

**SELEKSI POPULASI JAGUNG ( *ZEA MAYS L.*)  
HASIL PERSILANGAN PIOONER 36 / BIMA 9  
PADA CEKAMAN ALUMUNUM**

**AGUNG TRIPUTRA**

**G111 16 518**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**

**SELEKSI POPULASI JAGUNG ( *ZEA MAYS L.*)  
HASIL PERSILANGAN PIOONER 36 / BIMA 9  
PADA CEKAMAN ALUMUNUM**



**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Menempuh Ujian Sarjana Pada  
Program Studi Agroteknologi Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin**

**AGUNG TRIPUTRA**

**G111 16 518**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**SELEKSI POPULASI JAGUNG ( *ZEA MAYS L.* )  
HASIL PERSILANGAN PIOONER 36 / BIMA 9  
PADA CEKAMAN ALUMUNIUM**

**AGUNG TRIPUTRA**

**G111 16 518**

**Skripsi sarjana lengkap  
Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
Memperoleh gelar sarjana**

**Pada**

**Program Studi Agroteknologi  
Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar**

**Makassar, Agustus 2020**

**Menyetujui:**

**Pembimbing I**



**Ir. Andi Rusdayani Amin, MS**

**NIP.19561211 198503 2 001**

**Pembimbing II**



**Dr. Ir. Svatrianti/A. Syaiful MS**

**NIP. 19620324 198702 2 001**

**Menyetujui :**

**Ketua Departemen Budidaya Pertanian**



**Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si**

**NIP.19591103 199103 1 002**



**SELEKSI POPULASI JAGUNG ( *ZEA MAYS L.* )  
HASIL PERSILANGAN PIOONER 36 / BIMA 9  
PADA CEKAMAN ALUMUNIUM**

**AGUNG TRIPUTRA**

**G111 16 518**

**Skripsi sarjana lengkap  
Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
Memperoleh gelar sarjana**

**Pada**

**Program Studi Agroteknologi  
Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar**

**Makassar, Agustus 2020**

**Menyetujui:**

**Pembimbing I**



**Ir. Andi Rusdayani Amin, MS**

**NIP.19561211 198503 2 001**

**Pembimbing II**



**Dr. Ir. Svatrianti/A. Syaiful MS**

**NIP. 19620324 198702 2 001**

**Menyetujui :**

**Ketua Departemen Budidaya Pertanian**



**Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si**

**NIP.19591103 199103 1 002**



## RINGKASAN

**AGUNG TRIPUTRA TR (G111 16 518). SELEKSI POPULASI JAGUNG (*Zea Mays L.*) HASIL PERSILANGAN PIONEER 36 / BIMA 9 PADA CEKAMAN ALUMINIUM Dibimbing oleh A. Rusdayani Amin, Syatrianty A.Syaiful, dan Dr.Amin Nur SP, MSi.**

Penelitian bertujuan untuk memperoleh galur hasil persilangan Pioneer36/Bima9 yang toleran pada cekaman aluminium. Penelitian dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros, Sulawesi Selatan pada ketinggian 60 mdp. Penelitian berlangsung pada Agustus hingga November 2019. Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk percobaan dengan menggunakan Rancangan *Augmented RAK* dengan menggunakan 100 materi genetik populasi S1 hasil persilangan Pioneer36/ Bima9 dengan 6 varietas pembanding yaitu NK7328, HJ28, Sukmaraga, Srikandi Kuning, Bima-9 dan Pioneer 36. Hasil penelitian menunjukkan pada Galur G8 , G14 , G12 , G9 , dan G29 merupakan galur terbaik pada penelitian ini dan dapat direkomendasikan untuk dilanjutkan pada generasi berikutnya. Heritabilitas terbaik pada penelitian ini dimiliki oleh karakter Tinggi Tanaman, Bobot tongkol kupasan , dan *Soil Plant Development* (SPAD). Karakter yang berkorelasi positif sangat nyata antara karakter bobot 100 biji yaitu Jumlah daun (0.32\*\*) Tinggi Tanaman (0.36\*\*) ,Tinggi letak tongkol (0.37\*\*) , *Soil Plant Development* (SPAD) (0.25\*\*) , Diameter tongkol (0.66\*\*) , Panjang tongkol (0.62\*\*), Panjang tongkol berbiji (0.71\*\*) , Bobot tongkol kupasan (0.62\*\*), dan Jumlah baris biji (0.44\*\*) tetapi pada karakter lainnya berkorelasi positif tidak nyata dengan karakter bobot 100 biji.

**Kata kunci :** cekaman , galur, seleksi



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Berkat dan kasih karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **Seleksi populasi jagung (*Zea Mays L.*) hasil persilangan Pioner 36 / Bima 9 pada cekaman alumunium**". Tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang pertumbuhan dan produksi beberapa populasi jagung yang tahan pada cekaman alumunium sehingga dapat digunakan sebagai bahan penelitian lebih lanjut.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik, karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Keluarga besar penulis terkhusus kepada orang tua saya ayahanda **Drs Paulus Toding Rante**, dan ibunda **Dra Alfrida Ruru** , yang telah membesarkan serta mendidik penulis dengan penuh kasih sayang yang tiada hentinya, memberikan doa dan dukungan serta nasehat selama proses penyelesaian skripsi. Untuk saudaraku **Yandry S.Tr** yang senantiasa selalu memberikan dukungan semangat dalam menjalani penelitian dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik
2. **Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS., Dr. Ir. Syatrianti A.Syaiful , MS., dan Dr. Amin Nur, SP., M.Si** selaku pembimbing yang banyak telah meluangkan

untuk memberikan bimbingan dengan sabar dan memberikan banyak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.



