



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

SKRINING GALUR INBREED JAGUNG (zae mays L.) UNTUK KETAHANAN ALUMINIM (AI) MENGGUNAKAN LARUTAN HARA

SKRIPSI



**KUSNADI EFENDI
07112035**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

UNIVERSITAS ANDALAS
FAKULTAS KEDOKTERAN
JALAN PATAH
KOTA PADANG



UNIVERSITAS ANDALAS
FAKULTAS KEDOKTERAN
JALAN PATAH
KOTA PADANG

**SKRINING GALUR *INBREED* JAGUNG (*Zea mays* L.) UNTUK
KETAHANAN ALUMINIUM (Al) MENGGUNAKAN
LARUTAN HARA**

OLEH

KUSNADI EFENDI

07112035

SKRIPSI

**SEBAGAI SALAH SATU SYARAT
UNTUK MEMPEROLEH GELAR
SARJANA PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

**SKRINING GALUR *INBREED* JAGUNG (*Zea mays* L.) UNTUK
KETAHANAN ALUMINIUM (Al) MENGGUNAKAN
LARUTAN HARA**

OLEH

KUSNADI EFENDI
07112035

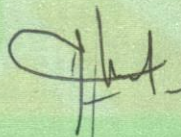
MENYETUJUI:

Dosen Pembimbing I,



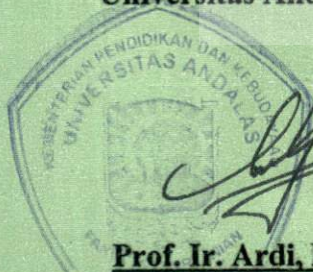
Ir. Rida Putih, MP
NIP.19621228198903 2 003

Dosen Pembimbing II,



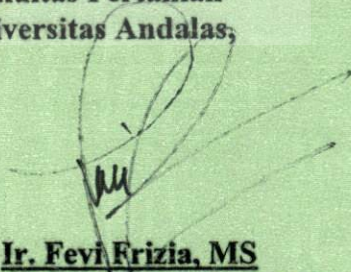
Dr. Ir. Etti Swasti, MS
NIP.19601014198712 2 001

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas,**



Prof. Ir. Ardi, MSc
NIP. 19531216198003 1 004

**Ketua Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Andalas,**



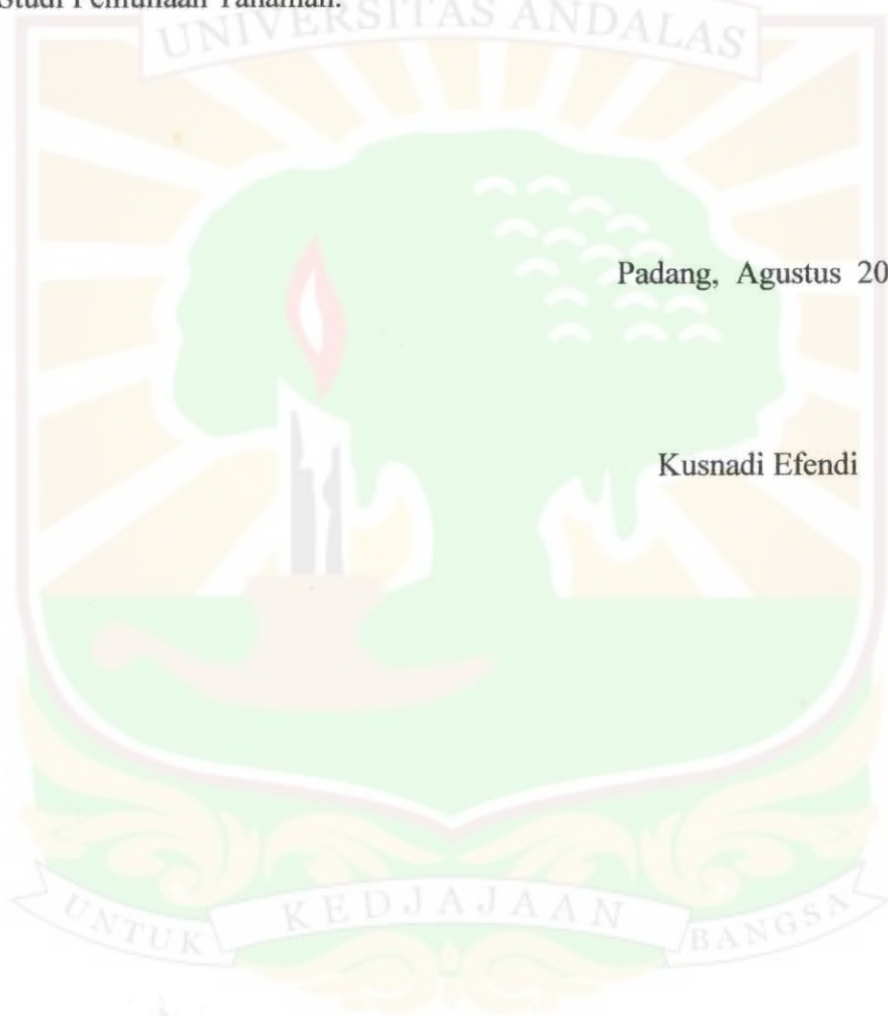
Ir. Fevi Frizia, MS
NIP. 19630315198712 2 001

BIODATA

Penulis dilahirkan di Jember, Jawa Timur 05 Mei 1989 sebagai anak ke-2 dari 2 bersaudara, dari pasangan Tn. Fadlillah dan Ny. Tuminah. Pendidikan sekolah dasar (SD) ditempuh di SDN 04 Kinali Pasaman Barat lulus pada tahun 2001. Melanjutkan pendidikan di SMP N 1 Luhak Nan Duo Pasaman Barat lulus pada tahun 2004. Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMA Al-Istiqamah Pasaman Barat lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2007 penulis diterima di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, Jurusan Budidaya Pertanian, Program Studi Pemuliaan Tanaman.

Padang, Agustus 2012

Kusnadi Efendi



KATA PENGANTAR

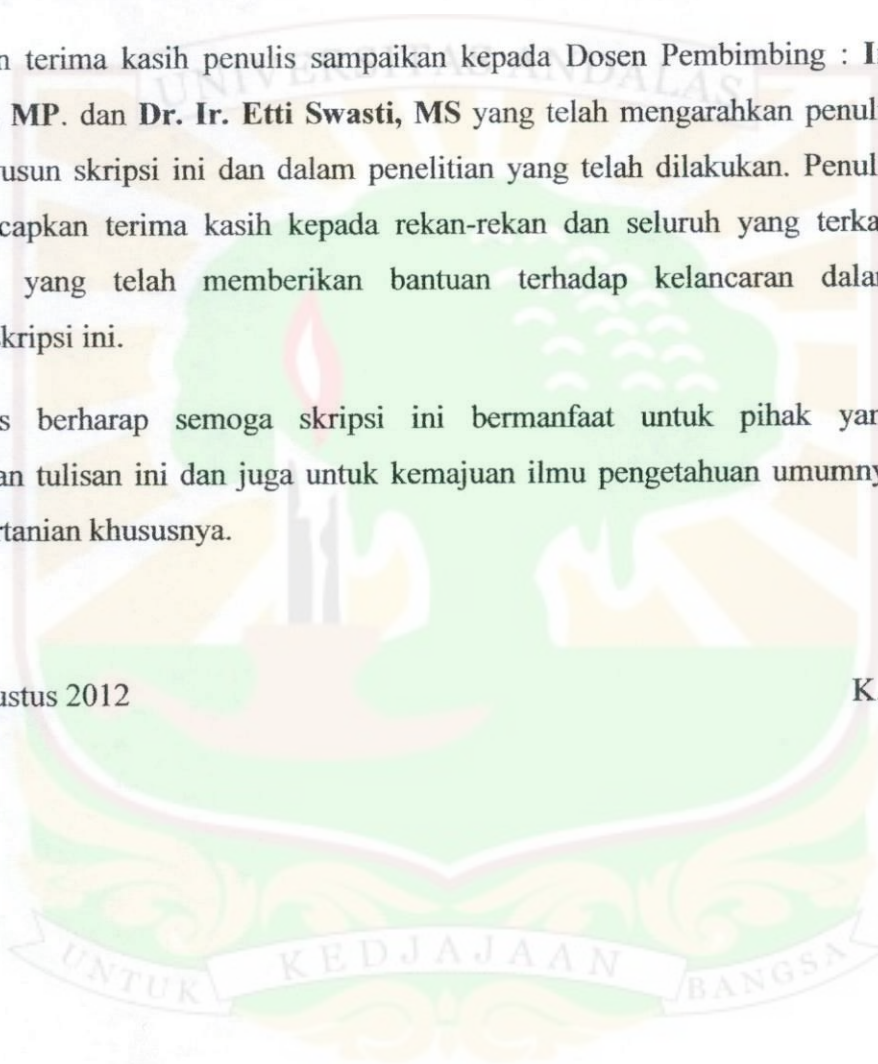
Alhamdulillah, Puji Syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Skrining Galur *Inbreed* Jagung (*Zea mays*.L.) untuk Ketahanan Aluminium (Al) Menggunakan Larutan Hara”**. Selawat beserta salam tidak lupa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai tauladan bagi sekalian alam.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dosen Pembimbing : **Ir. Rida Putih, MP.** dan **Dr. Ir. Etti Swasti, MS** yang telah mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini dan dalam penelitian yang telah dilakukan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dan seluruh yang terkait didalamnya, yang telah memberikan bantuan terhadap kelancaran dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat untuk pihak yang membutuhkan tulisan ini dan juga untuk kemajuan ilmu pengetahuan umumnya dan ilmu pertanian khususnya.

