan destruksi menggunakan bahan K_2SO_4 , $CuSO_4$ dan H_2SO_4 ; destilasi menggunakan bahan NaOH 40%, H_3BO_3 dan indikator BCG+MR; dan titrasi menggunakan bahan HCl 0,1 N sampai larutan terdapat warna merah muda dan dicatat volume HCl yang terpakai, setelah itu dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$\% N = \frac{\text{ml HCl (sampel - blanko)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times N \text{ HCl} \times 14,008 \times 100\%$$

% Protein = F x % N, dengan F adalah nilai konversi yaitu 6,25 untuk biji-bijian (setara dengan 0,16 gram nitrogen per gram protein).

14. Indeks Luas Daun Tanaman Buncis (cm^2), dilakukan dengan cara *scanning* daun dan dibuat skala dengan sebenarnya serta diukur luasannya dengan aplikasi global mapper 17.
15. Kandungan Klorofil Daun Tanaman Buncis (mg/l), diukur masing-masing kandungan klorofil A, B, dan total klorofil pada masing-masing sampel perlakuan dengan menggunakan alat spektrofotometer, catat panjang gelombang absorbansi nya, dan dihitung menggunakan rumus Arnon :
- $$\text{Klorofil a (mg/l)} = [13,7(A_{663}) - 5,76(A_{645})]$$
- $$\text{Klorofil b (mg/l)} = [25,8(A_{645}) - 7,7(A_{663})]$$
- $$\text{Total klorofil (mg/l)} = [20(A_{645}) - 0,1(A_{663})]$$
- dimana A adalah panjang gelombang terserap (Hendriyani dan Setiari, 2009).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh pemberian pupuk Zn dan Mn terhadap pertumbuhan, hasil, kandungan protein, dan klorofil pada tanaman kacang buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian pupuk Mn dan Zn dengan perlakuan M2 (3,5 kg/ha Mn + 400 kg/ha NPK) dan Z3 (3,5 kg/ha Zn + 450 kg/ha NPK) secara nyata menghasilkan nilai terbaik untuk parameter pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman dan hasil tanaman yaitu bobot brangkasan basah dan kering, jumlah buah per tanaman, panjang buah, dan bobot buah per tanaman buncis. Pemberian pupuk Mn secara nyata menghasilkan indikator terbaik terhadap bobot brangkasan kering, bobot akar, bobot buah per petak panen, hasil biji per tanaman kadar air 12%, dan indeks luas daun.
2. Pemberian perlakuan M2 (3,5 kg/ha Mn + 400 kg/ha NPK) secara nyata mampu mengurangi penggunaan NPK sebesar 150 kg/ha (dari dosis maksimum 550 kg/ha NPK) dan perlakuan Z3 (3,5 kg/ha Zn + 450 kg/ha NPK) mengurangi NPK sebesar 100 kg/ha (dari dosis maksimum 550 kg/ha NPK) untuk menghasilkan nilai terbaik untuk kategori pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman dan hasil tanaman yaitu bobot brangkasan basah dan kering, jumlah buah per tanaman, panjang buah, dan hasil buah per tanaman buncis.