3. **Prof. Dr. Ir. Yunus Musa , MSc., Dr. Ir. H. Muh. Farid BDR, MP dan Dr. Ir. Rusnadi Padjung , MS.,** selaku penguji yang telah memberikan banyak ilmu serta masukan kepada penulis mulai awal penelitian hingga penyelesaian skripsi.
4. Kakanda **Dr. Muhammad Fuad Anshori, SP., M.Si.** yang telah memberikan banyak ilmu terutama dalam Rancangan *Augmented* dan meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman *Plant Breeding* angkatan 16 yaitu khususnya **Annur khainun akfindarwan** yang telah menjadi partner penelitian dan telah membantu penulis dalam berbagai hal, serta **Debi Angriani SP, Sri Wahyuni SP, Besse Anriani SP, Zulqaida SP, Azmi Nur Karimah SP, Adinda Nurul Jannati SP, Gracia Emanuella Sie, Hilda Raharti, M. Ikhsan Jayadiguna, dan Fahmi Sahaka SP** yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta tidak pernah lelah dalam menasehati penulis dalam berbagai hal dan menemani penulis selama proses perkuliahan sampai dengan proses tugas akhir ini selesai.
6. Kakanda *Plant Breeding* angkatan 2013, 2014, 2015. Terkhusus kepada **Fadli SP, Dian SP, Akbar SP, Nur Fadhli SP, Wiwin SP, Sasa SP, dan Arif SP,** yang telah membantu penulis selama proses penelitian berlangsung hingga tugas akhir ini selesai
7. Adik-Adik *Plant Breeding* angkatan 2017, Nanas, Maya, Irna, Tiwi, Linda, fli, Aan, dan Fikri yang telah membantu penulis selama proses penelitian

ngsung.





8. Teman-Teman pemuda PPGT efata Bilawaiyah yang turut serta dalam membantu selama proses penelitian berlangsung , **Aldo , Alan , Patri SE , Ferdy , Dede , Frans ego** dan masih banyak lagi yang membantu selama proses penelitian hingga proses penyusunan skripsi.
9. Keluarga KKN Tematik Desa Sehat Gowa Gel. 102 **Adhe Yuniar Batari Lipu S.KM, Jayzul S.Si , Dewi Rahma ente S.Si , Bulkis S.farm , Andi Isma Nadia S.KG, Irhamullah, Sarah, dan Gracia Emanuella Sie** yang memberikan nasehat kepada penulis.
10. Penulis mengucapkan terima kasih kepada **Adhe Yuniar Batari Lipu S.KM** yang senantiasa memberikan dukungan support dalam menyelesaikan tugas akhir yaitu arahan dan dukungan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini dengan baik.
11. Teman sekerja dan partner tim Solata Domai yang memberikan dukungan doa dan bantuan selama melakukan proses penelitian.
12. Teman-teman Agroteknologi 16 dan Xerofit 16, MKU D yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu, terima kasih telah atas dukungan, bantuan yang telah diberikan .

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Makassar, Agustus 2020

Penulis





## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Hipotesis .....	6
1.3.Tujuan dan Kegunaan.....	6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1.Taksonomi Tanaman Jagung .....	7
2.1.1 Morfologi Tanaman Jagung .....	8
2.1.2 Lingkungan Tumbuh Tanaman Jagung .....	10
2.2 Pemuliaan Jagung hibrida. ....	11
2.3.Persilangan Pada Tanaman Jagung .....	12
2.4 Jagung Hibrida .....	14
2.5 Heritabilitas .....	15
2.6 Respon Tanaman Jagung Terhadap Cekaman Alumunium.....	17
<b>BAB III. METODOLOGI</b>	
3.1. Tempat dan Waktu .....	19
3.2. Bahan dan Alat .....	19
3.3. Metode Penelitian.....	20
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	21
3.5. Parameter Pengamatan.....	23
3.6. Analisis Data .....	26
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil.....	30
4.2. Pembahasan.....	69
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	79
5.2. Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>99</b>



## DAFTAR TABEL

No.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Rata-rata tinggi tanaman (cm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	31
2.	Rata-rata jumlah daun (helai) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	33
3.	Rata-rata diameter batang (mm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	35
4.	Rata-rata umur berbunga jantan (HST) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	37
5.	Rata-rata umur berbunga betina (HST) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	39
6.	Rata-rata <i>Anthesis Silking Interval</i> (ASI) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	41
7.	Rata-rata tinggi letak tongkol (cm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	43
8.	Rata-rata bobot tongkol kupasan (g) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	45
9.	Rata-rata diameter tongkol (mm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	47
10.	Rata-rata panjang tongkol (cm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	49
11.	Rata-rata panjang tongkol berbiji (cm) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	51
12.	Rata-rata jumlah baris biji (baris) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	53
13.	Rata-rata bobot 100 biji (g) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	55
14.	Rata-rata <i>Soil Plant Analysis Development</i> (SPAD) berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	57
15.	Hasil analisis heritabilitas berbagai jagung pada cekaman alumunium .....	59
16.	Hasil pengamatan karakter kualitatif dari keseluruhan jagung pada cekaman lingkungan alumunium .....	60
17.	Hasil analisis korelasi berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	63
18.	Pengaruh langsung dan tidak langsung beberapa karakter terhadap aksi biji berbagai jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	64
	Analisis Heterosis dan Heterobeltiosis jagung hasil persilangan pioneer 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	67



