

**PENGARUH ASAM SITRAT, ALUMINIUM, DAN INTERAKSINYA
TERHADAP PERTUMBUHAN KECAMBAH JAGUNG HIBRIDA
(*Zea mays* L.) VARIETAS BISI-18**

(Skripsi)

Oleh

WINA SAFUTRI



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**PENGARUH ASAM SITRAT, ALUMINIUM, DAN INTERAKSINYA
TERHADAP PERTUMBUHAN KECAMBAH JAGUNG HIBRIDA
(*Zea mays L.*) VARIETAS BISI-18**

**Oleh
Wina Safutri**

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh asam sitrat, aluminium, dan interaksinya terhadap pertumbuhan benih jagung hibrida (*Zea mays L.*) Var. Bisi-18. Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari-Februari 2016 di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam percobaan faktorial 2x3. Faktor A adalah Aluminium dengan 2 taraf konsentrasi: 0 mM, 5 mM. Faktor B adalah asam sitrat dengan 3 taraf konsentrasi: 0 mM, 5 mM, dan 10 mM. Setiap Kombinasi perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Setelah diseleksi benih jagung direndam dalam larutan asam sitrat selama 24 jam, dan dikecambahkan di nampan plastik. Setelah 7 hari benih ditanam di wadah plastik yang berisi aluminium. Variabel dalam penelitian ini adalah panjang tunas, berat segar akar, berat segar tunas, berat segar kecambah, berat kering akar, berat kering tunas, berat kering kecambah, kadar air relatif, dan rasio tunas akar setelah 7 hari dari masa pertumbuhan. Analisis ragam dilakukan pada taraf nyata 5%. Jika interaksi antara aluminium dan asam sitrat tidak signifikan, *Main effect* ditentukan pada taraf nyata 5% dengan uji BNT. Jika interaksi antara aluminium dan asam sitrat nyata, *Simpel effect* ditentukan pada taraf nyata 5% dengan uji F. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada efek aluminium diamati pada semua variabel, dan asam sitrat berpengaruh negatif terhadap variabel kecuali berat segar akar, berat kering akar dan berat kering kecambah. Interaksi antara asam sitrat dan aluminium meningkatkan berat segar akar kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18. Disimpulkan bahwa aluminium 5 mM tidak dapat menyebabkan cekaman pada kecambah jagung. Dalam kondisi tidak ada cekaman asam sitrat memiliki efek negatif terhadap pertumbuhan kecambah jagung.

Kata kunci: Asam sitrat, Aluminium, Pertumbuhan Kecambah, Jagung Varietas Bisi-18

**PENGARUH ASAM SITRAT, ALUMINIUM, DAN INTERAKSINYA
TERHADAP PERTUMBUHAN KECAMBAH JAGUNG HIBRIDA
(*Zea mays L.*) VARIETAS BISI-18**

**Oleh
WINA SAFUTRI**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PENGARUH ASAM SITRAT, ALUMINIUM, DAN INTERAKSINYA TERHADAP PERTUMBUHAN KECAMBAH JAGUNG HIBRIDA (*Zea mays* L.) VARIETAS BISI-18**

Nama Mahasiswa : **Wina Safutri**

No. Pokok Mahasiswa : 1217021074

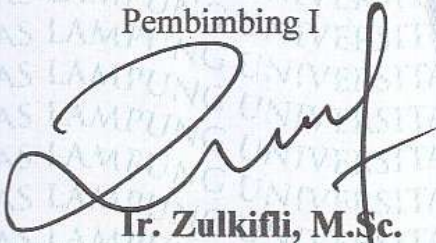
Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

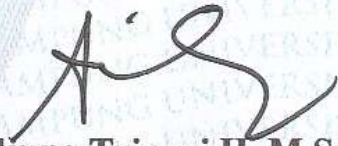
Pembimbing I



Ir. Zulkifli, M.Sc.

NIP 19600716 198604 1 001

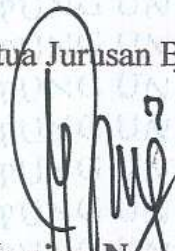
Pembimbing II



Dra. Tundjung Tripeni H, M.S.

NIP 19580624 198403 2 002

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA



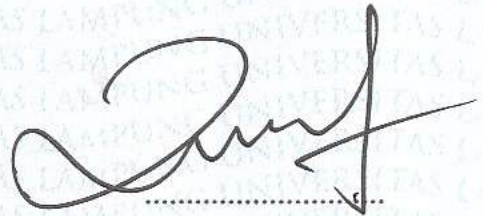
Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc.

NIP 19660305 199103 2 001

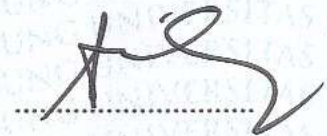
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

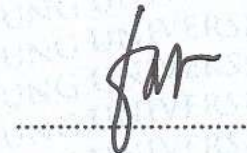
Ketua : **Ir. Zulkifli, M.Sc.**



Sekretaris : **Dra. Tundjung Tripeni H, M.S.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dra. Martha Lulus Lande, M.P.**



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Juni 2016**

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Wina Safutri yang dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 19 Juni 1994 sebagai putri kedua dari tiga bersaudara dari Ayahanda H. Safrodin dan Ibunda Hj. Wapida, S.Pd.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2000, dilanjutkan Sekolah Dasar di SD Al-

Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2006, kemudian Sekolah Menengah Pertama di SMPN 8 Bandar Lampung pada tahun 2009, dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA YP Unila pada tahun 2012. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui Jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Anggota Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) Fakultas MIPA pada tahun 2013-2014, Sekretaris Gerakan Earth Hour Lampung pada tahun 2014-2015 dan Bendahara Bidang Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) Fakultas MIPA pada tahun 2014-2015. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Botani Ekonomi dan

Etnobotani, Biologi Gulma, dan Struktur dan Perkembangan Tumbuhan di Jurusan Biologi. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan Hortikultura (BPSB-TPH) Provinsi Lampung pada tahun 2015.

PERSEMBAHAN

Bissmillahir Rahmaanir Rahiim

Puji syukur kepada Allah SWT, Tiada Tuhan Selain Allah yang telah memberikan nikmat kesehatan, kekuatan dan kesabaran untukku dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ku persembahkan karya ini sebagai cinta kasihku, tanda bakti, serta rasa terima kasihku yang terdalam kepada orang-orang yang telah berjasa dalam hidupku.

Ayah dan Ibu yang telah memberikan cinta, kasih, dan sayangnya, selalu mendoakan tiada henti, memberikan semangat dan nasehat, serta pengorbanannya.

Kakak, Adikku dan sahabat terdekat dalam hidupku serta keluarga besarku yang selalu memberikanku dukungan, dorongan, semangat, dan motivasi.

Guru-guruku, dosen-dosenku dan terutama pembimbingku yang tak pernah lelah dan selalu sabar memberikan bimbingan serta arahan kepadaku

Sahabat-sahabatku yang senantiasa menjadi penyemangat, selalu membantu, tempat berbagi cerita baik suka, duka, susah maupun senang.

Almamater Tercinta

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari satu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

(Q.S. Al-Insyirah: 6-8)

“Jadikan sabar dan shalat sebagai penolongmu.”

(Q.S. Al-Baqarah: 45)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Q.S. Ar-Rahman: 55)

SANWACANA

Alhamdulillahirabbilalamiin,

Puji syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Asam Sitrat, Aluminium dan Interaksinya Terhadap Pertumbuhan Kecambah Jagung Hibrida (*Zea mays. L*) Varietas Bisi-18”**

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan dalam penyusunan skripsi ini. Atas bantuan dari semua pihak baik secara moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang mendalam, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Zulkifli, M.Sc selaku pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas bimbingan, kebaikan, kesabaran, curahan perhatian dan motivasi yang diberikan kepada penulis dari proses awal sampai akhir penyusunan skripsi dan dalam menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
2. Ibu Dra. Tundjung Tripeni Handayani, M.S selaku pembimbing II yang telah memberi bimbingan, nasehat, saran, dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini.

3. Ibu Dra. Martha Lulus Lande, M.P selaku pembahas yang telah banyak memberikan kritik dan koreksi pada penulis serta membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Warsito, S.Si, D.E.A., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Lampung.
6. Keluargaku, Ayah Safrodin, Ibu Wapida, S.Pd., Kakakku Wendy Prisantiko dan Adikku Acep Setiawan yang tak henti-hentinya mendoakan, memberikan motivasi dan kasih sayang selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi FMIPA Unila terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
8. Karyawan dan Staff serta Laboran di Jurusan Biologi yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan Radella Hervidea dan Riza Dwiningrum terima kasih atas kerjasama, kebersamaanya dan maaf jika penulis melakukan kesalahan.
10. Sahabat-sahabat tersayang Hety Ramda Febriani, Helda Yuni dan Muhammad Zefri terimakasih atas waktunya disela-sela kesibukan kita dalam menuntut ilmu dan bekerja, semoga kita sukses dan dapat bertemu kembali.