Padang, Agustus 2012

K.E



DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Botani dan Taksonomi Tanaman Jagung.....	5
2.2. Pembuatan Hibrida.....	5
2.3. Kemasaman Tanah.....	6
2.4. Skrining Galur <i>Inbreed</i> Jagung.....	7
III. BAHAN DAN METODA	9
3.1. Waktu dan Tempat	9
3.2. Bahan dan Alat	9
3.3. Rancangan	9
3.4. Pelaksanaan	9
3.5. Pengamatan.....	10
3.6. Analisis toleransi	11
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
V. KESIMPULAN DAN SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Halaman</u>
1. Pengelompokan Ketahanan Berdasarkan Berat Kering Relatif Tanaman Menurut Sarkarung.....	12
2. Hasil Analisis Panjang Akar Relatif Galur Inbreed Jagung Umur 6 HST.....	14
3. Hasil Analisis Berat Kering Akar Relatif Galur Inbreed Jagung Umur 6 HST.....	17
4. Hasil Analisis Berat Kering Tajuk Relatif Galur Inbreed Jagung Umur 6 HST.....	18
5. Perbandingan Root/Shoot Ratio Pada Dua Konsentrasi Aluminium.....	20



DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>	<u>Halaman</u>
1. Penampilan Pertumbuhan Akar Jagung Pada Dua Konsentrasi Aluminium.....	16



DAFTAR LAMPIRAN

<u>Lampiran</u>	<u>Halaman</u>
1. Jadwal Kegiatan Penelitian Mulai Bulan November 2011– Desember 2011.....	26
2. Komposisi Larutan Hara.....	27
3. Denah Penempatan Petak.....	28
4. Gambar Peletakan Bibit.....	29
5. Deskripsi Varietas Sukmaraga (Jagung Komposit).....	30
6. Foto-Foto Dokumentasi.....	32



SKRINING GALUR *INBREED* JAGUNG (*Zea mays* L.) UNTUK KETAHANAN ALUMINIUM (Al) MENGGUNAKAN LARUTAN HARA

ABSTRAK

Penelitian tentang Skrining Galur *Inbreed* Jagung (*Zea mays* L.) untuk Ketahanan Aluminium (Al) Menggunakan Larutan Hara telah dilakukan di Ruang Aklimatisasi Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Percobaan ini dilaksanakan dari bulan November 2011 sampai Desember 2011. Bahan dalam penelitian ini galur *inbreed* jagung (Smrg M6-3, HP 6, Smrg B.33.1., Smrg B.2.5.2., Sukmaraga 99, BM 22, Gg 31, dan Gg 11), larutan hara 1167,12 μM , dan sebagai perlakuan aluminium yaitu $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Analisis penelitian ini menggunakan ATI (*Aluminum Tolerance Index*) dan BKR (Berat Kering Relatif) tanaman. Analisis ini digunakan untuk melihat tingkat ketahanan galur *inbreed* jagung terhadap cekaman Al. Dari penelitian yang telah dilakukan galur *inbreed* memiliki variabilitas genetik terhadap cekaman Al. Berdasarkan panjang akar variabilitasnya besar, berdasarkan BKR hanya pada analisis BKAR (Berat Kering Akar Relatif) dan BKTR (Berat Kering Tajuk Relatif) yang memperlihatkan variabilitas sedang, kemudian pada *Root/Shoot Ratio* juga memperlihatkan variabilitas yang besar. Apabila dilihat dari panjang akar berdasarkan analisis ATI (*Aluminum Tolerance Index*) menunjukkan 6 galur *inbreed* jagung memiliki ketahanan terhadap cekaman Al. Berdasarkan BKR (Berat Kering Relatif) tanaman yaitu BKAR (Berat Kering Akar Relatif) hanya 1 galur yang menunjukkan ketahanan terhadap Al sedangkan BKTR (Berat Kering Tajuk Relatif) semua galur menunjukkan ketahanannya terhadap Al. Berdasarkan *Root/Shoot Ratio*, galur yang berada dibawah cekaman Al 20 μM menunjukkan pengurangan berat tanaman $\pm 22,00\%$ - 47,00 % dibandingkan dengan cekaman 0 μM .

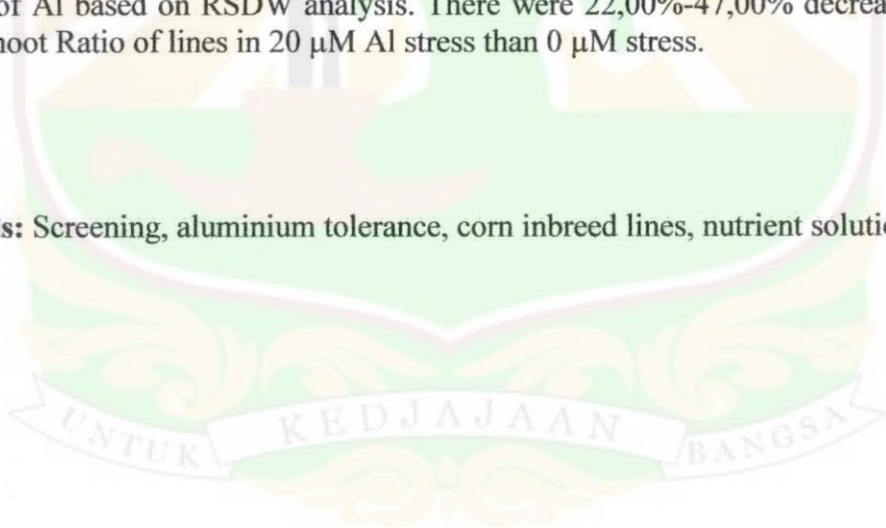
Kata Kunci : Skrining, ketahanan aluminium, galur *inbreed* jagung, larutan hara

SCREENING OF CORN (*Zea mays* L.) INBREED LINES FOR ALUMINIUM (Al) TOLERANCE USING NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT

This research was about Screening of Corn (*Zea mays* L.) for Aluminium (Al) Tolerance using Nutrient Solution. It has been done in Acclimatization Room, Tissue Culture Laboratory, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Andalas University, Padang. It conducted on November until Desember 2011. Material was used corn inbreed lines (Smrg M6-3, HP 6, Smrg B.33.1., Smrg B.2.5.2., Sukmaraga 99, BM 22, Gg 31, and Gg 11), 1167, 12 μM nutrient solution, and as aluminium treatment was $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. This analysis also used ATI (Aluminium Tolerance Index) and RDW (Relative Dry Weight) plant. It was analysis is used to know tolerance level in corn inbreed lines of Al stress. The result showed that inbreed lines have genetic variability from Al stress. The variability of root lenght was large. Based on RDW analysis, only RRDW (Relative Root Dry Weight) analysis and RSDW (Relative Stem Dry Weight) analysis showed middle variabilities. Thus, Root/Shoot Ratio was also showed large variability. According to root length based on ATI (Aluminium Tolerance Index) analysis, it showed 6 corn inbreed lines that have tolerance from Al stress. Based on RDW (Relative Dry Weight), there was only 1 line showed tolerance of Al based on RDW (Root Dry Weight) analysis. On the other hand, all lines were tolerance of Al based on RSDW analysis. There were 22,00%-47,00% decreases of Root/Shoot Ratio of lines in 20 μM Al stress than 0 μM stress.

Key words: Screening, aluminium tolerance, corn inbreed lines, nutrient solution.



I. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu tanaman sereal penting dari tiga sereal utama di dunia (USDA/FAS, 2009), di Indonesia tanaman jagung merupakan tanaman pangan terpenting ke dua setelah padi (BPS, 2010). Jagung dimanfaatkan secara luas baik sebagai sumber bahan pangan, pakan ternak dan sebagai bahan baku kebutuhan industri.

Seiring bertambahnya penduduk, perkembangan peternakan berbasis pakan jagung serta kebutuhan bahan baku jagung untuk industri, diperkirakan kebutuhan jagung nasional akan terus meningkat. Peningkatan produksi jagung dapat dilakukan dengan cara meningkatkan produksi tanaman, maupun dengan cara perluasan areal tanam. Namun peningkatan produksi jagung dengan cara tersebut masih banyak mengalami kendala.

Sampai tahun 2010, berdasarkan angka ramalan III (Aram III) diperkirakan produksi jagung nasional mencapai 18,4 juta ton dengan total areal tanam mencapai 4,2 juta ha (BPS, 2010). Dengan demikian produktivitas tanaman jagung Indonesia sekitar 4,3 ton/ha. Hasil ini masih jauh dari target produksi yang diinginkan yaitu 19,8 juta ton. Hasil ini juga sebenarnya jauh sekali dari capaian produktivitas varietas unggul yang telah dilepas dari tahun 2000 yang mencapai 4,6 ton/ha untuk varietas komposit (bersari bebas) dan 7,3 – 9,6 ton/ha untuk varietas hibrida (Indonesia Cereals Research Institute, 2008).

Rendahnya produktivitas jagung nasional disebabkan oleh faktor pengetahuan petani terhadap teknologi perbenihan varietas unggul yang rendah dan teknologi produksi belum memperhatikan cara pengelolaan tanaman dan lingkungan tanaman dengan baik. Adapun perluasan areal tanam ke luar Jawa mengalami kendala dengan tingginya tingkat kemasaman tanah, terutama yang disebabkan oleh tingginya aluminium (Al) yang terlarut didalam tanah. Unsur Al merupakan salah satu toksisitas logam terhadap tanaman sehingga dapat menurunkan jumlah produksi tanaman (Narasimhamoorthy, 2007).

Menurut Pandey, *et al.*, (1994), di negara berkembang, pengembangan tanaman jagung cenderung ditanam pada lahan masam yang mengandung Al tinggi. Di Indonesia penyebaran lahan masam cukup luas terutama di luar Jawa,

dari sekitar 148 juta ha lahan kering masam, 60 juta ha atau 32 % dari total luas Indonesia merupakan tanah masam yang didominasi oleh tanah Ultisol dan Oxisol (Balai Penelitian Tanah, 2006; Subagyo, *et al.*, 2000). Tanah masam ini memiliki pH rendah ($< 5,5$) dan kapasitas tukar kation-kation basa yang rendah, terutama Ca dan Mg, hal ini berkaitan dengan Al yang tinggi (Shamshuddin, 1991)

Menurut Balai Penelitian Tanah (2006), adapun cara mengatasi kemasaman tanah dapat dilakukan dengan cara pengapuran dan pemberian bahan organik dengan tujuan untuk mengurangi kelarutan Al. Disamping itu dari hasil pelapukan bahan organik, akan diperoleh hara bagi tanaman (Ahmad, 1989). Walaupun pengapuran dan pemberian bahan organik sudah umum diketahui tetapi masih terdapat berbagai permasalahan dalam aplikasinya di lapangan yang juga telah banyak dilaporkan.