## Lampiran

1.	Data iklim Maros tahun 2019 .....	85
2.	Hasil analisi tanah .....	85
3.	Deskripsi Varietas Jagung Sukmaraga .....	85
4.	Deskripsi Varietas Jagung Srikandi Kuning .....	87
5.	Deskripsi Varietas HJ28 Agritan .....	88
6.	Deskripsi Varietas NK7328 .....	89
7.	Deskripsi Varietas BIMA-9 .....	90
8.	Deskripsi Varietas PIOONER 36 .....	91
9.	Sidik ragam tinggi tanaman berbagai hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	92
10.	Sidik ragam jumlah daun berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	92
11.	Sidik ragam diameter batang berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	93
12.	Sidik ragam umur berbunga jantan berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	93
13.	Sidik ragam umur berbunga betina berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	94
14.	Sidik ragam ASI berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	94
15.	Sidik ragam tinggi letak tongkol berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	95
16.	Sidik ragam bobot tongkol kupasan berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	95
17.	Sidik ragam diameter tongkol jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	96
18.	Sidik ragam panjang tongkol berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	96
19.	Sidik ragam panjang tongkol berbiji berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	97
20.	Sidik ragam jumlah baris biji berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	97
21.	Rata Sidik ragam bobot 100 biji berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	98
22.	Sidik ragam SPAD berbagai jagung hasil persilangan piooner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium.....	98



## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Warna Hipokotil Jagung 14 HST.....	24
2.	Kenampakan Daun yang Tercekam Alumunium .....	24
3.	Kenampakan Kerapatan Bulir .....	25
4.	Kenampakan Warna Malai .....	25
5.	Kenampakan Warna Rambut.....	25
<i>Lampiran</i>		
1.	Denah Pengacakan di Lapangan .....	100
2.	Penampilan tongkol berbagai jagung hasil persilangan pioner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	101
3.	Penampilan bunga jantan berbagai jagung hasil persilangan pioner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	107
4.	Penampilan bunga betina berbagai jagung hasil persilangan pioner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	111
5.	Penampilan warna daun beberapa jagung hasil persilangan pioner 36 / bima 9 pada cekaman alumunium .....	11



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Di Indonesia, jagung merupakan komoditas pangan utama yang mempunyai peranan strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian. Pengembangan komoditas ini berkontribusi dalam penyediaan bahan pangan dan bahan baku industri. Pengembangan jagung dalam skala yang lebih luas dengan produksi yang lebih tinggi berpotensi meningkatkan pendapatan petani dan perekonomian daerah. Jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras yang digunakan sebagai sumber karbohidrat serta digunakan sebagai bahan baku industri dan pakan ternak.

Tanaman jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat yang cukup potensial terutama di Indonesia Timur. Selain sebagai sumber bahan pangan, jagung juga menjanjikan banyak harapan untuk dijadikan sebagai bahan baku berbagai macam keperluan industri (Yusuf 2013). Kebutuhan jagung dalam negeri belum diimbangi dengan produksi yang cukup. Pertumbuhan luas panen jagung untuk periode 2016 atau pada tiga tahun terakhir meningkat dengan rata-rata penurunan sebesar 2,78% per tahun. Hal ini menunjukkan adanya upaya pemerintah untuk perluasan jagung, terutama dengan memanfaatkan lahan yang sementara tidak diusahakan, lahan kebun dan lahan hutan. Selama periode tersebut terjadi peningkatan dan penurunan luas panen jagung.

pa jenis jagung yang diekspor dan diimpor Indonesia antara lain jagung  
ku, jagung brondong (*popcorn*), jagung pipilan kering, bibit jagung dan



lain-lain. Jagung pipilan kering dan bibit jagung merupakan jenis jagung yang paling banyak diekspor/impor. Gorontalo, Jawa Timur, Sulawesi Selatan dan Sumatera Utara menjadi penyumbang sentra terbesar produsen jagung Indonesia. Indonesia selain sebagai negara eksportir jagung juga merupakan negara pengimpor jagung di dunia pada urutan ke-16 dengan rata-rata volume impor pada periode 2009- 2013 sekitar 1,99 juta ton/tahun atau 1,80% dari total volume impor jagung dunia (Kemendag 2017).

Indonesia merupakan negara agraris dengan luas lahan yang sangat luas dengan keaneka ragaman hayati yang sangat beragam. Hal ini membuat negara Indonesia menjadi salah satu negara agraris terbesar di dunia. Sehingga produk pertanian di Indonesia cukup besar, yang mana di Indonesia pertanian mempunyai kontribusi penting terhadap perekonomian maupun terhadap pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat. Indonesia terdapat sekitar 123,1 juta ha lahan kering dan 34,1 juta ha lahan basah (rawa). Lahan kering terluas merupakan lahan kering masam atau lahan kering beriklim basah yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, terutama di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Lahan kering beriklim kering seluas 13,3 juta ha, tersebar di Jatim, Bali, NTT, NTB. Sementara lahan subopimal basah terdiri dari 14,9 juta ha lahan gambut, kemudian seluas 11,0 juta ha berupa lahan rawa pasang surut, dan 9,3 juta ha berupa lahan rawa lebak (Haryono 2013).