11. Teman-teman SMA YP. Unila : Nindya Mayang S, Dian Retnowati, Tika Juliastari, Wahyu Khodari N, Taufik Qurrahman, CN Banu W, Satria DO, Dennis Andreas, dan Junico Kurniawan terimakasih atas canda tawa dan keceriaannya selama ini.
12. Teman-teman sepermainan “Upayss” Putri Rahayu N, Sabrina Prihantika, Propalia Utari RSA, Nur Bebi Ulfah, Pepti Aristiani dan Luna Lukvitasari.
13. Teman-teman seangkatan 2012 Biologi : Kadek, Apri, Marli, Abdi, Huda, Agung, Dwi, Emil, Imamah, Nike, Catur, Sayu, Agustina, Asri, Aul, Mita, Lu’lu, Laras, Amanda, Lia, Erika, Minggar, Naomi, Popy, Welmi, Lutfi, Ama, Olin, Meri, Afrisa, Linda, Nisa, Nora, Khorik, Aida, Yelbi, Ambar, Heni, Tejo, Mak Jep, Arum, Dewi, Sheila, Nindya, Reni, Nikken, Aska, mba Indy, Amal, terima kasih atas kekeluargaan yang telah terjalin selama ini semoga kita sukses dikemudian hari, Aamiin YRA.
14. Seluruh Warga HIMBIO dari kakak tingkat 2010, 2011 dan adik tingkat 2013, 2014 serta 2015 terima kasih atas pengalaman, keceriaan dan semangatnya.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan yang telah kalian berikan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Juni 2016

Penulis

WINA SAFUTRI

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
RIWAYAT HIDUP	ii
PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO	v
SANWACANA	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian	5
C. Manfaat Penelitian	5
D. Kerangka Pemikiran	6
E. Hipotesis	7

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanaman Jagung.....	9
B. Morfologi Tanaman Jagung.....	9
1. Akar	9
2. Batang.....	11
3. Daun.....	12
4. Bunga.....	14
5. Biji	16
C. Pola Perkecambahan Benih Jagung.....	17
D. Deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bisi-18	18
E. Asam Sitrat.....	20
1. Deskripsi Asam Sitrat	20
2. Struktur Kimia Asam Sitrat	21
3. Sifat – Sifat Asam Sitrat	21

F. Toksisitas Aluminium (Al) Terhadap Tanaman	24
E. Efek Asam Sitrat Terhadap Pertumbuhan.....	25

III. METODE KERJA

A. Tempat dan Waktu	28
B. Alat dan Bahan	28
C. Rancangan Percobaan.....	29
D. Variabel dan Parameter	29
E. Cara Kerja.....	30
1. Pengecambahan Benih	30
2. Penanaman Kecambah	31
3. Pengamatan	32
3.1. Panjang Tunas	32
3.2. Berat Segar	32
3.3. Berat Kering	32
3.4. Penentuan Rasio Tunas Akar.....	32
3.6. Pengukuran Kadar Air Relatif	33
4. Analisis Data	33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan.....	34
1. Persentase Benih yang Berkecambah.....	34
2. Panjang Tunas	35
3. Berat Segar Akar	36
4. Berat Segar Tunas	37
5. Berat Segar Kecambah	38
6. Berat Kering Akar	39
7. Berat Kering Tunas	40
8. Berat Kering Kecambah	41
9. Kadar Air Relatif	41
10. Rasio Tunas Akar	42
B. Pembahasan	43

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	48
B. Saran.....	48

DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	53
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat Fisika dari Asam Sitrat	21
Tabel 2. Notasi Faktor, Taraf dan Kombinasi Perlakuan.....	29
Tabel 3. Uji BNT Rata-rata Panjang Tunas Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 7 hari setelah perlakuan.....	35
Tabel 4. Uji F Berat Segar Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (gram)	36
Tabel 5. Uji BNT Berat Segar Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (gram)	37
Tabel 6. Uji BNT Berat Segar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (gram).....	38
Tabel 7. Berat Kering Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (gram)	39
Tabel 8. Uji BNT Berat Kering Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (gram).....	40
Tabel 9. Berat Kering Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	41
Tabel 10. Uji BNT Kadar Air Relatif Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 (%)	42
Tabel 11. Uji BNT Rasio Tunas Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	43
Tabel 12. Efek Asam Sitrat, Aluminium dan Interaksinya Terhadap Semua Variabel Pertumbuhan Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	44

Tabel 13. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval.....	54
Tabel 14. Analisis Ragam Panjang Tunas Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	55
Tabel 15. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat	56
Tabel 16. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	57
Tabel 17. Analisis Ragam Berat Segar Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	58
Tabel 18. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	60
Tabel 19. Analisis Ragam Berat Segar Tunas Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea</i> <i>mays</i> L.) Varietas Bisi-18	61
Tabel 20. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat.....	62
Tabel 21. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	63
Tabel 22. Analisis Ragam Berat Segar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	64
Tabel 23. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat.....	65
Tabel 24. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	66
Tabel 25. Analisis Ragam Berat Kering Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	67
Tabel 26. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	68
Tabel 27. Analisis Ragam Berat Kering Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	69
Tabel 28. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat.....	70
Tabel 29. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	71

Tabel 30. Analisis Ragam Berat Kering Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	72
Tabel 31. Rata-rata, Standar Deviasi, Ragam, Standar Error, Koefisien Keragaman, Confident Interval	73
Tabel 32. Analisis Ragam Kadar Air Relatif Jagung Hibirda (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	74
Tabel 33. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat.....	75
Tabel 34. Rasio Tunas Akar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	76
Tabel 35. Analisis Ragam Kadar Air Relatif Jagung Hibirda (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	77
Tabel 36. Uji BNT untuk Penentuan <i>Main Effect</i> Asam Sitrat.....	78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Akar Tanaman Jagung.....	10
Gambar 2. Sudut Daun Jagung.....	13
Gambar 3. Bentuk Ujung Daun Jagung	13
Gambar 4. (Kiri) Bunga Jantan ; (kanan) Bunga Betina / <i>silk</i>	15
Gambar 5. Biji Jagung dan Bagian-bagiannya.....	16
Gambar 6. Pola Perkecambahan Benih Jagung.....	17
Gambar 7. Struktur Molekul Asam Sitrat	21
Gambar 8. Tata Letak Benih Jagung yang dikecambahkan pada Nampan.....	30
Gambar 9. Tata Letak Satuan Percobaan Setelah Pengacakan	31
Gambar 10. Grafik Persentase Benih Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 yang Berkecambah	34
Gambar 11. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Panjang Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	35
Gambar 12. Grafik <i>Simple Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Berat Segar Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	36
Gambar 13. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Berat Segar Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	38
Gambar 14. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Berat Segar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	39
Gambar 15. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Berat Kering Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	40

Gambar 16. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Kadar Air Relatif Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	42
Gambar 17. Grafik <i>Main Effect</i> Asam Sitrat Terhadap Rasio Tunas Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	43
Gambar 18. Proporsi Akar dan Tunas Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	45
Gambar 20. Proporsi Bahan Kering dan Air pada Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	46
Gambar 21. Seleksi Benih Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	79
Gambar 22. Perendaman Benih Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 dalam Larutan Asam Sitrat.....	79
Gambar 23. Pengecambahan Benih Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 yang Telah Direndam dalam Larutan Asam Sitrat pada Nampan Plastik	79
Gambar 24. Hari ke-4 Kecambah Benih Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	80
Gambar 25. Pemberian Larutan Aluminium $Al(OH)_3$ pada Kapas	80
Gambar 26. Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18 Setelah Perlakuan	80
Gambar 27. Proses Pemisahan Kecambah dengan Kapas	81
Gambar 28. Kecambah yang Akan Ditimbang Berat Segar dan Dikeringkan dengan Oven.....	81
Gambar 29. Proses Menimbang Berat Segar Akar	81
Gambar 30. Proses Pengeringan Menggunakan Oven	82
Gambar 31. Kecambah yang telah dioven dan masuk dalam Desikator.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Panjang Tunas Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	54
Lampiran 2. Berat Segar Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	57
Lampiran 3. Berat Segar Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	60
Lampiran 4. Berat Segar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	63
Lampiran 5. Berat Kering Akar Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	66
Lampiran 6. Berat Kering Tunas Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	68
Lampiran 7. Berat Kering Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	71
Lampiran 8. Kadar Air Relatif Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18	73
Lampiran 9. Rasio Tunas Akar Kecambah Jagung Hibrida (<i>Zea mays</i> L.) Varietas Bisi-18.....	76

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman jagung merupakan sumber pangan penting setelah padi. Selain sebagai sumber pangan juga sebagai bahan baku pakan ternak, pemanis pengganti gula tebu, bahan baku pembuat *biofuel*, bahan baku pembuat plastik dan lain-lain. Propinsi penghasil jagung terbesar di Indonesia adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Timur (Sarasutha, 2002).

Pada tahun 1981 produksi jagung terbesar adalah Jawa Timur (43%), Jawa Tengah 22%, Sulawesi Selatan 11%, Nusa Tenggara Timur 6%, Lampung 2%, dan Sumatera Utara 1,0%. Pada tahun 2005 terjadi pergeseran sentra produksi jagung Indonesia, yang terbesar tetap Jawa Timur sebesar 35%, diikuti oleh Jawa Tengah 17%, Lampung 11%, Sumatera Utara 6%, Sulawesi Selatan 6%, dan Nusa Tenggara Timur 5% (Kasryno dkk., 2011).

Pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan pendapatan turut meningkatkan kebutuhan makanan yang bernilai gizi tinggi seperti jagung. Peningkatan kebutuhan jagung di Indonesia berkaitan erat dengan perkembangan industri pangan seperti meningkatnya produk olahan atau

bahan setengah jadi, seperti bahan campuran pembuatan kue, bubur instan campuran kopi dan produk minuman rendah kalori sehingga konsumsi jagung per kapita mencapai 15 kg. Selain itu, perkembangan industri konsumsi pakan di Indonesia mencapai 25 kg per kapita. Bahan baku pakan ternak sekitar 50% berasal dari jagung sehingga untuk memenuhi kebutuhan pangan maupun pakan (Suprpto, 2002). Pada tahun 2010, impor jagung telah mencapai 1,52 juta ton dan pada tahun 2011 meningkat menjadi 3,4 juta ton (Harian Bisnis dan Investasi Kontan, 2012).

Secara umum benih varietas unggul jagung dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu jagung hibrida dan komposit (Ermanita dkk., 2004). Dibandingkan jenis komposit, jagung hibrida umumnya mempunyai kelebihan dalam hal potensi hasil yaitu lebih tinggi dan pertumbuhan tanaman lebih seragam. Jagung komposit potensi hasilnya lebih rendah dibandingkan hibrida (Balai Penelitian Tanaman Serealia, 2007). Kementerian Pertanian pada tahun 2014, mentargetkan penanaman jagung hibrida bisa mencapai 75%. Penggunaan benih jagung lainnya seperti jagung komposit unggul bermutu 15%, jagung lokal, dan lainnya seperti jagung transgenik sekitar 10% (Ditjen Tanaman Pangan, 2010).

Beberapa varietas jagung hibrida yang beredar di pasaran seperti Bisi 2, Bisi 16, Bisi 18, NK 22, NK 33, Pionir, Semar dan lain sebagainya. Panen jagung hibrida muda sangat diminati di lapangan, karena umurnya pendek, pemasarannya cukup lancar. Kebutuhan akan produksi jagung terus meningkat setiap tahunnya maka perlu adanya pengelolaan dalam produksi

jagung seperti penggunaan benih yang unggul dan areal tanaman yang cukup luas.

Pada tahun 2002, luas areal tanaman jagung mencapai 3.291.616 hektar dengan daerah produksi di Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara. Di pulau Jawa memiliki areal yang terluas dalam penanaman jagung yaitu sekitar 62% dari total seluruhnya (Suprpto, 2002). Namun, perluasan areal pertanaman pada areal bukaan baru sering menghadapi faktor pembatas ekologi, antara lain, tingginya tingkat kemasaman dan kandungan Aluminium (Al) tanah. Kandungan Al yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan dan merusak perakaran tanaman sehingga mengakibatkan tidak efisiennya akar menyerap unsur hara dan air (Ma *et al.*, 2000).

Gejala pertama yang tampak dari keracunan Al adalah sistem perakaran yang tidak berkembang (pendek dan tebal) sebagai akibat penghambatan perpanjangan sel. Beberapa pengaruh buruk keberadaan Al tersebut antara lain terjadi gangguan penyerapan hara, bergabung dengan dinding sel, dan menghambat pembelahan sel. Gangguan penyerapan hara pada tanah masam disebabkan dua hal yang saling berkaitan yaitu efek langsung dari penghambatan perpanjangan dan perkembangan sel akar dan adanya pengaruh tidak langsung terhadap ketersediaan hara melalui pembentukan kompleks-Al, kompetisi hara mineral dan penutupan "*binding site*" (Marschner, 1995).

Gejala keracunan Al yang paling mudah dapat dilihat adalah penghambatan pertumbuhan akar. Penghambatan pertumbuhan akar telah banyak dilaporkan

seperti pada padi (Nasution & Suhartini, 1991), kedelai (Ferrufino *et al.*, 2000; Soepandi *et al.*, 2000), gandum (Delhaiz & Ryan, 1995), dan jagung (Sivaguru *et al.*, 1999). Dari hasil-hasil penelitian padi di lahan kering masam, umumnya pada pH kurang dari 5,5 ketersediaan unsur kalsium (Ca) dan fosfor (P) rendah dan akan muncul masalah keracunan Al. Batas kritis kejenuhan Al di tanah masam Oksisol dan Ultisol bervariasi antar spesies yaitu 70% untuk padi, 55% untuk kacang uci, 29% untuk jagung, 28% untuk kacang tanah, 15% untuk kedelai dan 5% untuk kacang hijau (Arief, 1990).

Asam organik diketahui berperan dalam mekanisme ketahanan tumbuhan terhadap cekaman Al. Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang mempunyai rumus kimia $C_6H_8O_7$ (Sarulli dan Damayanti, 2010). Asam sitrat memiliki kemampuan menurunkan derajat keasaman (pH). Asam sitrat sangat baik digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH larutan. Ion sitrat dapat bereaksi dengan banyak ion logam membentuk garam sitrat (Winarno, 1997).

Terdapat dua cara tumbuhan mengatasi cekaman Al tersebut, yaitu dengan mekanisme eksternal dan mekanisme internal. Pada mekanisme eksternal, tumbuhan mencegah Al masuk ke dalam jaringan antara lain dengan mengeksudasi asam organik dari akar yang dapat berikatan dengan Al di rizosfer. Asam organik tersebut dapat membentuk kompleks dengan Al di rizosfer sehingga tidak bersifat racun bagi tumbuhan (Ryan *et al.* 2001).

Pada tumbuhan telah diketahui beberapa jenis asam organik yang berperan dalam mekanisme toleransi terhadap cekaman Al secara eksternal.

Contohnya, asam sitrat yang dieksudasi tanaman buncis (Miyasaka *et al.* 1991); asam malat dieksudasi gandum (Delhaize *et al.* 1993); serta asam sitrat dan malat yang dieksudasi jagung (Kollmeier *et al.* 2001).

Kemampuan setiap jenis asam organik dalam mengurangi toksisitas Al berbeda-beda, salah satu asam-asam organik yang mempunyai pengaruh kuat dalam mengurangi daya toksik Al seperti asam sitrat dan oksalat.

Kemampuan detoksifikasi Al pada asam organik tersebut berkaitan dengan komponen rantai karbon dari gugus OH dan COOH. Semakin banyak gugus tersebut dalam komponen asam organik maka kemampuan asam organik dalam mengkelat Al akan semakin baik.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh asam sitrat, aluminium dan interaksinya terhadap pertumbuhan benih jagung hibrida (*Zea mays* L.) varietas Bisi-18.

C. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih lengkap dan jawaban terhadap kemungkinan penggunaan asam sitrat untuk menginduksi ketahanan jagung hibrida varietas Bisi-18 terhadap cekaman aluminium.

D. Kerangka Pemikiran

Aluminium merupakan salah satu unsur kimia yang bersifat toksik bagi tanaman-tanaman pangan karena menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman pangan. Salah satu masalah utama pada lahan-lahan masam adalah kandungan aluminium yang relatif tinggi yang menimbulkan toksisitas pada tanaman. Tanaman memiliki dua mekanisme detoksifikasi aluminium yaitu eksternal dan internal. Dalam mekanisme eksternal akar tanaman mengeluarkan eksudat asam organik seperti asam askorbat, malat, dan sitrat yang membentuk kompleks dengan aluminium sehingga mencegah diserapnya aluminium oleh akar. Dalam mekanisme internal akar tanaman tidak mengeluarkan eksudat asam organik namun aluminium yang diserap oleh tanaman akan membentuk kompleks dengan asam organik atau terjadi proses detoksifikasi.

Pertanyaan mendasar dalam penelitian ini adalah apakah perendaman benih jagung hibrida varietas Bisi-18 dalam larutan asam sitrat dapat meningkatkan eksudat asam organik kecambah jagung yang mengalami cekaman aluminium. Peningkatan eksudat asam organik oleh akar diduga berkorelasi positif dengan ketahanan kecambah terhadap cekaman aluminium.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa asam sitrat sendiri tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah kedelai dalam ketiadaan aluminium. Pada Al 2 mM asam sitrat dapat mengurangi cekaman aluminium dengan meningkatkan panjang hipokotil, panjang kecambah dan panjang akar kecambah 11-26%. Asam sitrat meningkatkan berat segar

sampai 8%, tetapi tidak memiliki efek yang nyata terhadap berat kering, menurunkan kandungan klorofil sampai 16%. Pada Al 5mM asam sitrat meningkatkan secara nyata panjang hipokotil, panjang kecambah dan panjang akar 19 – 60% , meningkatkan berat segar sampai 12% dan juga menurunkan kandungan klorofil sampai 9%.

