



**PERANAN BERBAGAI BAHAN ORGANIK  
DAN AGEN HAYATI  
TERHADAP KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL  
PADA TANAMAN BAWANG MERAH**

Skripsi  
disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Biologi

oleh  
Ribka Ayu Oktaviana  
4411415019

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Peranan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Kandungan Logam Berat Timbal Pada Tanaman Bawang Merah" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 21 Januari 2020



## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Peranan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Kandungan  
Logam Berat Timbal Pada Tanaman Bawang Merah  
disusun oleh

Ribka Ayu Oktaviana

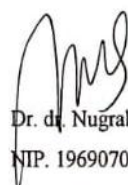
4411415019

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri  
Semarang pada tanggal 21 Januari 2020


Panitia Ujian

  
  
Ketua  
Dr. Sugianto, M.Si  
NIP. 196102191993031001


Sekretaris

  
Dr. dr. Nugrahaningsih W.H, M.Kes  
NIP. 196907091998032001


Penguji Utama

  
Talitha Widiatningrum, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 198009292005012004


Penguji II

  
Dr. Noor Aini Habibah, S.Si., M.Si  
NIP. 197111071998022001

Penguji III/Pembimbing

  
Dr. Ir. Nana Kariada T.M, M.Si  
NIP. 196603161993102001

Anggota

  
Sukarjo, S.T.P., M.P  
NIP.1973051420008011010

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

**Motto:**

Gunakan bahan alami, jangan rusak lingkungan.

Lindungi alam sekitar.

**Persembahan:**

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Almamater, Universitas Negeri Semarang

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peranan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati terhadap Kandungan Logam Berat Timbal pada Tanaman Bawang Merah”. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang dilakukan oleh Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) Pati.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini telah mendapatkan bantuan, dukungan dan bimbingan berbagai pihak, maka dengan rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi strata 1 Jurusan Biologi FMIPA UNNES.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Elisabeth Srihayu Harsanti, S.P., M.Sc. Ketua Peneliti EP3 yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian serta teknisi Laboratorium Terpadu Balingtan yang telah banyak membantu dan menemani dalam menyelesaikan proses administrasi.
5. Dr.Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan bantuan, arahan, masukan dan motivasi kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Sukarjo, S.T.P., M.P pembimbing lapangan yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan bantuan, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) yang telah mendanai penelitian kepada penulis hingga terselesainya skripsi ini.

8. Talitha Widiatningrum S.Si., M.Si., Ph.D. dosen penguji 1 yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
9. Dr. Noor Aini Habibah, S.Si., M.Si. dosen penguji 2 yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
10. Seluruh staff dan pengajar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan antuan dan ilmu pengetahuan selama masa studi.
11. Bapak Sutiono dan Ibu Yayuk Kriswati, adik saya Yeremia Adi Kurniawan dan semua keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, doa dan bantuan materil maupun non materil dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Sahabat yang seperti keluarga Jamil Maulana Zahriyan Alfiyan, Ratna Pasma Arganes, Windy Gita Pratama, Benneta Maria Fifi dan Mikha Ayu serta teman-teman Biologi 2015 yang telah memberikan bantuan semangat dan arahan kepada penulis dari penyusunan proposal hingga terselesaikannya skripsi.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karenanya penulis menerima dengan senang hati apabila terdapat kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca dan pihak lain yang berkepentingan

Semarang, 30 Desember 2019

Ribka Ayu Oktaviana

## ABSTRAK

**Oktaviana, R.A. 2020. Peranan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Kandungan Logam Berat Timbal Pada Tanaman Bawang Merah. Skripsi, Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si**

Pemberian pupuk anorganik dan pestisida secara terus menerus dapat mengakibatkan pencemaran logam berat timbal (Pb) pada lingkungan. Adanya logam Pb dalam pertanian dapat menurunkan kualitas bawang merah dan berbahaya bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi. Upaya perbaikan lahan dan hasil pertanian bawang merah dapat dilakukan dengan pengaplikasian bahan organik pupuk kandang, biokompos, biochar dan agen hayati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan logam berat Pb pada tanah dan umbi bawang merah, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah. Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtana) Pati pada bulan Juli 2019 – Januari 2020. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan delapan perlakuan, kontrol 50 ppm, kontrol 100 ppm, kontrol 200 ppm, pupuk kandang, biokompos, urea berlapis biochar, urea berlapis nanobiochar, dan agen hayati. Hasil menunjukkan bahwa agen hayati dapat menurunkan konsentrasi Pb di tanah sebesar 23,07%, biokompos sebesar 22,18%, pupuk kandang sebesar 14,48%, urea berlapis biochar sebesar 5,21% dan urea berlapis nanobiochar sebesar 11,5%. Hasil konsentrasi Pb pada umbi yang diberikan perlakuan agen hayati sebesar 0,11 ppm, pupuk kandang 0,17 ppm, biokompos 0,13 ppm, urea berlapis biochar 0,19 ppm, dan urea berlapis nanobiochar sebesar 0,24 ppm. Bahan organik dan agen hayati berperan terhadap meningkatkan pertumbuhan bawang merah pada sektor tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, dan bobot umbi bawang merah. Hasil dari penelitian ini memberikan informasi tentang bahan organik biokompos dan agen hayati dapat digunakan sebagai bahan uji dan analisis untuk di kembangkan dalam meningkatkan pertanian yang berkualitas dari paparan logam berat.

Kata kunci: Bawang merah, bahan organik, agen hayati, logam berat Pb

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Penegasan Istilah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Bahan Organik.....	8
a. Pupuk Kandang.....	8
b. Kompos.....	9
c. Biochar-Nano Biochar.....	10
2.2 Agen Hayati.....	12
2.3 Logam Berat Timbal.....	14
2.4 Bawang Merah.....	16
2.5 Kerangka Penelitian.....	19
2.6 Hipotesis.....	20
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Populasi dan Sampel.....	21



3.3 Variabel Penelitian.....	21
3.4 Alat dan Bahan.....	22
3.5 Rancangan Penelitian.....	23
3.6 Parameter Pengamatan.....	24
3.7 Prosedur Pelaksanaan.....	25
3.8 Langkah Penelitian.....	26
3.9 Analisis Data.....	29
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tanah dan Umbi Bawang Merah.....	31
4.1.1 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanah.....	31
4.1.2 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Umbi Bawang Merah.....	36
4.2 Pertumbuhan Bawang Merah.....	39
4.2.1 Tinggi Tanaman Bawang Merah.....	40
4.2.2 Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah.....	43
4.2.3 Jumlah Anakan Umbi Bawang Merah.....	45
4.3 Bobot Umbi Bawang Merah.....	48
<b>BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>52</b>
5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>

# DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Jumlah Produksi Bawang Merah Tahun 2015-2017 (BPS, 2017)...	1
2.1 Mekanisme Stabilisasi Logam Berat Pada Tanah Oleh Lumpur Biochar (Lu <i>et al</i> , 2012).....	11
2.2 Dinamika Logam Berat Dalam Tanah dan Tanaman .....	16
2.3 Umbi Bawang Merah.....	17
3.1 Denah Penelitian di Rumah Kasa.....	24
3.2 Alur Kerja Penelitian Pengaruh Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Kandungan Pb Pada Tanah dan Bawang Merah.....	25
3.3 a. Bagian Umbi Bawang Merah yang Dipotong	
b. Umbi Bawang Merah yang Sudah Dipotong dan Siap Ditanam...	26
4.1 Mekanisme Mikroba Mengakumulasi Logam Berat (Mosa <i>et al</i> , 2016).....	34
4.2 Translokasi Logam Berat Pada Tumbuhan (Hasan <i>et al</i> , 2019).....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Kandungan Hara Beberapa Pupuk Kandang.....	9
2.2	Kandungan Logam Berat dalam Tanah Secara Alamiah.....	14
2.3	Batas Kritis Logam Berat dalam Tanah, Air, dan Tanaman.....	15
3.1	Bahan yang Digunakan dalam Penelitian Eskperimen.....	22
3.2	Alat yang Digunakan dalam Penelitian Eskperimen.....	22
3.3	Bahan yang Digunakan dalam Penelitian Pasca Eskperimen.....	22
3.4	Alat yang Digunakan dalam Penelitian Pasca Eskperimen.....	23
3.5	Dosis Perlakuan, Dosis Cemaran Pb dan Waktu Aplikasi Perlakuan dalam Penelitian.....	24
4.1	Konsentrasi Pb Tersedia Pada Tanah.....	31
4.2	Hasil Uji Tuckey hsd Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Konsentrasi Pb Pada Tanah.....	32
4.3	Konsentrasi Pb Pada Umbi Bawang Merah.....	36
4.4	Hasil Uji Tuckey hsd Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Konsentrasi Pb Pada Umbi Bawang Merah.....	37
4.5	Tinggi Tanaman Bawang Merah.....	41
4.6	Hasil Uji Tuckey hsd Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Tinggi Tanaman Bawang Merah.....	41
4.7	Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah.....	44
4.8	Hasil Uji Anova Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah.....	44
4.9	Hasil Uji Tuckey hsd Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah.....	45
4.10	Jumlah Anakan Tanaman Bawang Merah.....	47
4.11	Hasil Uji Anova Pegaaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Jumlah Anakan Tanaman Bawang Merah.....	47

4.12 Hasil Uji Tuckey hsd Pagaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Jumlah Anakan Tanaman Bawang Merah.....	48
4.13 Bobot Basah dan Bobot Kering Umbi Bawang Merah.....	49
4.14 Hasil Uji Manova Pagaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Bobot Umbi Bawang Merah.....	50
4.15 Hasil Uji Tuckey hsd Pagaruh Perlakuan Berbagai Bahan Organik dan Agen Hayati Terhadap Bobot Umbi Bawang Merah.....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

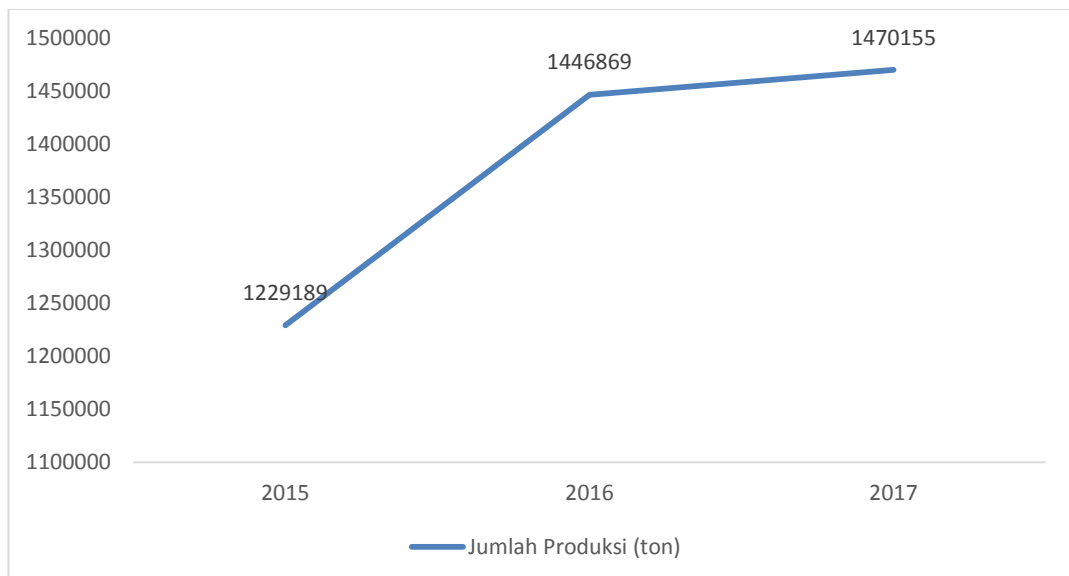
Lampiran		Halaman
1	Data hasil pengukuran Pb pada tanah masing-masing pengulangan dengan menggunakan AAS.....	58
2	Data hasil pengukuran Pb umbi masing-masing ulangan dengan menggunakan AAS.....	59
3	Data hasil pengukuran tinggi tanaman bawang merah.....	60
4	Data hasil pengukuran jumlah daun tanaman bawang merah.....	61
5	Data hasil pengukuran jumlah anakan tanaman bawang merah.....	62
6	Data hasil bobot umbi bawang merah.....	63
7	Data hasil analisis statistik Pb pada tanah.....	64
8	Data hasil analisis statistik Pb pada umbi bawang merah.....	67
9	Data hasil analisis statistik parameter tinggi tanaman bawang merah.....	69
10	Data hasil analisis statistik parameter jumlah daun tanaman bawang merah.....	71
11	Data hasil analisis statistik parameter jumlah anakan umbi bawang merah.....	73
12	Data hasil analisis statistik bobot umbi bawang merah .....	75
13	Perhitungan kebutuhan Pb per pot.....	77
14	Perhitungan dosis berdasarkan berat tanah.....	78
15	Timeline penelitian.....	79
16	Dokumentasi Penelitian.....	80

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bawang merah (*Allium cepa*) merupakan jenis tanaman semusim yang banyak dijumpai di wilayah Indonesia. Bawang merah digunakan oleh masyarakat Indonesia karena memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari, dan menjadikan bawang merah sebagai komoditas strategis yang bernilai ekonomis. Bawang merah merupakan komoditas hortikultura yang paling penting di ekspor, sehingga bawang merah harus memiliki kualitas yang baik dan bebas dari kontaminasi logam berat. Permintaan bawang merah yang meningkat, mengakibatkan produksi bawang merah juga mengalami peningkatan setiap tahunnya. Data dari Badan Pusat Statistik (2017) produksi bawang merah di Indonesia dari tahun 2015 sampai tahun 2017 mengalami peningkatan yaitu dari 1.229.189 ton menjadi 1.470.155 ton.



Gambar 1.1 Jumlah produksi bawang merah tahun 2015-2017 (BPS, 2017)

Intensifikasi dalam pertanian bawang merah diterapkan dengan beberapa teknologi yang bertujuan untuk meningkatkan hasil panen yang optimal. Salah satunya dengan penggunaan bahan agrokimia yaitu pupuk anorganik dan pestisida (Priyanto, 2009). Pupuk dan pestisida diketahui dapat meningkatkan hasil produksi dan meminimalisir kerugian akibat serangan hama. Hal tersebut memicu

petani untuk semakin meningkatkan penggunaan pupuk anorganik dan pestisida. Data dari Badan Pusat Statistik (2017) penggunaan bahan agrokimia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sebesar 20% - 30% per tahun. Pupuk anorganik merupakan pupuk yang dibuat oleh pabrik-pabrik pupuk dengan meramu bahan-bahan kimia anorganik berkadar hara tinggi (Lingga & Marsono, 2000).

Hasil penelitian yang dilakukan Yantari (2013) menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan petani tentang penggunaan pestisida dan bahayanya masih kurang. Hasil penelitian tingkat pengetahuan petani dalam mencampur pestisida terdapat 31,5% masih menggunakan tangan, 79,6% petani masih mencampur pestisida didekat sumber air, 66,7% petani menuang pestisida sedekat mungkin dengan tubuh. Petani dalam melakukan penyemprotan tidak memperhatikan arah angin 85,2%. Petani belum mengetahui dampak penyemprotan yang tidak memperhatikan arah angin, hal ini akan mempermudah pejalan pestisida dalam tubuh petani. (Yantari, 2013). Hasil pemeriksaan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang, diketahui bahwa pada beberapa pestisida mengandung logam berat Pb yaitu *Antracol 70 WP*, *Dirthane M 45 80 WP*, *Furadan 3G*, *Goal 240 EC*, *Buldog 25 EC*, *Hosathion 200 EC*, dan *Profile 430 EC*. Kadar Pb yang terendah terdapat pada *Goal 140 EC* sebesar 0,87 mg/kg dan kadar Pb yang tertinggi terdapat pada *Dithane* sebesar 19,37 mg/kg.

Pemakaian pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan yaitu keracunan yang bisa dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keracunan akut ringan, keracunan akut berat, dan keracunan kronis. . Keracunan akut ringan menimbulkan pusing, sakit kepala, iritasi kulit ringan, badan terasa sakit dan diare. Keracunan akut berat menimbulkan gejala mual, menggigil, kejang perut, sulit bernapas keluar air liur, pupil mata mengecil dan denyut nadi meningkat. Selanjutnya, keracunan yang sangat berat dapat mengakibatkan pingsan, kejangkejang, bahkan bisa mengakibatkan kematian. (Quijano, et al 1999).

Hasil studi literatur menunjukkan bahwa dampak dari paparan pestisida dapat menyebabkan multiple myeloma, sarkoma, kanker prostat dan pankreas, kanker rahim, dan pankreas (Alavanja *et al*, 2009). Pemakaian pestisida mempunyai resiko meningkatnya penyakit diabetes militus gestasional pada istri

pemakai pestisida pada trisemester pertama (Saldana, 2007). Penelitian kasus kontrol ternyata terdapat hubungan antara kejadian kanker pada anak dengan pekerjaan orang tua yang terpajan pestisida (Yuon K, et al, 2009). Keterlambatan perkembangan anak usia dini dipengaruhi oleh lingkungan yang terpajan pestisida pada waktu ibu mengandung (Lovasi, 2011). Dampak kesehatan akibat pajanan pestisida dapat menyebabkan penyakit gondok (Goldner, 2010)

Penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia, yaitu pencemaran logam berat timbal (Pb). Penelitian yang dilakukan oleh Setyorini *et al* (2003) pupuk anorganik mengandung beberapa logam berat antara lain As, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Pb, Zn, dan Ur Pemberian pupuk anorganik dengan dosis tinggi secara terus menerus merupakan cara pengelolaan pupuk yang tidak ramah lingkungan (Narkhede *et al*, 2011). Kondisi tersebut dapat meningkatkan Pb dalam tanah sehingga meningkatkan serapan Pb oleh tanaman. Selain itu kemampuan tanah menyimpan dan melepaskan hara dan air juga menurun (Irianto, 2010). Penggunaan pestisida dapat menyebabkan keracunan bagi para petani. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan telah terjadi 1,5 juta kasus keracunan bahan agrokimia di negara berkembang. Data WHO menunjukkan bahwa dampak yang ditimbulkan akibat keracunan pestisida dapat sangat fatal seperti kanker, cacat, kemandulan, dan gangguan hepar.

Timbal merupakan logam yang bersifat toksik jika terserap dalam tubuh. Timbal adalah logam berat yang paling mendapat perhatian karena lebih mudah teradsorpsi daripada logam Zn, Ni, Cu, dan P sehingga mudah memasuki rantai makanan tanaman-hewan-manusia (Ahmad, 2012). Selain itu timbal adalah logam berat yang dapat terakumulasi didalam tanaman bawang merah dalam jumlah diatas batas kritis logam berat, sehingga akan mengancam kesehatan manusia apabila dikonsumsi secara terus menerus. Logam berat timbal ini bersama kadmium dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia (Widowati, 2008). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 mengenai Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan, kandungan timbal yang diperbolehkan untuk buah dan sayur maksimal 0,5 mg/kg.



Hasil penelitian Balai Penelitian Tanah (2012) menunjukkan sebagian besar kandungan logam berat timbal dalam tanah dan bawang merah sudah diatas ambang batas yang diperkenankan yaitu masing-masing 12,75 dan 2 ppm. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan atau saluran pencernaan menuju sistem peredaran darah kemudian menyebar ke berbagai jaringan lain seperti ginjal, hati, tulang, otak, dan saraf (Khaira, 2017). Moshman (1997) mengungkapkan bahwa akumulasi logam berat Pb pada tubuh manusia yang terus-menerus dapat mengakibatkan anemia, kemandulan, penyakit ginjal, kerusakan urat saraf, dan kematian.

Upaya perbaikan lahan dan hasil pertanian pada budidaya bawang merah dapat dilakukan dengan pengaplikasian berbagai bahan organik antara lain pupuk kandang, kompos, biochar, agen hayati. Pupuk kandang merupakan pupuk yang berasal dari kotoran hewan yang digunakan untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Pupuk kandang dapat digunakan untuk meminimalisir logam berat. Arsiati (2002) dalam penelitiannya menemukan bahwa pada pupuk kandang terkandung asam humat sebesar 5,43%. Adanya asam humat ini menunjukkan adanya sifat keasaman total. Tan (1991) menjelaskan bahwa keasaman total yang tinggi merefleksikan kompleksasi yang tinggi ataupun kapasitas khelat yang tinggi, dan senyawa-senyawa humat yang terkandung didalamnya efektif dalam mengkhelat logam berat.