Variasi iklim dan curah hujan yang relatif tinggi di sebagian besar wilayah

mengakibatkan tingkat pencucian basa di dalam tanah cukup intensif, kandungan basa-basa rendah dan tanah menjadi masam (Subagyo *et al.*,



2000). Hal ini yang menyebabkan sebagian besar tanah di lahan kering bereaksi masam (pH 4,6-5,5) dan miskin unsur hara, yang umumnya terbentuk dari tanah mineral (Mulyani *et al.* 2004). Lahan kering yang tersebar di Sulawesi Selatan mencapai 2,312,167 Ha sedangkan luas lahan sawah 613,580 Ha.

Permasalahan utama jenis tanah bereaksi masam dengan indikator pH tanah kurang dari 5.0 adalah cekaman aluminium yang meracun terutama dalam bentuk  $Al^{3+}$  yang mengakibatkan gangguan pertumbuhan akar sehingga mengurangi penyerapan air dan unsur hara penting yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman (Delhaize dan Ryan 1995; Miguel 2004). Pengaruh tidak langsung cekaman aluminium adalah menghambat serapan air dan hara akibat rusaknya akar. Beberapa hasil penelitian menunjukkan respon morfofisiologi akibat cekaman aluminium yaitu terjadinya penebalan pada ujung akar dan akar cabang, pertumbuhan akar tertekan, akar menjadi pendek, tebal dan rapuh, percabangan akar tidak normal dan tudung akar coklat (Samac dan Mesfin 2003; Kuswantoro 2006; Evans *et al.* 2013).. Hasil analisis tanah yang telah dilakukan oleh Balai penelitian tanaman seralia pada Maret 2019 termasuk kedalam golongan tanah masam rata-rata pH 4,13 diduga rendahnya kandungan unsur hara yang dipengaruhi oleh tingkat keasaman tanah, semakin rendah kandungan pH tanah semakin tinggi kandungan unsur hara Fe dan Al.

Pada proses kegiatan Pemuliaan tanaman jagung dalam menangani sifat toleran terhadap cekaman aluminium merupakan salah satu metode alternatif dalam

di suatu permasalahan pada lingkungan tanah masam. Keberhasilan pemuliaan untuk memperoleh varietas yang mampu beradaptasi terhadap





cekaman abiotik antara lain ditentukan oleh adanya keragaman genetik, lingkungan seleksi yang tepat, pemilihan metode pemuliaan serta kriteria seleksi yang tepat sehingga kegiatan pemuliaan menjadi efektif dan efisien(Makmur 2001)

Varietas unggul adalah galur hasil pemuliaan yang mempunyai satu atau lebih keunggulan khusus seperti potensi hasil tinggi, toleran terhadap hama dan penyakit, toleran terhadap cekaman lingkungan, mutu produk, dan atau sifat-sifat lainnya, serta telah dilepas oleh pemerintah. Untuk dapat menunjukkan potensi hasilnya, varietas memerlukan kondisi lingkungan atau agroekosistem tertentu (Rubiyo dkk., 2005).

Dalam proses perakitan hibrida dibutuhkan sedikitnya dua populasi yang memiliki latar belakang plasma nutfah dengan keragaman genetik yang luas, penampilan persilangan menonjol, dan menunjukkan tingkat heterosis tinggi. Populasi yang digunakan juga harus memiliki toleransi terhadap cekaman silang dalam (inbreeding stress) dan mampu menghasilkan galur inbrida berdaya hasil tinggi. Didalam proses pembuatan benih hibrida yang toleran terhadap cekaman abiotik terdapat hal penting yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu menyeleksi indukan yang nantinya dapat memiliki hasil yang toleran terhadap cekaman abiotik pada lahan masam dimana indukan yang digunakan yaitu Pioneer 36 dan Bima-9 selanjutnya digunakan untuk melihat potensi tetua terbaik dan kombinasi persilangan terbaik dari populasi F1 untuk menghasilkan keturunan

ginkan.



Varietas hibrida tidak dapat dipisahkan dengan tetua hibrida dimana karakteristik tetua yang berbeda menunjukkan keragaman genetik yang berbeda, termasuk mutu benihnya pemilihan tetua indukan merupakan faktor penting dalam pembuatan benih hibrida yang dapat toleran terhadap cekaman abiotik tahan terhadap serangan hama penyakit dan memiliki produksi yang tinggi pada pembentukan hibrida tetua yang dipilih sebagai indukan yaitu varietas Pioneer 36 dan Bima-9 merupakan varietas yang banyak ditanam oleh petani di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan. Kedua varietas tersebut tentunya memiliki keunggulan pada karakteristiknya masing-masing baik itu dari segi bentuk dan ukuran pada biji dan tongkol serta penampakan lainnya keunggulan dari kedua tetua ini yaitu memiliki daya potensi hasil produksi yang tinggi, toleren terhadap penyakit dan diprediksi memiliki gen yang tahan terhadap cekaman alumunium Keragaman genetik dan heritabilitas yang tinggi akan mengakibatkan kemajuan seleksi (Sudarmadji *et al.* 2007).