Menurut Nugraha, *et al.* (2003), penggunaan varietas jagung di Indonesia adalah 47 % jenis komposit unggul, 28 % hibrida dan 25 % komposit lokal. Hal ini memperlihatkan penggunaan varietas hibrida yang masih rendah, sehingga ada suatu peluang program pemuliaan, khususnya untuk memperoleh varietas hibrida yang tahan terhadap cekaman Al. Selama ini penggunaan varietas hibrida komersial di lahan masam atau tinggi Al umumnya tingkat produktivitasnya masih rendah dibandingkan dengan varietas komposit. Dengan demikian diperlukan varietas hibrida yang tahan terhadap cekaman Al (Nur, *et al.*, 2007).

Dari permasalahan yang telah disebutkan di atas maka perakitan jagung hibrida tahan cekaman Al suatu solusi untuk mendapatkan varietas jagung hibrida itu sendiri. Varietas hibrida sendiri memiliki keunggulan dari segi produktivitas, kegenjahan dan keseragaman penampilan, dibandingkan varietas bersari bebas (Narasimhamoorthy, *et al.*, 2007). Oleh karena itu, maka penggunaan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap cekaman Al diperlukan untuk meningkatkan produksi jagung nasional serta harus dibarengi dengan teknologi pertanian yang berkelanjutan.

Pemuliaan *inbreed* jagung untuk perakitan hibrida tahan lahan masam telah dilakukan dari tahun 1998 (Hayati, 2011). Dengan mengembangkan galur-galur *inbreed* dari berbagai sumber populasi dan telah diperoleh beberapa galur *inbreed* generasi S5 dan S6. Galur-galur S5 dan S6 perlu dilakukan pengujian

terhadap ketahanan Al untuk dijadikan sebagai tetua persilangan dalam mendapatkan varietas tahan terhadap cekaman Al. Pengujian perlu dilakukan terhadap galur-galur diperkirakan memiliki ketahanan terhadap cekaman Al. adapun galur-galur tersebut yaitu Smrg M6-3, HP 6, Smrg B.33.1., Smrg B.2.5.2., Sukmaraga 99, BM 22, Gg 31, dan Gg 11 dengan cara skrining di larutan hara.

Tanaman yang toleran terhadap keracunan aluminium memiliki kemampuan untuk menekan pengaruh buruk keracunan aluminium tersebut. Kriteria tanaman yang toleran aluminium adalah 1) akar sanggup tumbuh terus dan ujung akar tidak rusak, 2) mengurangi absorpsi Al, 3) memiliki berbagai cara untuk menetralkan pengaruh toksik aluminium setelah diserap tanaman, 4) sanggup menciptakan keadaan yang kurang asam di daerah perakaran, 5) translokasi ion aluminium ke bagian atas tanaman sedikit, karena sebagian besar ditoleran oleh akar dan 6) karena suatu mekanisme tertentu maka ion aluminium tidak sanggup menghambat serapan Ca, Mg dan K (Prasetyono dan Tasliah, 2003).

Metode larutan hara yang telah dilakukan memiliki kelebihan dibandingkan pengujian menggunakan tanah, salah satu kelebihan menggunakan larutan hara yaitu akar tidak akan rusak sehingga akar dapat diamati setiap saat untuk memastikan pertumbuhannya karena efek keracunan Al terhadap tanaman mempengaruhi perakaran yaitu penghambatan perpanjangan akar, kemudian pada metode larutan hara pengaturan pH dapat dikontrol sesuai kondisi di lapangan. Dengan demikian pengujian ketahanan terhadap Al dapat dilakukan karena indikator dalam pengujian galur atau varietas terhadap cekaman Al diukur dengan menggunakan pertumbuhan akar dalam tercekam Al dan tidak tercekam Al.

Dari latar belakang yang disebutkan diatas maka penulis telah melakukan penelitian dengan judul **“Skrining Galur *Inbreed* Jagung (*Zea mays* L.) Untuk Ketahanan Aluminium (Al) Menggunakan Larutan Hara”**

Tujuan Penelitian

Percobaan ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengetahui variabilitas genetik beberapa galur *inbreed* jagung terhadap cekaman Al di larutan hara.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Botani Dan Taksonomi Tanaman Jagung

Nama botani jagung adalah *Zea mays* L. spp. merupakan anggota famili *Gramineae*. Jagung merupakan tanaman monocius yang bunga jantan dan betinanya terletak pada satu tanaman. Bunga jantan disebut “tassel” yang berada di bagian atas tanaman, sedangkan bunga betina merupakan tongkol dengan rambut-rambut yang disebut “silk” (Poehlman, 1987). Dengan demikian tanaman jagung merupakan tanaman menyerbuk silang.

Penyerbukan silang atau penyerbukan terbuka merupakan sifat reproduksi alami pada jagung. Pada kondisi alami, penyerbukan silang yang terjadi lebih dari 90%. Walaupun biasanya bunga jantan lebih dahulu matang daripada bunga betina, terdapat perbedaan kematangan antara kedua jenis pembungaan ini yang tergantung pada genotipe dan kondisi lingkungan pada saat pembungaan (Hallauer, 1987; Poehlman, 1987).

2.2. Pembuatan Hibrida

Pembuatan varietas hibrida pada tanaman jagung mula-mula dikembangkan pada tahun 1909 yang mendasarkan pada adanya tekanan silang dalam (*inbreeding depression*) bila tanaman jagung dibuat galur murninya. Namun, dalam prakteknya memerlukan biaya mahal untuk memproduksi benih. Kesulitan ini dapat diatasi dengan mengembangkan varietas hibrida dengan pola persilangan *double cross*.

Adapun langkah-langkah pembuatan varietas hibrida adalah (1) memilih tanaman yang baik dari suatu populasi untuk dilakukan penyerbukan sendiri (*selfing*), (2) *selfing* dilakukan sampai generasi ke- 7 atau ke- 8 (S7 atau S8), (3) pada proses *selfing* dari generasi S1 dan seterusnya. Pemilihan tanaman yang di-*selfing* pada generasi S1 sampai S3 umumnya berdasarkan pada fenotipe, sedangkan pada generasi S4 berdasarkan pada daya gabung umum. Pada generasi S6 dan seterusnya, di samping berdasarkan pada daya gabung umum juga berdasarkan pada daya gabung khusus (Mangoendidjojo, 2003).

2.3. Kemasaman Tanah

Tanah kering masam memiliki pH tanah yang rendah, rata-rata kurang dari 5,5. Hal ini menyebabkan keracunan tanaman karena tanah masam kandungan Al-nya tinggi. Unsur Al merupakan salah satu logam yang banyak terdapat pada permukaan bumi. Akan tetapi terlarutnya sejumlah kecil Al di dalam tanah dapat mengakibatkan keracunan pada tanaman tergantung pada spesies, genotipe, karakteristik tanah dan iklim (Delhaize, *et al.*, 1995; Nursyamsi, *et al.*, 2002). Sehingga pertumbuhan tanaman sangat lambat dan keracunan tanaman yang disebabkan Al sangat mudah dilihat pada pertumbuhan akar (Najiyati, *et al.*, 1999).

Unsur Al sendiri mengganggu berbagai proses biokimia dan fisiologis tanaman. Khususnya pada apoplas akar, Al menghambat penyerapan hara dengan mengganggu "ion channel" pada membran plasma sehingga menghalangi penyerapan Ca dan Mg (Huang, *et al.*, 1992). Unsur Al juga menghambat penyerapan N, P, dan K, serta beberapa ion mikro lainnya (Baligar, *et al.*, 1997). Hal ini sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena unsur-unsur hara tersebut merupakan unsur hara penting dalam pertumbuhan tanaman.

Upaya dalam mengatasi kemasaman tanah dengan kandungan Al yang tinggi dengan tujuan menetralisasi keracunan Al dan Fe pada umumnya dilakukan dengan pengapuran dan pemberian bahan organik. Namun masih banyak permasalahan dalam aplikasinya di lapangan salah satunya biaya pengapuran dan pupuk anorganik yang mahal untuk memenuhi bahan organik tanah, selain itu pengapuran dan pupuk hanya berguna untuk lapisan dangkal tanah saja, di lapisan bawah kandungan Al-nya tetap tinggi. (Syafuddin, *et al.*, 2011).

Russel, *et al.* (1986), menyebutkan bahwa aluminium akan terakumulasi pada akar dan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan akar untuk mentranslokasikan posphat dari tanah ke pembuluh vaskular.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan target utama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman, terutama ujung akar. Hal ini menyebabkan sistem perakaran yang tidak berkembang (pendek dan tebal) sebagai akibat penghambatan perpanjangan sel. Selain itu pengaruh buruk yang lain adalah

dalam penyerapan hara mineral, penggabungan Al dengan dinding sel, dan penghambatan pembelahan sel (Prasetyono, *et al.*, 2003).

Di Negara-negara berkembang menunjukkan bahwa 8 juta hektar tanaman jagung dibudidayakan pada tanah masam. Padahal tanah masam sendiri dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman sehingga diperlukan pengembangan genotipe unggul tanaman khususnya genotipe jagung yang tahan terhadap cekaman Al. Pengembangan genotipe jagung lebih ekonomis dibandingkan merubah sifat tanah (Pandey, *et al.*, 1994).

2.4. Skrining Galur Inbreed Jagung

Pendekatan alternatif dalam pengembangan genotipe jagung tahan terhadap cekaman Al adalah evaluasi genotipe di bawah lingkungan yang terkendali. Adapun cara dalam metode seleksi yang utama digunakan : (1). Pada pot dengan tanah masam (Dall, *et al.*, 1996 ; Urrea, *et al.*, 1996.). (2). Dalam larutan hara (Campbell, *et al.*, 1988; Lima, *et al.*, 1992).

Sebenarnya evaluasi pada pot dengan tanah masam mencerminkan keadaan yang sesungguhnya di lapangan. Namun penghambatan pertumbuhan akar adalah efek utama keracunan Al, sehingga evaluasi dengan metode ini sulit dilakukan atau kurang efektif karena mempengaruhi dalam evaluasi akar tanaman (Urrea, *et al.*, 1996).

Evaluasi dengan larutan hara menyediakan akses mudah ke sistem akar, kontrol yang ketat atas ketersediaan hara dan pH, dan pengukuran non-destruktif ketahanan, teknik ini yang umum digunakan. Beberapa teknik seleksi ketahanan Al menggunakan sistem larutan hara telah banyak dilaporkan. Hematoksilin untuk pewarnaan ujung akar merupakan alat yang sangat ampuh untuk memvisualisasikan ketahanan tanpa pengukuran kuantitatif yang membutuhkan waktu yang lama (Carver, *et al.*, 1995). Namun harga hematoksilin yang mahal kurang ekonomis dengan cara ini.