Kompos merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk meminimalisir logam berat timbal. Kompos dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb karena kompos mengandung humus yang mampu mengadsorpsi kompleks logam berat melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan ikatan elektrostatik (Kocasoy dan Guvener, 2009). Selain itu kandungan mineral positif pada padatan kompos dapat bertukar dengan kation logam Pb (Hermana dan Nuryati, 2010). Kandungan kompos terdiri atas substansi non humus dan substansi humus. Substansi humus terdiri atas tiga fraksi utama yaitu asam fulvat, asam humat, dan humin (Tipping, 2004). Substansi humus memiliki karakteristik penting yaitu mampu membentuk kompleks yang larut dan tidak larut dengan ion logam.

Biochar merupakan biomassa organik yang mengalami proses termolisis dan dapat dibuang dengan skala yang sederhana sehingga dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan tercemar. Biochar memiliki area permukaan besar dan kapasitas yang tinggi untuk menyerap logam berat (Park, 2011). Aplikasi biochar dapat meningkatkan pH tanah dan kapasitas tukar kation, serta meningkatkan immobilisasi logam Pb dalam tanah (Uchimiya *et al*, 2010). Komponen lain yang memegang peranan penting adalah keberadaan mineral seperti fosfat dan karbonat dalam aplikasi biochar yang memainkan peran penting dalam stabilisasi logam Pb dalam tanah. Hal ini karena mineral tersebut dapat berikatan dengan logam Pb (Cao *et al*, 2010).

Agen hayati Balingtan merupakan liquid berisi 7 jenis bakteri yang telah diisolasi dari Balingtan. Bakteri tersebut yaitu *Bacillus aryabathai*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Achoromobacter sp*, dan *Catenococcus thiocycli*. Bakteri ini resisten pada kondisi tanah tercekam logam berat Pb. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat Pb sebagai proses metabolisme dalam dinding luar bakteri. Uraian dari latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian mengenai upaya penurunan logam berat Pb menggunakan pupuk kandang, kompos, biochar dan agen hayati pada tanah dan tanaman bawang merah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan logam berat Pb tersedia pada tanah?
- b. Bagaimana peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan logam berat Pb pada umbi bawang merah?
- c. Bagaimana peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap pertumbuhan (tinggi, jumlah daun, jumlah anakan umbi dan bobot basah kering umbi) tanaman bawang merah?

### 1.3 Penegasan Istilah

Skripsi ini memiliki beberapa istilah yang perlu dibatasi dan dipertegas untuk menghindari kesalahpahaman, maka penjelasan dari istilah tersebut adalah:

a. Bahan organik

Bahan organik merupakan senyawa organik hasil pelapukan organisme secara alami maupun buatan. Bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Pupuk kandang, yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk kandang ayam yang diperoleh dari kebun percobaan Balingtan. Pupuk kandang yang digunakan harus dalam keadaan kering
- Biokompos, yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran dari biochar dan kompos dengan perbandingan 1:4
- Urea berlapis biochar, yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran urea dan biochar dengan perbandingan 1:1. Biochar terbuat dari tongkol jagung yang diproduksi oleh Balingtan.
- Urea berlapis nanobiochar, yang digunakan dalam penelitian ini merupakan campuran urea dengan perbandingan 1:1. Nanobiochar merupakan biochar yang telah diubah ukurannya menjadi lebih kecil yaitu 600 nm. Nanobiochar diproduksi oleh Balingtan

b. Agen Hayati

Agen hayati merupakan setiap organisme yang meliputi spesies, sub spesies atau varietas dari semua organisme yang dalam semua tahap perkembangannya dapat dipergunakan untuk keperluan perbaikan kualitas pertanian dan penambahan hasil produksi pertanian. Agen hayati yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agen hayati produksi Balingtan, yang berisi 7 spesies bakteri, yaitu *Bacillus aryabathai*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Achoromobacter sp*, dan *Catenococcus thiocycli*.

c. Logam berat timbal

Logam berat timbal merupakan logam berat yang bersifat toksik dan mudah terserap oleh tanaman. Timbal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu  $PbCl_2$  dengan konsentrasi 50, 100 dan 200 ppm. Timbal dalam penelitian ini

digunakan sebagai bahan pencemar tanah yang akan digunakan sebagai media tanam.

d. Bawang merah

Bawang merah (*Allium ascalonicum*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah bawang merah varietas Bima Brebes. Benih bawang merah ditanam pada media penelitian dan dipanen pada hari ke-60 HST. Bagian bawang merah yang digunakan untuk analisis kandungan Pb adalah umbi.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan logam berat Pb pada tanah.
- b. Menganalisis peranan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan logam berat Pb pada umbi bawang merah.
- c. Menganalisis peranan bahan organik dan agen hayati terhadap pertumbuhan (tinggi, jumlah daun, jumlah anakan umbi dan bobot basah kering umbi) tanaman bawang merah.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian antara lain:

a. Bagi peneliti

Hasil dari penelitian ini memberikan informasi tentang bahan organik dan agen hayati yang dapat digunakan sebagai bahan uji dan analisis untuk dikembangkan dalam penelitian lanjut dalam meningkatkan pertanian yang berkualitas dari paparan logam berat.

b. Bagi petani dan masyarakat umum

Penelitian ini memberikan informasi dan pemahaman tentang bahan organik dan agen hayati yang dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan pertanian yang ramah lingkungan serta terhindar dari cekaman logam berat yang membahayakan bagi lingkungan dan tubuh

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahan Organik**

Bahan organik adalah bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan baik yang masih hidup maupun yang telah mati, pada berbagai tahap dekomposisi. Bahan organik merupakan suatu bahan yang kompleks dan dinamis, berasal dari sisa tanaman dan hewan yang terdapat didalam tanah dan mengalami perombakan terus menerus (Afandi, 2015). Bahan organik mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan dan kesuburan tanah, pelapukan, proses dekomposisi mineral tanah, sumber hara tanaman, pembentukan struktur tanah stabil dan pengaruh langsung pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman dibawah kondisi tertentu. Bahan organik juga berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan biologi, yaitu sebagai penyedia unsur hara seperti N, P, dan S bagi tanaman, sebagai sumber energi bagi organisme tanah, sebagai buffer sebagai perubahan pH, mengkhelat logam-logam, berkombinasi dengan mineral liat, dan meningkatkan kapasitas tukar kation (Saragih, 2008).

##### **a. Pupuk Kandang**

Pupuk kandang (pukan) didefinisikan sebagai semua produk buangan dari binatang peliharaan yang dapat digunakan untuk menambah hara, memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah (Hartatik & Widowati, 2006). Manfaat dari penggunaan pukan telah diketahui berabad-abad lampau bagi pertumbuhan tanaman, baik pangan, ornamental, maupun perkebunan. Komposisi hara dalam pukan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan umur hewan, jenis makanannya, alas kandang, dan penyimpanan atau pengelolaan. Kandungan hara dalam pukan sangat menentukan kualitas pukan (Tan, 1993).

Tabel 2.1 Kandungan Hara Beberapa Pupuk Kandang

Sumber pakan	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
ppm							
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,005	0,004
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Sumber: Tan (1993)

Penggunaan pupuk kandang dapat meminimalisir kandungan logam berat pada tanah dan tanaman. Arsiati (2002) dalam penelitiannya menemukan bahwa pada pupuk kandang terkandung fraksi humat sebesar 5,43%. Adanya fraksi humat ini menunjukkan adanya sifat keasaman total. Tan (1991) menjelaskan bahwa keasaman total yang tinggi merefleksikan kompleksasi yang tinggi ataupun kapasitas khelat yang tinggi, dan senyawa-senyawa humat yang tergantung didalamnya efektif dalam mengikat logam berat. Penelitian yang dilakukan oleh Sandra S.A (2006) tentang penurunan logam berat pada tanah tercemar dengan menggunakan bahan organik kotoran ayam dengan dosis 20 g/pot, 40 g/pot, 60 g/pot, dan 8 g/pot pada pot dengan ukuran 80 kg tanah menunjukkan bahwa penambahan bahan organik sebesar 20 g/pot telah menunjukkan penurunan yang berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa penambahan bahan organik terhadap kandungan Pb dalam tanah. Penggunaan bahan organik memberi penurunan Pb sebesar 46,54% sampai dengan 54,50%.

#### **b. Kompos**

Kompos adalah hasil penguraian tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artificial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, aerobik maupun anerobik (Isroi, 2008). Kompos merupakan sumber hara makro dan mikro mineral secara lengkap meskipun dalam jumlah yang relatif kecil. Dalam jangka panjang, pemberian kompos dapat memperbaiki pH dan meningkatkan hasil tanaman pertanian pada tanah-tanah masam.

Kompos juga mengandung humus (bunga tanah) yang sangat dibutuhkan untuk peningkatan hara makro dan mikro dan sangat dibutuhkan tanaman. Misal humus mempunyai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang lebih besar daripada

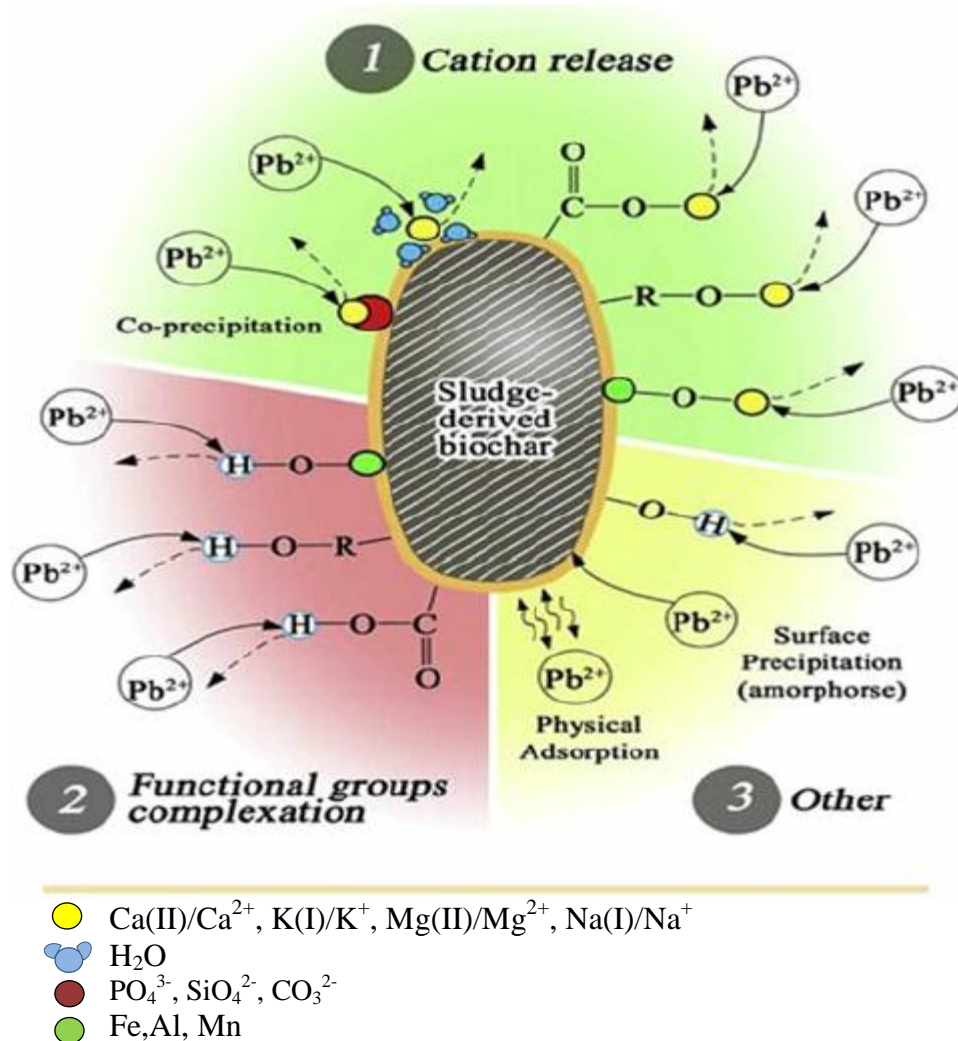
misel lempung sehingga penyediaan hara makro dan mikro mineral lebih lama (Hartatik & Widowati, 2006). Peranan bahan organik kompos yang juga penting pada tanah ialah kemampuan bereaksi dengan ion logam untuk membentuk senyawa kompleks. Kompos dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb karena kompos mengandung humus yang mampu mengadsorpsi kompleks logam berat melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan ikatan elektrostatik (Kocasoy & Guvener, 2009). Selain itu kandungan mineral positif pada padatan kompos dapat bertukar dengan kation logam Pb (Hermana & Nuryati, 2010). Kandungan kompos terdiri atas substansi non humus dan substansi humus. Substansi humus terdiri atas tiga fraksi utama yaitu asam fulvat, asam humat, dan humin (Tipping, 2004).

Substansi humus memiliki karakteristik penting yaitu mampu membentuk kompleks yang larut dan tidak larut dengan ion logam. Selain itu, substansi humus juga mempunyai kontribusi dalam pertukaran anion dan kation, kompleks atau chelat dan berperan sebagai pH buffer. Oleh karena itu, pada proses adsorpsi logam berat dengan bahan kompos substansi humus yang paling berperan pada proses adsorpsinya (Tipping, 2004). Substansi-substansi humus ini mengandung gugus fungsi diantaranya itu  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COH}$ , dan  $\text{C}=\text{O}$  (Stevenson, 1994). Selama proses pengomposan gugus fungsi ini akan mengalami proses deprotonisasi sehingga ion  $\text{H}^+$  akan lepas dari persenyawaannya dan gugus fungsi bermuatan negatif. Muatan negatif pada gugus fungsi ini akan berperan dalam mengikat logam berat tanah serta mengikat ion  $\text{H}^+$  yang akan menjadikan logam berat menjadi semakin rendah dan pH tanah semakin meningkat (Prasetyono, 2015).

### c. **Biochar-Nano Biochar**

Biochar merupakan biomassa organik yang mengalami proses termolisis dan dapat dibuat dengan skala yang sederhana dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan tercemar hingga level terendah seperti pada petani. Biochar memiliki area permukaan besar, dan kapasitas yang tinggi untuk menyerap logam berat (Park, 2011). Aplikasi biochar untuk perbaikan dari tanah yang tercemar dapat memberikan solusi baru untuk masalah polusi tanah. Biochar memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan

menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat fisik kimia dan biologi tanah (Ippolito *et al*, 2012; Komarek *et al*, 2013) Oleh karena itu, penerapan biochar berpotensi untuk dapat memberikan solusi baru untuk perbaikan dari tanah yang tercemar oleh logam berat. Stabilisasi logam berat dalam tanah dengan penerapan biochar dapat melibatkan sejumlah mekanisme, karena diilustrasikan pada Gambar. 2.1.c (Lu *et al*, 2012).



Gambar 2.1. Mekanisme Stabilisasi Logam Berat Pada Tanah Oleh Biochar dalam Bentuk Lumpur (Lu *et al*, 2012)

Lu *et al* (2012) pada gambar di atas memberikan contoh mekanisme penyerapan Pb<sup>2+</sup> oleh lumpur biochar yang dapat mencakup:



- Bursa  $Pb^{2+}$  dengan  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan kation lainnya yang ada pada biochar, yang terpresipitasi bersama dan kompleksasi innersphere dengan kompleks materi humat dan oksida- oksida mineral dari biochar;
- Kompleksasi permukaan logam berat dengan gugus fungsional yang berbeda, dan kompleksasi dengan mineral oksida hidroksil bebas dan mengendap pada permukaan lainnya;
- Fisik adsorpsi innersphere dan presipitasi permukaan yang berkontribusi terhadap stabilisasi  $Pb^{2+}$

Pemanfaatan biochar pada tanah terkontaminasi adalah untuk menghilangkan keaktifan ion-ion logam berat, sehingga tidak masuk kedalam sistem rantai makanan pada manusia dan tidak membahayakan karena akan segera tercuci dan mengendap, dan hal ini sangat berhubungan dengan kualitas biochar yang dihasilkan, biochar yang diproduksi dengan suhu yang tinggi ( $\geq 600^{\circ}C$ ) umumnya memiliki luas permukaan yang tinggi baik untuk penjerapan secara fisik, tetapi mempunyai sedikit gugus fungsional dan kandungan hara yang rendah, tetapi sebaliknya biochar yang di bentuk dengan suhu  $400-500^{\circ}C$  memiliki gugus fungsional yang beragam dan relative mengandung hara (Zhen *et al.* 2013).

Uchimiya *et al* (2010) menyatakan bahwa Aplikasi biochar dapat meningkatkan pH tanah dan kation kapasitas tukar, dan kemudian meningkatkan imobilisasi logam berat dalam tanah. Ahmad *et al* (2012) yang digunakan biochar kulit kerang, tulang sapi, untuk mengurangi toksisitas Pb di tanah lapangan tembak militer yang sangat tercemar di Korea dan hasilnya menurunkan bioavailabilitas Pb pada tanah hingga 75,8% dengan. Peningkatan tanah pH dan kapasitas adsorpsi dianggap sebagai mekanisme efek remediasi biochar tersebut.

## 2.2 Agen hayati

Agen hayati merupakan setiap organisme yang meliputi spesies, sub spesies atau varietas dari semua jenis serangga, nematoda, protozoa, cendawan, bakteri, virus, mikroplasma serta organisme lain yang dalam semua tahap perkembangannya dapat dipergunakan untuk keperluan perbaikan kualitas pertanian dan penambahan hasil produksi pertanian (Das, 2008). Agen hayati dapat berfungsi sebagai parasitoid, predator, parasit, patogen dan bioabsorben

logam berat serta bioremediator (Purnamawati, 2015). Agen hayati memiliki kelebihan:

- Selektif, artinya mikroba dalam agen hayati tidak akan menyerang organisme yang bermanfaat bagi tumbuhan karena agen hayati hanya akan menyerang hama penyakit sasaran.
- Sudah tersedia di alam. Sebenarnya secara alami agen hayati sudah tersedia di alam, namun karena penggunaan pestisida yang tidak sesuai menyebabkan keseimbangan ekosistem mulai goyah dan populasinya terganggu.
- Mampu mencari sasaran sendiri, karena agen hayati adalah makhluk hidup yang bersifat patogen bagi organisme pengganggu, maka agen hayati dapat secara alami menemukan hama dan penyakit sarannya.
- Tidak ada efek samping.
- Relatif murah.
- Tidak menimbulkan resistensi organisme pengganggu tumbuhan (OPT) sasaran (Sembel, 2011).

Agen hayati produksi Balingtan merupakan liquid berisikan tujuh jenis bakteri, yaitu *Bacillus aryabathai*, *Bacillus thuringiensis*, *Strenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Archoromobacter sp*, dan *Catenococcus thiocyli*. Menurut Susilawati (2009) kemampuan bakteri resisten terhadap logam berat disebabkan karena bakteri memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat melalui dua mekanisme yaitu mekanisme *active uptake* dan *passive uptake*.

Bioakumulasi merupakan contoh mekanisme *active uptake*, yakni melibatkan metabolisme pada sel-sel hidup untuk pertumbuhan atau akumulasi intraseluler logam tersebut. Sedangkan contoh mekanisme *passive uptake* adalah biosorpsi, yaitu penyerapan logam yang terjadi karena interaksi ion logam dengan permukaan sel bakteri yang telah mati. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Awalina *et al.*, 2012).

### 2.3 Logam Berat Timbal

Logam berat merupakan unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup>. Dalam konteks biologi logam berat adalah unsur yang bersifat toksik bagi makhluk hidup meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Paparan logam berat beracun pada tanaman memicu perubahan secara fisiologis maupun perubahan metabolisme. Tanah merupakan bagian dari siklus logam berat (Agustina, 2014).

Kandungan logam berat di dalam tanah secara alamiah sangat rendah, kecuali tanah tersebut sudah tercemar. Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya. Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya bergantung pada kandungan logam dalam tanah, tetapi juga bergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan jenis tanaman (Darmono, 1995).