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai seleksi populasi jagung pada cekaman alumunium Untuk memperoleh informasi hasil persilangan jagung yang toleran pada cekaman aluminium sehingga dapat dijadikan indikator untuk dilanjutkan pada generasi berikutnya.



## 1.2 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini yaitu :

1. Terdapat satu atau lebih galur terbaik yang dapat dijadikan sebagai seleksi pada cekaman alumunium untuk dilanjutkan pada generasi selanjutnya .
2. Terdapat satu atau lebih parameter yang memiliki nilai heritabilitas terbaik pada cekaman alumunium.
3. Terdapat satu atau lebih karakter yang berkorelasi terhadap bobot 100 biji pada cekaman alumunium.

## 1.3 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Memperoleh satu atau lebih galur terbaik yang dijadikan sebagai seleksi pada cekaman alumunium
2. Memperoleh satu atau lebih parameter yang memiliki nilai heritabilitas terbaik pada cekaman alumunium
3. Memperoleh satu atau lebih karakter yang berkorelasi terhadap bobot 100 biji pada cekaman alumunium

Kegunaan penelitian ini yaitu untuk memperoleh informasi tentang hasil seleksi beberapa galur jagung persilangan yang dapat dijadikan sebagai toleran pada cekaman alumunium sehingga dapat dilanjutkan pada generasi selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Taksonomi Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) ialah salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Jagung dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah, juga bagi beberapa daerah di Indonesia. Di Indonesia pemanfaatan jagung tidak hanya terbatas sebagai sumber pangan utama saja namun juga telah dimanfaatkan untuk pakan unggas. Menurut Purwono (2005) keuntungan bertanam jagung ternyata sangat besar. Selain biji sebagai hasil utama, batang jagung merupakan bahan pakan ternak yang sangat potensial. Dengan demikian, dalam pengusahaan jagung selain mendapat biji atau tongkol jagung, masih ditambah lagi dengan brangkasannya yang juga memiliki nilai ekonomi tinggi. Dari segi pengelolaan, keuntungan bertanam jagung adalah kemudahan dalam budidaya. Tanaman jagung merupakan tanaman yang tidak hanya bahan pangan, jagung juga telah dikenal sebagai salah satu bahan pakan ternak dan industri. Upaya peningkatan produktivitas yang dapat dilakukan yaitu melalui salah satu program pemuliaan tanaman dengan perakitan varietas jagung yang unggul. Upaya mendapatkan varietas unggul yang spesifik sesuai keinginan pengguna diperlukan dukungan ketersediaan plasma nutfah yang informatif diantaranya melalui kegiatan karakterisasi (Siswati, dkk., 2015).

Menurut Purwono dan Hartono (2007), jagung termasuk tanaman yang

bagi sebagian masyarakat. Sebagai tanaman sereal jagung bisa tumbuh di seluruh dunia. Jagung termasuk bahan pakan penting karena merupakan



sumber karbohidrat kedua setelah beras. Seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini banyak beredar jenis jagung. Tanaman jagung sendiri termasuk ke dalam keluarga rumput-rumputan dengan spesies *Zea Mays* L. Secara umum klasifikasi dan sistematika tanaman jagung sebagai berikut.

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Monocotyledonae  
Ordo : Graminae  
Family : Graminaceae  
Genus : *Zea*  
Spesies : *Zea mays* L.

### 2.1.1 Morfologi tanaman Jagung

#### a. Akar

Jagung termasuk tanaman berakar serabut yang terdiri dari tiga tipe akar, yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Akar seminal tumbuh dari radikula dan embrio. Akar adventif disebut juga akar tunjang, akar ini tumbuh dari buku paling bawah yaitu sekitar 4 cm di bawah permukaan tanah. Sementara akar udara adalah akar yang keluar dari dua atau lebih buku terbawah dekat permukaan tanah. Perkembangan akar jagung tergantung dari varietas, kesuburan tanah, dan keadaan air tanah (Purwono dan Hartono, 2007).



## **b. Batang**

Batang tanaman jagung beruas-ruas dan berbuku-buku, dengan jumlah ruas bervariasi antara 10-40 ruas. Tanaman jagung umumnya tidak bercabang, kecuali pada jagung manis sering tumbuh beberapa cabang (beranak) yang muncul dari pangkal batang. Panjang batang jagung berkisar antara 60 cm-300 cm, tergantung pada tipe jagung. Ruas-ruas batang bagian atas berbentuk silindris dan ruas-ruas batang bagian bawah berbentuk bulat agak pipih. Tunas batang yang telah berkembang menghasilkan tajuk bunga betina. Bagian tengah batang terdiri atas sel-sel *parenchyma*, yaitu seludang pembuluh yang diselubungi oleh lapisan keras, termasuk lapisan epidermis (Rukmana, 2010).

## **c. Daun**

Pada tanaman jagung daunnya memanjang dan keluar dari buku-buku batang. Jumlah daun terdiri dari 8-48 helaian, tergantung varietasnya. Daun terdiri dari tiga bagian utama yaitu kelopak daun, lidah daun, dan helaian daun. Kelopak daun pada umumnya membungkus batang jagung. Antara kelopak dan helaian daun terdapat lidah daun yang biasa disebut dengan ligula. Ligula ini berbulu dan berlemak, fungsinya yaitu mencegah air masuk ke dalam kelopak daun dan batang pada tanaman jagung (Purwono dan Hartono, 2007).