3. Pemberian pupuk Zn secara nyata menghasilkan kandungan protein tertinggi dari perlakuan lainnya dan pemberian perlakuan M3 (3,5 kg/ha Mn + 450 kg/ha NPK) dan perlakuan Z3 (3,5 kg/ha Zn + 450 kg/ha NPK) mampu menghasilkan nilai tertinggi pada klorofil A, klorofil B, dan total klorofil tanaman buncis daripada perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, G., M. Q. Khan, M. J. Khan, F. Hussain, dan I. Hussain. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 19 (3) : 135-139.
- Abd El-Hakim, W. M., 2014. Response of some vegetable legume plants to foliar application of some antioxidants. *Journal of American Science*. 10 (12s) : 1-12.
- Adriano, D. C., G. M. Paulsen, dan L. S. Murphy. 1971. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationship in corn (*Zea mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. *Journal of Agronomy*. 63: 36–39.
- Agustina, L. 2011. *Micro nutrient I (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo dan Cl) importance of nutrient deficiency and toxicity* (in Indonesian). Post-Graduate Program University of Brawijaya. Malang. p. 25-32.
- Antonovics, J., A. D. Bradshaw and R. G. Turner. 1971. Heavy metal tolerance in plants. *Advances in Ecological Research*. 7: 1–85.
- Benson, L. 1957. *Plant Classification*. D.C. Heat and Company. Boston.
- Berglund, D.R. 2002. *Soybean Production Field Guide for North Dakota and Northwestern Minnesota*. Published in cooperative and with support from the North Dakota Soybean Council. 136p.
- Bozoglu, H., H. Ozcelik, Z. Mut, E. Pesken. 2007. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to zinc and molybdenum fertilization. *Bangladesh Journal of Botany*. 36 (2) : 145-149.
- Broadley, M. R., P. J. White, J. P. Hammond, I. Zelko dan A. Lux. 2007. Zinc in plants. *New Phytologist*. 173 : 677–702.
- Cahyono, B. 2007. *Kacang Buncis: Teknik Budidaya Dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius. Yogyakarta. 129 hlm.
- Carles, J., J. Calmes, J. Magny and R. Polou. 1969. The distribution of zinc and its toxicity in plants. *C. R. Academy Science. (Paris), Series D*. 268: 516–519.

- Dashadi M., A. Hossein, R. Radjabi, and T. Babainejad. 2013. Investigation of effect different rates phosphorus and zinc fertilizers on two cultivars lentil (Gachsaran and Flip92-12L) in irrigation complement condition. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 5 : 1-5.
- Duke, A. J. 1981. *Handbook of Legumes of World Economic Importance*. Plenum Press New York and London. 345 pp.
- Durmus, E.F., Sarka E., Bubnik Z., Schejbal M., and Kadlec P. 2010. Size properties of legume seeds of different varieties using image analysis. *Journal of Food Engineering*. 99 : 445-451.
- El Haggan, E.A.L.M.A. 2014. Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. *The International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 7 (11) : 908-914.
- Fageria, N., V. Baligar, dan R. Clark. 2007. *Physiology of crop production*. CRC Press, New York, NY.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1985. *Physiology of crop plants*. The Iowa State University Press. Iowa. p. 98–129.
- Grotz, N. dan M.L. Guerinot. 2006. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homestasis in plants. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1763 (7) : 595-608.
- Hakim, N. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah Masam dengan Teknologi Pengapuran Terpadu*. Andalas University Press. Padang. 143 hlm.
- Hansch, R. dan R.R. Mendel. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. 12 : 259-266.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. 288 hlm.
- Haslett, B. S., R. J. Reid, and Z. Rengel. 2001. Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Annals of Botany*. 87 (1) : 379–386.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton., S.L. Tisdale., dan W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An Intoduction to Nutrient Management*. Sixth ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Heidarian, A.R., H. Kord, K. Mostafavi, A.P. Lak, dan F.A. Mashhadi. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*. 3 (9) : 189-197.