Tabel 2.2. Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Secara Alamiah ( $\mu\text{g/g}$ )

Logam	Kandungan (rata-rata)	Kisaran Nonpopulasi
As	100	5-3000
Co	8	1-40
Cu	20	2-300
Pb	10	2-200
Zn	50	10-300
Cd	0,06	0,05-0,7
Hg	0,03	0,01-0,3

Sumber: Peterson & Alloway (1979)

Timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, dan memiliki sifat kimia yang aktif. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007). Timbal memiliki nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal 1740°C dan memiliki masa jenis 11,34 g/cm<sup>3</sup> (Widowati, 2008). Timbal atau plumbum (Pb) merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik. Sumber pencemar timbal antara lain dari emisi gas buangan kendaraan bermotor, limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal, serta dari penggunaan bahan agrokimia seperti pupuk anorganik dan pestisida pada lahan pertanian (Naria, 2005).

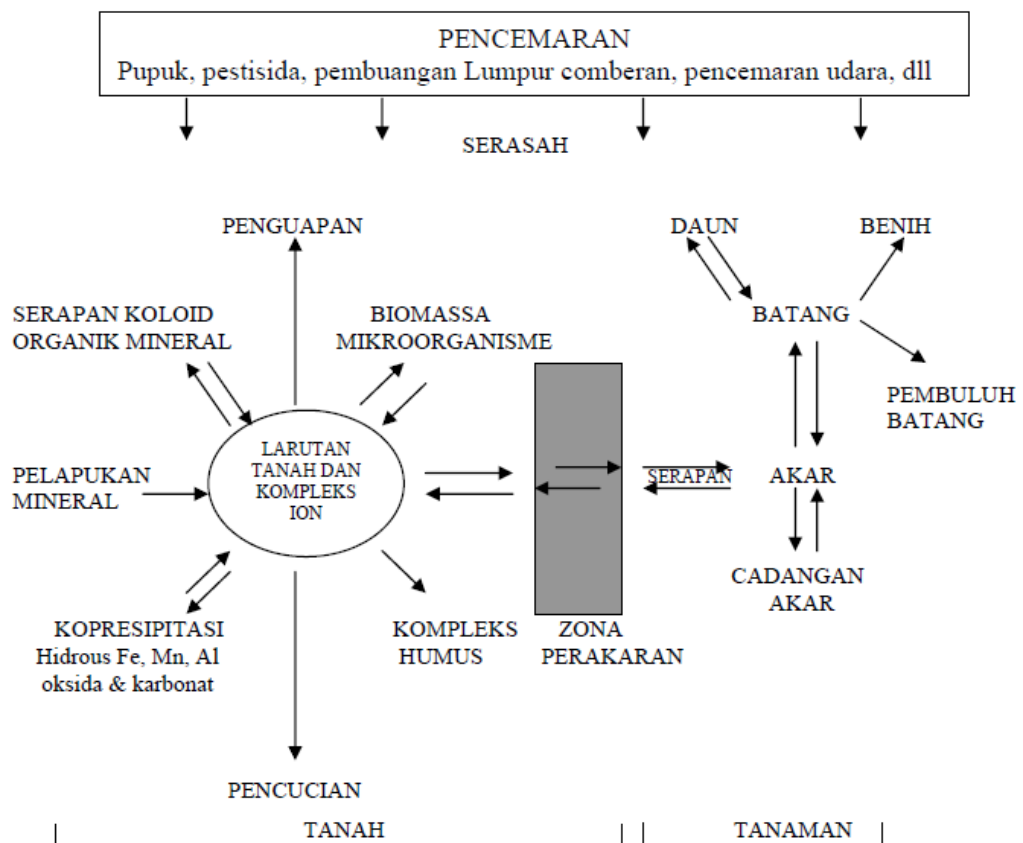
Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman, yaitu pada daun, batang, akar dan akar umbi-umbian (bawang merah). Tanaman dapat menyerap logam Pb pada kondisi kesuburan dan kandungan bahan organik tanah rendah. Pada keadaan ini Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya maka terjadi serapan Pb oleh akar tanaman.

Tabel 2.3. Batas Kritis Logam Berat dalam Tanah, Air, dan Tanaman

Logam berat	Kisaran Kadar Logam Berat (ppm)		
	Tanah	Air	Tanaman
Pb	100	0,03	50
Cd	0,50	0,05-0,10	5-30
Co	10	0,4-0,6	15-30
Cr	2,5	0,5-0,1	5-30
Ni	50	0,2-0,5	5-30
Cu	60-125	2,3	20-100
Mn	1500	-	-
Zn	70	5-10	100-400

Sumber: Ministry of state for Population and Enviromental of Indonesia and Dalhosie, University Canada (1992)

Timbal dalam tanah pada prinsipnya berada dalam bentuk bebas (*mobile*) dan tidak bebas (*immobile*). Dalam keadaan bebas Pb dapat bersifat racun dan terserap oleh tanaman. Dalam keadaan tidak bebas, dapat berikatan dengan hara, bahan organik atau anorganik. Dalam kondisi tersebut, Pb akan mempengaruhi ketersediaan hara tanaman dan mengkontaminasi hasil tanaman. Jika Pb memasuki lingkungan tanah, maka terjadi keseimbangan dalam tanah yang akan diserap oleh tanaman melalui akar, kemudian didistribusikan ke bagian tanaman lainnya.



Gambar 2.2. Dinamika Logam Berat Dalam Tanah Dan Tanaman (Charlena, 2004)

## 2.4 Bawang merah

Bawang merah merupakan salah satu komoditi sayuran yang mempunyai peranan sentral serta memiliki nilai ekonomis tinggi, bawang merah berfungsi sebagai penyedap rasa dapat juga digunakan sebagai obat tradisional serta bahan baku bahan-bahan farmasi lainnya (Fajjriah, 2017).

Berikut ini adalah klasifikasi bawang merah menurut Tjitrosoepomo (2010).

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Liliales
Famili	: Liliaceae
Genus	: Allium
Spesies	: <i>Allium cepa</i> L.



Gambar 2.3. Umbi Bawang merah (Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya, 2015)

Bawang merah termasuk dalam tanaman herba semusim dengan ketinggian 15-40 cm. mempunyai batang semu (rudimenter) yang merupakan kumpulan dari pelepah yang satu dengan yang lain. Bentuk daun bawang merah adalah silindris kecil memanjang seperti pipa berwarna hijau, terkadang juga berbentuk setengah bulat pada penampang melintang daun. Bagian ujung daun meruncing, sedang bagian bawahnya melebar dan membengkak (Fajjriah, 2017).

Bunga bawang merah keluar dari ujung tanaman (titik tumbuh) yang panjangnya antara 30-90 cm, dan diujungnya terdapat 50-200 kuntum bunga yang tersusun melingkar seolah berbentuk payung. Tiap kuntum bunga terdiri atas 5-6 helai daun bunga berwarna putih, 6 benang sari berwarna hijau atau kekuningkuningan, 1 putik dan bakal buah berbentuk hampir segitga. Bagian pangkal umbi membentuk cakram yang merupakan batang yang tidak sempurna (rudimenter). Bagian bawah cakram tumbuh akar-akar serabut. Di bagian atas cakram terdapat mata tunas yang dapat menjadi tanaman baru. Tunas ini dinamakan tunas lateral, yang akan membentuk cakram baru dan kemudian dapat membentuk umbi lapis kembali.

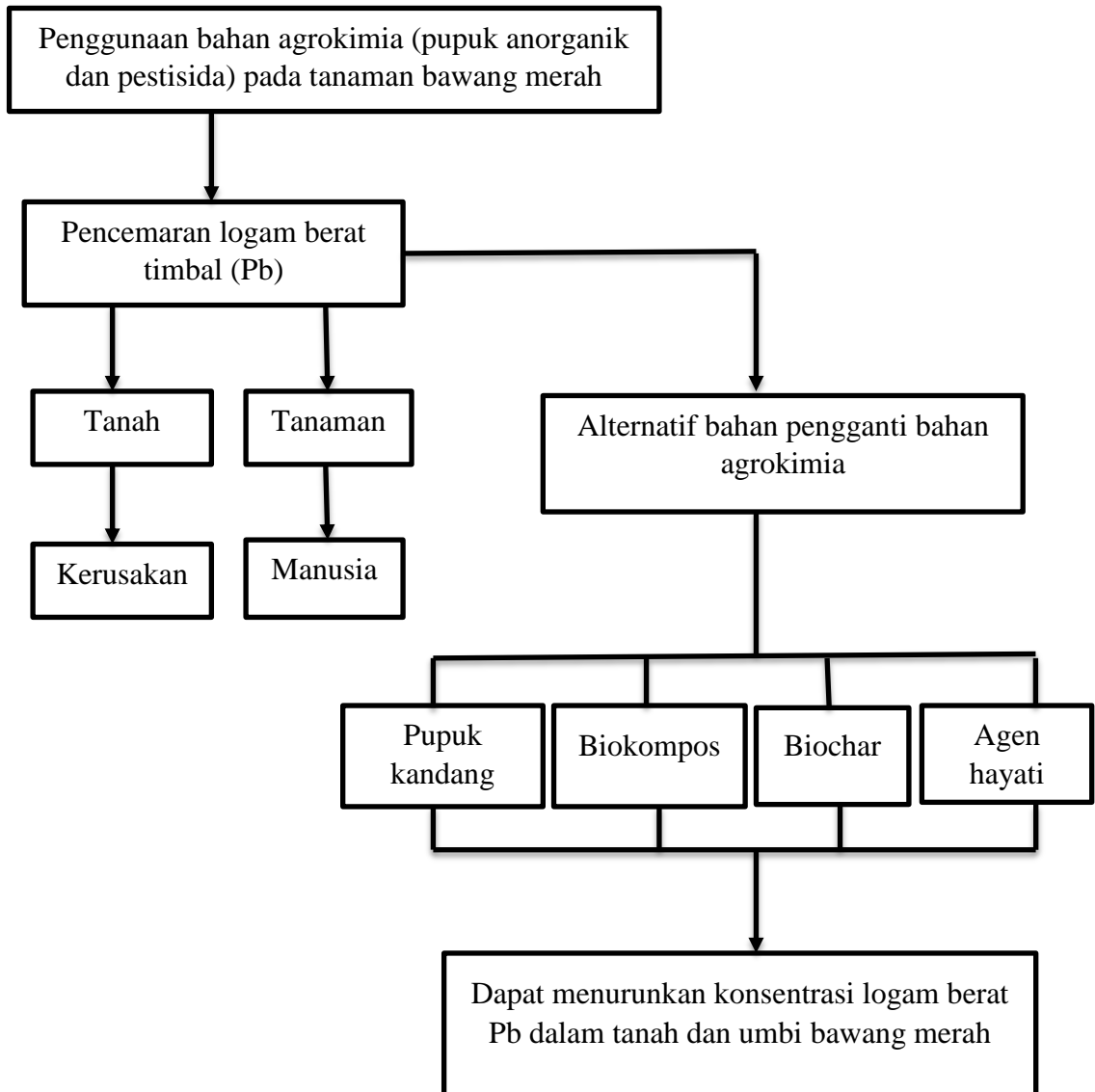
Bawang merah dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang beragam. Untuk memperoleh hasil yang optimal, bawang merah membutuhkan kondisi lingkungan yang baik, ketersediaan cahaya, air, dan unsur hara yang memadai. Pengairan yang berlebihan dapat menyebabkan kelembaban tanah menjadi tinggi sehingga umbi tumbuh tidak sempurna dan dapat menjadi busuk. Bawang merah

dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di dataran rendah sampai dataran tinggi kurang lebih 1100 m (ideal 0-800 m) diatas permukaan laut, Produksi terbaik dihasilkan di dataran rendah yang didukung suhu udara antara 25-32 derajat celcius dan beriklim kering. Untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik bawang merah membutuhkan tempat terbuka dengan pencahayaan 70%, serta kelembaban udara 80-90 %, dan curah hujan 300-2500 mm pertahun (Fajjriah, 2017).

Bawang merah dipanen pada umur 50 sampai 55 hari (untuk konsumsi) atau umur 60 sampai 70 hari (untuk benih). Adapun ciri-ciri fisik bawang merah yang siap panen sebagai berikut (Balingbangtan, 2002):

- Pangkal daun sudah lemas
- Daun berwarna kuning
- Umbi sudah kompak, menyembul kepermukaan tanah
- Umbi berwarna merah tua keunguan
- Sebagian besar tanaman telah rebah

## 2.5 Kerangka Penelitian





## 2.5 Hipotesis

- a. Ho Bahan organik dan agen hayati tidak berpengaruh terhadap konsentrasi Pb pada tanah  
Ha = Bahan organik dan agen hayati berpengaruh terhadap konsentrasi Pb pada tanah
- b. Ho = Bahan organik dan agen hayati tidak berpengaruh terhadap konsentrasi Pb pada umbi bawang merah  
Ha = Bahan organik dan agen hayati berpengaruh terhadap konsentrasi Pb pada umbi bawang merah
- c. Ho = Bahan organik dan agen hayati tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah  
Ha = Bahan organik dan agen hayati berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2019 – Januari 2020. Pengambilan tanah dilakukan di Brebes, Jawa Tengah. Penanaman bawang merah dilakukan di Rumah Kasa Timur Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) Pati. Analisis kandungan logam berat timbal dilakukan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) Pati.

#### **3.2 Populasi dan sampel**

Populasi dalam penelitian adalah tanaman bawang merah yang ditanam di Rumah Kasa Balingtan. Sampel yang digunakan adalah tanah yang berasal dari brebes dan umbi bawang merah yang diambil pada saat panen. Sampel tanah yang diambil sebanyak 66 sampel tanah, yaitu 3 sampel tanah awal sebelum tercemar, 24 sampel tanah tercemar Pb, 15 sampel tanah setelah aplikasi perlakuan, dan 24 sampel tanah saat panen. Sampel umbi bawang merah yang diambil sebanyak 24 sampel, yaitu 8 sampel ulangan I, 8 sampel ulangan II, 8 sampel ulangan III.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel pada penelitian ini adalah:

- a. Variabel bebas yaitu pemberian pupuk kandang, biochar-kompos, urea berlapis biochar, urea berlapis nano biochar dan agen hayati Balingtan.
- b. Variabel terikat yaitu konsentrasi Pb pada tanah dan umbi bawang merah akibat perlakuan
- c. Variabel kendali yaitu suhu, penyiraman penyinaran, dan pemupukan

### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 – 3.4

#### a. Ekperimen

Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam penelitian eksperimen

Bahan	Fungsi
Tanah lahan bawang merah dari Brebes	Sebagai media tanam
Benih bawang merah	Untuk penanaman
PbCl <sub>2</sub>	Sebagai bahan pencemar logam berat Pb
Kompos	Sebagai P1
Biokompos	Sebagai P2
Urea	Sebagai P3 dan P4
Biochar	Sebagai pelapisan untuk P3
Nano biochar	Sebagai pelapisan untuk P4
Agen hayati Balingtan	Sebagai P5
SP-36	Untuk pemupukan dasar
Phonska	Untuk pemupukan susulan I dan II
Air	Untuk penyiraman

Tabel 3.2 Alat yang digunakan dalam penelitian eksperimen

Alat	Fungsi
Wadah	Untuk tempat menanam
Sekop	Untuk mengaduk tanah
Selang air	Untuk penyiraman
Timbangan analitik	Untuk menimbang PbCl <sub>2</sub>
Nampan	Untuk tempat pemilihan benih bawang merah
Erlenmayer	Untuk tempat melarutkan PbCl <sub>2</sub>
Beker glass	Untuk tempat air pelarut PbCl <sub>2</sub>

#### b. Pasca eksperimen

Tabel 3.3 bahan yang digunakan dalam penelitian pasca eksperimen

Bahan	Fungsi
HNO <sub>3</sub>	Sebagai destructor
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sebagai destructor
Larutan induk logam berat	Untuk membuat larutan standar

Tabel 3.4 Alat yang digunakan dalam penelitian pasca eksperimen

Alat	Fungsi
<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	Untuk analisis logam berat Pb pada tanah dan umbi
Neraca analitik	Untuk menimbang bahan kimia
Tabung kjeldah	Untuk tempat tanah dan umbi yang akan didestruksi
Botol flacon	Untuk tempat larutan hasil destruksi
Pipet volume 10 ml	Untuk memipet bahan kimia
<i>Shacker</i>	Untuk menghomogenkan larutan
Mesin destruksi	Untuk mendestruksi tanah dan umbi

### 3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan tiga kali ulangan. Adapun perlakuan terdiri dari:

- K1 : Kontrol dengan 50 ppm Pb
- K2 : Kontrol dengan 100 ppm Pb
- K3 : Kontrol dengan 200 ppm Pb
- P1 : Pupuk kandang
- P2 : Biochar - kompos
- P3 : Urea berlapis biochar
- P4 : Urea berlapis nanobiochar
- P5 : Agen hayati Balingtan

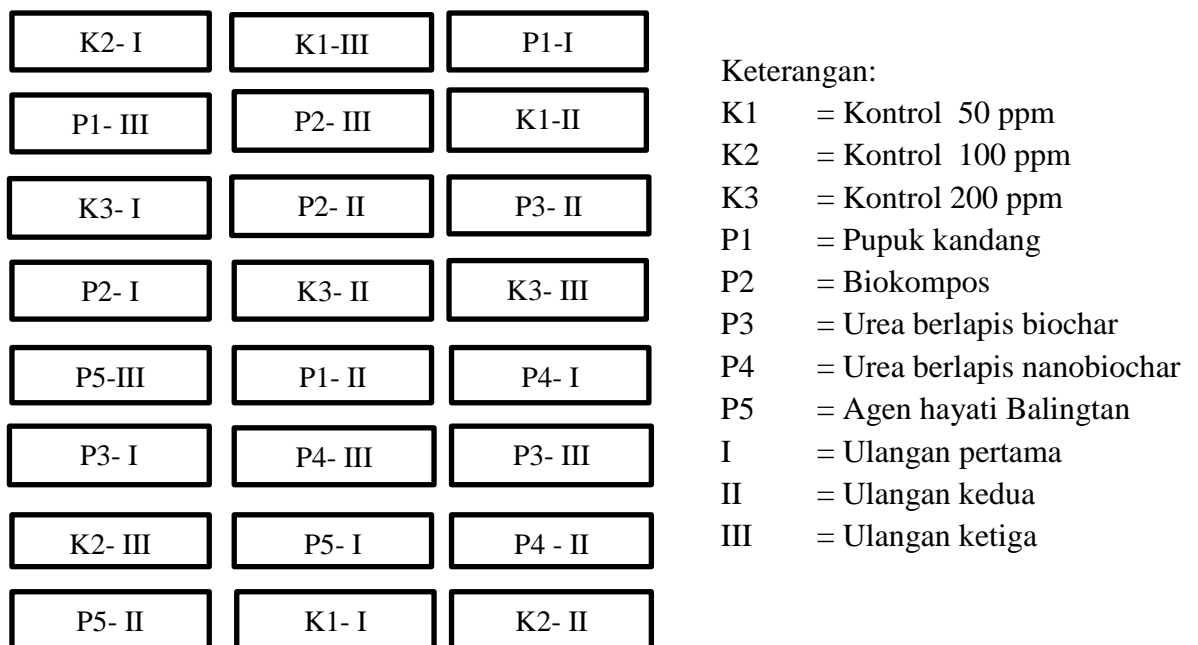
Perlakuan kontrol diberikan variasi dosis cemaran Pb, dibawah batas ambang kritis yaitu 50 ppm, dan diatas batas ambang kritis yaitu 100 ppm dan 200 ppm (Ministry of State for Population and Environmental of Indonesia and Dalhosie, 1992). Variasi dosis pada kontrol digunakan untuk membandingkan pertumbuhan bawang merah antara kontrol dan perlakuan bahan organik.