## **d. Bunga**

Tanaman jagung berumah satu (*monoecus*), yaitu bunga jantan terbentuk pada ujung batang dan bunga betina terletak di bagian tengah batang pada salah satu

daun. Tanaman jagung bersifat *protandry* yaitu bunga jantan matang lebih 2-3 hari daripada bunga betina. Letak bunga jantan dan bunga betina



terpisah, sehingga penyerbukan tanaman jagung bersifat menyerbuk silang (*cross pollination*). Bagian terpenting dari bunga jantan adalah tepung sari, sekam kelopak (*glumae*), sekam tajuk atas (*palea*), sekam tajuk bawah (*lemma*), dan kantong sari tiga pasang yang panjangnya kurang lebih 6 cm. Bunga betina terdiri atas ovari dan sel telur yang dilindungi oleh suatu *carpel* yang akan tumbuh menjadi rambut-rambut (Rukmana, 2010).

#### **e. Tongkol dan biji**

Buah jagung terdiri atas tongkol, biji, dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna, dan kandungan endosperm yang bervariasi, tergantung pada jenisnya. Pada umumnya biji jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus atau berkelok-kelok dan berjumlah antara 8-20 baris biji. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama yaitu *seed coat* atau yang biasa disebut dengan kulit biji, endosperm, dan embrio (Rukmana, 2010).

#### **2.1.2 Lingkungan Tumbuh Tanaman Jagung**

Tinggi tanaman jagung dapat mencapai 1.5 – 3.5 meter dalam beberapa minggu. Jagung dapat tumbuh baik pada suhu 30 – 47°C dengan kelembaban sedang (40 – 50 %) dan pH sekitar 5.5 - 7.0. Jagung baik dibudidayakan pada daerah tropis (latitude 0 – 55°) dengan altitude 0 - 12000 meter di atas permukaan laut (dpl). Jagung dapat tumbuh selama 42 hingga 150 hari (White and Johnson, 2003). Lingkungan tumbuh tanaman jagung perlu diperhatikan untuk mendapatkan produksi maksimal. Untuk menghasilkan benih jagung dengan mutu

gi diusahakan agar tanaman dapat dipanen pada kondisi tidak ada hujan, pola curah hujan di wilayah pengembangan produksi benih perlu





diidentifikasi. Hasil penelitian Arief dan Saenong. (2003) di Bone, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa benih jagung yang dipanen lebih awal atau lambat Mempunyai viabilitas yang menurun dengan cepat.

## 2.2 Pemuliaan Jagung Hibrida

Pemuliaan hibrida meliputi pembentukan galur dan evaluasi kemampuan daya gabung dari hasil persilangan yang dibentuk sesuai dengan karakter yang diinginkan. Langkah penting dalam pembuatan hibrida yaitu pembentukan galur inbrida, dengan melakukan *selfing* minimal 6-7 generasi, evaluasi galur inbrida berdasarkan daya gabung umum dan khusus untuk mendapatkan kombinasi persilangan terbaik serta pembentukan benih hibrida dengan persilangan diantara galur inbrida yang terpilih. Syukur *et al.* (2015) menyatakan bahwa varietas hibrida merupakan generasi F1 hasil persilangan sepasang atau lebih tetua galur murni yang mempunyai karakter yang unggul. Hibrida memiliki daya hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetuanya karena memiliki akumulasi gen dominan dari tetuanya yang dikendalikan oleh gen aditif dan non aditif (Rifianto *et al.*, 2013). Hibrida memiliki keunggulan dalam produktivitas namun Sumertaya *et al.* (2008) menyatakan bahwa signifikansi interaksi genotipe dan lingkungan pada produksi jagung hibrida dengan 12 genotipe yang ditanam pada 16 lokasi dipengaruhi oleh perubahan respon dari beberapa genotipe pada lingkungan yang berbeda untuk komponen daya hasil. Havey (1998) menyatakan bahwa hibrida mempunyai keragaan yang lebih unggul bila dibandingkan dengan galur murni

populasi varietas bersari bebas.



Pemuliaan tanaman jagung secara umum bertujuan untuk mendapatkan varietas-varietas yang mempunyai kuantitas dan kualitas hasil yang tinggi serta resistensi terhadap hama dan penyakit penting (penyakit bulai). Varietas unggul yang dikehendaki tersebut dapat diperoleh melalui evaluasi terhadap sifat morfologi-agronomi. Metode pemuliaan untuk jagung biasa dapat dipergunakan pada jagung manis, hanya berbeda pada tujuan seleksi dan cara evaluasi hasilnya dimana jagung manis lebih menekankan pada kualitas (Syukur, 2012).

Sasaran pemuliaan tanaman jagung lebih mengarah kepada produksi dan kualitas hasil yang tinggi serta kisaran adaptasi tanaman yang luas. Kualitas jagung seperti kelembutan pericarp, derajat kemanisan, rasa, aroma, dan penampilan sangat penting dipertimbangkan oleh pemulia untuk diperbaiki tanpa mengabaikan sifat-sifat agronominya, seperti keseragaman tanaman, produksi hasil, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit penting. Diperlukan adanya evaluasi untuk mengetahui manfaat suatu genotype, sehingga dapat ditentukan genotype-genotype yang dapat dilepas sebagai varietas baru (Syukur, 2012).