- Hendriyani, I. K., dan N. Setiari, 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *Journal of Sains & Mat.* 17 (3) : 145-150.
- Illyas, A., M.Y. Ashraf, M. Hussain, M. Ashraf, R. Ahmed., dan A. Kamal. 2015. Effect of micronutrients (Zn, Cu and B) on photosynthetic and fruit yield attributes of *Citrus reticulata* Blanco var. Kinnow. *Pakistan Journal of Botany.* 47 (4) : 1241-1247.
- Kaur, M., S. Singh, M. Dishri, G. Singh, and S.K. Singh. 2018. Foliar application of zinc and manganese and their effect on yield and quality characters of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. kufri pukhraj. *Plant Archives.* 18 (2) : 1628-1630.
- Kirkby, E. dan V. Römheld. 2007. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funcoes, absorcao e mobilidade. *Informações Agronômicas.* 118 (2) : 1 - 24.
- Kobraee S., Shamsi K., and Rasekhi B. 2011. Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. *Annals of Biological Research.* 2 (2) : 476-482.
- Kurniawati, A., A. Wachjar, A.T.H. Sinaga. 1998. Pengaruh pupuk boron (B) dan seng (Zn) terhadap layu pentil dan buah kakao (*Theobroma cacao* L.) yang dapat dipanen. *Buletin Agronomi.* 26 (3) : 8-12.
- Lin L., Harnly J.M., Pastor-Corrales M.S., and Luthria D.I. 2008. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Food Chemistry.* 107 : 399-410.
- Lindsay, W. L. 1972. Zinc in soils and plant nutrition. *Advantages in Agronomy.* 42 (1) : 147-186.
- Manas, D., P.K. Bandopadhyay, A. Chakravarty, S. Pal, A. Bhattacharya. 2014. Effect of foliar application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent papper (*Capsicum annum* L.). *African Journal of Plant Science.* 8 (6) : 320-335.
- Marschner, H. 2006. *Mineral nutrition of higher plants.* 2nd ed. Academic press. New York. NY.
- Mengel, K., E.A. Kirkby, H. Kosegarten, dan T. Appel. 2001. *Principles of Plant Nutrition. 5th Edition.* Kluwer Academic Publishers. India. 846 pp.
- Moniruzzaman, M., M.R. Islam, J. Hasan. 2008. Effect of N P K S Zn and B on yield attributes and yield of French bean in south eastern hilly region of Bangladesh. *Journal of Agriculture and Rural Development.* 6 (1&2) : 75-82.

- Mousavi, S.R., M. Galavi, dan G. Ahmadvand. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 6 : 1256-1260.
- Mousavi, S.R., M. Shahsavari, and M. Rezaei. 2011. A general overview on manganese (Mn) importance for crops production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5 (9) : 1799-1803.
- Nadergoli, M.S., M. Yarnia, and F.R. Khoei, 2011. Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. CV Khomein). *Middle-East Journal of Scientific Research*. 8 : 859-865.
- Nasri, M., M. Khalatbari, dan H.A. Farahani. 2011. Zn-foliar application influence on quality and quantity features in *Phaseolus vulgaris* under different levels of N and K fertilizers. *Advances in Environmental Biology*. 5 (5) : 839-846.
- Ozbahce, A. and M. Zengin, 2011. Effects of manganese fertilizers on yield and yield components of dwarf dry bean. *Journal of Plant Nutrition*. 34 : 127-139.
- Paygozar Y., A. Ghanbari, M. Heydari, A. Tavassoli. 2009. Effect of foliar application of certain micronutrients on qualitative and quantitative characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under drought stress. *The Journal of Agricultural Science*. 3 (10) : 67-79.
- Pitojo, S. 2004. *Benih Buncis*. Kanisius. Yogyakarta. 81 hlm.
- Pramono, W.J. 2016. Uji Efisiensi Pupuk Majemuk dan Pupuk Tunggal Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.) pada Tanah Gambut dan Mineral. *Skripsi*. FPP. UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru. 47 hlm.
- Putra, S. 2012. Pengaruh pupuk npk tunggal, majemuk, dan pupuk daun terhadap peningkatan produksi padi gogo varietas situ patenggang. *Jurnal Agrotrop*. 2 (1) : 55-61.
- Rachmadhani, N.W., K. Koesriharti, dan M. Santoso, 2014. Pengaruh pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis tegak (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Produksi Tanaman Brawijaya*. 2 (6) : 443-452.
- Rahman, I., A. Afzal, Z. Iqbal, F. Ijaz, Sohail, S. Shad, S. Manan, and M. Afzal, 2014. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) to basal applied and foliar feeding of different nutrients application. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 14 (9) : 851-854.