Untuk membuktikan dugaan tersebut maka semua variabel pertumbuhan kecambah (panjang tunas, berat segar, berat kering, kadar air relatif dan rasio tunas akar) dibandingkan kecambah yang berasal dari benih yang tidak direndam dalam larutan asam sitrat dengan kecambah yang berasal dari benih yang direndam dalam larutan asam sitrat pada kondisi cekaman aluminium.

E. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

1. Pertumbuhan kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18 kontrol berbeda dari pertumbuhan kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18 perlakuan asam sitrat.

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_0 : \mu_0 \neq \mu_1$$

μ_0 = Nilai tengah semua variabel pertumbuhan kecambah kontrol.

μ_1 = Nilai tengah semua variabel pertumbuhan kecambah perlakuan.

Hipotesis diterima jika H_1 ditolak atau H_0 diterima.

2. Aluminium (Al) menurunkan secara nyata semua variabel pertumbuhan kecambah (panjang tunas, berat segar, berat kering, kadar air relatif dan rasio tunas akar).

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 > \mu_1$$

μ_0 = Nilai tengah semua variabel pertumbuhan kecambah kontrol.

μ_1 = Nilai tengah semua variabel pertumbuhan kecambah perlakuan.

Hipotesis diterima jika H_0 ditolak atau H_1 diterima.

3. Ada interaksi nyata antara asam sitrat dengan aluminium terhadap semua variabel pertumbuhan kecambah (panjang tunas, berat segar, berat kering, kadar air relatif dan rasio tunas akar).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanaman Jagung

Menurut Purwono dan Hartono (2011) secara umum klasifikasi dan sistematika tanaman jagung sebagai berikut :

Regnum : Plantae

Divisio : Spermatophyta

Classis : Monocotyledoneae

Ordo : Poales

Familia : Poaceae

Genus : *Zea*

Species : *Zea mays* L.

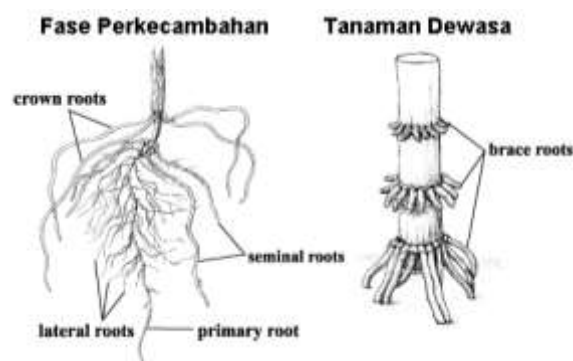
B. Morfologi Tanaman Jagung

1. Akar

(Gambar 1.) Jagung mempunyai akar serabut dengan tiga macam akar, yaitu (a) akar seminal, (b) akar adventif, dan (c) akar kait atau penyangga.

Akar seminal adalah akar yang berkembang dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal akan melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah dan pertumbuhan akar seminal akan berhenti pada fase V3. Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 10-18 hari setelah berkecambah. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif, dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah (Syafuruddin, 2002).

Akar adventif adalah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil, kemudian set akar adventif berkembang dari tiap buku secara berurutan dan terus ke atas antara 7-10 buku, semuanya di bawah permukaan tanah. Akar adventif berkembang menjadi serabut akar tebal. Akar seminal hanya sedikit berperan dalam siklus hidup jagung. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan hara. Bobot total akar jagung terdiri atas 52% akar adventif seminal dan 48% akar nodal. Akar kait atau penyangga adalah akar adventif yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah. Fungsi dari akar penyangga adalah menjaga tanaman agar tetap tegak dan mengatasi rebah batang. Akar ini juga membantu penyerapan hara dan air (Syafuruddin, 2002).



Gambar 1. Akar Tanaman Jagung
Sumber : Syafuruddin, 2002

Perkembangan akar jagung (kedalaman dan penyebarannya) bergantung pada varietas, pengolahan tanah, fisik dan kimia tanah, keadaan air tanah, dan pemupukan. Akar jagung dapat dijadikan indikator toleransi tanaman terhadap cekaman aluminium. Tanaman yang toleran aluminium, tudung akarnya terpotong dan tidak mempunyai bulu-bulu akar (Syafuruddin, 2002). Pemupukan nitrogen dengan takaran berbeda menyebabkan perbedaan perkembangan (*plasticity*) pada sistem perakaran jagung (Smith *et al.*, 1995).

2. Batang

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris, dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku ruas. Pada buku ruas terdapat tunas yang berkembang menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif. Batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit (*epidermis*), jaringan pembuluh (*bundles vaskuler*), dan pusat batang (*pith*) (Paliwal, 2000).

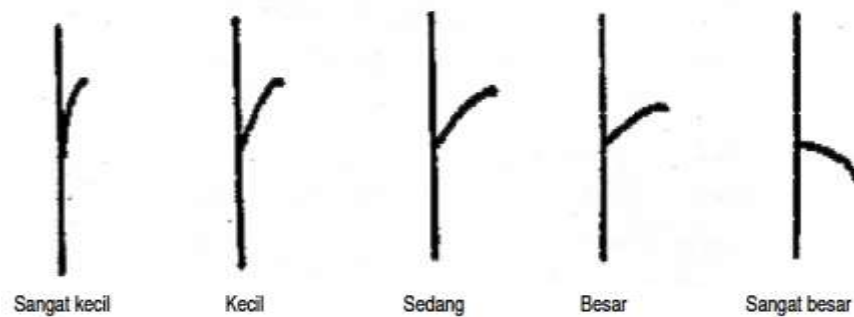
Batang jagung tegak dan mudah terlihat. Terdapat mutan yang batangnya tidak tumbuh pesat sehingga tanaman berbentuk roset. Batang beruas-ruas. Ruas terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung cukup kokoh namun tidak banyak mengandung lignin. Batang jagung berwarna hijau sampai keunguan, berbentuk bulat dengan penampang melintang selebar 125 – 250 cm (Purwono dan Hartono, 2006). Batang berbuku – buku yang dibatasi oleh ruas – ruas berkisar 8-21 ruas. Jumlah

ruas tersebut bergantung pada varietas yang mempunyai panjang batang antara 50 – 60 cm, namun rata-rata panjang batang pada umumnya antara 100 – 300 cm (Aksi Agraris Kansius (AAK), 1993).

3. Daun

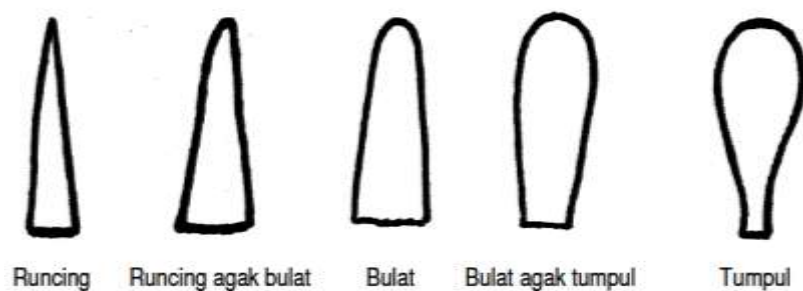
Sesudah koleoptil muncul di atas permukaan tanah, daun jagung mulai terbuka. Setiap daun terdiri atas helaian daun, ligula, dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Jumlah daun sama dengan jumlah buku batang. Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 helai, rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun (Paliwal, 2000).

Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibanding di daerah beriklim sedang. Genotipe jagung mempunyai keragaman dalam hal panjang, lebar, tebal, sudut, dan warna pigmentasi daun. Lebar helai daun dikategorikan mulai dari sangat sempit (< 5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm), hingga sangat lebar (>11 cm). Besar sudut daun mempengaruhi tipe daun. Sudut daun jagung juga beragam, mulai dari sangat kecil hingga sangat besar (Gambar 2). Beberapa genotipe jagung memiliki antocyanin pada helai daunnya, yang bisa terdapat pada pinggir daun atau tulang daun. Intensitas warna antocyanin pada pelepah daun bervariasi, dari sangat lemah hingga sangat kuat (Paliwal, 2000).



Gambar 2. Sudut Daun Jagung
Sumber : Paliwal, 2000

Bentuk ujung daun jagung berbeda, yaitu runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul, dan tumpul (Gambar 3). Berdasarkan letak posisi daun (sudut daun) terdapat dua tipe daun jagung, yaitu tegak (*erect*) dan menggantung (*pendant*). Daun *erect* biasanya memiliki sudut antara kecil sampai sedang, pola helai daun bisa lurus atau bengkok. Daun *pendant* umumnya memiliki sudut yang lebar dan pola daun bervariasi dari lurus sampai sangat bengkok. Jagung dengan tipe daun *erect* memiliki kanopi kecil sehingga dapat ditanam dengan populasi yang tinggi. Kepadatan tanaman yang tinggi diharapkan dapat memberikan hasil yang tinggi pula (Paliwal, 2000).