### **2.3 Persilangan Pada Tanaman Jagung**

Pemuliaan tanaman merupakan suatu metode eksploitasi potensi genetik tanaman untuk mendapatkan kultivar atau varietas unggul baru yang berdaya hasil dan berkualitas tinggi pada kondisi lingkungan tertentu (Guzhov 1989, Stoskopf, 1993, Shivanna and Sawhney 1997, Mayo 1980). Eksploitasi potensi genetik tanaman semakin gencar setelah dicetuskannya revolusi hijau. Sejak itu, pemulia

telah berhasil memperbaiki tanaman untuk sifat kualitatif maupun f yang mempengaruhi penampilan agronomis maupun preferensi



konsumen menggunakan pengamatan fenotipik yang dibantu dengan metode statistik yang tepat. Upaya perbaikan varietas jagung seringkali dilakukan melalui metode persilangan dengan mempergunakan beberapa jenis yang ada sebagai sumber persilangan.

Persilangan antara dua jenis jagung yaitu jagung manis dan jagung lokal (normal) dapat memberikan hasil yang mungkin tidak kompatibel yang diakibatkan oleh adanya pencampuran dua gen yang berbeda (Kesumawati, 2004). 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, dimana 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 (Subekti, 2004). Tanaman jagung adalah tanaman yang bersari silang, artinya sebagian besar ( $\pm 95\%$ ) dari penyerbukannya berasal dari tanaman lain. Pada tanaman yang bersari silang, susunan genetik antara satu tanaman dengan yang lain dalam suatu varietas akan berlainan. Oleh karena itu, sifat-sifat pada tanaman bersari silang akan

akan sifat-sifat yang dapat diukur, seperti tinggi tanaman, bentuk tipe tongkol, tipe biji, warna biji, dan sebagainya. Varietas yang telah



mengalami seleksi pada suatu keseragaman fenotipe akan dibedakan dengan varietas lain (Gunawan 2009) Perbaikan sifat ketahanan tanaman jagung mempergunakan metode seleksi daur ulang fenotip. Persilangan dilakukan secara resiprokal, sehingga setiap tetua dapat berperan sebagai tetua jantan maupun tetua betina. Dengan demikian, dengan adanya keterkaitan yang erat antara sifat manis dengan biji keriput, pada siklus pertama dari program pemuliaan yang telah dilakukan dihasilkan empat populasi hasil persilangan. Keempat populasi ini mempunyai susunan genetik yang berbeda, sehingga penampilan karakter dan responnya terhadap lingkungan tumbuh akan berbeda (Allard 1960).

#### 2.4 Jagung Hibrida

Hibrida memiliki daya hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetuanya karena memiliki akumulasi gen dominan dari tetuanya yang dikendalikan oleh gen aditif dan non aditif (Rifianto *et al.*, 2013). Hibrida merupakan generasi pertama hasil persilangan antara dua galur inbrida. Informasi mengenai kandidat tetua yang potensial untuk pembentukan hibrida sangat diperlukan dalam pengembangan varietas hibrida. Hasil persilangan dievaluasi untuk menentukan galur yang berpotensi sebagai tetua dalam pembuatan hibrida. Pembentukan kelompok heterotik dapat membantu mengidentifikasi tetua yang potensial untuk pembentukan hibrida. Pola pengelompokan genetik dengan analisis keragaman genetik diperlukan untuk mengetahui penciri setiap genotipe yang terbentuk sehingga dapat digunakan untuk seleksi tetua dalam perakitan hibrida (Takdir *et*

)). Dari hasil penelitian Suwarno *et al.* (2014) menjelaskan bahwa an antara dua galur inbrida dengan kelompok heterotik yang berbeda



dapat menghasilkan hibrida dengan potensi hasil yang lebih tinggi dari persilangan antar galur di dalam kelompok yang sama dan jarak genetik antar tetua memiliki korelasi yang signifikan terhadap potensi hasil hibrida. Iriany (2011) menyatakan bahwa tidak selalu hibrida terbaik terbentuk dari tetua-tetua dengan jarak genetik yang jauh tetapi bias diperoleh dari tetua-tetua dengan jarak genetik yang sedang bahkan dekat.

## 2.5 Heritabilitas

Perbaikan genetik pada suatu populasi akan berhasil bila dalam populasi tersebut terdapat variabilitas genetik. Semakin besar proporsi variabilitas genetik dari variabilitas total atau heritabilitas, maka makin mudah dilakukan seleksi. Sebaliknya, semakin rendah heritabilitas makin sulit memperoleh kemajuan genetik. Heritabilitas merupakan pendugaan yang mengukur fenotipe yang tampak sebagai akibat refleksi genotipe, atau hubungan antara ragam genetik dengan ragam fenotipeiknya (Fehr dalam Adriani, 2015). Karakter agronomi, produksi dan kuantitas hasil dikendalikan oleh banyak gen. Menurut Syukur *et al.* (2012) permasalahan yang terjadi adalah seberapa jauh karakter disebabkan oleh faktor genetik sebagai akibat aksi gen dan seberapa jauh disebabkan oleh lingkungan. Karakter yang muncul dari satu tanaman merupakan hasil dari genetik dan lingkungan, yaitu  $P = G + E$ . Ragam fenotipe terdiri dari ragam genetik dan ragam lingkungan serta interaksi antara keduanya. Ragam genetik satu populasi sangat penting dalam program pemuliaan sehingga pendugaannya perlu dilakukan.

ragam fenotipe akan diwariskan dan diukur oleh parameter yang disebut



heritabilitas. Poehlman *et al.* (1995) menyatakan bahwa heritabilitas adalah potensi suatu individu untuk mewariskan karakter tertentu pada keturunannya.