- Raziq, A., A.R. Gurmani, S.U. Khan, A.A. Malik, T. Rubab, S.M. Khan, and I.H. Shah, 2016. Influence of zinc and humic acid on yield, nutritional quality, uptakes and economic returns of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (paulista) under field conditions. *Science International (Lahore)*. 28 (2) : 1237-1242.
- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono, 2012. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 224 hlm.
- Rubatzky, V. E. dan M. Yamaguchi. 1998. *Sayuran Dunia 2. Prinsip Produksi dan Gizi*. Penerbit ITB Bandung. 292 hlm.
- Rukmana, R. 1998. *Bertanam Buncis*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sakya, A.T., E. Sulistyaningsih., D. Indradewa., dan B.H. Purwanto. 2015. Tanggapan distribusi asimilat dan luas daun spesifik tanaman tomat terhadap aplikasi ZnSO₄ pada dua interval penyiraman. *Jurnal Hortikultura*. 25 (4) : 311-317.
- Salih, H.O., 2013. Effect of foliar fertilization of Fe, B and Zn on nutrient concentration and seed protein of cowpea "*Vigna unguiculata*". *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 6 (3) : 42-46.
- Salwa, A.I.E., Taha M.B., and Abdalla M.A.M. 2011. Amendment of soil fertility and augmentation of the quantity and quality of soybean crop by using phosphorus and micronutrients. *International Journal of Academic Research*. 3 (2) : 800-808.
- Seifi, Nadergholi M., M. Yarnia, F. R. Khoei. 2011. Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. CV. Khomein). *Middle-East Journal of Scientific Research*. 8 (5) : 859-865.
- Setiawati, W., R. Murtiningsih, G.A. Sopha, dan T. Handayani. 2007. *Petunjuk Teknis Budidaya Tanaman Sayuran*. Balitsa. Balitbang Pertanian. Bandung. 135 hlm.
- Shehu, H.E., 2014. Effects of manganese and zinc fertilizers on shoot content and uptake of N, P and K in sesame (*Sesamum indicum* L.) on lithosols. *International Research Journal of Agriculture Science and Soil Science*. 4 (8) : 159-166.
- Sims, J.T. 1986. Soil pH effects on the distribution and plant availability of manganese, copper and zinc. *Journal of Soil Sciences America*. 50 (1) : 367-373.
- Sturgul, S.J. 2010. *Soil Micronutrients: From Boron to Zinc*. Proceeding of the 2010 Wisconsin Crop Management Conference. pp: 49.

- Subagyo, H., N. Suharta, dan A. B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. hlm. 21–66. Dalam Adimihardja, A., L. I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin. (Ed.). *Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sutedjo, M.M. 2008. *Fertilizer and how to fertilize* (in Indonesian). Rineka Cipta. Jakarta. pp. 177
- Sutejo, M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta. 234 hlm.
- Taufiq, A. dan T. Sundari. 2012. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija*. 1 (23) : 13-26.
- Teixeira, I.R., A. Borem, G.A. Araujo, R.L. Fontes, 2004. Manganese and zinc leaf application on common bean grow on a “Cerrado” soil. *Scientia Agricola*. 61 (1).
- Usman M., M. Tahir, and M. A. Majeed. 2014. Effect of zinc sulphate as soil application and seed treatment on green gram (*Vigna radiata* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*. 12 (2) : 87- 91.
- Waluyo, D. dan D. Djuariah. 2013. *Varietas-Varietas Buncis (Phaseolus vulgaris L.) Yang Telah Dilepas Oleh Balai Penelitian Tanaman Sayuran*. IPTEK Tanaman Sayuran. Balitsa. 9 hlm.
- Welch, R.M. 2001. *Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale*. Plant Nutrition-Food Security. Dordrecht. Netherlands. p. 58-284.
- Wibowo, Z.S. dan Rachmiati, Y., 1995. *Penambahan bahan bantu terhadap pupuk tunggal campuran yang dipadatkan pengaruhnya terhadap tanaman teh*. Gambung: Pusat Penelitian Teh dan Kina. hal 80-85.
- Yarnia, M., M.B.K. Benam, H.K. Arbat, E.F.M. Tabrizi, and D. Hassanpanah, 2008. Effect of complete micronutrient and their application methods on root yield and sugar content of sugar beet cv. Rassoul. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 6 (3&4) : 341-345.
- Zeidan, M.S., Mohamed M.F., and Hamouda H.A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Sciences*. 6 (6) : 696-699.
- Zekri, M., dan T. Obreza. 2009. *Micronutrient Deficiencies in Citrus: Iron, Zinc, and Manganese*. A fact sheet of the Soil and Water Science Department. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.