Dosis perlakuan disesuaikan dengan dosis standart penggunaan bahan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Holtikultura (2016) dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Dosis perlakuan, dosis cemaran Pb dan waktu aplikasi perlakuan dalam penelitian

Perlakuan	Dosis perlakuan	Dosis cemaran Pb	Waktu aplikasi
Kontrol	-	50, 100, 200 ppm	-
Pupuk kandang	10 ton/ha	100 ppm	7 SHT
Biochar-kompos	2 ton/ha	100 ppm	7 SHT
Urea berlapis biochar	180 kg/ha	100 ppm	10-15 HST
Urea berlapis nano biochar	180 kg/ha	100 ppm	10-15 HST
Agen hayati Balingtan	2 L/ha	100 ppm	10, 20, 30, 40, 50 HST

Denah penelitian di rumah kaca dapat dilihat pada gambar berikut



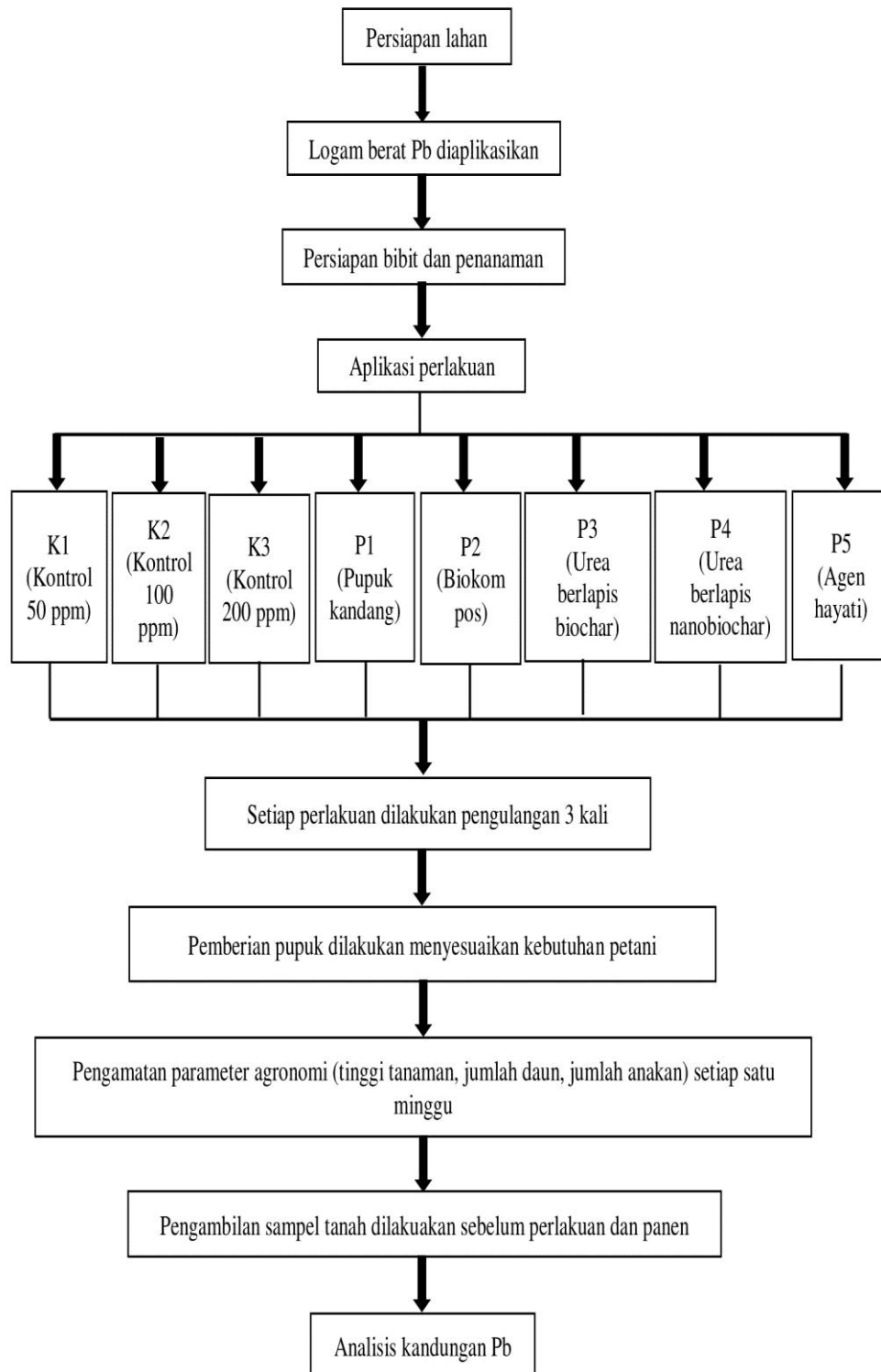
Gambar 3.1 Denah penelitian di dalam rumah kaca

### 3.6 Parameter pengamatan

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini yaitu:

- Konsentrasi logam berat Pb pada tanah awal dan panen
- Konsentrasi logam berat Pb pada tanaman yaitu pada bagian umbi
- Komponen hasil yaitu bobot basah dan bobot kering pada umbi
- Pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun yang diukur pada hari ke 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 HST

### 3.7 Prosedure Pelaksanaan



Gambar 3.2. Alur kerja penelitian pengaruh bahan organik dan agen hayati terhadap kandungan Pb pada tanah dan bawang merah

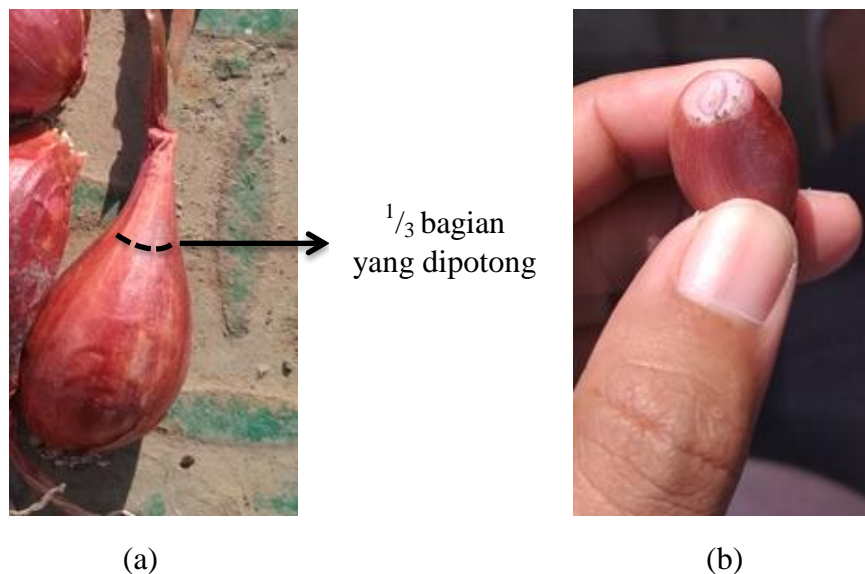
### 3.8 Langkah Penelitian

#### a. Persiapan lahan

Tanah dari lahan pertanian bawang merah Brebes dikeringkan secara alami selama 30 hari di rumah kaca. Pengeringan bertujuan untuk mengkondisikan tanah agar mempunyai struktur komposisi yang sama. Setelah kering, tanah di timbang dan dimasukkan kedalam wadah. Berat tanah per wadah adalah 5 kg sebanyak 24 wadah. Tanah yang sudah ada di dalam wadah selanjutnya dicemari dengan timbal 50 ppm, 100 ppm dan 200 ppm sebanyak 3 liter. Selanjutnya tanah yang sudah tercemar oleh timbal di inkubasi selama 1 minggu dengan cara di aduk merata setiap hari pada pagi dan sore hari. Hal ini bertujuan agar timbal yang ada di tanah tersebar merata.

#### b. Penanaman bawang merah

Bawang merah di tanam pada wadah yang sudah berisi tanah tercemar timbal. Bagian bawang merah yang ditanam adalah umbi. Umbi dipotong  $\frac{1}{3}$  ujungnya untuk menyamakan pertumbuhan tunas awal (Gambar 3.3) Setiap wadah diisi dengan 4 bibit (Puslitbang Horikultura).



Gambar 3.3. (a) Bagian umbi bawang merah yang dipotong (b) Umbi bawang merah yang sudah dipotong dan siap di tanam (Dokumentasi pribadi)

c. Aplikasi perlakuan

Perlakuan diaplikasikan pada waktu tertentu sesuai dengan bahan perlakuan, yaitu: Pupuk kandang dan biokompos diaplikasikan 7 hari sebelum tanam, urea berlapis biochar dan urea berlapis nanobiochar diaplikasikan pada umur 10 hari setelah tanam, sedangkan agen hayati Balingtan diaplikasikan pada umur 10, 20, 30, 40, dan 50 hari setelah tanam.

d. Pemupukan

Pemupukan pada tanaman bawang merah dilakukan sebanyak 3x yaitu pemupukan dasar, pemupukan susulan 1, dan pemupukan susulan 2. Pemupukan dasar dengan memberikan SP-36 dengan dosis 120 kg/ha yang diberikan pada saat tanam. Pemupukan susulan 1 dilakukan saat tanaman berumur 14 hari dengan memberikan pupuk Phonska 150 kg/ha. Pemupukan susulan 2 dilakukan pada saat tanaman berumur 1 bulan setelah tanam dengan memberikan pupuk Phonska 150 kg/ha (BPTP Jakarta).

e. Panen

Bawang merah dipanen pada umur 60 HST dengan cara di cabut seluruh tanaman secara hati-hati lalu di ikat menjadi satu sesuai perlakuan pada  $\frac{1}{3}$  bagian ujung daunnya. Setelah diikat, selanjutnya proses pelayuan dan pengeringan. Pelayuan dan pengeringan umbi bawang merah dilakukan untuk mengurangi kadar air terutama pada daun dan leher umbi bawang merah. Pelayuan dilakukan dengan menjemur bawang merah di bawah sinar matahari selama 2 – 3 hari setelah panen (BPTP Jakarta).

f. Pengambilan sampel

Sampel yang digunakan untuk analisis konsentrasi Pb diambil pada tanah dan umbi bawang merah. Sampel yang digunakan untuk analisis konsentrasi Pb pada tanah diambil pada dua kali pengambilan yaitu pada tanah awal pada 7 hari setelah pemaparan Pb dan tanah akhir pada saat panen (60 hari setelah tanam). Setiap pot diambil sampel tanah



sebanyak 100 gr kemudian dimasukkan kedalam plastik yang telah disiapkan dan diberikan kode sampel. Sampel yang digunakan untuk analisis konsentrasi Pb pada umbi bawang merah digunakan umbi pada saat panen. Setiap pot dicabut beberapa umbi untuk kemudian ditimbang lalu diambil 1 gram umbi bawang merah, kemudian dimasukkan kedalam wadah dan diberikan kode sampel.

g. Preparasi sampel

Sampel tanah yang sudah diambil selanjutnya dikeringkan di ruang preparasi sampel selama 2-3 hari. Setelah kering, sampel tanah kemudian di haluskan dan ditimbang pada neraca analitik seberat 1 gram. Sampel umbi yang sudah diambil selanjutnya ditimbang dengan neraca analitik untuk mendapatkan bobot basah umbi. Kemudian sampel umbi dikeringkan dibawah sinar matahari dan ditimbang untuk mendapatkan bobot kering. Sampel umbi yang sudah kering diambil dan ditimbang seberat 1 gram menggunakan neraca analitik.

h. Destruksi

Sampel tanah dan umbi yang sudah ditimbang selanjutnya dimasukkan kedalam tabung reaksi. Selanjutnya sampel ditambahkan dengan larutan  $H_2SO_4$  sebanyak 5 ml. Proses destruksi dilakukan secara bertahap mulai dari panas yang terendah kemudian dinaikkan secara perlahan-lahan sampai larutan berwarna hitam. Setelah itu sampel tanah dan umbi ditetesi dengan larutan  $HNO_3$  pekat sebanyak 10-20 tetes sampai diperoleh larutan berwarna kekuningan. Hasil destruksi didinginkan sebentar kemudian di *shacker* selama 5 menit kemudian dipindahkan kedalam botol flakon untuk selanjutnya dianalisis Pb menggunakan AAS.

i. Pembuaan larutan standar

- Pembuatan larutan standar Pb 100 mg/L, larutan induk Pb 1000 mg/L dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan air suling sampai tanda batas
- Pembuatan larutan standar Pb 10 mg/L, larutan induk Pb 100 mg/L dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan air suling sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar Pb 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,0 mg/L, dipipet masing-masing 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, dan 5 ml larutan standar Pb 10 mg/L dan dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan air suling sampai tanda batas
- Nilai absorbansinya diukur menggunakan AAS

j. Pengukuran konsentrasi Pb dengan AAS

Pengukuran konsentrasi logam berat timbal (Pb) menggunakan AAS dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (SNI 2354.5-2011):

- Mengoptimalkan alat AAS sesuai penggunaan alat
- Beberapa parameter pengukur untuk logam berat Pb ditetapkan sebagai berikut yaitu panjang gelombang 283,3 nm, tipe nyala asetilen/udara
- Masing-masing larutan standar yang telah dibuat diukur pada panjang gelombang 283,3 nm. Nilai absorbansinya akan terlihat
- Membuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi
- Dilanjutkan dengan pengukuran sampel yang sudah disiapkan

k. Pengukuran sampel

Sampel hasil destruksi selanjutnya diukur serapan timbalnya dengan kombinasi yang sesuai dengan pengukuran standar timbal. Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan perhitungan rumus konsentrasi Pb berdasarkan pada SNI 2354.5:2011 yaitu

$$\text{Konsentrasi Pb ppm} = \frac{(D-E) \times F_p \times V}{W}$$

Keterangan:

D adalah konsentrasi sampel dari hasil pembacaan AAS

E adalah konsentrasi blanko sampel dari hasil pembacaan AAS

F<sub>p</sub> adalah faktor pengenceran

V adalah volume akhir larutan sampel

W adalah berat sampel

l. Pengambilan data

Data yang diambil yaitu:

- Konsentrasi Pb pada tanah awal dan tanah panen
- Konsentrasi Pb pada umbi bawang merah
- Pertumbuhan tanaman bawang merah meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan pada hari ke 7, 14, 21, 28, 42, 49, dan 56 HST
- Bobot basah dan bobot kering umbi bawang merah

### **3.9 Analisis Data**

Data dari hasil pengukuran AAS akan dianalisis statistik yaitu uji anova menggunakan aplikasi software SPSS 21. Jika terdapat perbedaan yang signifikan maka akan dilanjutkan dengan uji Tuckey.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tanah dan Umbi Bawang Merah

Hasil penelitian uji konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada tanah dan umbi bawang merah dilakukan dengan metode AAS (*Atomic Absorbance Spectrophotometry*). Konsentrasi Pb pada tanah yang diukur adalah konsentrasi Pb tersedia pada tanah. Pb tersedia tanah merupakan Pb yang dapat diserap oleh tanaman dan di translokasikan ke bagian tanaman yang lain. Data hasil pengukuran menggunakan AAS disajikan pada Tabel 4.1 – 4.6.

##### 4.1.1 Konsentrasi Pb tersedia pada tanah

Tabel 4.1. Konsentrasi Pb tersedia pada tanah

	Cemaran Pb (ppm)	Pb Awal (ppm)	Pb Panen/ 56 HST (ppm)	Penurunan (%)
Kontrol 50	50	1.55	1.87	-20.00
Kontrol 100 ppm	100	2.76	3.74	-36.00
Kontrol 200 ppm	200	5.48	5.62	-2.55
Pupuk kandang	100	3.66	3.13	14.48
Biokompos	100	3.38	2.60	22.18
Urea berlapis biochar	100	3.26	3.09	5.21
Urea berlapis nanobiochar	100	3.30	2.92	11.51
Agen hayati	100	3.11	2.42	23.07

<sup>\*)</sup> notasi (-) berarti peningkatan

<sup>\*)</sup> ppm = *Part Per Million*, merupakan satuan konsentrasi logam berat

Data dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat Pb tersedia pada setiap perlakuan bahan organik dan agen hayati. Pada perlakuan biokompos menunjukkan konsentrasi Pb awal sebesar 3,38 ppm dan Pb akhir sebesar 2,60 ppm dengan penurunan sebesar 22,18%. Konsentrasi Pb awal pada perlakuan pupuk kandang sebesar 3.66 ppm dan Pb akhir 3.13 ppm dengan penurunan sebesar 14.48%. Pada perlakuan urea berlapis biochar menunjukkan konsentrasi Pb awal sebesar 3.26 ppm dan Pb akhir 3.09 ppm dengan penurunan sebesar 5.21%. Konsentrasi Pb awal pada perlakuan urea

berlapis nanobiochar sebesar 3.30 ppm dan Pb akhir 2.92 ppm dengan penurunan sebesar 11.51 %. Perlakuan agen hayati menunjukkan konsentrasi Pb awal sebesar 3.11 ppm dan Pb akhir 2.42 ppm dengan penurunan sebesar 23.07%. Berbeda dengan perlakuan bahan organik dan agen hayati, perlakuan kontrol menunjukkan peningkatan konsentrasi logam berat Pb. Kontrol 50 ppm menunjukkan konsentrasi Pb awal 1.55 ppm dan Pb akhir 1.87 ppm dengan peningkatan sebesar 20%. Perlakuan kontrol 100 ppm menunjukkan konsentrasi Pb awal sebesar 2.76 ppm dan Pb akhir 3.74 ppm dengan peningkatan sebesar 36%. Kontrol 200 ppm menunjukkan konsentrasi Pb awal sebesar 5.48 ppm dan Pb akhir 5.62 ppm dengan peningkatan sebesar 2.55%. Untuk mengetahui perlakuan manakah yang berbeda nyata perlu dilakukan uji lanjut Tuckey hsd pada taraf 5% yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil uji Tuckey hsd pengaruh berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap konsentrasi Pb pada tanah

Perlakuan	Konsentrasi Pb	
	Pb tersedia awal	Pb tersedia panen
Kontrol 50	1.55 <sup>(a)</sup>	1.86 <sup>(a)</sup>
Kontrol 100 ppm	2.75 <sup>(b)</sup>	3.74 <sup>(b)</sup>
Kontrol 200 ppm	5.47 <sup>(d)</sup>	5.61 <sup>(c)</sup>
Pupuk kandang	3.66 <sup>(c)</sup>	3.13 <sup>(ab)</sup>
Biokompos	3.38 <sup>(c)</sup>	2.60 <sup>(ab)</sup>
Urea berlapis biochar	3.25 <sup>(b)</sup>	3.09 <sup>(ab)</sup>
Urea berlapis nanobiochar	3.33 <sup>(b)</sup>	2.91 <sup>(ab)</sup>
Agen hayati	3.16 <sup>(b)</sup>	2.41 <sup>(ab)</sup>

<sup>\*)</sup> Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tuckey pada taraf 5%

Hasil uji post hoc menunjukkan bahwa konsentrasi Pb panen dipengaruhi oleh pemberian bahan organik dan agen hayati. Pemberian bahan organik dan agen hayati menunjukkan perbedaan rerata yang nyata antar perlakuan. Pemberian bahan organik dan agen hayati yang secara signifikan menurunkan konsentrasi Pb terdapat pada perlakuan agen hayati dengan konsentrasi 2,41 ppm. Perlakuan bahan organik dan agen hayati berbeda secara signifikan terhadap perlakuan kontrol.

Penurunan konsentrasi Pb diinterpretasikan dengan adanya beda nilai konsentrasi Pb tersedia tanah awal yang lebih tinggi dibandingkan nilai

konsentrasi Pb tersedia tanah panen. Adanya penurunan konsentrasi Pb dalam tanah karena sebagian ion logam Pb diserap oleh tumbuhan (Adji, 2005). Penurunan konsentrasi Pb dapat diakibatkan oleh perpindahan logam secara difusi dan osmosis dimana massa zat pada media dengan konsentrasi yang tinggi (tanah) akan berpindah ke media dengan konsentrasi yang rendah (tanaman) (Yusuf *et al*, 2014). Selain itu bahan organik adalah salah satu komponen penting terikatnya logam berat Pb di dalam tanah. Hal tersebut disebabkan bahan organik didalam tanah akan mengalami dekomposisi menjadi asam organiknya.