Heritabilitas dapat juga diartikan sebagai rasio ragam genetik terhadap ragam fenotipe (Sjamsudin 1990). Dengan kata lain, heritabilitas suatu karakter merupakan ukuran relatif dalam pewarisan sifat dan pengaruh lingkungan (Roy2000), sehingga dalam penentuan nilai heritabilitas yang penting untuk diperhatikan salah satunya adalah ragam fenotipik dari karakter yang akan dianalisis. Ragam fenotipik ini dapat dibedakan berdasarkan unit dasar perhitungannya sehingga terdapat nilai heritabilitas berdasarkan plot basis dan nilai heritabilitas berdasarkan mean basis. Heritabilitas berdasarkan plot basis menggambarkan keragaman yang terjadi dalam blok/kelompok karena tidak dikoreksi dengan ulangan dan lokasi.

Heritabilitas ( $h^2$ ) plot basis adalah rasio ragam genetik terhadap ragam fenotipe plot basis, sedangkan ragam fenotipe adalah penjumlahan dari ragam genotipe, ragam lingkungan dan ragam interaksi genotipe dan lingkungan. Pengujian suatu genotipe padi terhadap lingkungan tertentu atau seleksi pada lingkungan tertentu, selain menilai pertumbuhannya di lapangan dan hasilnya secara fenotipe juga diperlukan data genetiknya, seperti nilai duga heritabilitas. Besar kecilnya nilai duga heritabilitas sangat penting dalam program pemuliaan tanaman terutama dalam menentukan apakah karakter tersebut dapat digunakan sebagai kriteria seleksi serta kapan waktu yang tepat untuk melakukan seleksi. Menurut Prinaria *et*

) nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan seleksi dapat dilakukan



sejak generasi awal, sedangkan jika nilai heritabilitas rendah sebaiknya seleksi terhadap karakter tersebut dilakukan pada generasi lanjut.

$$h^2_{(BS)} = \frac{\sigma^2_{S1} - \sigma^2_{S0}}{\sigma^2_{S1}} \times 100\%$$

## 2.6 Respon Tanaman Jagung Terhadap Cekaman Alumunium

Adaptasi tanaman terhadap tanah mineral masam sangat ditentukan oleh adanya sifat toleransi terhadap cekaman Al, yang merupakan cekaman hara utama pada tanah masam. Secara umum terdapat dua mekanisme yaitu secara eksternal dan internal. Mekanisme eksternal yaitu mekanisme tanaman untuk mencegah agar Al tidak terserap ke dalam tanaman. Mekanisme internal merupakan mekanisme yang secara internal dapat mengeliminir pengaruh Al, walaupun Al sudah terakumulasi didalam tanaman dan tanaman tetap dapat tumbuh dan berkembang (Kochian *et al.* 2004). Mekanisme eksternal mencegah Al masuk ke dalam simplas dan bagian metabolik yang sensitif melalui immobilisasi dinding sel, permeabilitas selektif membran plasma karena membran lipids adalah salah satu target utama Al (Vardar *et al.* 2011). Mekanisme toleransi eksternal yang banyak dilaporkan adalah eksudasi asam organik sebagai pengkelat Al, sehingga Al tidak dapat masuk ke akar. Asam organik yang dapat mengkelat Al tersebut antara lain asam malat, oksalat dan asam sitrat (Ma 2000). Penelitian pada jagung,

dan kedelai toleran menunjukkan, bahwa mekanisme toleransi terhadap Al akan meningkatkan produksi asam sitrat lebih besar. Asam organik sebagai pengkelat akan





berikatan kuat dengan Al sehingga akan mengurangi efek beracunnya pada tanaman (Kasim 2001; Sopandie 2006).

Mekanisme lain adalah eksklusi Al melalui sekresi protein (Archambault *et al.* 1997) dan meningkatkan pH di rizosfer akar (Samac dan Mesfin 2003). Mekanisme toleransi internal yang dilaporkan terutama berkaitan dengan pengkelatan asam organik dalam sitosol dan kompartementasi dalam vacuola. Tanaman mengakumulasi Al dengan ligan pengkelat seperti asam-asam fenolik pada sel tertentu seperti sel epidermis daun. Al dikelat oleh asam malat, sitrat, tartaric, oksalat pada mekanisme internal. Mekanisme internal melakukan pengkelatan dengan asam organik dalam sitosol, kompartementasi Al di vakuola, sintesis protein spesifik, isoenzim resisten serta peningkatan aktivitas enzim (Taylor 1991).

Keracunan Al terjadi pada  $\text{pH} < 5.5$  karena daerah pertukaran kation dijenuhi Al terutama pada kejenuhan Al  $> 25\%$  (Marschner 1995; Foy 1988). Keracunan Al dapat menghambat pertumbuhan akar (Taylor 1988). Gejala keracunan Al pada akar tanaman adalah akar primer menjadi lebih pendek dan tebal serta pembentukan akar lateral yang tidak sempurna (Delhaize & Ryan 1995). Rusaknya akar oleh Al menyebabkan terganggunya penyerapan dan transpor hara Ca, K, P, Mg, dan N, serta tanaman menjadi peka terhadap kekeringan yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Polle & Konzak 1990).