Gambar 3. Bentuk Ujung Daun Jagung
Sumber : Paliwal, 2000

4. Bunga

Jagung disebut juga tanaman berumah satu (*monoecious*) karena bunga jantan dan betinanya terdapat dalam satu tanaman. Bunga betina, tongkol, muncul dari *axillary apices* tajuk. Bunga jantan (*tassel*) berkembang dari titik tumbuh apikal di ujung tanaman. Pada tahap awal, kedua bunga memiliki primordia bunga biseksual. Selama proses perkembangan, primordia stamen pada axillary bunga tidak berkembang dan menjadi bunga betina. Demikian pula halnya primordia gynaecium pada apikal bunga, tidak berkembang dan menjadi bunga jantan (Paliwal, 2000).

Serbuk sari (*pollen*) adalah trinukleat. *Pollen* memiliki sel vegetatif, dua gamet jantan dan mengandung butiran-butiran pati. Dinding tebalnya terbentuk dari dua lapisan, exine dan intin, dan cukup keras. Karena adanya perbedaan perkembangan bunga pada spikelet jantan yang terletak di atas dan bawah dan ketidaksinkronan matangnya spike, maka *pollen* pecah secara kontinu dari tiap tassel dalam tempo seminggu atau lebih (Paliwal, 2000).

Rambut jagung (*silk*) adalah pemanjangan dari saluran *stilar ovary* yang matang pada tongkol. Rambut jagung tumbuh dengan panjang hingga 30,5 cm atau lebih sehingga keluar dari ujung kelobot. Panjang rambut jagung bergantung pada panjang tongkol dan kelobot (Paliwal, 2000).



Gambar 4. (Kiri) Bunga Jantan ; (kanan) Bunga Betina / *silk*
Sumber : Paliwal, 2000

Tanaman jagung adalah protandry, di mana pada sebagian besar varietas, bunga jantannya muncul (*anthesis*) 1-3 hari sebelum rambut bunga betina muncul (*silking*). Serbuk sari (*pollen*) terlepas mulai dari spikelet yang terletak pada spike yang di tengah, 2-3 cm dari ujung malai (*tassel*), kemudian turun ke bawah. Satu bulir anther melepas 15-30 juta serbuk sari. Serbuk sari sangat ringan dan jatuh karena gravitasi atau tertiup angin sehingga terjadi penyerbukan silang (Paliwal, 2000).

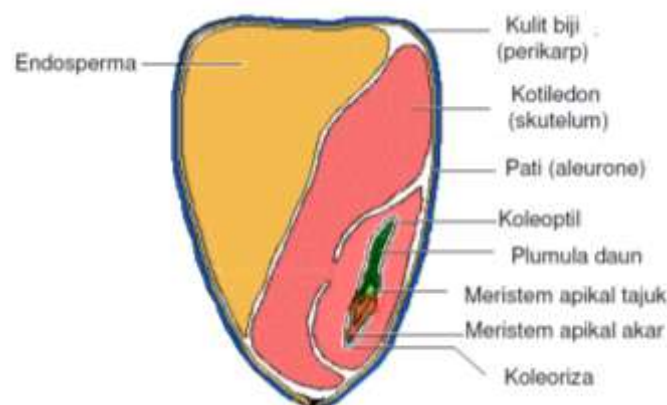
Penyerbukan pada jagung terjadi bila serbuk sari dari bunga jantan menempel pada rambut tongkol. Hampir 95% dari persarian tersebut berasal dari serbuk sari tanaman lain, dan hanya 5% yang berasal dari serbuk sari tanaman sendiri. Oleh karena itu, tanaman jagung disebut tanaman bersari silang (*cross pollinated crop*), di mana sebagian besar dari serbuk sari berasal dari tanaman lain. Terlepasnya serbuk sari berlangsung 3-6 hari, bergantung pada varietas, suhu, dan kelembaban. Rambut tongkol tetap reseptif dalam 3-8 hari. Serbuk sari masih tetap hidup (*viable*) dalam 4-16 jam sesudah terlepas (*shedding*). Penyerbukan selesai dalam 24-36 jam dan biji mulai terbentuk sesudah 10-15 hari. Setelah penyerbukan, warna rambut tongkol berubah menjadi coklat dan kemudian kering (Paliwal, 2000).

5. Biji

Tanaman jagung mempunyai satu atau dua tongkol, tergantung varietas.

Tongkol jagung diselimuti oleh daun kelobot. Tongkol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol terdiri atas 10-16 baris biji yang jumlahnya selalu genap (Hardman dan Gunsolus,1998).

Biji jagung disebut kariopsis, dinding ovary atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa, membentuk dinding buah. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (a) pericarp, berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; (b) endosperm, sebagai cadangan makanan, mencapai 75% dari bobot biji yang mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya; dan (c) embrio (lembaga), sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plumule, akar radikal, scutelum, dan koleoptil (Hardman dan Gunsolus,1998).

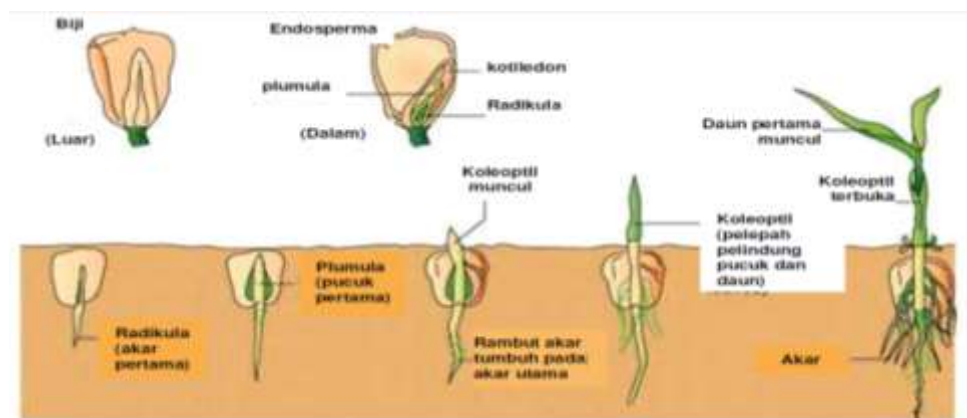


Gambar 5. Biji Jagung dan bagian-bagiannya

Sumber : Hardman dan Gunsolus, 1998

C. Pola Perkecambahan Benih Jagung

(Gambar.6) Perkecambahan benih jagung terjadi ketika radikula muncul dari kulit biji. Benih jagung akan berkecambah jika kadar air benih pada saat di dalam tanah meningkat $>30\%$ (McWilliams et al., 1999).



Gambar 6. Pola Perkecambahan Benih Jagung

Sumber : McWilliams et al., 1999

Proses perkecambahan benih jagung, mula-mula benih menyerap air melalui proses imbibisi dan benih membesar yang diikuti oleh kenaikan aktivitas enzim dan respirasi yang tinggi. Perubahan awal sebagian besar adalah katabolisme pati, lemak, dan protein yang tersimpan dihidrolisis menjadi zat-zat yang mobil, gula, asam-asam lemak, dan asam amino yang dapat diangkut ke bagian embrio yang tumbuh aktif (McWilliams et al., 1999).

Pada awal perkecambahan, koleoriza memanjang menembus pericarp, kemudian radikel menembus koleoriza. Setelah radikel muncul, kemudian empat akar seminal lateral juga muncul. Pada waktu yang sama atau sesaat kemudian plumule tertutupi oleh koleoptil. Koleoptil terdorong ke atas

oleh pemanjangan mesokotil, yang mendorong koleoptil ke permukaan tanah. Mesokotil berperan penting dalam pemunculan kecambah ke atas tanah. Ketika ujung koleoptil muncul ke luar permukaan tanah, pemanjangan mesokotil terhenti dan plumul muncul dari koleoptil dan menembus permukaan tanah (McWilliams et al., 1999).

D. Deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bisi-18

Tanggal dilepas	: 12 Oktober 2004
Asal	: F1 silang tunggal antara galur murni FS46 sebagai induk betina dan galur murni FS17 sebagai induk jantan
Umur	: 50% keluar rambut Dataran rendah: + 57 hari Dataran tinggi: + 70 hari Masak fisiologis Dataran rendah : + 100 hari Dataran tinggi : + 125 hari
Batang	: Besar, kokoh, tegap
Warna batang	: Hijau
Tinggi tanaman	: + 230 cm
Daun	: Medium dan tegak
Warna daun	: Hijau gelap
Keragaman tanaman	: Seragam
Perakaran	: Baik

Kerebahan	: Tahan rebah
Bentuk malai	: Kompak dan agak tegak
Warna sekam	: Ungu kehijauan
Warna anthera	: Ungu kemerahan
Warna rambut	: Ungu kemerahan
Tinggi tongkol	: + 115 cm
Kelobot	: Menutup tongkol cukup baik
Tipe biji	: Semi mutiara
Warna biji	: Oranye kekuningan
Jumlah baris/tongkol	: 14 - 16 baris
Bobot 1000 biji	: + 303 g
Rata-rata hasil	: 9,1 t/ha pipilan kering
Potensi hasil	: 12 t/ha pipilan kering
Ketahanan	: Tahan terhadap penyakit karat daun dan bercak daun
Daerah pengembangan	: Daerah yang sudah biasa menanam jagung hibrida pada musim kemarau dan hujan, terutama yang menghendaki varietas berumur genjah-sedang
Keterangan	: Baik ditanam di dataran rendah sampai ketinggian 1000 m dpl
Pemulia	: Nasib W.W., Putu Darsana, M.H. Wahyudi, dan Purwoko

(Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013).