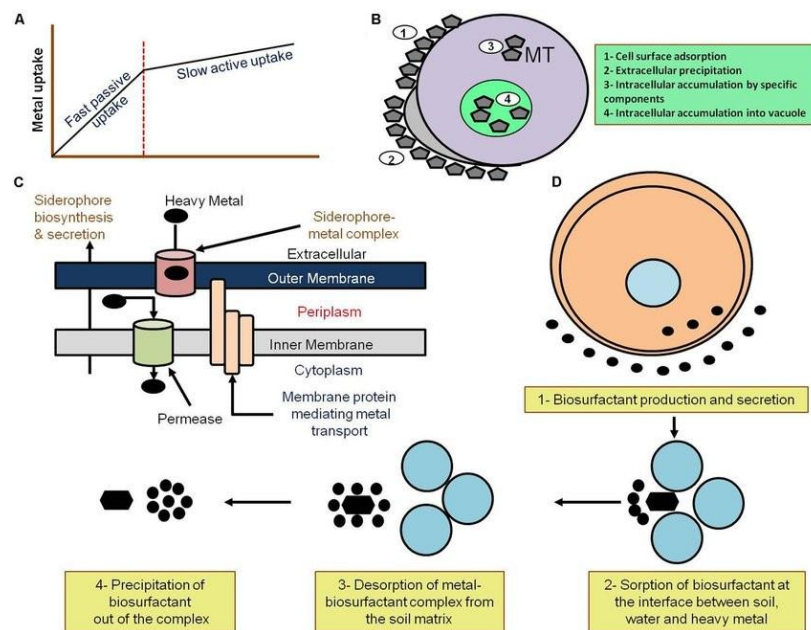
Asam organik tanah memiliki gugus fungsi karboksilat (-COOH) dan gugus hidroksil (-OH) yang sangat mudah bereaksi dengan logam Pb yang memiliki afinitas tinggi. Bahan organik bereaksi dengan logam pada tanah akan membentuk senyawa kompleks organologam. Semakin banyak bahan organik tanah maka semakin besar peluang terbentuknya senyawa kompleks organologam yang akan terbentuk sehingga kandungan logam berat didalam tanah semakin rendah (Matagi *et al*, 2008). Perlakuan yang secara nyata menurunkan Pb tersedia pada tanah adalah agen hayati dengan penurunan sebesar 23,07% (Tabel 4.1).

Berbeda dengan pemberian bahan organik dan agen hayati, pada perlakuan kontrol menunjukkan adanya kenaikan Pb tersedia. Pada perlakuan kontrol 100 menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi logam berat Pb tertinggi, yaitu 36%. Hal ini dimungkinkan karena adanya mobilisasi logam Pb yang diakibatkan pemberian air yang mengakibatkan tanah menjadi basa, pada tanah yang mempunyai pH tinggi logam Pb mudah termobilisasi.

Tidak adanya bahan peremidiasi logam Pb menyebabkan peningkatan logam berat Pb, yang menunjukkan terbatasnya sistem buffer yang mampu menahan pertukaran ion Pb pada kompleks pertukaran ion, sistem buffer yang dimaksud terkait dengan kompleks bahan organik didalam tanah. Sistem larutan organik dalam tanah yang terjadi tanpa adanya penambahan bahan organik dan agen hayati akan mengakibatkan tidak tertahannya laju adsorpsi Pb ke tanah sehingga tidak terakumulasi di tanah (Hayati, 2010).

Agen hayati merupakan liquid yang berisikan 7 spesies mikroba yaitu, *Bacillus aryabathai*, *Bacillus thuringiensis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Achoromobacter sp*, dan *Catenococcus*

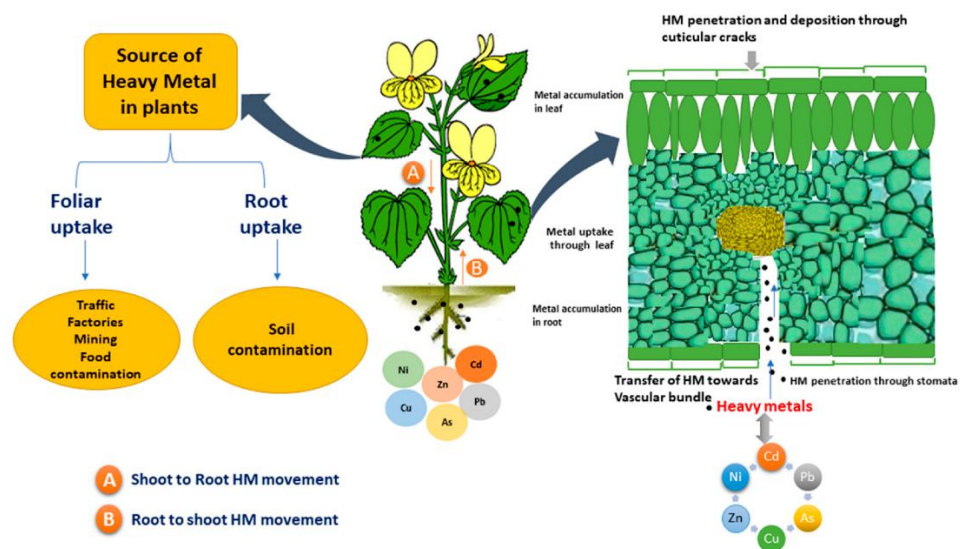
*thiocycli*. Mikroba pada agen hayati mampu untuk mengikat logam berat Pb melalui beberapa mekanisme kerja sehingga efektif untuk menurunkan logam berat Pb, terdapat dua mekanisme kerja oleh mikroorganisme untuk mengakumulasi logam berat yaitu melalui mekanisme *active uptake* dan *passive uptake*. Mekanisme *active uptake*, yakni melibatkan metabolisme pada sel-sel hidup untuk pertumbuhan atau akumulasi intraseluler logam tersebut. Sedangkan contoh mekanisme *passive uptake* adalah biosorpsi, yaitu penyerapan logam yang terjadi karena interaksi ion logam dengan permukaan sel bakteri yang telah mati. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Awalina *et al.*, 2012).



Gambar 4.1. Mekanisme mikroba mengakumulasi logam berat (Mosa *et al.*, 2016)

Dalam bentuk tersedia logam berat akan diabsorpsi oleh tumbuhan dan ditranslokasikan ke bagian-bagian tumbuhan, bagian tumbuhan yang mempunyai nilai translokasi tertinggi secara berturut-turut adalah akar > batang > umbi (Handayani, 2018). Pb tersedia dalam tanah merupakan logam berat yang terakumulasi dan dapat melakukan proses pertukaran ion kation dan absorpsi terutama pada partikel halus dengan permukaan yang luas dan gugus bermuatan negatif, seperti zat-zat humin (asam humus, asam fulfik, asam humin).

Logam berat Pb tidak dibutuhkan tanaman untuk metabolismenya, jika terserap oleh tumbuhan dalam konsentrasi dan jangka waktu lama akan terakumulasi didalam bagian tanaman. Hal ini akan berdampak negatif jika Pb masuk dalam rantai makanan, bagi lingkungan, manusia, maupun hewan. Dalam beberapa tanaman, logam berat biasanya ditemukan diakar dan daun (Siahaan *et al*, 2013). Pada tanaman bawang merah ditemukan logam berat Pb pada akar, batang, dan umbi (Handayani, 2018).



Gambar 4.2. Translokasi logam berat pada tumbuhan (Hasan *et al*, 2019)

Penggunaan bahan organik pupuk kandang dapat mengikat logam berat dikarenakan terdapat humat, adanya humat ini menunjukkan adanya sifat kemasaman total yang merefleksikan kompleksasi yang tinggi ataupun kapasitas khelat yang tinggi dan senyawa – senyawa humat yang terkandung didalamnya efektif dalam mengikat logam berat yang akan terikat kuat atau terkhelat (immobiled) sehingga tidak tertranslokasikan ke bagian organ tanaman. (Tan, 1991). Kompos dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb karena kompos mengandung humus yang mampu mengadsorpsi kompleks logam berat melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan ikatan elektrostatik (Kocasoy dan Guvener, 2009). Selain itu kandungan mineral positif pada padatan kompos dapat bertukar dengan kation logam Pb (Hermana dan Nuryati, 2010).

Biochar mempunyai kemampuan menstabilkan logam berat Pb pada tanah yang tercemar logam berat. Stabilisasi logam berat Pb dalam tanah dengan



biochar melalui mekanisme penjerapan logam berat ini terjadi karena adanya pertukaran logam berat Pb dengan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan kation ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) yang terkandung dalam biochar (Lu *et al*, 2012), dalam proses penjerapan logam berat Pb oleh mekanisme ini juga mampu untuk menurunkan daya bioavailabilitas Pb (Cao *et al*, 2009) sehingga Pb akan terpresipitasi dengan ikatan Ca dan Mg. Selain itu penggunaan biochar mampu untuk meng-immobilisasikan logam berat agar tidak tertranslokasikan pada beberapa bagian tanaman, hal ini disebabkan terdapat sifat alkali yang terdapat pada biochar (Chan dan Xu, 2009). Namun dalam penggunaan biochar sebagai penurun logam berat sangat memperhitungkan pada jenis tanah dan kandungan kation dalam tanah sehingga implikasi untuk perbaikan di tanah sangat bervariasi (waktu dan konsentrasinya) (Lu *et al*, 2012).

#### 4.1.2 Konsentrasi Pb total pada umbi bawang merah

Konsentrasi Pb total pada umbi bawang merah diukur menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbance Spectrophotometer*). Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas cemaran Pb pada sayur dan buah menurut SNI 7387:2009. Data hasil pengukuran AAS disajikan dalam Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Konsentrasi Pb pada umbi bawang merah

Perlakuan	Konsentrasi Pb (ppm)
Kontrol 50	$0.12 \pm 0.02$
Kontrol 100 ppm	$0.08 \pm 0.01$
Kontrol 200 ppm	$0.23 \pm 0.04$
Pupuk kandang	$0.17 \pm 0.01$
Biokompos	$0.13 \pm 0.01$
Urea berlapis biochar	$0.19 \pm 0.04$
Urea berlapis nanobiochar	$0.24 \pm 0.00$
Agen hayati	$0.11 \pm 0.05$

\*) Ambang batas kritis Pb dalam sayur dan buah 0,5 mg/kg menurut SNI 7387:2009

Data konsentrasi Pb pada umbi (Tabel 4.4) menunjukkan bahwa konsentrasi Pb terendah pemberian bahan organik dan agen hayati terdapat pada perlakuan agen hayati yaitu 0.11 ppm, sedangkan konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada perlakuan urea berlapis nanobiochar yaitu 0.24 ppm. Konsentrasi Pb umbi pada kontrol yang rendah diduga karena adanya tingkat serapan logam berat

yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah umbi yang sedikit pada perlakuan kontrol. Untuk mengetahui perbedaan antar kelompok perlakuan maka dilakukan uji *two way anova*

Hasil uji analisis *two way anova* dengan taraf 5 % didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan terhadap pb umbi bawang merah, sehingga akan dilanjutkan dengan uji *post hoc tukey hsd* pada taraf 5 % (Tabel 4.4)

Tabel 4.4. Hasil uji Tuckey hsd pengaruh berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap konsentrasi Pb pada umbi bawang merah

Perlakuan	Konsentrasi Pb umbi
Kontrol 50	0.12 <sup>(abc)</sup>
Kontrol 100 ppm	0.08 <sup>(a)</sup>
Kontrol 200 ppm	0.23 <sup>(d)</sup>
Pupuk kandang	0.17 <sup>(bcd)</sup>
Biokompos	0.13 <sup>(abc)</sup>
Urea berlapis biochar	0.19 <sup>(cd)</sup>
Urea berlapis nanobiochar	0.24 <sup>(d)</sup>
Agen hayati	0.11 <sup>(ab)</sup>

\*) Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%

Konsentrasi Pb umbi bawang merah pada perlakuan pupuk kandang (0,17 ppm), biokompos (0,13 ppm), urea berlapis biochar (0,19 ppm), urea berlapis nanobiochar (0,24 ppm) dan agen hayati (0,11 ppm), masih berada di bawah ambang batas cemaran logam berat Pb menurut SNI yaitu  $< 0,5$  ppm.

Penggunaan agen hayati dan bahan organik akan menghambat proses mobilisasi logam berat Pb pada tanah sehingga logam berat tidak tersedia bagi tanaman untuk ditranslokasikan pada umbi tanaman bawang merah. Penghambatan mobilisasi logam berat Pb oleh agen hayati terjadi karena adanya interaksi ion logam dengan permukaan sel bakteri yang telah mati melalui beberapa mekanisme yaitu *passive uptake* dan *active uptake* (Ratnawati *et al*, 2010). Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif

sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Awalina *et al.*, 2012).

Pada pupuk kandang dan biokompos proses penyerapan logam berat terjadi karena adanya humus yang mampu mengadsorpsi kompleks logam berat melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan ikatan elektrostatik (Kocasoy dan Guvener, 2009). Penggunaan bahan berlapis biochar mampu untuk mengimmobilisasikan logam berat agar tidak tertranslokasikan pada beberapa bagian tanaman, hal ini disebabkan karena adanya sifat alkali yang terdapat pada biochar (Chan dan Xu, 2009).

Pada perlakuan urea berlapis biochar dan urea berlapis nano biochar menunjukkan nilai tertinggi konsentrasi logam berat Pb pada umbi hal ini dikarenakan pemberian pupuk urea dapat mempercepat pergerakan ion logam berat (Pb) dari tanah ke jaringan akar, sebelum sampai ke jaringan daun tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan pupuk urea tidak menghalangi laju ion logam berat Pb dari sistem larutan tanah ke jaringan tanaman. Urea sebagai pupuk anorganik tidak memiliki senyawa organik kompleks seperti asam humat (Hayati, 2010)

Pada perlakuan kontrol menunjukkan nilai konsentrasi logam berat Pb yang tinggi pada umbi (Tabel 4.4) hal ini dikarenakan tidak adanya pemberian bahan organik dan agen hayati, fenomena ini menunjukkan terbatasnya system buffer yang mampu menahan pertukaran ion Pb pada kompleks pertukaran ion, sistem buffer yang dimaksud terkait dengan kompleks bahan organik didalam tanah. Sistem larutan organik dalam tanah yang terjadi tanpa adanya penambahan bahan organik dan agen hayati akan mengakibatkan tidak tertahannya laju adsorpsi Pb ke jaringan tanaman bawang merah sehingga konsentrasi Pb tertranslokasi pada umbi bawang merah (Hayati, 2010).

Tingginya konsentrasi Pb dalam tanah akan mengakibatkan Pb terdifusi secara pasif melalui lapisan endodermis pada akar tanaman. Akumulasi terjadi pada lapisan endodermis tanaman tersebut dan terjadi proses detoksifikasi oleh fitokelatin didalam sitoplasma. Unsur logam berat Pb bersama unsur hara lainnya kemudian ditranslokasikan ketajuk tanaman hingga sampai didaun melalui xylem pada proses fotosintesis. Hasil fotosintesis didistribusikan ke seluruh organ

tanaman. Pada bawang merah umbi merupakan tempat penyimpanan cadangan makanan, sehingga pada umbi akan terkonsentrasi logam berat Pb dan menurunkan produktivitas jumlah anakan bawang merah (Setyowati, 2003). Konsentrasi Pb pada umbi bawang merah menunjukkan dibawah ambang batas kritis menurut SNI 0,5 mg/kg sehingga umbi bawang merah pada penelitian ini dapat dikonsumsi oleh manusia.

Konsumsi bawang merah tercemar logam berat Pb menyebabkan akumulasi Pb dalam tubuh yang menjadi penyebab berbagai macam penyakit maupun gangguan fungsi organ tubuh (Portier, 2012). Logam berat Pb yang masuk kedalam saluran pencernaan dapat masuk kedalam darah dan berikatan dengan eritrosit dan di metabolisme oleh tubuh kedalam tubulus proksimal sehingga mengganggu fungsi ginjal, menghambat sintesa Heme, mengurangi produksi Hb darah sehingga mengakibatkan gejala yang ditimbulkan seperti nafsu makan menurun, berat badan menurun, apatis, iritasi, muntah-muntah, lelah, sakit kepala, badan lemah, anemia, rasa sakit yang tidak jelas pada kaki, sendi dan perut, kelumpuhan otot kaki dan tangan, dan pada wanita dapat terjadi gangguan siklus haid dan aborsi, hingga dapat menyebabkan kematian (Sartono, 2001)

## **4.2 Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah**

Data pertumbuhan bawang merah didapatkan dengan melakukan pengukuran berkala seminggu sekali terhadap pertumbuhan bawang merah yang meliputi: tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan. Pengukuran data terdiri dari deskripsi data, analisis varian data dan apabila terjadi perbedaan yang signifikan dalam analisis varian data maka akan dilakukan uji lanjutan Tuckey untuk mengetahui dimana pastinya terjadi perbedaan yang signifikan tersebut.

Hasil penelitian parameter agronomi yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, hasil uji anava, dan uji Tuckey disajikan pada Tabel 4.5 – 4.12

#### 4.2.1 Tinggi tanaman bawang merah

Tabel 4.5. Tinggi tanaman bawang merah

Perlakuan	7 hst	14 hst	21 hst	28 hst	35 hst	42 hst	49 hst	56 hst
Kontrol 50 ppm	15.0	21.5	25.7	27.4	29.6	29.7	29.5	32.4
Kontrol 100 ppm	14.4	20.8	27.1	30.1	30.3	30.7	31.4	32.4
Kontrol 200 ppm	13.8	20.3	26.4	29.1	30.3	30.4	31.5	32.1
Pupuk Kandang	15.1	20.5	27.0	30.1	31.4	31.7	32.2	33.5
Biokompos	15.0	21.7	27.4	29.1	30.2	31.3	31.7	32.8
Urea berlapis biochar	15.1	21.3	26.6	27.2	30.5	31.7	32.7	33.4
Urea berlapis nanobiochar	14.1	19.5	24.4	25.8	25.9	26.5	26.0	27.6
Agen hayati	14.3	20.2	26.8	29.4	29.1	29.5	29.0	30.1

Data pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman bawang merah cenderung semakin tinggi seiring bertambahnya umur tanaman bawang merah. Oleh karena itu untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan pada pertumbuhan tinggi tanaman data diuji dengan anava dan uji Tukey (Tabel 4.6)

Tabel 4.6. Hasil uji Tuckey hsd pengaruh berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap tinggi tanaman bawang merah

Perlakuan	Tinggi tanaman bawang merah
Kontrol 50 ppm	26,1 <sup>(b)</sup>
Kontrol 100 ppm	27,2 <sup>(b)</sup>
Kontrol 200 ppm	23,5 <sup>(a)</sup>
Pupuk kandang	27,7 <sup>(b)</sup>
Biokompos	27,3 <sup>(b)</sup>
Urea berlapis biochar	27,3 <sup>(b)</sup>
Urea berlapis nanobiochar	26,7 <sup>(b)</sup>
Agen hayati Balingtan	26,1 <sup>(b)</sup>

<sup>\*)</sup> Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tuckey pada taraf 5%

Dari uji analisis two way anova dengan taraf 5% didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  menunjukkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan terhadap tinggi tanaman bawang merah. Dengan demikian untuk mengetahui perlakuan manakah yang berbeda nyata perlu dilakukan uji lanjut Tuckey hsd pada taraf 5% yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.6

Hasil uji lanjut Tuckey hsd dengan taraf 5% pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk kandang, biokompos, urea berlapis biochar, urea berlapis nanobiochar, agen hayati Balingtan lebih efektif dibandingkan kontrol 200 ppm terhadap pertumbuhan tinggi tanaman bawang merah. Pupuk kandang, biokompos, urea berlapis biochar, urea berlapis nanobiochar, dan agen hayati mempunyai pengaruh yang sama terhadap tinggi tanaman bawang merah.

Hasil analisis anova tinggi tanaman pada umur 7 – 56 hst dapat dilihat bahwa perlakuan berbagai bahan organik dan agen hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bawang merah (Tabel 4.5). Perlakuan yang memberikan perbedaan secara signifikan terdapat pada perlakuan pupuk kandang dengan rerata tinggi tanaman 27,79 cm. Hal ini di duga karena aplikasi pupuk kandang yang memberikan tambahan unsur hara yang lebih tinggi dibanding perlakuan lain untuk diserap oleh tanaman.

Santoso *et al* (2004) menyatakan bahwa pupuk kandang memiliki sifat yang alami dan tidak merusak tanah, menyediakan unsur makro dan mikro. Selain itu, pupuk kandang juga berfungsi untuk meningkatkan daya tahan terhadap air, aktivitas mikrobiologi tanah, kapasitas tukar kation dan memperbaiki struktur tanah. Pengaruh pemberian pupuk kandang secara tidak langsung memudahkan tanah untuk menyerap air. Pemberian pupuk kandang dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan kadar humus dan unsur hara dalam tanah. Pupuk kandang dari aspek fisik mendorong proses pengemburan tanah, sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan bawang merah (Latarang *et al*, 2006)

Perlakuan kontrol 200 ppm menghasilkan tinggi tanaman terendah yaitu dengan rerata tinggi 23,56 cm, dibandingkan dengan perlakuan kontrol 50 ppm dan 100 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pemberian dosis Pb, maka semakin menurun tinggi tanaman bawang merah. Selain itu, unsur hara

yang diterima pada perlakuan kontrol 200 ppm dan 100 ppm tidak tercukupi sehingga akan menghambat pertumbuhan tanaman. Kadar Pb yang tinggi pada tanaman mengakibatkan terganggunya pembelahan sel, rusaknya jaringan dinding sel, dan terhambatnya pertumbuhan akar dan tunas (Rosidah, 2014) sehingga tanaman tumbuh kerdil dan percabangan terbatas (Goldsmith, 2005). Efek fitotoksik dari Pb meliputi penghambatan fotosintesis dan akibatnya mengurangi produktivitas tanaman (Moustakas, 1997).