Baier, *et al.* (1995), melaporkan dua parameter dalam evaluasi ketahanan Al yaitu pertumbuhan akar (root growth atau RG) dan indeks toleransi/ketahanan akar (root tolerance index atau RTI). RG diukur di bawah tekanan Al selama

periode yang telah ditentukan, sedangkan RTI adalah perbandingan pertumbuhan akar relatif yang mengalami stres Al dengan pertumbuhan akar tanpa stress Al.

Primantoro, *et al.* (1999), menyatakan bahwa penggunaan pupuk atau nutrisi hara dalam larutan hara disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Hal ini dilakukan karena sumber unsur hara hanya berasal dari pupuk. Berbeda dengan menanam di tanah yang di dalamnya terdapat unsur hara. Larutan hara telah dikembangkan oleh para ahli dalam berbagai komposisi. Masing-masing komposisi ini sebenarnya hanya sedikit perbedaannya dalam konsentrasi ion-ionnya. Nutrisi yang baik dalam suatu komposisi larutan adalah komposisi yang sesuai untuk menumbuhkan jenis tanaman tertentu dengan tujuan memacu pertumbuhan vegetatif (Soemitro, 1989).

Banyak kelebihan yang dimiliki sistem larutan hara dibanding menggunakan tanah. Sistem bertanam larutan hara lebih mudah dan lebih praktis, kemungkinan tanaman untuk mati kecil sekali, karena makanannya terjamin, dan disamping itu penggunaan nutrisi hara lebih terkontrol dan efisien (Lingga, 1984).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat

Percobaan telah dilaksanakan dari bulan November 2011 sampai Desember 2011. Jadwal penelitian dan urutan kegiatan dapat dilihat pada Lampiran 1. Penelitian dilakukan pada ruang aklimatisasi Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan adalah benih galur *inbreed* jagung generasi S6 yang berasal dari berbagai sumber populasi (Smrg M6-3, HP 6, Smrg B.33.1., Smrg B.2.5.2., Sukmaraga 99, BM 22, Gg 31, dan Gg 11), larutan hara (Lampiran 2). NaOH 0,1N, HCl 0,1N, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan aquadest.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah seedbed volume 8 liter, aerator, kamera, kertas label, styrofoam, kawat, ember, spidol, meteran, timbangan analitik, pH meter, oven, alat tulis dan alat-alat lain yang diperlukan.

3.3. Rancangan

Untuk memudahkan dalam pengerjaan maka penempatan plot penanaman disusun sesuai Rancangan Petak Terbagi secara Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Petak utama adalah konsentrasi Al yang terdiri dari 2 taraf perlakuan sedangkan anak petak merupakan galur *inbreed* jagung yang terdiri atas 8 galur. Adapun dasar perlakuan penentuan konsentrasi Aluminium (Al) yang diberikan adalah berdasarkan kepada kandungan Al didalam tanah yaitu $\pm 20 \mu\text{M}$.

Petak utama adalah pemberian konsentrasi Aluminium (Al) yang terdiri dari :

A1 : $0 \mu\text{M}$ konsentrasi Al

A2 : $20 \mu\text{M}$ konsentrasi Al

Anak petak terdiri atas galur-galur inbrida jagung S6 :

B0 : Smrg M6-3

B1 : HP 6

- B2 : Smrg B.33.1
B3 : Smrg B.2.5.2
B4 : Sukmaraga 99
B5 : BM 22
B6 : Gg 31
B7 : Gg 11



Adapun penempatan petak dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. 4. Pelaksanaan

3.4.1. Pembuatan Tempat Penanaman

Bibit jagung ditanam pada stirofom berukuran 26 x 34 cm yang memiliki lubang 3,5 x 3,5 cm jarak antar lubang 5 cm sehingga terdapat 12 lubang untuk meletakkan benih. Dibawah stirofom terdapat kawat berlapis plastik dan kemudian stirofom dengan kawat diikat menjadi satu. Bentuk tersebut diletakkan di atas seedbed berisi larutan hara sebagai tempat peletakan benih. Gambar tempat penanaman dapat dilihat pada Lampiran 4.

3.4.2. Pembuatan Larutan Hara

Larutan hara terdiri dari unsur makro dan mikro komposisi dapat dilihat pada Lampiran 2. Selanjutnya untuk memudahkan dalam pengerjaan, dibuat larutan stok 50 kali kepekatan. Kebutuhan larutan hara untuk 1 liter yaitu 20 ml/l maka untuk 1 seedbed dengan volume 6 liter yaitu 120 ml. Dalam penelitian ini untuk 1 kali ulangan terdapat 4 seedbed, sehingga kebutuhan larutan hara setiap pergantian yaitu 640 ml dan untuk 3 kali ulangan yaitu 1,92 liter.

3.4.3. Penanaman

Benih sebelum dikecambahkan disterilisasi terlebih dahulu menggunakan klorox (NaClO) 1,5 % yaitu selama 10 menit kemudian direndam dalam air 1 malam. Setelah direndam benih dikecambahkan terlebih dahulu sampai muncul plumula dan radikulanya. Kriteria bibit yang digunakan yaitu bibit yang plumulanya telah terbuka dan pertumbuhannya diperkirakan seragam, baik dari pertumbuhan panjang akar maupun tinggi tanaman namun pertumbuhan panjang akar lebih diutamakan sebagai bibit yang akan ditanam. Panjang akar tanaman

diukur sebelum dipindahkan ke seedbed penanaman. Masing-masing lubang tanam terdapat 4 bibit galur *inbreed* jagung.

3.4.5. Pemberian Larutan Hara

Pemberian larutan hara dilakukan hari ke-1 dan hari ke-4 setelah penanaman dengan konsentrasi 1167,12 μM , pH larutan diatur menjadi 4,3 dengan menggunakan HCl 0,1 N dan NaOH 0,1 N pada seluruh perlakuan.

3.4.6. Perlakuan dalam Penelitian

a. Aluminium

Aluminium yang digunakan untuk perlakuan yaitu $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, perlakuan Al hanya diberikan pada perlakuan 20 μM sedangkan perlakuan 0 μM tidak mendapat perlakuan Al. Senyawa aluminium ini dicampurkan kedalam seedbed yang berisi larutan hara. Adapun dasar penggunaan Al 20 μM berdasar kandungan di dalam tanah yaitu $\pm 20 \mu\text{M}$.

b. Galur *Inbreed* Jagung

Galur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu galur *inbreed* jagung generasi S5 dan S6. Galur-galur tersebut adalah Smrg M6-3, HP 6, Smrg B.33.1., Smrg B.2.5.2., Sukmaraga 99, BM 22, Gg 31, dan Gg 11.

3.4.7. Pengaturan pH

pH dipertahankan 4,3 setiap harinya dan pengaturan ini dilakukan setiap 24 jam. pH diukur menggunakan pH meter, apabila pH di atas 4,3 maka untuk menurunkannya ditambahkan larutan HCl 0,1N dan apabila pH di bawah 4,3 maka untuk menaikkannya ditambahkan larutan NaOH 0,1N.

3.4.8. Pemasangan Aerator

Pemasangan aerator bertujuan agar larutan hara maupun Al dapat bersirkulasi dalam seedbed.

3.4.9. Panen Bibit

Bibit dipanen setelah bibit ditanam pada larutan hara selama 6 hari.

3.5. Pengamatan

Terdapat empat variabel yang diamati yaitu :

1. Panjang Akar (cm)

Agar ada keseragaman maka panjang akar diukur pada awal bibit dipindahkan ke seedbed yang berisi larutan hara dan panjang akar akhir diukur pada saat panen yaitu hari ke-6 setelah tanam.

2. Berat Kering Akar (g)

Berat kering akar dihitung berdasarkan berat akar setelah pengeringan dalam oven dengan suhu 70⁰ C selama 48 jam.

3. Berat Kering Tajuk (g)

Berat kering tajuk dihitung berdasarkan berat kering tajuk setelah pengeringan dalam oven dengan suhu 70⁰ C selama 48 jam.

4. Rasio Perbandingan Akar dengan Tajuk (*Root/Shoot Ratio*)

Hal ini dihitung berdasarkan berat kering akar dan berat tajuk setelah di oven dengan suhu 70⁰ C selama 48 jam.

$$\frac{R}{S} = \frac{\text{Berat kering akar}}{\text{Berat kering tajuk}}$$

3.6. Analisis Toleransi

Indek toleransi dihitung berdasarkan setiap variabel pengamatan yang dilakukan.

1. Indeks Toleransi Al (*Al tolerance index* atau ATI)

Nilai ATI yaitu perbandingan panjang akar pada kondisi cekaman Al (20 µM) dengan panjang akar pada kondisi optimal (0 µM). Indeks relatif atau indeks toleransi Al dihitung berdasarkan Kasim dan Wasson (1990). Semakin tinggi nilai ATI maka semakin tahan terhadap Al.

$$ATI = \frac{\text{Panjang akar pada perlakuan Al } 20 \mu\text{M}}{\text{Panjang akar pada perlakuan Al } 0 \mu\text{M}}$$

Tanaman yang tahan terhadap cekaman aluminium memiliki nilai ATI > 0,5, Sedangkan tanaman yang peka terhadap cekaman aluminium memiliki nilai ATI < 0,5 (Rais, 1998)

2. Berat Kering Relatif Tanaman

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat toleransi yang telah diberikan setiap indikator toleransi yang telah diamati (Sarkarung *cit* Bakhtiar, *et*

al, 2007) yaitu : Berat Kering Akar Relatif (BKAR) atau Berat Kering Tajuk Relatif (BKTR).

$$\text{BKAR atau BKTR (\%)} = \frac{\text{Berat kering akar pada perlakuan Al } 20 \mu\text{M}}{\text{Berat kering akar pada perlakuan Al } 0 \mu\text{M}} \times 100$$

Pengelompokkan ketahanan berdasarkan berat kering relatif tanaman menurut Sarkarung (*cit* Bakhtiar, *et al*, 2007)

Tolok ukur	Pengelompokkan ketahanan					
	ST	T	AT	AP	P	SP
Berat kering akar		> 80%	> 70%	> 60 %	> 50%	
Berat Kering Tajuk	> 90%	dan ≤ 90%	dan ≤ 80%	dan ≤ 70 %	dan ≤ 60%	≤ 50%

ST = sangat, T = tahan, AT = agak tahan, AP = agak peka, P = peka, SP = sangat peka.