E. Asam Sitrat

1. Deskripsi Asam Sitrat

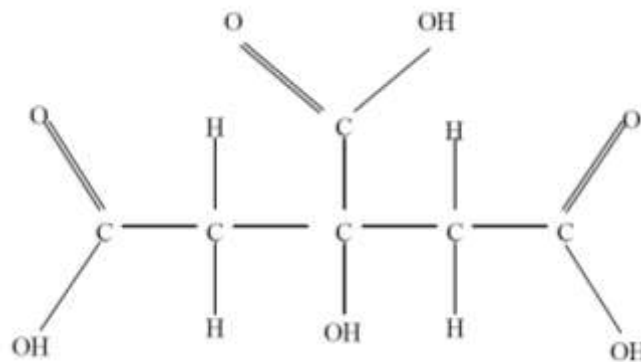
Asam sitrat merupakan senyawa intermediat dari asam organik yang berbentuk kristal atau serbuk. Pemecahan karbohidrat dengan cara fermentasi dapat menghasilkan berbagai macam senyawa organik diantaranya adalah asam sitrat. Dengan enzim amylase, glukosa amilase, atau amiloglukosidase, senyawa karbohidrat akan dipecah menjadi glukosa, dan melalui jalur EMP (*Embden Meyerhof-Paras*) glukosa akan diubah menjadi asam piruvat. Asam piruvat melalui siklus krebs atau siklus TCA (*Tricarboxylic Acid Cycle*) akan diubah menjadi asam sitrat (Nur, 2012).

Asam Sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran, namun ditemukan pada konsentrasi tinggi, yang dapat mencapai 8 % bobot kering, pada jeruk lemon dan limau (misalnya jeruk nipis dan jeruk purut). Karena sifat-sifatnya yang tidak beracun, dapat mengikat logam-logam berat (besi maupun bukan besi), dan dapat menimbulkan rasa yang menarik.

Asam sitrat juga memiliki kemampuan menurunkan derajat keasaman (pH). Asam sitrat diproduksi dalam bentuk kristal dan memiliki kriteria yang tidak berwarna, berasa asam, tidak berbau dan lebih cepat larut dalam air panas (Winarno, 1997).

2. Struktur Kimia Asam Sitrat

(Gambar 7) Rumus kimia Asam Sitrat adalah $C_6H_8O_7$ atau $CH_2(COOH)-COH(COOH)-CH_2(COOH)$, struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Keasaman Asam Sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat. Secara komersil asam sitrat diproduksi melalui fermentasi dari bahan yang mengandung glukosa dan sukrosa (Umemura et al., 2011).



Gambar. 7 Struktur Molekul Asam Sitrat
Sumber : (Umemura, 2011)

3. Sifat – Sifat Asam Sitrat

a. Sifat Fisika

Tabel 1. Sifat Fisika dari Asam Sitrat

PARAMETER	ANHYDROUS	MONOHYDRATE
Rumus Molekul	$C_6H_8O_7$	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Berat Molekul	192,12	210,14
Bentuk	Kristal Tak	Kristal Tak Berwarna

	Berwarna	
Specific Gravity	1,665 (20 ⁰ C)	1,542 (20 ⁰ C)
Melting Point	153 ⁰ C	70-75 ⁰ C
Boiling Point	Terdekomposisi pada 175 ⁰ C	Terdekomposisi pada 175 ⁰ C
Proses Pembentukan	Kristalisasi dari larutan panas (>36,6 ⁰ C)	Kristalisasi dari larutan dingin (<36,6 ⁰ C)
Kelarutan	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene
Kelarutan di air pada 300C	64,3%	64,3%
Kelarutan di air pada 700C	76,2%	76,2%
Struktur Kristal	Orthorombic	Orthorombic
Panas Pembakaran	468,5 kcal/mol	466,6 kcal/mol

Sumber : (Sarulli dan Damayanti, 2010)

b. Sifat Kimia

Menurut Sarulli dan Damayanti (2010) terdapat beberapa sifat-sifat kimia dari asam sitrat yaitu :

- Pada pemanasan 175⁰C, asam sitrat berubah menjadi aconitic acid. Aconitic acid jika ditambah dengan hydrogen berubah menjadi tricarballic acid.
- Pada pemanasan 175⁰C, asam sitrat jika dieliminasi dengan oksigen dan menghilangkan karbon dioksida berubah menjadi

acetonedicarboxylic acid. Acetonedicarboxylic acid jika diuapkan karbon dioksida berubah menjadi acetone.

- Pada pemanasan 175°C , asam sitrat jika dihilangkan karbon dioksida berubah menjadi itaconic acid.
- Larutan asam sitrat bila dicampur dengan asam sulfat atau oksidasi dengan larutan potassium permanganate menghasilkan asam acetonedicarboxylic.
- Pada suhu 35°C , jika asam sitrat dioksidasi dengan potassium permanganate menghasilkan asam oksalat.
- Asam sitrat terdekomposisi menjadi asam oksalat dan asam asetat jika dibakar dengan potassium hydroxide atau dioksidasi dengan asam nitrit.
- Dalam bentuk larutan, asam sitrat sedikit korosif terhadap karbon steel dan tidak korosif terhadap stainless steel.
- Sebagai asam polybasic, asam sitrat dapat membentuk berbagai macam garam termasuk garam alkali metal dan alkali tanah, selain itu dapat pula membentuk berbagai macam ester, amida dan acyl klorida.
- Kontak langsung (paparan) terhadap Asam Sitrat kering atau larutan dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata.

- Mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan dalam air.
- Keasaman Asam Sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil - COOH yang dapat melepas proton dalam larutan.

F. Toksisitas Aluminium (Al) Terhadap Tanaman

Aluminium (Al) merupakan ion rhizotoksik yang menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman di tanah mineral masam (Rengel, 2000). Beberapa strategi dikembangkan oleh tanaman untuk dapat beradaptasi pada tanah masam dengan Al tinggi, melalui mekanisme fisiologi yang berkaitan dengan toleransi terhadap cekaman aluminium, yaitu melalui: (1) kemampuan tanaman untuk mengubah pH di daerah perakaran; (2) preferensi terhadap penyerapan nitrat dan amonium (Utama, 2008); dan (3) peningkatan aktivitas enzim spesifik.

Walaupun Al menghambat proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman, akan tetapi sampai ambang tertentu pengaruh dari Al dapat ditoleransi oleh tanaman yang toleran (Kasim, 2000; Ma et al, 2000). Toleransi tanaman terhadap Al merupakan faktor yang penting untuk adaptasi pada tanah masam. Identifikasi terhadap hambatan pertumbuhan tanaman karena peningkatan konsentrasi Al dalam larutan hara merupakan parameter untuk menyeleksi genotipe berdasarkan tingkat toleransinya terhadap cekaman Al (Utama, 2008).

Kelarutan Al dalam tanah berkaitan erat dengan pH tanah. Kelarutan Al minimum dalam larutan encer terjadi pada pH 6-7. Pada larutan tanah, kelarutan Al maksimum terjadi pada pH 4,06 dan minimum pada pH 7,23. Apabila pH tanah dinaikkan melalui pengapuran, ion hidroksil akan bereaksi dan mengendapkan Al yang larut. Kation Al menempati tanah mineral yang memiliki pH <5,0 yang sebagian besar situs koloidnya bermuatan negatif (Hanafiah 2010).

Kemasaman (pH) media tanam berpengaruh terhadap bentuk senyawa Al. Beberapa bentuk senyawa Al pada tingkat kemasaman berbeda adalah $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$ dan $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ pada pH 4-5; Al^{3+} pada pH 5,5-7 dan $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ pada pH 7-8 (Kinraide, 1997). Beberapa bentuk Al yang bersifat racun bagi tanaman adalah Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ dan $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$ (Mossor-Pietraszwska, 2001). Pada konsentrasi mikromolar kation aluminium Al^{3+} merupakan toksik bagi beberapa tanaman pada. Berbagai spesies tanaman telah mengembangkan mekanisme yang memungkinkan untuk tumbuh pada tanah-tanah masam dimana konsentrasi toksik Al^{3+} dapat membatasi pertumbuhan tanaman (Ma *et al.*, 2001).

G. Efek Asam Sitrat Terhadap Pertumbuhan

Asam organik diketahui berperan dalam mekanisme ketahanan tumbuhan terhadap cekaman Al. Terdapat dua cara tumbuhan mengatasi cekaman Al tersebut, yaitu dengan mekanisme eksternal dan mekanisme internal. Pada

mekanisme eksternal, tumbuhan mencegah Al masuk ke dalam jaringan antara lain dengan mengeksudasi asam organik dari akar yang dapat berikatan dengan Al di rizosfer. Asam organik tersebut dapat membentuk kompleks dengan Al di rizosfer sehingga tidak bersifat racun bagi tumbuhan (Ryan *et al.* 2001). Mekanisme kedua adalah secara internal di mana tumbuhan dapat mentolerir kehadiran Al di dalam jaringan dengan cara menghasilkan asam organik atau ligan organik yang dapat berikatan dengan Al sehingga terbentuk kompleks yang tidak bersifat racun (Watanabe and Osaki 2002).