Logam berat Pb yang masuk ke dalam tanaman adalah logam berat Pb dalam bentuk ion yang bebas. Logam berat Pb terserap oleh akar tanaman apabila logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya. Hal ini akan mengakibatkan tanah akan didominasi oleh kation Pb, sehingga mengakibatkan kation kation lain ketersediaannya berkurang dalam kompleks serapan akar. Kation Pb yang terserap oleh akar masuk ke dalam tanaman akan menjadi inhibitor pembentukan enzim kemudian menghambat proses metabolisme yang digunakan untuk fotosintesis, kemudian hasil fotosintesis akan digunakan di dalam untuk pembelahan sel (tinggi, jumlah dan biomassa). Apabila ini dilakukan terus menerus dalam jangka waktu yang panjang akan menyebabkan menurunnya kualitas pertumbuhan dan mengakibatkan pertumbuhan terganggu (Muslim, 2017)

Dampak konsentrasi Pb dalam tanah yang tinggi berdampak negatif pada tanah dan tanaman bawang merah, yang dapat menghambat proses penting bagi tanaman seperti fotosintesis, mitosis, dan penyerapan air. Pb merupakan logam berat yang tidak esensial bagi bawang merah. Apabila terserap oleh tanaman akan memberikan efek buruk dan pengaruh yang ditimbulkan antara lain dengan adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, serta kematian (Liong *et al*, 2010)

#### **4.2.2 Jumlah daun tanaman bawang merah**

Jumlah daun tanaman bawang merah dihitung setiap satu minggu sekali selama 8 minggu. Jumlah daun tanaman bawang merah per pot dirata-rata setiap minggunya. Rerata jumlah daun tanaman bawang merah selama 8 minggu disajikan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7. Jumlah daun tanaman bawang merah

Perlakuan	7 hst	14 hst	21 hst	28 hst	35 hst	42 hst	49 hst	56 hst	
Kontrol ppm	50	9	12	14	18	20	22	23	24
Kontrol ppm	100	7	10	11	15	17	20	20	20
Kontrol ppm	200	7	10	12	14	17	19	19	20
Pupuk Kandang	8	10	11	14	18	20	19	20	
Biokompos	7	11	11	15	18	19	20	20	
Urea berlapis biochar	7	9	11	14	16	17	18	19	
Urea berlapis nanobiochar	7	11	11	14	17	19	20	21	
Agen hayati	8	12	13	17	19	20	21	21	

Data pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa jumlah daun tanaman bawang merah cenderung semakin bertambah seiring bertambahnya umur tanaman bawang merah. Oleh karena itu untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan pada jumlah daun tanaman data diuji dengan anava satu jalan (Tabel 4.8)

Tabel 4.8. Hasil uji anava pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah daun tanaman bawang merah.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F- hitung	Sig.
Model	63	71.352	10.864	.000
Intercept	1	45942.187	6995.163	.000
Perlakuan	7	38,497	5.862	.000
Hst	7	596.199	90.777	.000
Perlakuan*hst	49	1.067	.162	1.000
Galat	128	6.568		
Total	192			
Total terkoreksi	191			

Dari uji analisis two way anova dengan taraf 5% pada Tabel 4.8, didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  menunjukkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan terhadap tinggi tanaman bawang merah. Dengan demikian untuk mengetahui perlakuan manakah yang berbeda nyata perlu



dilakukan uji lanjut Tuckey hsd pada taraf 5% yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil uji Tuckey hsd pengaruh bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah daun bawang merah

Perlakuan	Jumlah daun bawang merah
Kontrol 50 ppm	15,000 <sup>(ab)</sup>
Kontrol 100 ppm	15,0417 <sup>(ab)</sup>
Kontrol 200 ppm	14,7917 <sup>(ab)</sup>
Pupuk kandang	15,0000 <sup>(ab)</sup>
Biokompos	15,1250 <sup>(ab)</sup>
Urea berlapis biochar	14,0000 <sup>(a)</sup>
Urea berlapis nanobiochar	15,0833 <sup>(ab)</sup>
Agen hayati Balingtan	16,7083 <sup>(b)</sup>

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tuckey pada taraf 5%

Hasil uji lanjut Tuckey hsd dengan taraf 5% pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa terdapat tiga kelompok antar perlakuan yang berbeda secara signifikan yaitu urea berlapis biochar, biokompos dan agen hayati. Jumlah daun tanaman bawang merah terendah terdapat pada perlakuan urea berlapis biochar dengan rata-rata 14 daun, jumlah daun tanaman bawang merah tertinggi pada perlakuan agen hayati dengan rata-rata jumlah daun pada perlakuan agen hayati Balingtan adalah 16 daun.

Hasil analisis sidik ragam jumlah daun tanaman bawang merah pada umur 7 – 56 hst menunjukkan bahwa perlakuan berbagai bahan organik dan agen hayati berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Perlakuan dengan pemberian agen hayati menunjukkan bahwa mempunyai jumlah daun lebih tertinggi dibandingkan dengan kontrol 16 helai > 15 helai dan berbeda secara signifikan berdasarkan uji tuckey hsd. Perlakuan pupuk kandang, biokompos dan urea berlapis nano biochar tidak berbeda signifikan dengan kontrol.

Mikroba pada agen hayati mampu untuk mengikat logam berat Pb melalui beberapa mekanisme kerja sehingga efektif untuk menurunkan logam berat Pb. Selain itu mikroba agen hayati balingtan dapat memacu pertumbuhan tanaman bawang merah.

Beberapa genus *Basilus*, *Stetrophomonas*, *Achoromobacter*, *Catenococcus* mempunyai kemampuan untuk meningkatkan penyerapan unsur N, P, dan K serta menghasilkan biosurfaktan yang digunakan untuk bioremediasi lingkungan yang terpapar Pb, selain itu genus *Basillus* juga dapat menghasilkan auksin (Khalid et al., 2005) serta dapat mensintesis asam indol asetat (Thakuria et al., 2004) juga menghasilkan giberlin (Joo et al., 2004). Mikroba agen hayati menginduksi pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan penyerapan dan ketersediaan unsur hara melalui fiksasi nitrogen, meningkatkan larutan mineral (fosfor dan kalium) dan produksi fitohormon (auksin, sitokinin, dan giberelin) (Bhardwaj et al., 2014).

Nitrogen dibutuhkan tanaman sebagai perangsang pertumbuhan dan peningkatan produktivitas vegetatif tumbuhan, fosfor dan kalium berperan dalam proses metabolisme dan reaksi fisiokimia seperti fotosintesis dan biosintesis, sedangkan fitohormon sangat berpengaruh terhadap proliferasi sel (Hanudin, 2018). Sutrisna dan Surdianto (2014), menyatakan bahwa unsur hara yang mempengaruhi jumlah daun ialah fosfor. Adanya unsur hara yang dapat diserap tumbuhan secara optimum akan meningkatkan proses metabolisme, meningkatkan pertumbuhan vegetatif tumbuhan serta mendorong pembelahan sel dan pembentukan organ baru misalnya jumlah daun, sehingga pemberian agen hayati balingtang dapat diketahui meningkatkan jumlah daun dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tumbuhan (Harjanti et al., 2014).

#### **4.2.3 Jumlah anakan tanaman bawang merah**

Jumlah anakan tanaman bawang merah dihitung setiap satu minggu sekali selama 8 minggu. Jumlah anakan tanaman bawang merah per pot dirata-rata setiap minggunya. Rerata jumlah anakan tanaman bawang merah selama 8 minggu disajikan pada table 4.10.

Data pada Tabel 4.10 menunjukkan bahwa jumlah anakan tanaman bawang merah cenderung semakin bertambah seiring bertambahnya umur tanaman bawang merah. Oleh karena itu untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan pada jumlah anakan tanaman data diuji dengan anava dua jalan (Tabel 4.11).

Tabel 4.10. Jumlah anakan tanaman bawang merah

Perlakuan	14 hst	21 hst	28 hst	35 hst	42 hst	49 hst	56 hst
Kontrol 50 ppm	3	3	4	5	5	5	6
Kontrol 100 ppm	2	3	3	3	4	4	4
Kontrol 200 ppm	2	3	3	3	4	4	4
Pupuk Kandang	3	3	4	4	4	4	5
Biokompos	3	3	4	4	4	4	4
Urea berlapis biochar	3	3	3	3	3	4	4
Urea berlapis nanobiochar	3	3	3	4	4	4	5
Agen hayati	3	3	4	4	4	4	5

Tabel 4.11. Hasil uji anava pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah anakan tanaman bawang merah.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F- hitung	Sig.
Model	63	4.033	15.803	.000
Intercept	1	2180.255	8543.041	.000
Perlakuan	7	3.029	11.869	.000
Hst	7	31.612	123.869	.000
Perlakuan*hst	49	.237	.927	.611
Galat	128	.255		
Total	192			
Total terkoreksi	191			

Hasil dari uji analisis two way anova dengan taraf 5% pada Tabel 4.11, didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  menunjukkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan terhadap jumlah anakan tanaman bawang merah. Dengan demikian untuk mengetahui perlakuan manakah yang berbeda nyata perlu dilakukan uji lanjut Tuckey hsd pada taraf 5% yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil uji Tuckey hsd pengaruh bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah anakan tanaman bawang merah.

Perlakuan	Jumlah anakan tanaman bawang merah
Kontrol 50 ppm	4 <sup>(d)</sup>
Kontrol 100 ppm	3 <sup>(ab)</sup>
Kontrol 200 ppm	3 <sup>(a)</sup>
Pupuk kandang	3 <sup>(bc)</sup>
Biokompos	3 <sup>(bc)</sup>
Urea berlapis biochar	3 <sup>(ab)</sup>
Urea berlapis nanobiochar	3 <sup>(bc)</sup>
Agen hayati Balingtan	3 <sup>(c)</sup>

<sup>\*)</sup> Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tuckey pada taraf 5%

<sup>\*)</sup> Angka-angka diatas merupakan angka hasil pembulatan

Hasil uji lanjut Tuckey hsd dengan taraf 5% pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa terdapat empat kelompok antar perlakuan yang berbeda secara signifikan yaitu kontrol 200 ppm, urea berlapis nanobiochar, agen hayati Balingtan, dan kontrol 50 ppm. Jumlah anakan tanaman bawang merah terendah terdapat pada perlakuan 200 dengan rata-rata 3 anakan, jumlah anakan tanaman bawang merah tertinggi pada perlakuan kontrol 50 ppm dengan rata-rata 4 anakan, dan rata-rata jumlah daun pada perlakuan agen hayati Balingtan dan urea berlapis nanobiochar adalah 3 anakan tanaman bawang merah.

Pada tanah yang tercemar Pb dengan konsentrasi yang tinggi maka pertumbuhan bawang merah akan terganggu sehingga jumlah anakan umbi pun akan menurun. Pada perlakuan kontrol 50 menunjukkan jumlah anakan umbi tertinggi dengan rata-rata 4 anakan, hal ini dikarenakan tanah yang terpapar Pb lebih rendah konsentrasi pemaparannya dibandingkan dengan tanah-tanah lain. Adanya pemberian bahan organik dan agen hayati belum secara signifikan berpengaruh terhadap jumlah anakan bawang merah. Perlakuan bahan organik dan agen hayati yang menunjukkan nilai tertinggi jumlah anakan umbi adalah agen hayati dan urea berlapis nanobiochar dengan rata-rata jumlah anakan 3 umbi bawang merah.

Jumlah anakan umbi terbentuk berkaitan erat dengan jumlah umbi yang nanti dihasilkan. Jumlah anakan umbi dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara

didalam tanah serta konsentrasi logam berat Pb didalam tanah. Ketersediaan unsur hara tanah yang baik akan meningkatkan pembentukan agregat tanah dan merangsang proses dekomposisi tanah oleh mikroorganismen tanah. Sebaliknya tingginya konsentrasi Pb dalam tanah akan mengakibatkan Pb terdifusi secara pasif melalui lapisan endodermis pada akar tanaman. Akumulasi terjadi pada lapisan endodermis tanaman tersebut dan terjadi proses detoksifikasi oleh fitokelatin didalam sitoplasma. Unsur logam berat Pb bersama unsur hara lainnya kemudian ditranslokasikan ketajuk tanaman hingga sampai didaun melalui xylem pada proses fotosintesis. Hasil fotosintesis didistribusikan ke seluruh organ tanaman. Pada bawang merah umbi merupakan tempat penyimpanan cadangan makanan, sehingga pada umbi akan terkonsentrasi logam berat Pb dan menurunkan produktivitas jumlah anakan bawang merah (Setyowati, 2013).

### 4.3 Bobot Umbi Bawang Merah

Data bobot umbi bawang merah didapatkan dengan melakukan penimbangan bobot umbi menggunakan timbangan analitik. Data bobot umbi meliputi bobot basah dan bobot kering yang disajikan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13. Bobot basah dan bobot kering umbi bawang merah

Perlakuan	Bobot Basah (gram)	Bobot Kering (gram)	Nilai susut bobot (%)
Kontrol 50 ppm	98.70	46.63	52.07
Kontrol 100 ppm	97.80	58.07	39.73
Kontrol 200 ppm	94.80	56.47	38.33
Pupuk kandang	77.90	46.93	30.97
Biokompos	99.13	55.77	43.33
Urea berlapis biochar	79.20	45.60	33.60
Urea berlapis nanobiochar	85.13	50.63	34.50
Agen hayati Balingtan	94.60	56.17	38.43

Bobot basah dan bobot kering pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa bobot umbi basah tertinggi terdapat pada perlakuan biokompos, namun pada bobot kering tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol 100 ppm. Oleh karena itu, untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar kelompok perlakuan dilakukan uji manova (Tabel 4.17)

Tabel 4.14. Hasil uji manova pengaruh perlakuan berbagai bahan organik dan agen hayati terhadap bobot basah dan bobot kering umbi

Sumber keragaman	Variabel dependen	Derajat bebas	Kuadran tengah	F hitung	Sig.
Model	Bobot basah	7	233.264	2.869	.038
	Bobot kering	7	79.541	1.079	.420
Intercept	Bobot basah	1	198343.802	2439.441	.000
	Bobot kering	1	64979.227	881.832	.000
Perlakuan	Bobot basah	7	233.264	2.869	.038
	Bobot kering	7	79.541	1.079	.420
Galat	Bobot basah	16	81.307		
	Bobot kering	16	73.687		
Total	Bobot basah	24			
	Bobot kering	24			
Total koreksi	Bobot basah	23			
	Bobot kering	23			

Hasil analisis manova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan adanya perbedaan antar perlakuan terhadap bobot basah tanaman bawang merah dengan nilai sig.  $0,038 < 0,050$ . Sedangkan terhadap bobot kering tidak ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan dengan nilai sig.  $0,420 > 0,050$ . Sehingga antar perlakuan bobot basah akan dilakukan uji lanjut tuckey pada taraf kepercayaan 5 % dengan hasil sesuai tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Tuckey hsd pengaruh bahan organik dan agen hayati terhadap bobot basah tanaman bawang merah

Perlakuan	Bobot Basah Umbi Tanaman
	Bawang Merah (g)
Pupuk Kandang	77.90 <sup>(a)</sup>
Urea Berlapis Biochar	79.20 <sup>(a)</sup>
Urea Berlapis Nanobiochar	85.13 <sup>(a)</sup>
Agen Hayati	94.60 <sup>(a)</sup>
Kontrol 200 Ppm	94.80 <sup>(a)</sup>
Kontrol 100 Ppm	97.80 <sup>(a)</sup>
Kontrol 50 Ppm	98.70 <sup>(a)</sup>
Biokompos	99.13 <sup>(a)</sup>

<sup>\*)</sup> Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tuckey pada taraf 5%

Hasil uji tuckey hsd pada taraf kepercayaan 5 % menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan bahan organik dan agen hayati terhadap bobot basah umbi tanaman bawang merah.

Hasil data pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa bobot basah tertinggi terdapat pada perlakuan biokompos yaitu 99,13 g. Bobot basah terendah terdapat pada perlakuan pupuk kandang yaitu 77,90 g. Pemberian biokompos paling optimum berpengaruh terhadap bobot basah umbi bawang merah, dibandingkan dengan perlakuan lain. Bobot basah merupakan cerminan dari aktivitas metabolisme selama masa pertumbuhan tanaman yang ditandai dengan penambahan bobot bersifat irreversible. Proses pertumbuhan akan berjalan baik apabila faktor dalam (sifat genetik) dan lingkungan tanaman dalam kondisi optimum. Faktor lingkungan sangat mempengaruhi kemampuan ekspresi potensi dalam (sifat genetik) tanaman. Faktor lingkungan yang dimaksud meliputi iklim dan tanah, di antaranya ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan bagi proses metabolisme pertumbuhan (Erita, 2010).

Biokompos dapat meningkatkan kandungan C-organik ditanah dan meningkatkan ketersediaan unsur N, P, K dan hara mikro yang diperlukan tanaman (Yuwono, 2012). Biokompos juga mampu meningkatkan daya menahan air, sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air lebih banyak (Purnamawati, 2006). Jika unsur hara yang dibutuhkan tanaman tersedia dalam jumlah yang cukup, maka hasil metabolisme seperti sintesis biomolekul akan meningkat. Hal ini menyebabkan pembelahan sel, pemanjangan dan pendewasaan jaringan menjadi lebih sempurna dan cepat, sehingga penambahan volume dan bobot kian cepat yang pada akhirnya pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik (Kuswandi dan sugiyarto, 2015).

Bobot basah umbi berkaitan dengan kandungan P (phosphor) dalam tanah karena peran unsur P membantu dalam pembentukan buah dan pematangan umbi (Soenandar *et al.*, 2012). Fosfor berperan dalam pembentukan sel pada jaringan akar, tunas, dan umbi (Liferdi, 2010). Biokompos yang ditambahkan sebagai bahan organik membantu tanah dalam menyediakan unsur hara P sehingga tersedia bagi tanaman, hal ini dikarenakan terjadi proses dekomposisi yang

menghasilkan asam-asam organik dan CO<sub>2</sub> serta mengaktifkan mikroorganisme pelarut posfat (Napitupulu *et al.*, 2010).

Adapun pada pengamatan bobot kering umbi tidak terjadi perbedaan secara nyata bahan organik dan agen hayati terhadap bobot kering umbi, namun secara deskriptif terdapat perbedaan nilai bobot kering umbi oleh perlakuan bahan organik dan agen hayati (Tabel 4.16). Perlakuan pupuk kandang menunjukkan nilai susut bobot umbi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Nilai susut bobot umbi yang semakin rendah menunjukkan bahwa kualitas umbi semakin baik serta mempunyai daya simpan yang lebih lama. Nilai susut bobot umbi dipengaruhi oleh adanya unsur hara N, P, K dalam tanah. Pada tanah yang terpapar logam berat, unsur hara di dalam tanah tersebut menjadi sangat rendah. Pemberian pupuk kandang sebagai bahan organik mampu meningkatkan kadar unsur hara N,P,K di dalam tanah sehingga membantu pertumbuhan tanaman bawang merah (Ramadhan *et al.*, 2018).



## **BAB 5**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Simpulan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Bahan organik dan agen hayati berperan dalam menurunkan kandungan Pb pada tanah. Agen hayati dapat menurunkan kandungan Pb pada tanah sebesar 23,07%, biokompos sebesar 22,18%, pupuk kandang sebesar 14,48%, urea berlapis biochar sebesar 5,21% dan urea berlapis nano biochar sebesar 11,51%.
2. Bahan organik dan agen hayati dapat menghambat imobilisasi Pb di tanah sehingga Pb tidak tersedia bagi tanaman bawang merah untuk ditranslokasikan pada umbi bawang merah. Kandungan Pb pada umbi yang diberikan perlakuan agen hayati sebesar 0,11 ppm, pupuk kandang 0,17 ppm, Biokompos 0,13 ppm, urea berlapis biochar 0,19 ppm, dan urea berlapis nano biochar sebesar 0,24 ppm.
3. Bahan organik dan agen hayati berperan terhadap pertumbuhan bawang merah. Tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan umbi dan bobot basah kering umbi tanaman bawang merah menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman bawang merah yang tidak diberikan bahan organik dan agen hayati.