3.7. Analisis Keragaman

$$s^2 = \frac{\sum (Xi - X)^2}{n - 1}$$

Keterangan :

- S^2 = Keragaman atau ragam
 Xi = Nilai pengamatan ke- i
 X = Nilai rata-rata pengamatan
 n = Jumlah pengamatan

Kriteria koefisien keragaman genetik menurut Milingan, *et al. cit.* Sudarmadji, *et al.* (2007) yaitu :

- Besar ($KVG \geq 14,5\%$)
- Sedang ($5\% \geq KVG \leq 14,5\%$)
- Kecil ($KVG \leq 5\%$)

3.8. Standar Error

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

Keterangan :

- SE = Standar Error
 S^2 = Keragaman atau Ragam
 n = Jumlah Pengamatan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Panjang Akar Tanaman

Hasil analisis panjang akar tanaman jagung menggunakan ATI (*Aluminum Tolerance Index*) pada kondisi cekaman Al memperlihatkan pengaruh yang berbeda pada setiap galur *inbreed* jagung. Data hasil analisis panjang akar relatif tanaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis panjang akar relatif galur *inbreed* jagung umur 6 hari setelah tanam (HST)

Galur <i>inbreed</i> jagung	PA (cm) pada konsentrasi Aluminium:				Nilai ATI	Tingkat ketahanan
	0 μ M	$\pm$ SE	20 μ M	$\pm$ SE		
Gg 31	21,36	1,68	14,44	0,87	0,68	Tahan
BM 22	21,04	3,31	14,10	0,19	0,67	Tahan
Smrg B.2.5.2	21,00	2,18	13,71	2,36	0,65	Tahan
Smrg M6-3	23,54	0,74	15,36	0,57	0,65	Tahan
Hp 6	19,26	2,15	11,31	2,15	0,59	Tahan
Sukmaraga 99	26,63	1,80	13,54	1,56	0,51	Tahan
Smrg B.33.1	16,16	1,82	7,98	1,95	0,49	Peka
Gg 11	23,78	0,68	9,32	1,49	0,39	Peka
Variabilitas	14,6%		18,95%		18,27%	

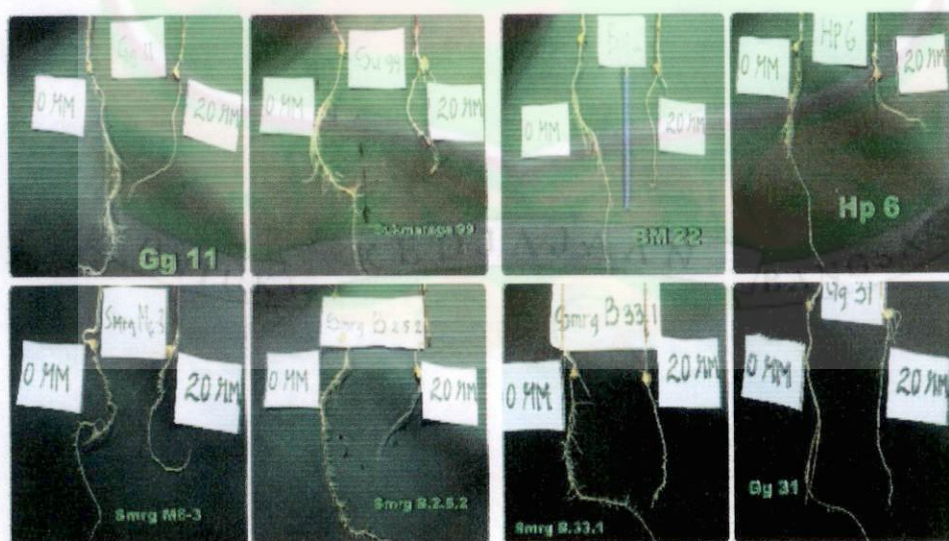
Keterangan : PA = Panjang Akar, ATI = *Aluminum Tolerance Index*, SE = Standar Error.

Tabel 1. Menunjukkan bahwa 8 galur *inbreed* jagung mempunyai tingkat ketahanan yang berbeda terhadap cekaman Al dengan nilai ragam pada cekaman Al 0 μ M yaitu 14,6 %, pada cekaman Al 20 μ M yaitu 18,95 %, dan pada ATI 18,27 %. Hal ini menunjukkan bahwa variasi genetik galur *inbreed* pada variabel panjang akar termasuk besar yaitu > 14,6 %.

Menurut Miligan, *et al. cit.* Sudarmadji, *et al.* (2007), kriteria koefisien keragaman genetik dibagi dalam tiga kategori yaitu besar ($KVG \geq 14,5\%$), sedang ($5\% \leq KVG \leq 14,5\%$), dan kecil ($KVG < 5\%$). dapat dilihat dari pertumbuhan panjang akar relatif galur *inbreed* jagung setelah diberikan perlakuan Al.

Mekanisme ketahanan setiap tanaman terhadap cekaman Al yaitu dengan memproduksi asam organik. Pada tanaman jagung salah satu mekanisme ketahanan tanaman terhadap cekaman Al adalah dengan memproduksi asam organik. Asam organik yang diproduksi tanaman jagung adalah asam sitrat yang merupakan salah satu mekanisme toleransi, sehingga dapat melindungi ujung akar tanaman jagung dari keracunan Al. Asam organik yang diproduksi setiap tanaman berbeda tergantung pada jenis tanamannya (Syafruddin, *et al.*, 2004).

Tanaman yang tercekam Al pengaruhnya mudah terlihat pada bagian akar tanaman yang tidak berkembang dengan baik dibandingkan tanaman yang tidak dalam kondisi tercekam. Dilihat dari Tabel 1. Bahwa galur *inbreed* jagung yang diuji memiliki ketahanan yang berbeda terhadap cekaman Al. Galur yang tumbuh dalam kondisi tercekam Al pertumbuhan akar tidak berkembang dengan baik dibandingkan dengan galur yang tumbuh pada kondisi optimal. Hal ini sejalan dengan yang disebutkan Anang (2010), bahwa Pertumbuhan rambut akar tanaman dalam kondisi tercekam Al tidak mampu berkembang serta pertumbuhan panjang akar terhambat dibandingkan dengan panjang akar tanaman dalam kondisi optimal. Penampilan pertumbuhan antara akar galur *inbreed* tanaman jagung dalam kondisi optimal dengan kondisi tercekam Al dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penampilan pertumbuhan akar galur tanaman jagung pada kondisi optimal dan kondisi tercekam aluminium

Galur Gg 31, BM 22, Smrg B.2.5.2, Smrg M6-3, Hp 6, dan Sukmaraga 99 tahan terhadap cekaman Al, sedangkan galur Gg 11 dan Smrg B.33.1 peka terhadap cekaman Al. Dari variabel panjang akar memperlihatkan bahwa variasi genetik dalam populasi besar, berarti ini menunjukkan bahwa individu dalam populasi bervariasi. Sejalan dengan yang disebutkan Sudarmadji, *et al.* (2007), apabila variasi genetik dalam populasi besar, maka individu dalam populasi beragam sehingga untuk mendapatkan genotipe yang diharapkan akan besar.

Tanaman yang tahan terhadap cekaman Al memiliki nilai ATI > 0,5 (Rais, 1998). Perhitungan ATI menurut Kasim, *et al.* (1990), tidak memiliki batasan tingkat ketahanan, namun hanya disebutkan bahwa semakin tinggi nilai ATI galur *inbreed* jagung, maka semakin tinggi ketahanan tanaman terhadap cekaman Al. Dengan dasar hal ini dipakai pengelompokkan tingkat ketahanan Al yang digunakan oleh Rais (1998), pada tanaman jagung juga tanaman lainnya yang menggunakan standar ini dan juga telah banyak dilaporkan.

Persentase penurunan panjang akar merupakan parameter yang baik digunakan untuk memisahkan ketahanan tanaman jagung terhadap Al di larutan hara. Menurut Syafruddin, *et al.* (2004), bahwa panjang akar relatif merupakan tolok ukur yang sangat baik untuk melihat tingkat ketahanan terhadap cekaman Al. Sejalan dengan yang telah disarankan Kasim, *et al.* (1990), bahwa tolok ukur yang baik untuk memisahkan ketahanan Al pada tanaman jagung adalah panjang akar relatif.

Adapun penyebab terhambatnya pertumbuhan panjang akar pada tanaman dikarenakan terbentuknya lapisan yang menutupi epidermis di ujung akar yang disebabkan pengaruh Al yang tinggi, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan sel terutama di sekeliling sel-sel ujung akar (Anang, 2010). Menurut Tan, *et al.* (1993), akar tanaman yang terbentuk pendek-pendek dan menyebabkan sistem perakaran menjadi abnormal sehingga pada kondisi tercekam Al kemampuan akar menyerap hara lebih rendah dan tanaman akan mengalami defisiensi hara. Dengan demikian semakin tinggi nilai ketahanan terhadap cekaman Al maka defisiensi hara semakin rendah. Menurut Kataoka, *et al.* (1997) menyatakan tingginya Al selain menyebabkan kerusakan dan penurunan viabilitas akar, selanjutnya Al apabila terikat kuat pada ujung akar juga dapat diikuti matinya sel.

4.2. Berat Kering Akar Tanaman

Hasil analisis dari pengamatan berat kering akar galur *inbreed* tanaman jagung menggunakan BKAR (Berat Kering Akar Relatif) pada kondisi tercekam Al memperlihatkan pengaruh yang berbeda-beda pada setiap galur *inbreed* tanaman jagung. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Hasil analisis berat kering akar relatif galur *inbreed* jagung umur 6 hari setelah tanam (HST)

Galur <i>inbreed</i> jagung	BKA (g) pada konsentrasi Al :				Nilai BKAR (%)	Tingkat ketahanan
	0 μ M	$\pm$ SE	20 μ M	$\pm$ SE		
Gg 31	0,016	0,0014	0,009	0,0004	57,45	P
BM 22	0,018	0,0023	0,009	0,0004	50,00	SP
Smrg B.2.5.2	0,016	0,0007	0,008	0,0007	48,98	SP
Smrg M6-3	0,014	0,0004	0,010	0	70,73	AT
Hp 6	0,013	0,0024	0,007	0,0003	55,00	P
Sukmaraga 99	0,026	0,0034	0,013	0,0015	50,63	P
Smrg B.33.1	0,026	0,0012	0,015	0,0034	58,23	P
Gg 11	0,025	0,0031	0,012	0,0018	47,37	SP
Variabilitas	28,62%		27,57%		13,83%	

Keterangan : BKA = Berat Kering Akar; SP = Sangat Peka; AT = Agak Tahan; ST = Sangat Tahan.