Menurut Ma *et al.* (2000) sekresi asam organik ke luar akar dikenal dengan mekanisme ketenggangan eksternal. Mekanisme ini terjadi melalui pembentukan kompleks Al^{3+} dengan gugus karboksil asam organik yang disekresikan oleh akar, sehingga Al dalam bentuk kompleks tersebut tidak melewati membran sel. Pada tumbuhan telah diketahui beberapa jenis asam organik yang berperan dalam mekanisme toleransi terhadap cekaman Al secara eksternal. Contohnya, asam sitrat yang dieksudasi tanaman buncis (Miyasaka *et al.* 1991); asam malat dieksudasi gandum (Delhaize *et al.* 1993); serta asam sitrat dan malat yang dieksudasi jagung (Kollmeier *et al.* 2001).

Kemampuan setiap jenis asam organik dalam mengurangi toksisitas Al berbeda-beda yakni 1) asam-asam organik yang mempunyai pengaruh kuat dalam mengurangi daya toksik Al seperti asam sitrat dan oksalat, 2) asam-asam organik dengan kemampuan sedang dalam mengurangi daya toksik Al seperti asam malat dan salisilat, 3) asam-asam organik dengan kemampuan lemah dalam mengurangi daya toksik Al seperti asam asetat dan laktat. Kemampuan detoksifikasi Al pada asam organik tersebut berkaitan dengan

komponen rantai karbon dari gugus OH dan COOH. Semakin banyak gugus tersebut dalam komponen asam organik maka kemampuan asam organik dalam mengkelat Al akan semakin baik.

Efek asam sitrat eksogen terhadap pertumbuhan kecambah kedelai dibawah cekaman aluminium telah dilaporkan oleh Abdullah et al (2006). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa asam sitrat sendiri tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah kedelai dalam ketiadaan aluminium. Pada Al 2 mM asam sitrat dapat mengurangi cekaman aluminium dengan meningkatkan panjang hipokotil, panjang kecambah dan panjang akar kecambah 11-26%. Asam sitrat meningkatkan berat segar sampai 8%, tetapi tidak memiliki efek yang nyata terhadap berat kering, menurunkan kandungan klorofil sampai 16%. Pada Al 5mM asam sitrat meningkatkan secara nyata panjang hipokotil, panjang kecambah dan panjang akar 19 – 60% , meningkatkan berat segar sampai 12% dan juga menurunkan kandungan klorofil sampai 9%. Asam sitrat sendiri tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah kedelai dalam ketiadaan aluminium. Asam sitrat nampaknya hanya memperbaiki toksisitas aluminium, mengakibatkan pertumbuhan kecambah kedelai.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dari bulan Januari – Februari 2016.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass, gelas ukur, tisu, kapas, nampan, gelas plastik, pisau, pipet tetes, oven dan neraca analitik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung hibrida (*Zea mays*.L) varietas Bisi-18 yang diperoleh dari UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan Hortikultura Provinsi Lampung, asam sitrat, Aluminium (Al(OH)_3), dan akuades.

C. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam percobaan faktorial 2×3 . Faktor A adalah Aluminium dengan 2 taraf konsentrasi Al(OH)_3 : 0 mM dan 5 mM. Faktor B adalah asam sitrat dengan 3 taraf konsentrasi ; 0 mM, 5 mM, dan 10mM. Setiap kombinasi perlakuan diulang 5 kali. Jumlah satuan percobaan adalah 30. Notasi faktor, taraf, kombinasi perlakuan dapat dilihat pada tabel 2. berikut :

Tabel.2 Notasi Faktor, Taraf, Kombinasi Perlakuan

Faktor	A (Aluminium)		
	Taraf	a_1	a_2
B (Asam Sitrat)	b_1	a_1b_1	a_2b_1
	b_2	a_1b_2	a_2b_2
	b_3	a_1b_3	a_2b_3

Keterangan:

- a_1b_1 = 0 mM Al(OH)_3 , 0 mM Asam sitrat
- a_1b_2 = 0 mM Al(OH)_3 , 5 mM Asam sitrat
- a_1b_3 = 0 mM Al(OH)_3 , 10 mM Asam sitrat
- a_2b_1 = 5 mM Al(OH)_3 , 0 mM Asam sitrat
- a_2b_2 = 5 mM Al(OH)_3 , 5 mM Asam sitrat
- a_2b_3 = 5 mM Al(OH)_3 , 10 mM Asam sitrat

D. Variabel dan Parameter

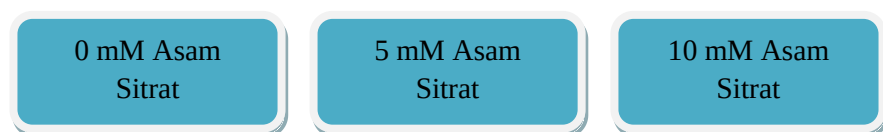
Variabel dalam penelitian ini adalah panjang tunas, berat segar akar, berat segar tunas, berat segar kecambah, berat kering akar, berat kering tunas, berat

kering kecambah, kadar air relatif dan rasio tunas akar. Parameter dalam penelitian ini adalah nilai tengah (μ) dari semua variabel tersebut.

E. Cara Kerja

1. Pengecambahan Benih

Seleksi benih dilakukan dengan merendam benih dalam akuades selama 10 menit. Benih jagung yang mengapung dan sampah dibuang, sedangkan benih yang tenggelam diambil untuk dikecambahkan. Benih yang telah diseleksi selanjutnya direndam dalam 3 konsentrasi larutan asam sitrat yaitu 0 mM, 5 mM, dan 10 mM selama 24 jam. Benih jagung yang telah direndam dalam larutan asam sitrat dikecambahkan dalam 3 nampan plastik yang telah dilapisi dengan kapas dan dibasahi dengan akuades. Setiap nampan berisi 100 butir benih jagung.



Gambar. 8 Tata Letak Benih Jagung yang dikecambahkan pada Nampan

Penghitungan jumlah benih jagung yang berkecambah dilakukan 7 hari setelah penaburan benih. Menurut ISTA (2006), daya kecambah dihitung berdasarkan persentase benih yang berkecambah dengan rumus :

$$\frac{\Sigma \text{ benih yang berkecambah}}{100} \times 100\%$$

2. Penanaman Kecambah

Berdasarkan satuan percobaan maka jumlah gelas plastik yang digunakan sebagai wadah penanaman benih yang telah berkecambah adalah sebanyak 30 buah. Gelas plastik dilabel dengan notasi kombinasi perlakuan dan ulangan. Benih yang telah berkecambah dipindahkan kedalam gelas plastik yang telah dilapisi dengan kapas ; 2 kecambah setiap gelas plastik. Kapas dibasahi dengan larutan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Pengamatan variabel pertumbuhan kecambah dilakukan 7 hari setelah penanaman. Tata letak satuan percobaan setelah pengacakan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar. 9 Tata Letak Satuan Percobaan Setelah Pengacakan

Keterangan : a_1b_1 = 0 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 0 mM Asam sitrat
 a_1b_2 = 0 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 5 mM Asam sitrat
 a_1b_3 = 0 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 10 mM Asam sitrat
 a_2b_1 = 5 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 0 mM Asam sitrat
 a_2b_2 = 5 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 5 mM Asam sitrat
 a_2b_3 = 5 mM $\text{Al}(\text{OH})_3$, 10 mM Asam sitrat
 u_1 - u_5 = Ulangan perlakuan

3. Pengamatan

3.1 Panjang Tunas

Pengukuran panjang tunas dilakukan 7 hari setelah periode pertumbuhan. Panjang tunas diukur dari pangkal batang sampai ujung batang dengan penggaris dan dinyatakan dalam sentimeter (cm).

3.2 Berat Segar

Akar dipisahkan dari tunas (batang + daun). Akar dan tunas ditimbang dengan neraca analitik dan dinyatakan dalam gram. Berat segar kecambah adalah berat segar akar + berat segar tunas.

3.3 Berat Kering

Kecambah yang sudah diukur berat segarnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 110⁰C selama 2 jam. Kecambah yang sudah kering ditimbang dengan neraca analitik dan dinyatakan dalam gram.