## 5.2 Saran

Penelitian yang telah dilaksanakan terdapat beberapa catatan yang menjadi saran membangun sebagai berikut:

1. Dalam upaya menciptakan pertanian yang ramah lingkungan serta terhindar oleh paparan logam berat Pb maka petani diharapkan menggunakan agen hayati dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menurunkan konsentrasi logam berat Pb.
2. Penggunaan agen hayati berbasis lokal dapat dilakukan oleh petani dengan penambahan bahan molase atau air tajin, kemudian hasil campuran disemprotkan pada tanaman bawang merah.
3. Faktor lingkungan akan mempengaruhi perbedaan konsentrasi Pb, oleh karena itu perlu dilakukan penghitungan faktor lingkungan secara rutin/berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji, S.A. 2005. Rehabilitasi Tanah Sawah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd melalui Fitoremediasi. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 6(2): 63-70
- Alvanja, Michael C.R., Hoppin, Jane A., Kamel., Freya. 2009. Health Effect of Chronic Pesticide Exposure: Cancer and Neurotoxicity. *Annual Review of Public Health* 25: 155-97
- Agustina, T. 2014. Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga* 1(1) : 53-65
- Ahmad, M., L.S. Soo., J.E. Yang., H.M. Ro., L.Y. Lee. 2012. Effects of soil dilution and amendments (mussel shell, Cow bone, and biochar) on Pb availability and phototoxicity in military shooting range soil. *Ecotoxicol Environ Journal*, 79(2): 225-231.
- Alloway, B.J. 1990. *Heavy Metal in Soil*. London: Blackie Academic & Professional
- Arsiati, A. 2002. *Sifat-sifat Asam Humat Hasil Ekstraksi dari Berbagai Jenis Bahan dan Pengekstrak*. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Awalina, Satya dan Sekar Larashati. 2012. *Kemampuan Isolat Bakteri Dari Sedimen Situ Sebagai Aquatic Bioremoval Agent Ion Logam Timbal (Pb)*. Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2016. *Budidaya Bawang merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Produksi tanaman bawang merah seluruh provinsi*. Tersedia di <https://bps.tnmpgn.go.id> [diakses 13 April 2019]
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*
- Balai Penelitian Tanah. 2012. *Penelitian Inventarisasi dan pengendalian dampak Lingkungan*. Laporan Akhir. Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Kesuburan Tanah dan Iklim.
- Cao, X.D., & W. Harris. 2010. Properties of dairy manure derived biochar pertinent to its potential use in remediation. *Bioresour Technol Journal*, 101(3): 5222-5228

- Chan, K.Y., L.V. Zween., L. Meszaros., A. Downie., & S. Joseph. 2007. Agronomic values of greenwasebiochar as a soil amendment. *Australian Journal Soil Res*, 45(3): 629-634.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhhluk Hidup*. Jakarta: UI-Press
- Das, P., J.H. Sa., K.H. Kim., E.C. Jeon. 2009. Effect of fertilizer application on ammonia emission and concentration levels of ammonium, nitrate, and nitrite ions in a rice field. *Environmental Monitoring and assessment Journal*, 154(2): 275-282
- Fajriyah, Noor. 2017. *Kiat Sukses Budidaya Bawang Merah*. Yogyakarta: Biogenesis
- Goldner, W.S., Sandler, D.P., Yu, Fang., Hoppin, J.A., Kamel, F. 2010. Pesticide Use and Thyroid Disease Among Women in the Agricultural Health Study. *American Journal of Epidemiology* 171 (4): 455
- Hartini, Eko. 2011. Kadar Plumbum (Pb) Dalam Umbi Bawang Merah di Kecamatan Kersana Kabupaten Brebes. *Jurnal Viskes* 10 (1) : 69 – 75
- Hasan, M.D.M., Uddin, N., Sharmeen, I.A., Alharby, H.F., Alzahrani, Y., Hakeem, K.R & Zhang, Li. 2019. Assisting Phytoremediation of Heavy Metals Using Chemical Amandements. *Plants Journal* 8 (9):295-309
- Hermana & J.E. Nurhayati. 2010. Removal of Cr<sup>3+</sup> and Hg<sup>2+</sup> using compost derived from municipal soil waste. *Sustain Environ Journal* 20(4): 257-261
- Huang, D.L., G.M. Zenga., X.Y. Jiang., C.L. Feng., H.Y. Yu., & G.H. Huang. 2005. *Bioremediation of Pb Contaminated Soil by Incubating with Phanerochaeted crhysosporium and Straw*. Collage of Enviromental Science and Engineering. China: Hunan University
- Ippolito, J.A., D.A. Laird., & W.J. Busscher. 2012. Environmental benefits of biochar. *Journal Environ Qual*, 41(3): 967-972
- Isroi, M. 2008. *Kompos*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia Bogor
- Joo, G.J., I.J. Kim., K.S. Lee., & I.K. Rhee. 2004. *Growth Promotion of Red Pepper Plug Seedling and the Production of Giberelins by Bacillus macroides and Bacillus pumilus*. Collage of Enviromental Science and Engineering. China: Hunan University
- Khaira, K. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Cabai Merah (*Capsicum annum* L) yang Beredar di Pasar Batusangkar. *Journal of Sainstek*, 2(1): 94-102

- Khalid, A., S. Tahir, M. Arshad, Z. A, Zahir. 2005. Relative efficiency of rhizobacteria for auxin biosynthesis in rhizosphere and non-rhizosphere soils (abstract). *Austral J soil res* 42: 921-926.
- Kumarek, B.M. 2013. Mining waste contaminated lands: an uphill battle for improving crop productivity. *Journal of Degraded and Mining lands Management*, 1(2): 43-50
- Kurnia, U., H. Suganda., R. Saraswati., & Nurjana. 2004. *Teknologi pengendalian pencemaran lahan sawah dalam tanah sawah dan teknologi pengelolaannya*. Bogor: Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Kuswandi, P.C., & Sugiarto,L. 2015. Application of Mycoriza on Planting Media of Two Tomatto Varieties to Increase Vegetable Productivity in Drought Condition. *Jurnal Sains Dasar* 4 (1):17-22
- Latarang, burhanuddin dan Abd. Syukur. 2006. *Pertumbuhan dan hasil bawang merah (alium ascalonicum) pada berbagai dosis pupuk kandang*. J. Agroland 13 (3): 265-269
- Liferdi, L. 2010. Efek Pemberian Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Status Hara. *Jurnal Hortikulura* 20 (1): 18-26
- Liong, S., Noor, A., Tana, P., Abdullah, A. 2010. *Studi Fitoakumulasi Pb Dalam Kangkung Darat (Ipomoea repants Poir)*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanudin: Makasar
- Lovasi, G.S., Quinn, J.W., Rauh, V.A., Perera, F.P., Andrews, H.F. 2011. Chlorpyrifos Exposure and Urban Residential Environment Characteristics as Determinants of Early Childhood Neurodevelopment. *American Journal of Public Health* 101 (1): 63-70
- Margareth, C., & S. Mangkpedihardjo. 2010. Compost as Biocarrier for Remediation of Lead Polluted Soil. *International Journal of Academic Research*, 5(2): 65 – 72
- Matagi, S.V., D. Swai, and R. Mugabe. 2008. A Review of Heavy Metal Removal Mechanisms in Wetlands. *Afr J Trop Hydrobiol Fish*. 8: 23-35
- Ministry Of State for Population and Environmental of Indonesia and Dalhosie. 1992. *Enviromental management in Indonesia soil quality standars for Indonesia*. Canada : University of Canada

- Mosa, K.A., Saadoun, I., Kumar, Kundan., Helmy, M., & Dhanker, O.P. 2016. Potential Biotechnological Strategies For The Clean up of Heavy Metals and Metaloids. *Frontiers inplant Sains Journal* 7 (303):1-14
- Moshman, K.D. 1997. *Reference Data Sheet on Lead*. Tersedia di <http://www.meridianeng.com/lead.html>. [diakses pada 15 Mei 2019]
- Muslim, N.F.D. 2007. *The Effect of Heavy Metal Plumbum Stress On Some Soybean (Glycin max (L) Merrill) varieties*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim : Malang
- Naria, E. 2005. Mewaspada Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) Di Lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 17(4): 66-72
- Narkhede, S.D., S.B. Attarde., & S.T. Ingle. 2011. Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chili pepper plant (*Capsicum annum*). *Journal of Applied Sciences in Enviromentak Sanitation*, 6(3): 327-332
- Nigussie, A., E. Kissi., M. Misganaw., & G. Ambaw. 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrien uptake of lettuces grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Enviromental Science*, 12(3): 369-376
- Novak, J.M., I.M. Lima., B. Xing., J.W. Gaskin., C. Steiner., K.C. Das., M. Ahmedna., D. Rehrach., D.W. Watts., W.J. Busscher., & H. Schomberg. 2009. Charcaterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science Journal*, 3(5): 195-206
- Park, J.H., K.C. Girish., S.B. Nanthi., W.C. Jae., & C. Thammared. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant soil Journal*, 348(3): 439-451
- Prasetyono, E. 2013. Efektivitas Kompos Batang Pisang (*Musa sp*) untuk meminimalisasi kandungan logam berat timah hitam (Pb) dan menaikkan pH rendah. *Akuatik Jurnal Sumberdaya Perairan*, 7(2): 1-8
- Priyanto. 2009. *Toksikologi Mekanisme, Terapi Antidotum, dan Penilaian Resiko*. Jakarta: Lembaga Studi dan Konsultasi Farmakologi Indonesia (LESKONFI)
- Portier, C.J. 2012. *Toxicological Profile For Plumbum Public Health Service Agency For Toxic Subtanses and Desease Registry*. Georgia. 487

- Quijano, R., Sarojeni V.R., 1999. *Pestisida Berbahaya Bagi Kesehatan*. Yayasan Duta Awam, Pesticide Action Network Asia and the Pacific ISBN: 983-9381-11-3. Series: 983-9381-09-1
- Ratnawati, E., Ernawati, R., & Naimah, S. 2010. Teknologi Biosorpsi oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat . *Jurnal Kimia dan Kemasan* 32 (1):34-40
- Riesta Primaharinastiti, A. Toto Poernomo, dan Noor Erma S. 2004. *Bioakumulasi Logam Berat Cu oleh Bacillus spberk*. Penel. Hayati: Fakultas Farmasi Universitas Airlangga
- Rondon, M, J. Lehmann., J. Ramirez., & M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L) increases with biochar addition. *Biol Fert Soils Journal* 43(2): 699-708
- Saldana, T.M., Basso, O., Hoppin, J.A., Baird, Donna D. 2007. Pesticide Exposure and Self-Reported Gestational Diabetes Mellitus in the Agricultural Health Study. *Medical Sciences – Endocrinology* 30 (3): 529-534
- Sandra, S.A. 2006. *Rehabilitasi Tanah Tercemar Natrium dan Logam Berat melalui Penggunaan Vegetasi, Bahan Organik, dan Bakteri*. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Santoso, B., F. haryanti dan S.A. Kadarsih. 2004. *Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan produksi serat tiga klon rami di lahan aluvial Malang*. *Jurnal Pupuk* 5 (2):14-18
- Sartono. 2001. *Racun dan Keracunan*. Jakarta: Widya Medika
- Sembel, D.T. 2011. *Pengendalian Hayati Hama-Hama Serangga Tropis dan Gulma*. Jakarta: Andi Publisher
- Siahaan, M.T.A., Ambariyanto, & Yulianto, B. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Berbeda terhadap Klorofil, Kandungan Timbal Pada Akar Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research* 2 (2):111-119
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Raction*. New York: John Willey
- Sunarya, Y. 2007. *Kimia Umum*. Bandung: Grafitindo
- Susilawati. 2009. Studi Biosorpsi Ion Logam Cd (II) Oleh Biomassa Alga Hijau yang Dimobilisasi Pada Silika Gel. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.

- Sutrisna, N & Surdianto, Y. 2014. Kajian Formula Pupuk NPK pada Pertanaman Lahan Dataran Tinggi di Lembang Jawa Barat. *Jurnal Hortikultura* 24(2): 124-132
- Tan, K.H. 1994. *Environmental Soil Science*. Hongkong: Marcel Dekker
- Thakuria, D., N.C. Talukdar, C. Goswani, S. Hazarika, R. C. Boro, M.R. Khan. 2004. *Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of assam*. *Current Sci* 86:978-985
- Tipping, E. 2004. *Cation Binding by Humic Substances*. UK: Cambridge University Press.
- Tjitrosepomo, Gembong. 2010. *Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Uchimiya, M., I.M. Lima., K.T. Klasson., & L.H. Wartelle. 2010. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: roles of natural organik matter. *Chemosphere Journal*, 80(2): 935-940
- Widowati, W., A. Sastiono., & R. Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan penanggulangan pencemaran*. Yogyakarta: ANDI
- Youn, K., Steven, P., Mlynarek., Edwin, W. 2009. Parental Exposure to Pesticides and Childhood Brain Cancer: U.S. Atlantic Coast Childhood Brain Cancer Study. *Environmental Health perspectives*
- Yuantari, MG.C., Budi W., Sunoko, H.R. 2013. Tingkat Pengetahuan Petani dalam Menggunakan Pestisida (Studi Kasus di Desa Curut Kecamatan Penawangan Kabupaten Grobogan). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*
- Yusuf, M., Achmad Z., dan Ardy A. 2014. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd dengan menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansivieria trifasciata*). *Chimica et Natura*, 4(2): 88-92
- Zhang, P., H. Sun., L. Yu., & T. Sun. 2013. Adsorption and catalytic hydrolysis of carbaryl and atrazine on pig manure-derived biochars. *Journal Hazard Mater*, 245(3): 217-224



Lampiran 1. Data hasil pengukuran Pb pada tanah masing-masing pengulangan dengan menggunakan AAS

Kode Lab	Kode Lapang	Nilai	Kode Lab	Kode Lapang	Nilai
1608	K1 - I	1.66	2343	K1 - I	1.84
1609	K1 - II	1.54	2344	K1 - II	1.89
1610	K1 - III	1.45	2345	K1 - III	1.87
1611	K2 - I	2.74	2346	K2 - I	2.98
1612	K2 - II	2.89	2347	K2 - II	2.92
1613	K2 - III	2.64	2348	K2 - III	2.97
1614	K3 - I	5.44	2349	K3 - I	5.32
1615	K3 - II	5.63	2350	K3 - II	5.81
1616	K3 - III	5.36	2351	K3 - III	5.72
1241	P1 - I	4.66	2352	P1 - I	3.31
1242	P1 - II	4.76	2353	P1 - II	3.02
1243	P1 - III	4.73	2354	P1 - III	3.07
1244	P2 - I	4.66	2355	P2 - I	3.06
1245	P2 - II	4.39	2356	P2 - II	2.69
1246	P2 - III	5.05	2357	P2 - III	2.06
1632	P3 - I	2.97	2358	P3 - I	3.26
1633	P3 - II	3.62	2359	P3 - II	2.86
1634	P3 - III	3.16	2360	P3 - III	3.15
1635	P4 - I	3.37	2361	P4 - I	3.19
1636	P4 - II	3.45	2362	P4 - II	2.79
1637	P4 - III	3.17	2363	P4 - III	2.77
2340	P5 - I	3.19	2364	P5 - I	2.46
2341	P5 - II	3.41	2365	P5 - II	2.54
2342	P5 - III	2.89	2366	P5 - III	2.25

Lampiran 2. Data hasil pengukuran Pb umbi masing-masing ulangan dengan menggunakan AAS

Kode Lab	Kode Lapang	Nilai
2367	K1-I	0.12508
2368	K1-II	0.10384
2369	K1-III	0.14927
2370	K2-I	0.09617
2371	K2 - II	0.09853
2372	K2 - III	0.06962
2373	K3 - I	0.18526
2374	K3 - II	0.26963
2375	K3 - III	0.25429
2376	P1 - I	0.17759
2377	P1 - II	0.18644
2378	P1 - III	0.16402
2379	P2 - I	0.14809
2380	P2 - II	0.12921
2381	P2 - III	0.12508
2382	P3 - I	0.21063
2383	P3 -II	0.14219
2384	P3 - III	0.22538
2385	P4 - I	0.23954
2386	P4 -II	0.24072
2387	P4 - III	0.25665
2388	P5 - I	0.13747
2389	P5 - II	0.08673
2390	P5 -III	0.10974

Lampiran 3. Data hasil pengukuran tinggi tanaman bawang merah

Perlakuan	7 HST				14 HST				21 HST				28 HST			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	15.15	15.60	14.33	15.03	15.03	26.28	23.40	21.57	23.80	27.73	25.78	25.77	21.23	30.28	30.98	27.49
K2	15.90	14.33	12.98	14.40	14.40	24.43	23.58	20.80	27.78	26.85	26.78	27.13	30.65	30.08	29.78	30.17
K3	14.28	14.50	16.53	15.10	15.10	23.60	22.93	20.54	29.18	26.18	25.75	27.03	32.13	33.03	31.35	32.17
P1	13.80	14.08	14.70	14.19	14.19	22.85	21.70	19.58	25.35	24.50	23.53	24.46	25.93	25.93	25.63	25.83
P2	14.08	16.55	14.63	15.08	15.08	26.78	23.43	21.76	25.23	28.53	28.53	27.43	28.08	32.25	27.00	29.11
P3	16.18	13.78	15.58	15.18	15.18	23.73	25.05	21.32	27.55	24.75	27.50	26.60	29.15	21.28	31.43	27.28
P4	13.13	13.48	15.03	13.88	13.88	22.60	24.45	20.31	26.75	25.45	27.08	26.43	29.43	28.85	29.08	29.12
P5	16.45	12.63	14.10	14.39	14.39	24.08	22.25	20.24	29.88	25.88	24.88	26.88	30.63	29.13	28.48	29.41

Perlakuan	35 HST				42 HST				49 HST				56 HST			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	27.4	30.4	31.3	29.7	27.8	31.0	31.0	29.9	30.6	28.0	30.0	29.5	30.8	29	31	30.3
K2	30.4	30.4	30.3	30.3	30.8	30.8	30.8	30.8	29.4	31.1	33.8	31.4	30	31.1	33.8	31.6
K3	32.9	31.4	30.1	31.4	31.5	31.5	30.5	31.2	35.5	31.7	29.6	32.2	35.7	31.9	30.2	32.6
P1	27.5	25.5	24.9	26.0	27.3	26.0	26.3	26.5	26.6	26.3	25.3	26.1	26.9	26.8	26.1	26.6
P2	28.9	33.5	28.6	30.3	30.0	34.2	29.9	31.4	27.2	33.6	34.5	31.8	27.8	34.2	35.1	32.4
P3	31.7	27.7	32.2	30.5	33.3	29.0	33.0	31.8	34.1	31.5	32.8	32.8	34.7	32.1	33.4	33.4
P4	30.5	29.3	31.3	30.3	31.3	29.8	30.3	30.4	32.0	30.1	32.5	31.5	32.6	30.7	33.1	32.1
P5	30.3	28.9	28.3	29.1	30.8	29.3	28.8	29.6	30.4	28.0	28.8	29.1	31.2	28.8	29.5	29.8

Lampiran 4. Data hasil pengukuran jumlah daun tanaman bawang merah

Perlakuan	7 HST				14 HST				21 HST				28 HST			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	8	10	9	9	12	15	11	12	12	16	15	14	15	20	19	18
K2	6	7	7	7	10	11	10	10	12	12	10	11	14	16	14	15
K3	6	8	7	7	9	12	10	10	10	13	11	12	13	17	13	14
P1	8	7	8	8	11	10	10	10	13	10	11	11	15	13	15	14
P2	8	6	8	7	11	10	11	11	12	11	12	11	16	15	15	15
P3	7	5	7	7	10	8	10	9	11	9	12	11	15	13	15	14
P4	6	8	7	7	9	13	11	11	11	13	10	11	13	16	14	14
P5	7	9	7	8	11	14	11	12	12	15	13	13	14	19	16	17