Dari tabel 1. menunjukkan bahwa panjang akar sebagian besar galur *inbreed* tanaman jagung mempengaruhi berat kering akar tanaman. Hal ini disebabkan masing-masing galur *inbreed* jagung memiliki kemampuan tumbuh akar berbeda sehingga berat kering akar tanaman juga berbeda. Galur *inbreed* Smrg M6-3 agak tahan terhadap cekaman Al kemudian 4 galur peka yaitu galur Smrg B.33.1, Gg 31, Hp 6, Sukmaraga, dan 3 galur *inbreed* sangat peka terhadap cekaman Al yaitu BM 22, Smrg B.2.5.2., Gg 11. Galur Smrg M6-3 agak tahan terhadap cekaman Al karena galur ini memiliki kemampuan menekan Al sehingga mampu meminimalisir keracunan Al sehingga akar mampu berkembang dengan baik dibandingkan 7 galur lainnya. Menurut Prasetyono dan Tasliah (2003) bahwa tanaman yang tahan terhadap cekaman Al memiliki kemampuan menekan

pengaruh keracunan Al sehingga akar beserta cabang akar sanggup tumbuh terus dan ujung akar tidak rusak. Dengan demikian semakin panjang dan berkembangnya cabang akar juga mempengaruhi berat kering akar tanaman.

Variabel BKA menunjukkan bahwa hanya pada BKAR yang menunjukkan variasi genetik sedang yaitu 13,6 % sedang dalam kondisi cekaman Al 0 μM dan 20 μM besar yaitu > 14,5 %.

Galur-galur yang ketahanannya semakin rendah terhadap Al, pengurangan panjang akar ini secara langsung juga berpengaruh pada nisbah panjang akar. Hampir sebagian besar galur-galur yang mengalami pengurangan panjang akar yang drastis menghasilkan nisbah berat kering akar yang juga cukup besar.

4.3. Berat Kering Tajuk

Hasil analisis BKTR (Berat Kering Tajuk Relatif) 8 galur *inbreed* jagung disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan BKTR menunjukkan bahwa 4 galur sangat tahan, 1 tahan dan 3 galur agak tahan.

Tabel 3. Hasil analisis berat kering tajuk relatif galur *inbreed* jagung umur 6 hari setelah tanam (HST) di larutan hara

Nama galur <i>inbreed</i> jagung	BKT (g) pada Konsentrasi Aluminium:				Nilai BKTR (%)	Tingkat ketahanan
	0 μM	$\pm$ SE	20 μM	$\pm$ SE		
Gg 31	0,085	0,0028	0,089	0,0045	104,3	ST
BM 22	0,096	0,0044	0,083	0,0040	86,81	T
Smrg B.2.5.2	0,092	0,0036	0,070	0,0056	75,45	AT
Smrg M6-3	0,082	0,0048	0,083	0,0010	101,22	ST
Hp 6	0,092	0,0130	0,087	0,0033	94,2	ST
Sukmaraga 99	0,116	0,0060	0,111	0,0029	95,13	ST
Smrg B.33.1	0,173	0,0460	0,129	0,0010	74,71	AT
Gg 11	0,108	0,0170	0,084	0,0060	78,33	AT
Variabilitas	28,12%		20,54%		13,0%	

Keterangan : BKT = Berat Kering Tajuk; ST= Sangat Tahan; T = Tahan; AT = Agak Tahan; AP = Agak Peka; P = Peka.

Tingkat ketahanan dari hasil BKTR menunjukkan bahwa semua galur *inbreed* memiliki ketahanan yang beragam terhadap cekaman Al. Galur *inbreed* Gg 31, Smrg M6-3, Sukmaraga 99, dan Hp 6 memiliki tingkat ketahanan yang paling baik dibandingkan dengan 4 galur *inbreed* lainnya yaitu BM 22 dan Gg 11, Smrg B.2.5.2., dan Smrg B.33.1.

Pada cekaman Al 20 μM dan 0 μM memperlihatkan bahwa variabilitasnya besar, namun pada BKTR memperlihatkan bahwa variabilitasnya sedang. Dengan demikian menunjukkan bahwa ada keseragaman pada berat kering tajuk relatif.

Hal ini diduga karena Gg 31, Smrg M6-3, Hp 6 menghasilkan asam organik yang mampu menetralkan keracunan Al sejalan dengan yang disebutkan Syafruddin, *et al.* (2004) bahwa tanaman yang tahan terhadap cekaman Al memproduksi asam organik untuk menetralkan keracunan Al dibagian ujung akar. Dengan demikian unsur hara dapat ditranslokasikan ke bagian tanaman sehingga tanaman meminimalisir kekurangan hara. Galur Sukmaraga 99 merupakan varietas jagung komposit yang adaptif terhadap lahan-lahan masam sehingga Sukmaraga 99 memiliki ketahanan terhadap Al yang banyak terdapat pada lahan-lahan masam (Balai Penelitian Tanaman Serealia, 2010). Deskripsi varietas sukmaraga dapat dilihat pada Lampiran. 5

Pada umur bibit 6 HST pada larutan hara berdasarkan ATI dan BKAR dalam kondisi tercekam Al pengaruhnya tidak berbanding lurus dengan BKTR galur tanaman jagung. Galur yang peka berdasarkan ATI dan BKAR pada BKTR dapat menunjukkan bahwa galur tersebut tahan terhadap cekaman Al. Hal ini diduga tanaman memanfaatkan cadangan makanan pada endosperma untuk pertumbuhan tajuk. Dengan demikian sejalan dengan disebutkan Rudiansyah *et al.*, (2001) pada kultur hara galur-galur yang pengurangan panjang akarnya cukup signifikan, namun masih mampu membentuk tajuk yang relatif panjang dengan memanfaatkan cadangan makanan yang terdapat pada endosperma. Berdasarkan BKTR tidak dapat dipastikan bahwa umur bibit 6 HST pada larutan hara dipengaruhi oleh produksi asam organik yang dihasilkan tanaman.

4.4. Root/Shoot Ratio

Root/shoot ratio untuk melihat pengurangan berat kering tanaman pada kondisi optimal dengan kondisi tercekam Al. Hasil pengamatan *root/shoot ratio* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan *root/shoot ratio* pada dua konsentrasi Aluminium

Nama galur <i>inbreed</i> jagung	R/S pada konsentrasi Al :			
	0 μ M	$\pm$ SE	20 μ M	$\pm$ SE
Gg 31	0,188	0,0176	0,101	0,0044
BM 22	0,188	0,0177	0,108	0,0006
Smrg B.2.5.2	0,174	0,0023	0,114	0,0007
Smrg M6-3	0,171	0,0080	0,120	0,0070
Hp 6	0,141	0,0134	0,080	0,0059
Sukmaraga 99	0,224	0,0150	0,117	0,0060
Smrg B.33.1	0,150	0,0121	0,116	0,0340
Gg 11	0,231	0,0230	0,143	0,0099
Variabilitas	17,42%		15,96%	

Keterangan : R/S = *Root/Shoot*; SE = Standar Error.

Dapat dilihat dari Tabel 4. Bahwa semua galur pada konsentrasi Al 20 μ M *root/shoot* mengalami pengurangan dibandingkan dengan Al 0 μ M. Pengurangan berat kering tanaman berkisar $\pm$ 22,00% - 47,00%. Pengurangan berat kering masing-masing galur yaitu Smrg B.33.1 (22,22%), Smrg M6-3 (31,14%), Smrg B.2.5.2 (35,03%), Gg 11 (39,57%), Hp 6 (41,38 %), BM 22 (42,55%), Gg 31 (45,00 %), Sukmaraga 99 (46,90 %). Variabilitas R/S galur *inbreed* pada cekaman Al 0 μ M dan 20 μ M besar yaitu 17,42% dan 15,96%. Hal ini memperlihatkan bahwa ada keragaman antar galur *inbreed* jagung.

Pengurangan berat kering tanaman pada kondisi cekaman Al disebabkan terakumulasinya Al pada akar sehingga menghambat penyerapan unsur N,P, dan K serta beberapa unsur mikro sebagai akibat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Baligar, 1997). Makmur (2003), menyatakan bahwa studi fisiologi efisiensi hara diarahkan kepada fisiologi efisiensi pada kondisi tercekam Al dan

kurang hara. Dengan demikian bahwa galur yang lebih efisien mempunyai kemampuan yang lebih besar dalam menggunakan unsur hara dibandingkan galur yang tidak efisien sehingga hal ini mempengaruhi berat kering tanaman.

Selain itu *root/shoot ratio* tergantung pertumbuhan akar galur tanaman sendiri. Galur yang diuji memperlihatkan bahwa galur yang peka berdasarkan ATI namun pada nisbah *root/shoot ratio* lebih rendah dibandingkan dengan galur yang tahan. Hal ini dikarenakan pertumbuhan akarnya menebal walaupun pendek (Kataoka, *et al.*, 1997) sehingga berpengaruh terhadap *root/shoot ratio*. Pada galur Smrg B.33.1 fenomena ini yang terjadi sehingga nisbah *root/shoot ratio* lebih rendah dibandingkan dengan beberapa galur yang tahan.

Galur yang tahan berdasarkan ATI bahkan penurunannya ada yang lebih tinggi dibandingkan galur Smrg B.33.1 yang peka. Hal ini karena diameter akar tidak signifikan sehingga mempengaruhi *root/shoot ratio*. Selain itu pertumbuhan tajuk juga mempengaruhi nisbah *root/shoot ratio*.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai skrining galur *inbreed* jagung (*Zea mays* L.) terhadap ketahanan aluminium (Al) menggunakan larutan hara dengan kriteria *Aluminum Tolerance Index* (ATI) dan BKR (Berat kering relatif) tanaman, terdapat tingkat variabilitas ketahanan yang dimiliki galur *inbreed* jagung terhadap cekaman Al. Hasil analisis ATI (*Aluminum Tolerance Index*) dan BKR (Berat kering relatif) tanaman hanya BKAR (Berat Kering Akar Relatif) dan BKTR (Berat Kering Tajuk Relatif) memperlihatkan variabilitas sedang namun pada panjang akar dan berat kering tanaman 0 μM maupun 20 μM Al, serta *Root/Shoot* variabilitasnya besar.