3.4 Penentuan Rasio Tunas Akar

Menurut Yuliana dkk (2013) rasio tunas akar ditentukan berdasarkan rumus :

$$\text{Rasio Tunas Akar} = \frac{\text{Berat Segar Tunas (Batang + Daun)}}{\text{Berat Segar Akar}}$$

3.5 Pengukuran Kadar Air Relatif

Menurut Yamasaki dan Dillenburg (1999) kadar air relatif kecambah ditentukan dengan rumus :

$$Kadar\ Air\ Relatif = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

Keterangan : M_1 = Berat segar kecambah

M_2 = Berat kering kecambah

4. Analisis Data

Data dianalisis ragam pada taraf nyata 5% dan jika interaksi antara faktor A dan faktor B tidak nyata maka dilanjutkan dengan penentuan *main effect* faktor A dan faktor B dengan uji BNT pada taraf nyata 5%, dan jika interaksi nyata maka dilanjutkan dengan penentuan *simple effect* faktor A dengan uji F pada taraf nyata 5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perendaman benih jagung dalam larutan asam sitrat (5 dan 10 mM) menurunkan variabel pertumbuhan kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18 kecuali terhadap berat segar akar, berat kering akar dan berat kering kecambah.
2. Perlakuan 5 mM aluminium tidak menimbulkan cekaman terhadap kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18; Kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18 resisten terhadap aluminium 5 mM.
3. Interaksi antara asam sitrat dan aluminium meningkatkan berat segar akar kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan konsentrasi aluminium yang lebih tinggi untuk menimbulkan cekaman aluminium pada kecambah jagung hibrida varietas Bisi-18.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, B.A. Huang, P. Bao, D.P. Xiao-Ying. Bao-Hua Jiang. Jie Zhu. Heng-Guan Shen & Yong-Hua Yang. 2006. Effects of Citric Acid On Soybeans Seedling Growth Under Aluminum Stress. *Jurnal of Plant Nutrition*. 2 : 367 – 375.
- Aksi Agraris Kansius(AAK), 1993. *Teknik Bercocok Tanam Jagung*, Kanisius, Yogyakarta
- Arief, A. 1990. *Masalah lahan kering masam bukaan baru untuk tanaman pangan*. Simposium Tanaman Pangan, Ciloto 21-23 Maret 1988. Puslitbangtan. Departemen Pertanian, Bogor.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013. *Deskripsi Varietas Unggul Jagung Edisi 2013*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pangan. Maros
- Balai Penelitian Tanaman Serealia, 2007. Teknologi Produksi Jagung Melalui Pendekatan Pengelolaan Sumberdaya dan Tanaman Terpadu, Sulawesi Selatan. <http://balitsereal.litbang.deptan.g.id/>. Hal: 1-4. Di akses pada tanggal 11 Oktober 2015
- Delhaiz & P.R. Ryan. 1995. Aluminium toxicity and tolerance in plant. *Plant. Physiol.* 107: 315 – 321.
- Delhaiz, E.S. Craig, Collen D, Beaton R.J. Bennet, V.C. Jagadish, & P. J. Randall. 1993. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) uptake and distribution of aluminium in root apices. *Plant Physiol.* 103 : 685 – 693.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2010 Kebijakan Pemerintah Dalam Pengembangan Tanaman Sereal di Indonesia *Dalam* Mendukung Kemandirian Pangan. Ditjen Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian. Juli 2010.
- Ermanita, Yusnida B dan Firdaus L.N., 2004. Pertumbuhan Vegetatif Dua Varietas Jagung Pada Tanah Gambut yang Diberi Limbah Pulp & Paper. Diambil dari *Jurnal Biogenesis* Vol. 1 Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Pekanbaru

- Ferrufino A, Smyth TJ, Israel DW, Carter TE. Jr. 2000: *Root elongation of soybean genotypes in response to acidity constraints in a subsurface solution compartment*. Crop Science 40:413 – 421
- Hanafiah, A.K. 2010. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Palembang
- Hardman dan Gunsolus. 1998. *Corn growth and development*. Extension Service. University of Minesota. p.5.
- Harian Bisnis dan Investasi Kontan. 2012. Impor Meruak, Harga Jagung Rontok. Kontan, Rabu, 29 Pebruari 2012.
- ISTA. 2006. *Internasional rules for seed Testing*. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, CH-Switzerland.
- Kasim, N. 2000. *Eksudasi dan akumulasi asam organik pada beberapa kedelai (Glycine max (L.) Merr.) genotipe toleran Al* [Thesis]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kasryno, F., E. Pasandaran, Suyamto, dan M. O. Adnyana. 2011. Gambaran Umum Ekonomi Jagung di Indonesia. Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 24 p. <http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/ind/bjagung/satu.pdf> Diakses pada tanggal 11 Desember 2015
- Kollmeier, M., P. Dietrich, C.S. Bauer, W.J. Horst, and Hedrich. 2001. Aluminum activates a citrate-permeable anion channel in the aluminum-sensitive zone of the maize root apex. A comparison between an aluminum-sensitive and an aluminum-resistant cultivar. *Plant Physiol.* 126:397-410.
- Ma, J.F., S. Taketa, Z.M. Yang. 2000. Al tolerance genes on the short arm of chromosome 3R are linked to organic acid release in tricale. *Plant Physiol.* 122:687-694.
- Ma, J.F., P.R. Ryan, and E. Delhaize. 2001. Aluminum tolerance in plants and the complexing role of organic acids. Trends in *Plant Sci.* 6(6):273-279.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition*. Acad Press. London 889 p.
- McWilliams, D.A., D.R. Berglund, and G.J. Endres. 1999. *Corn growth and management quick guide*. www.ag.ndsu.edu.
- Miazek, Mgr Inz. 2002. Krystian. *Chlorophyll Extraktion From Harvested Plant Material*. Supervisor: Prof. Dr. Ha. Inz Stanislaw Ledakowicz.

- Miyasaka, S.C., J.G. Buta, R.K. Howell, and C.D. Foy. 1991. Mechanism of aluminum tolerance in snapbeans: Root exudation of citric acid. *Plant Physiol.* 96:737-743.
- Mossor-Piettraszewska, T. 2001. Effect of aluminum on plant growth and metabolism. *Acta Biochimica Polonica* 48(3):673-686.
- Nasution, I., dan T. Suhartini. 1991. Evaluasi metode uji ketahanan kultivar padi gogo terhadap tanah masam. *Dalam: Machmud, M., M. Kosim, L. Gunarto (eds). Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus. Puslitbang. Jakarta. p. 65-80.*
- Nur. IR, 2012. *Pemanfaatan Kulit Buah Manggis dalam Proses Pembuatan Sirup Kulit Buah Manggis yang Mengandung Antioksidan*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Paliwal. R.L. 2000. *Tropical maize morphology. In: tropical maize:improvement and production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. p 13-20.
- Purwono, M.S dan R. Hartono,R. 2006. *Bertanam Jagung Unggul*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Purwono, M.S dan R. Hartono,R., 2011. *Bertanam Jagung Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Rengel, Z. 2000. *Mineral Nutrition of Crops, Fundamental Mechanisms and Implications*. Food Products Press. Binghamton, New York.
- Ryan, P.R., E. Delhaize, and D.L. Jones. 2001. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Plant Mol. Biol.* 52:527-560.
- Sarasutha. IG.P. 2002. Kinerja Usaha Tani dan Pemasaran Jagung di Sentra Produksi. *Jurnal Litbang Pertanian*, 21(2). p. 39-47.
- Sarulli. N dan Damayanti. O., 2010. *Pabrik Asam Sitrat dari Niwa Siwalan dengan Proses Submerged Fermentation*. Teknik Kimia, FTI-ITS Surabaya
- Sivaguru, M., B. Fransitisk, V. Dieter, H.F. Huber, & J.H. Walter. 1999. Impacts of aluminium on the cytoskeleton of the maize root apex. Short term effects on the distal part of the transition zone. *Plant Physiol.* 199: 1073 – 1082.
- Soepandi, D., M. Jusuf, & T.D. Setyono 2000. *Adaptasi kedelai (Glycine max Merr.) terhadap cekaman pH rendah dan aluminium*. Analisis pertumbuhan
- Suprpto, H.S., 2002. *Bertanam Jagung*. Penebar Swadaya. Jakarta

- Syafruddin. 2002. *Tolok ukur dan konsentrasi Al untuk penapisan tanaman jagung terhadap ketenggangan Al*. Berita Puslitbangtan 24: 3-4.
- Taiz L and Zeiger E. 1991. *Plant Physiology*. Tokyo. The Benyamin/Cumming Publishing Company Inc. p: 219-247.
- Umemura K, Ueda T, Munawar SS, & Kawai S. 2011. Application of Citric Acid as Natural Adhesive for Wood. *Journal of Applied Polymer Science*. DOI 10.1002/app.34708.
- Utama, M.Z.H. 2008. Mekanisme fisiologi toleransi cekaman aluminium pada spesies legum penutup tanah terhadap metabolisme nitrat, amonium dan nitrit. *Bul. Agron*. 36:175-179.
- Watanabe, T. and M. Osaki. 2002. *Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils*. Communication Soil Science Plant Analysis 33:1247-1260.
- Winarno, F.G . 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yamasaki, S and Dillenburg, L.R. 1999. Measurement Of Leaf Relative Water Content. In *Araucaria Angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11 (2), 69-75
- Yuliana, N., Ermavitalini. D., dan Agisimanto, D., 2013. Efektivitas Metapolin (Mt) dan NAA Terhadap Pertumbuhan In Vitro Stroberi (*Fragaria ananassa* Var. Dorit) Pada Media MS Cair dan Ketahanannya di Media Aklimatisasi. *Jurnal Sains dan Seni Pornits* Vol. 2