Perlakuan	35 HST				42 HST				49 HST				56 hst			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	17	23	21	20	20	24	23	22	21	24	25	23	22	25	25	24
K2	15	23	14	17	17	27	15	20	17	27	16	20	17	27	17	20
K3	14	20	17	17	16	22	18	19	16	23	19	19	17	23	19	20
P1	17	17	19	18	19	18	22	20	19	19	20	19	20	19	21	20
P2	19	16	18	18	20	17	20	19	20	19	21	20	21	19	21	20
P3	16	15	17	16	18	16	18	17	18	17	20	18	19	18	20	19
P4	16	18	18	17	17	21	18	19	18	22	21	20	19	22	21	21
P5	15	24	18	19	16	25	19	20	16	27	19	21	17	27	20	21

Lampiran 5. Data hasil pengukuran jumlah anakan tanaman bawang merah

Perlakuan	14 HST				21 HST				28 HST				35 HST			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	3	3	3	3	3	4	3	3	5	5	4	4	5	5	4	5
K2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	4	3	3	3	4	3	3
K3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3
P1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4
P2	3	3	2	3	3	2	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4
P3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
P4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4
P5	3	3	3	3	3	4	3	3	3	5	3	4	3	5	4	4

Perlakuan	42 HST				49 HST				56 hst			
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata
K1	5	5	5	5	5	6	5	5	6	6	5	6
K2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
K3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4
P1	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5
P2	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4	5	4
P3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4
P4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5
P5	3	5	4	4	4	5	4	4	5	6	5	5

Lampiran 6. Data hasil bobot umbi bawang merah

<b>BOBOT BASAH TANAMAN (BIOMASS)</b>				
Perlakuan	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata
K1	94.20	96.70	105.20	98.70
K2	90.20	109.60	93.60	97.80
K3	102.00	88.40	94.00	94.80
P1	82.30	75.70	75.70	77.90
P2	93.70	109.80	93.90	99.13
P3	96.50	61.10	80.00	79.20
P4	89.70	81.50	84.20	85.13
P5	99.50	95.90	88.40	94.60

<b>BOBOT KERING TANAMAN</b>				
Perlakuan	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata
K1	44.70	37.60	57.60	46.63
K2	55.90	67.30	51.00	58.07
K3	63.90	54.30	51.20	56.47
P1	47.50	57.20	36.10	46.93
P2	52.90	67.60	46.80	55.77
P3	49.30	33.30	54.20	45.60
P4	51.90	54.80	45.20	50.63
P5	56.50	57.80	54.20	56.17

## Lampiran 7. Data hasil analisis statistik Pb pada tanah

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	pb awal	394,982 <sup>a</sup>	7	56,426	4,268	,008
	pb akhir	4407,264 <sup>b</sup>	7	629,609	7,201	,001
Intercept	pb awal	26760,750	1	26760,750	2023,944	,000
	pb akhir	70872,402	1	70872,402	810,543	,000
perlakuan	pb awal	394,982	7	56,426	4,268	,008
	pb akhir	4407,264	7	629,609	7,201	,001
Error	pb awal	211,553	16	13,222		
	pb akhir	1399,010	16	87,438		
Total	pb awal	27367,285	24			
	pb akhir	76678,675	24			
Corrected Total	pb awal	606,536	23			
	pb akhir	5806,274	23			

a. R Squared = ,651 (Adjusted R Squared = ,499)

b. R Squared = ,759 (Adjusted R Squared = ,654)

### Corrected Model

Pengaruh semua variabel independent (perlakuan bahan organik dan agen hayati) adalah signifikan terhadap **Pb awal** (Nilai sig. 0,008 < 0,050) dan **Pb akhir** ((Nilai sig. 0,001 < 0,050)

### Intersept

Tanpa ada pengaruh variabel independen (bahan organik dan agen hayati), variabel dependen (Pb akhir) nilainya tidak dapat berubah. Nilai sig. 0,000 < 0,050.

### Perlakuan

Pb awal => ada pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap Pb awal tanah bawang merah. Nilai sig. 0,008 < 0,050.

Pb akhir => ada pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap Pb akhir tanah bawang merah. Nilai sig. 0,001 < 0,050.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Tersedia awal	33.828 <sup>a</sup>	7	4.833	107.530	.000
	Tersedia akhir	26.922 <sup>b</sup>	7	3.846	13.045	.000
Intercept	Tersedia awal	314.144	1	314.144	6990.032	.000
	Tersedia akhir	241.681	1	241.681	819.733	.000
perlakuan	Tersedia awal	33.828	7	4.833	107.530	.000
	Tersedia akhir	26.922	7	3.846	13.045	.000
Error	Tersedia awal	.719	16	.045		
	Tersedia akhir	4.717	16	.295		
Total	Tersedia awal	348.691	24			
	Tersedia akhir	273.320	24			
Corrected Total	Tersedia awal	34.547	23			
	Tersedia akhir	31.639	23			

a. R Squared = .979 (Adjusted R Squared = .970)

b. R Squared = .851 (Adjusted R Squared = .786)

#### **Corrected Model**

Pengaruh semua variabel independent (perlakuan bahan organik dan agen hayati) adalah signifikan terhadap **Pb tersedia awal** (Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ ) dan **Pb tersedia akhir** ((Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ ))

#### **Intersept**

Tanpa ada pengaruh variabel independen (bahan organik dan agen hayati), variabel dependen (Pb tersedia akhir) nilainya tidak dapat berubah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ .

#### **Perlakuan**

Pb tersedia awal => ada pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap Pb awal tanah bawang merah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ .

Pb tersedia tersedia => ada pengaruh pemberian bahan organik dan agen hayati terhadap Pb awal tanah bawang merah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$



## Uji post hoc Test

Perlakuan	Jumlah Pb			
	Pb total awal	Pb total akhir	Pb tersedia awal	Pb tersedia akhir
agen hayati	30,3400 <sup>(a)</sup>	50,1433 <sup>(a)</sup>	3.1633 <sup>(b)</sup>	2.4167 <sup>(ab)</sup>
kontrol 100	31,3633 <sup>(a)</sup>	50,2600 <sup>(a)</sup>	2.7567 <sup>(b)</sup>	3.7433 <sup>(b)</sup>
biokompos	31,5867 <sup>(a)</sup>	52,0167 <sup>(a)</sup>	4.7000 <sup>(c)</sup>	2.6033 <sup>(ab)</sup>
kontrol 50	31,5933 <sup>(a)</sup>	35,8267 <sup>(a)</sup>	1.5500 <sup>(a)</sup>	1.8667 <sup>(a)</sup>
pupuk kandang	31,6833 <sup>(a)</sup>	55,4767 <sup>(a)</sup>	4.7167 <sup>(c)</sup>	3.1333 <sup>(ab)</sup>
urea berlapis biochar	33,3333 <sup>(a)</sup>	57,6500 <sup>(a)</sup>	3.2500 <sup>(b)</sup>	3.0900 <sup>(ab)</sup>
urea berlapis nano biochar	33,4133 <sup>(a)</sup>	47,0600 <sup>(a)</sup>	3.3300 <sup>(b)</sup>	2.9167 <sup>(ab)</sup>
kontrol 200	43,8233 <sup>(b)</sup>	86,3000 <sup>(b)</sup>	5.4767 <sup>(d)</sup>	5.6167 <sup>(c)</sup>

Berdasarkan analisis Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati mempunyai pengaruh yang sama terhadap Pb total awal dan Pb total akhir tanaman bawang merah. Perlakuan biokompos, pupuk kandang, urea berlapis biochar, urea berlapis nano biochar dan agen hayati tidak berbeda secara signifikan.

Berdasarkan analisis Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati yang paling berpengaruh terhadap Pb tersedia awal tanaman bawang merah adalah biokompos dan pupuk kandang.

Berdasarkan analisis Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati mempunyai pengaruh yang sama terhadap Pb tersedia akhir. Perlakuan biokompos, pupuk kandang, urea berlapis biochar, urea berlapis nano biochar dan agen hayati tidak berbeda secara signifikan terhadap Pb tersedia akhir tanaman bawang merah

## Lampiran 8. Hasil analisis statistik Pb pada umbi bawang merah

Pb Umbi						
	Perlakuan	N	Subset			
			1	2	3	4
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	kontrol 100 ppm	3	.0881067			
	agen hayati	3	.1113133	.1113133		
	kontrol 50 ppm	3	.1260633	.1260633	.1260633	
	Biokompos	3	.1341267	.1341267	.1341267	
	pupuk kandang	3		.1760167	.1760167	.1760167
	urea berlapis biochar	3			.1927333	.1927333
	kontrol 200 ppm	3				.2363933
	urea berlapis nanobiochar	3				.2456367
	Sig.			.456	.127	.108

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Berdasarkan hasil analisis Tukey HSD perlakuan yang paling berpengaruh atau signifikan terhadap konsentrasi umbi bawang merah adalah perlakuan pupuk kandang, urea berlapis biochar dan urea berlapis nano biochar. Perlakuan pupuk kandang, urea berlapis biochar dan urea berlapis nano biochar tidak berbeda secara signifikan (mempunyai pengaruh yang sama terhadap konsentrasi umbi bawang merah).

## Lampiran 9. Data hasil analisis statistik parameter tinggi tanaman bawang merah

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Tinggi tanaman

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6220,686 <sup>a</sup>	63	98,741	14,070	,000
Intercept	135227,139	1	135227,139	19269,604	,000
perlakuan	301,851	7	43,122	6,145	,000
hst	5772,136	7	824,591	117,503	,000
perlakuan * hst	146,699	49	2,994	,427	1,000
Error	898,258	128	7,018		
Total	142346,083	192			
Corrected Total	7118,944	191			

a. R Squared = ,874 (Adjusted R Squared = ,812)

**Corrected Model:**

Pengaruh semua variabel independent (perlakuan, hst dan perlakuan\*hst) secara bersama –sama adalah signifikan terhadap tinggi tumbuhan. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$

**Intercept:**

Nilai perubahan variabel dependent tanpa dipengaruhi keberadaan variabel independen, artinya tanpa ada pengaruh variabel independen (perlakuan, hst dan perlakuan\*hst), variabel dependen (tinggi tanaman) nilainya dapat berubah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ .

**Perlakuan**

Dari uji analisis *Two Way Anova* dengan taraf 5 % didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan terhadap tinggi tanaman bawang merah.

Perlakuan	Tinggi tanaman bawang merah
Kontrol 200	23,5663 <sup>(a)</sup>
Agen Hayati	26,0992 <sup>(b)</sup>
Kontrol 50	26,1621 <sup>(b)</sup>
Urea Berlapis Nano Biochar	26,7671 <sup>(b)</sup>
Kontrol 100	27,2288 <sup>(b)</sup>
Urea Berlapis Biochar	27,3275 <sup>(b)</sup>
Biokompos	27,3696 <sup>(b)</sup>
Pupuk Kandang	27,7900 <sup>(b)</sup>

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis Tukey HSD perlakuan paling berpengaruh/efektif terhadap tinggi tanaman bawang merah adalah perlakuan pupuk kandang. Pemberian bahan organik dan agen hayati tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tinggi tanaman bawang merah

Lampiran 10. Hasil analisis statistik parameter jumlah daun tanaman bawang merah

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: jumlah daun

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4495,146 <sup>a</sup>	63	71,352	10,864	,000
Intercept	45942,187	1	45942,187	6995,163	,000
perlakuan	269,479	7	38,497	5,862	,000
hst	4173,396	7	596,199	90,777	,000
perlakuan * hst	52,271	49	1,067	,162	1,000
Error	840,667	128	6,568		
Total	51278,000	192			
Corrected Total	5335,813	191			

a. R Squared = ,842 (Adjusted R Squared = ,765)

#### Corrected Model:

Pengaruh semua variabel independent (bahan organik dan agen hayati) adalah signifikan terhadap jumlah daun bawang merah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$

#### Intercept:

Nilai perubahan variabel dependent tanpa dipengaruhi keberadaan variabel independen, artinya tanpa ada pengaruh variabel independen (bahan organik dan agen hayati), variabel dependen (jumlah daun tanaman bawang merah) nilainya dapat berubah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ .

#### Perlakuan

Dari uji analisis *Two Way Anova* dengan taraf 5 % didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah daun tanaman bawang merah.

Perlakuan	Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah
Urea Berlapis Biochar	14,0000 <sup>(a)</sup>
Kontrol 200	14,7917 <sup>(ab)</sup>
Pukan	15,0000 <sup>(ab)</sup>
Kontrol 100	15,0417 <sup>(ab)</sup>
Urea Berlapis Nano Biochar	15,0833 <sup>(ab)</sup>
Biokompos	15,1250 <sup>(ab)</sup>
Agen Hayati	16,7083 <sup>(bc)</sup>
Kontrol 50	18,0000 <sup>(c)</sup>

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati yg paling berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman bawang merah adalah agen hayati.

## Lampiran 11. Hasil analisis statistik parameter jumlah anakan bawang merah

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: jumlah anakan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	254,078 <sup>a</sup>	63	4,033	15,803	,000
Intercept	2180,255	1	2180,255	8543,041	,000
perlakuan	21,203	7	3,029	11,869	,000
hst	221,286	7	31,612	123,869	,000
perlakuan * hst	11,589	49	,237	,927	,611
Error	32,667	128	,255		
Total	2467,000	192			
Corrected Total	286,745	191			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,830)

**Corrected Model:**

Pengaruh semua variabel independent (bahan organik dan agen hayati) adalah signifikan terhadap jumlah anakan bawang merah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$

**Intercept:**

Nilai perubahan variabel dependent tanpa dipengaruhi keberadaan variabel independen, artinya tanpa ada pengaruh variabel independen (bahan organik dan agen hayati), variabel dependen (jumlah anakan tanaman bawang merah) nilainya dapat berubah. Nilai sig.  $0,000 < 0,050$ .

**Perlakuan**

Dari uji analisis *Two Way Anova* dengan taraf 5 % didapatkan nilai sig.  $0,000 < 0,050$  sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan secara nyata antar kelompok perlakuan bahan organik dan agen hayati terhadap jumlah anakan tanaman bawang merah.

Perlakuan	Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah
kontrol 200	3,0000 <sup>(a)</sup>
urea berlapis biochar	3,0417 <sup>(ab)</sup>
kontrol 100	3,1250 <sup>(ab)</sup>
Biokompos	3,2500 <sup>(bc)</sup>
Pukan	3,4167 <sup>(bc)</sup>
urea berlapis nano biochar	3,4583 <sup>(bc)</sup>
agen hayati	3,5833 <sup>(c)</sup>
kontrol 50	4,0833 <sup>(d)</sup>

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati yg paling berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman bawang merah adalah agen hayati.



## Lampiran 12. Hasil analisis statistik bobot umbi bawang merah

## ANOVA

## Bobot Basah

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1632,845	7	233,264	2,869	,038
Within Groups	1300,913	16	81,307		
Total	2933,758	23			

Berdasarkan uji *One Way Anova* menunjukkan nilai sig.  $0,038 < 0,050$  bahwa terdapat perbedaan secara nyata perlakuan bahan organik dan agen hayati terhadap bobot basah umbi tanaman bawang merah

## ANOVA

## Bobot Kering

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	556,787	7	79,541	1,079	,420
Within Groups	1178,987	16	73,687		
Total	1735,773	23			

Berdasarkan uji *One Way Anova* menunjukkan nilai sig.  $0,420 < 0,050$  bahwa tidak ada perbedaan secara nyata perlakuan bahan organik dan agen hayati terhadap bobot kering umbi tanaman bawang merah.

Perlakuan	rata-rata
Urea Berlapis Biochar	45,60 <sup>(a)</sup>
Kontrol 50	46,63 <sup>(a)</sup>
Pupuk Kandang	46,93 <sup>(a)</sup>
Urea Berlapis Nano Biochar	50,63 <sup>(a)</sup>
Biokompos	55,76 <sup>(a)</sup>
Agen Hayati	56,16 <sup>(a)</sup>
Kontrol 200	56,46 <sup>(a)</sup>
Kontrol 100	58,06 <sup>(a)</sup>

Berdasarkan uji Tukey HSD perlakuan bahan organik dan agen hayati mempunyai pengaruh yang sama terhadap bobot basah umbi tanaman bawang merah.

## Lampiran 13. Perhitungan kebutuhan Pb per pot

**KEBUTUHAN PB DALAM TANAH PER POT**

- Menggunakan PbCl<sub>2</sub>, diambil Pb 50 ppm, 100 ppm, dan 200 ppm
- Berat Molekul PbCl<sub>2</sub> = 278,1 g/mol
- Berat Atom Pb = 207,2 g/mol
- Purity PbCl<sub>2</sub> 98%
- Tanah yang digunakan 5 kg

Rumus:

$$\frac{BM \text{ PbCl}_2}{BA \text{ Pb}} \times \text{konsentrasi ppm} \times \text{berat tanah} \times \text{purity}$$

- 50 ppm

$$\begin{aligned} \text{Mg Pb} &= \frac{278,1 \text{ g/mol}}{207,2 \text{ g/mol}} \times 50 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 5 \text{ kg} \times 98 \% \\ &= 338,93 \text{ mg} \\ &= 0,338 \text{ gram PbCl}_2 \text{ per pot} \end{aligned}$$

- 100 ppm

$$\begin{aligned} \text{Mg Pb} &= \frac{278,1 \text{ g/mol}}{207,2 \text{ g/mol}} \times 100 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 5 \text{ kg} \times 98 \% \\ &= 677,86 \text{ mg} \\ &= 0,677 \text{ gram PbCl}_2 \text{ per pot} \end{aligned}$$

- 200 ppm

$$\begin{aligned} \text{Mg Pb} &= \frac{278,1 \text{ g/mol}}{207,2 \text{ g/mol}} \times 200 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 5 \text{ kg} \times 98 \% \\ &= 1355,72 \text{ mg} \\ &= 1,355 \text{ gram PbCl}_2 \text{ per pot} \end{aligned}$$

## Lampiran 14. Perhitungan dosis berdasarkan berat tanah

**PERHITUNGAN DOSIS BERDASARKAN BERAT TANAH**

- Berat tanah seluas 1 Ha diasumsikan kedalamannya 20 cm
- Kedalaman tanah 20 cm = 0,2 m 1 Ha = 10.000 m<sup>2</sup>
- Berat tanah seluas 1 Ha= 0,2 m x 10000 m<sup>2</sup> = 2000 m<sup>3</sup> atau 2.000.000 kg
- Volume tanah 5 kg

Rumus:

$$\frac{\text{volume tanah yg digunakan}}{\text{berat tanah seluas 1 Ha}} \times \text{dosis pupuk per Ha}$$

- Pupuk kandang 10 ton/ha

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \frac{5 \text{ kg}}{2.000.000 \text{ kg}} \times 10000 \text{ kg/Ha} \\ &= 0,025 \text{ kg} \\ &= 25 \text{ gram pupuk kandang per pot} \end{aligned}$$

- Biokompos 2 ton/ha

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \frac{5 \text{ kg}}{2.000.000 \text{ kg}} \times 2000 \text{ kg/Ha} \\ &= 0,005 \text{ kg} \\ &= 5 \text{ gram biokompos per pot} \end{aligned}$$

- Urea berlapis biochar 180 kg/ha

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \frac{5 \text{ kg}}{2.000.000 \text{ kg}} \times 180 \text{ kg/Ha} \\ &= 0.00045 \text{ kg} \\ &= 0,45 \text{ gram urea berlapis biochar per pot} \end{aligned}$$

- Urea berlapis nanobiochar

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \frac{5 \text{ kg}}{2.000.000 \text{ kg}} \times 180 \text{ kg/Ha} \\ &= 0.00045 \text{ kg} \\ &= 0,45 \text{ gram urea berlapis nanobiochar per pot} \end{aligned}$$



## Lampiran 16. Dokumentasi Penelitian



Persiapan lahan



Persiapan Pb untuk dicemari ke tanah



Proses inkubasi



Persiapan bahan organik pupuk kandang



Persiapan urea berlapis biochar dan nanobiochar



Persiapan pupuk SP36 dan Phonska



Pembuatan agen hayati



Persiapan bahan organik biochar-kompos (Biokompos)



Bawang merah varietas brebes



Bawang merah yang dipotong 1/3 ujungnya



Penanaman



Penyiraman



Tanaman bawang merah yang sudah tumbuh



Aplikasi bahan organik



Penyemprotan agen hayati



Pengukuran parameter agronomi



Pengambilan sampel tanah



Panen bawang merah



Bawang merah yang sudah di panen



Penimbangan bobot umbi



Preparasi sampel (dihaluskan)



Preparasi sampel tanah (pengayakan)



Preparasi sampel dan pengkodean sampel



Destruksi sampel



Analisis sampel dengan AAS