Apabila ketahanannya dilihat dari pertumbuhan panjang akar relatif dapat diambil kesimpulan bahwa 6 galur memiliki ketahanan terhadap cekaman Al dan 2 galur peka terhadap cekaman Al. Galur yang tahan yaitu Gg 31, BM 22, Smrg B.2.5.2, Smrg M6-3, Hp 6, dan Sukmaraga 99 sedangkan galur yang peka yaitu Smrg B.33.1 dan Gg 11. Galur yang memiliki ketahanan berdasarkan ATI dan BKR yaitu Smrg M6-3.

5.2 Saran

Galur *inbreed* yang memiliki potensi ketahanan tinggi terhadap cekaman Al memerlukan studi lebih lanjut terhadap cekaman Al, baik skrining pada lahan masam maupun analisis molekuler untuk melihat genetiknya. Seterusnya persilangan antar galur yang memiliki potensi tahan terhadap cekaman Al perlu dilakukan untuk mendapatkan varietas yang tahan terhadap cekaman Al.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. 1989. Retensi Fosfat Tanah-Tanah Debu Vulkanis Gunung Sago. Pusat Penelitian Universitas Andalas. Padang.
- Anang, M, F. 2010. Respon Tanaman Terhadap Aluminium. Agripura Vol. 6 No.2.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Produksi Dan Produktivitas Tanaman Jagung*. Indonesia. <http://www.bps.go.id>.
- Bakhtiar, Bambang S. Purwoko, Trikoesoemaningtyas, M.A. Chozin, I. Dewi dan M. Amir. 2007 : Penapisan Galur Haploid Padi Gogo Hasil Kultur Antera untuk Toleransi terhadap Cekaman Aluminium. *Bul Agron.* (35) (1) 8-14.
- Balai Penelitian Tanah. 2006. Potensi Lahan Kering Masam untuk Pengembangan Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* Vol. 28, No.2.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia, 2010. Deskripsi Varietas Unggul Jagung. Edisi ke-6 ISBN : 979-8940-08-3.
- Baligar, V.C., G.V.E. Pitta, E.E.G. Gama, R.E. Schaffert, A.F.C. Bahia Filho and R.B. Clark. 1997. Soil acidity effects on nutrient use efficiency in exotic maize genotypes. *Plant and Soil* 192:9-13.
- Baier, A.C., D.J. Somers, and J.P.Gustafson, 1995: Aluminum tolerance in wheat: Correlating hydroponic evaluation with field and soil performances. *Plant Breeding* 114, 291—296.
- Campbell, T.A. Elgin, J.H., Foy, C.D., and Murtrey, J.E. 1988. Selection in alfalfa for tolerance to toxic levels of Aluminum. *Canadian Journal of Plant Science*, v.68, p.743-753.
- Carver, B.F., and J.D. Ownby, 1995: Acid soil tolerance in wheat. *Adv. Agron.* 54, 117—173.
- Dall, A.M., Bouton, J.H., and Parrot, W.A. 1996. Screening methods to develop alfalfa germoplasms tolerance of acid, aluminum toxic soils. *Crop Science*, v.36, p.64-70.
- Delhaize, E., and Ryan, P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiology*, v.107, p.315-321, 1995.
- Hallauer, A.R. 1987. Corn. In W.R. Fehr (ed.) *Principles of Cultivar Development*. Crop Sci. Vol.2. MacMillan Pub. Co. New York.
- Hayati, D.P.K. 2010. Genetic studies and breeding for aluminum tolerance in acid soils. PhD Thesis, Universiti Putra Malaysia.

- _____. 2011. Peningkatan generasi selfing galur-galur jagung bijian dan evaluasi karakter agronomis dan hasil beberapa populasi jagung manis asal Indonesia dan Introduksi. Progress Report. Penelitian Mandiri Tahun 2010. Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Huang, J.W., J.E. Shaff, D.L. Grunes dan L.V. Kochian. 1992. Aluminum effects on calcium fluxes at the root apex of aluminum-tolerant and aluminum-sensitive wheat cultivars. *Plant Physiol.* 98:230-237.
- Indonesian Cereals Research Institute, 2008. The book of Innovation of Maize Technology. Indonesian Cereals Research Institute, Maros. 32 hal.
- Kasim, F., dan C.E. Wasson. 1990. Genotypic respon of corn to aluminum stress. *Indonesian jurnal of crop science.* Vol.5, No. 2, pp. 41-51
- Kataoka, T, H. Ikura, and T M. Nakanishi. 1997. Aluminum Distribution and Viability of plant and Cultured Cell Soil Sci. 'Plant Nutr. 43: 1.003- 1.007.
- Lima, M., Furlani, P.R., and Miranda Filho, J.B. 1992. Divergent selection for aluminum tolerance in a maize (*Zea mays* L.) population. *Maydica*, v.37, p.123-132.
- Lingga, Pinus. 1984. *Hidroponik bercocok tanam tanpa tanah*. PT. Penebar swadaya. Jakarta. 80 hal.
- Makmur A. 2003. *Pemuliaan Tanaman Bagi Lingkungan Spesifik*. IPB Press-PPs IPB. 53 hal.
- Mangoendidjojo, W. 2003. *Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman*. Kanisius. Yogyakarta
- Najiyati, S., dan Danarti, 1999. *Palawija Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Penebar swadaya. Jakarta.
- Narasimhamoorthy, B., E. B. Blancaflor, J. H. Bouton, M. E. Payton, and M. K. Sledge. 2007. A Comparison of Hydroponics, Soil, and Root Staining Methods for Evaluation of Aluminum Tolerance in *Medicago truncatula* (Barrel Medic) Germplasm. Published online February 6, 2007.
- Nugraha, U., S. Subandi, A. Hasanuddin dan Subandi, 2003, Perkembangan Teknologi Budidaya dan Industri Benih Jagung, p 3772, Dalam Kasryno, E, Pasandaran dan A, M, Fagi (ed.), *Ekonomi Jagung Indonesia*, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Nur, A., N. Iriany, dan M. Azrai. 2007. Penampilan Karakter Agronomik Galur Jagung Pada Cekaman Kekeringan. *Balai Penelitian Tanaman Serealia*. Maros. Hal 226-235.

- Nursyamsi, D., M. Osaki dan T. Tadano. 2002. Mechanism of aluminum toxicity avoidance in tropical rice (*Oriza sativa* L.), maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). Indonesian J. of Agric. Sci. 3(1):12-24.
- Pandey, S. dan C.O. Gardner. 1994. Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in tropical maize. *Advances in Agron.* 48:1-87.
- Poehlman, J.M. 1987. *Breeding Field Crops*. Third Edition. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Prasetyono, J. dan Tasliah, 2003. Strategi Pendekatan Bioteknologi untuk Pemuliaan Tanaman Toleran Keracunan Aluminium. *Jurnal Ilmu Pertanian* Vol.10 No.1 : 64-67.
- Primantoro dan Indriani. 1999. *Hidroponik Tanaman Buah untuk Hobi dan Bisnis*. Penebar Swadaya. Jakarta. 94 hal.
- Rais, S.A. 1998. Evaluasi Plasma Nutfah Padi, Jagung, Kedelai, dan Kacang Tanah. Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan. Bogor. 31 hlm.
- Rudiansyah, N. Rohaeni, dan Trikoesoemaningtyas, 2001. Evaluasi Beberapa Kultivar Padi Gogo Asal Kalimantan Timur Untuk Ketahanan Terhadap Aluminium Menggunakan Metode Larutan Hara. *Bul Agron.*(29) (3) 73-77.
- Russel, W. dan E.J. Russel, 1986. *Soil Conditions and Plant Growth*. Longmans. London.
- Shamshuddin, J., I. Che Fauziah, dan H.A.H. Sharifuddin. 1991. Effects of limestone and gypsum applications to a Malaysian Ultisol on soil solution composition and yields of maize and groundnut. *Plant and Soil* 134:45-52.
- Soemitro, B. 1986. *Budidaya Tanaman dalam Pot*. PT. Mitra Dinamika. Jakarta. 89 Hal.
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2000. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Dalam *Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hal 21-66.
- Sudarmadji, R. Mardjono, dan H. Sudarmo, 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, Dan Korelasi Genotipik Sifat-Sifat Penting Tanaman Wijen. *Jurnal Littri*.Vol. 13. No, 3. September 2007 : 88-92.
- Syafruddin, D. Sopandie, dan Trikoesoemaningtyas. 2014. Ketengangan Genotipe Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Cekaman Aluminium. *Bul Agron.*(34) (1) 1-10 (2006)
- Syafruddin, Faesal, dan M. Akil. 2011. Pengolahan Hara pada Tanaman Jagung. Balai penelitian Tanaman Serealia. Maros. Hal 205-218.

- Tan, K., W. G. Keltjens, G. R. Findenegg. 1993. Aluminum toxicity with sorghum genotypes in nutrient solutions and its amelioration by magnesium. *J . Plant Nutr.* 155 : 81-86.
- Urrea G. R., Ceballos. E., Pandey, S., Bahia Filho, A.F.C., and Leon, L.A. 1996. A greenhouse screening technique for acid soil tolerance in maize. *Agronomy Journal*, v.88, p.806-812.
- USDA/FAS. 2009. Grain: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Services. The United States of Department of Agriculture.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadual Kegiatan Penelitian Bulan November 2011 – Desember 2011

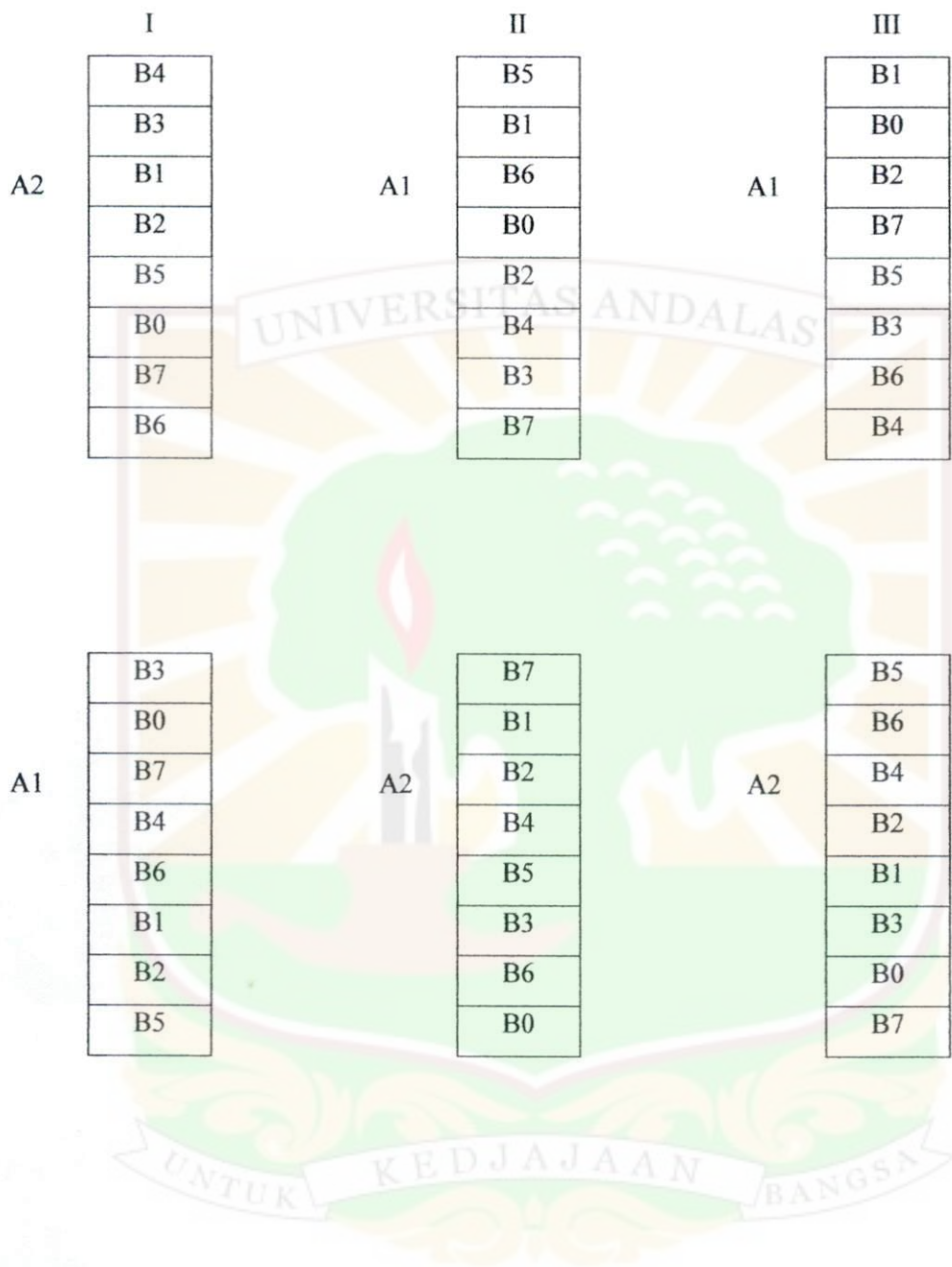
Kegiatan	Minggu Ke-							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pembuatan larutan hara								
Penanaman								
Pemberian larutan hara								
Pemberian perlakuan AI								
Pengaturan pH								
pengamatan								
Bobot kering akar dan tajuk								
Pengolahan data								

Lampiran 2. Komposisi Larutan Hara

No.	Senyawa	ppm	μM	Kekuatan ionik
1.	KH_2PO_4	0,272	2,00	P
2.	KNO_3	25,317	250,00	K
			600,00	N
3.	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	42,164	200,00	Ca
4.	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24,164	100,00	Mg
5.	Fe. EDTA	4,304	10,00	Fe
6.	H_3BO_3	0,183	3,00	B
7.	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,223	1,00	Mn
8.	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,286	1,00	Zn
9.	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,025	0,10	Cu
10.	$\text{Na MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,005	0,02	Mo
Total			1167,12	

Sumber : Dewi Hayati (2010)

Lampiran 3. Denah Penempatan Petak

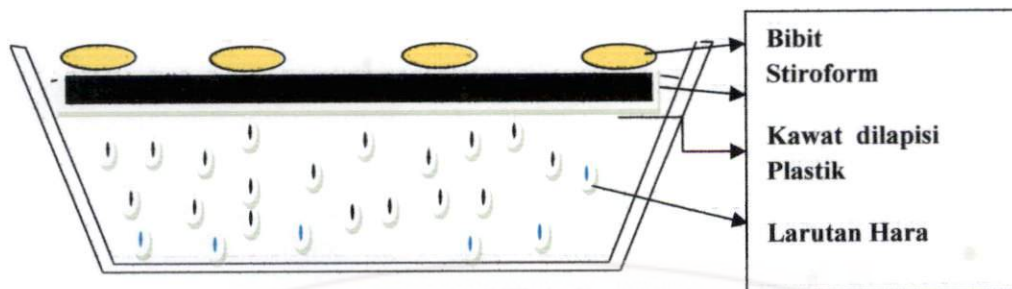


Keterangan :

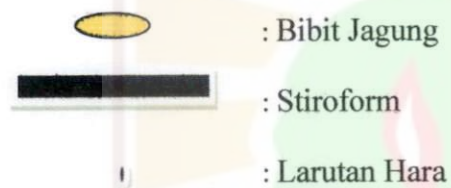
- A1 : 0 μ M konsentrasi Al
- A2 : 20 μ M konsentrasi Al
- B0 $\Rightarrow$ B7 : Galur *inbreed* jagung
- I,II,III : Ulangan

Lampiran 4. Peletakan Bibit

Tempat Peletakan Bibit



Keterangan Gambar :



Lampiran 5. DESKIPSI VARIETAS SUKMARAGA (Jagung Komposit)

Tanggal dilepas	: 14 Februari 2003
Asal	: Bahan introduksi AMATL (Asian Mildew Acid Tolerance Late), asal CIMMYT Thailand dengan Introgressi bahan lokal yang diperbaiki sifat ketahanan terhadap penyakit bulai. Populasi awalnya diseleksi pada tanah kering masam Sitiung Sumbar, dan tanah sulfat masam di Barambai (Kalsel). Hasil kombinasi diuji pada berbagai lingkungan asam dan normal.
Umur	: 50% kerluar rambut : + 58 hari
Masak fisiologis	: + 105 - 110 hari
Batang	: Tegap
Warna batang	: Hijau
Tinggi tanaman	: + 195 cm (180 - 220 cm)
Daun	: Panjang dan lebar
Warna daun	: Hijau muda
Keragaman	: Agak seragam
Perakaran	: Dalam, kuat dan baik
Kerebahan	: Agak tahan
Malai	: Semi kompak
Warna rambut	: Coklat keunguan
Tongkol	: Panjang silindris
Tinggi letak tongkol	: + 195 cm (90-100 cm)
Kelobot	: Tertutup baik (85%)
Tipe biji	: Semi mutiara (semi flint)
Warna biji	: Kuning tua
Baris biji	: Lurus dan rapat
Jumlah baris/tongkol	: 12 - 16 baris
Bobot 1000 biji	: + 270 g
Rata-rata hasil	: 6,0 t/ha pipilan kering
Potensi hasil	: 8,50 t/ha pipilan kering
Ketahanan	: Cukup tahan terhadap penyakit bulai (<i>P. maydis</i>), penyakit bercak daun (<i>H. maydis</i>), dan penyakit karat daun (<i>Puccinia</i> sp.)

Daerah sebaran : Dataran rendah sampai 800 m dpl, adaptif tanah-tanah masam

Pemulia : Firdaus Kasim, M. Yasin HG., M. Basir, Wasmo Wakman,
Syafuruddin, A. Muliadi, Nurtitayani, dan Adri



Lampiran 6. Foto-Foto Dokumentasi

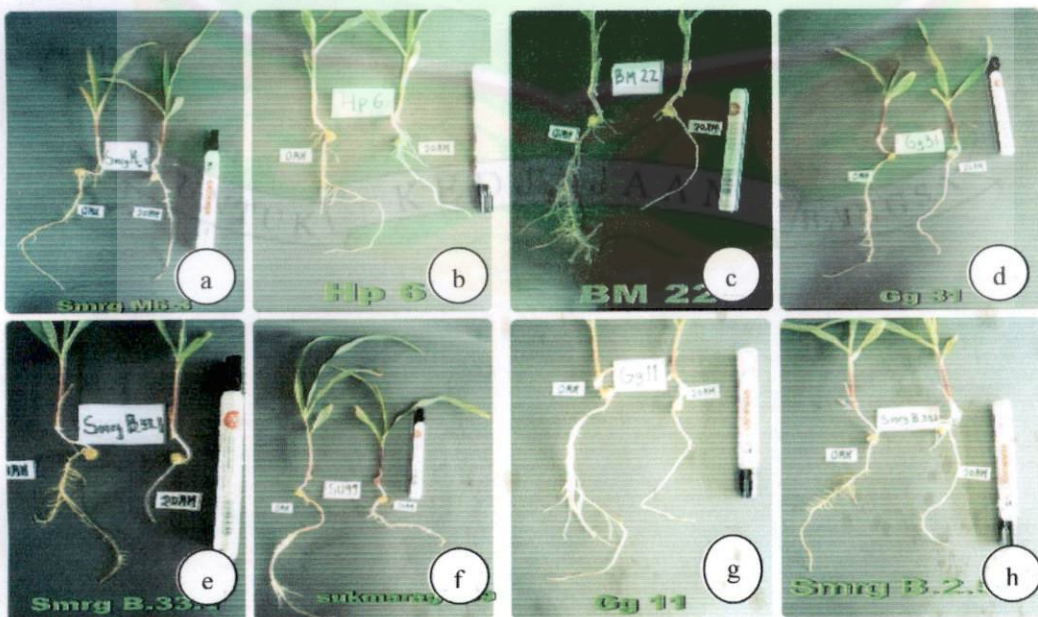
a). Pengaruh aluminium terhadap pertumbuhan akar tanaman. (a) $0 \mu\text{M}$ dan (b) $20 \mu\text{M}$



b). Bibit saat ditanam pada larutan hara



c). Penampilan tanaman 6 HST pada kondisi tanpa tercekam aluminium ($0 \mu\text{M}$) dan pada kondisi tercekam aluminium ($20 \mu\text{M}$).



Keterangan gambar : a). Smrg M6-3, b). HP 6, c). HP 6, d). Gg 31, e). Smrg B.33.1, f). Sukmaraga 99, g). Gg 11, h). Smrg B.2.5.2.