

**RESPON KETAHANAN BEBERAPA VARIETAS
SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) TERHADAP
CEKAMAN ALUMINIUM**

SKRIPSI

Jurusan/Program Studi Agronomi



Oleh :

Prasintya Cucu Hardi Indah Kusuma

H0107075

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2011

commit to user

**RESPON KETAHANAN BEBERAPA VARIETAS
SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) TERHADAP
CEKAMAN ALUMINIUM**

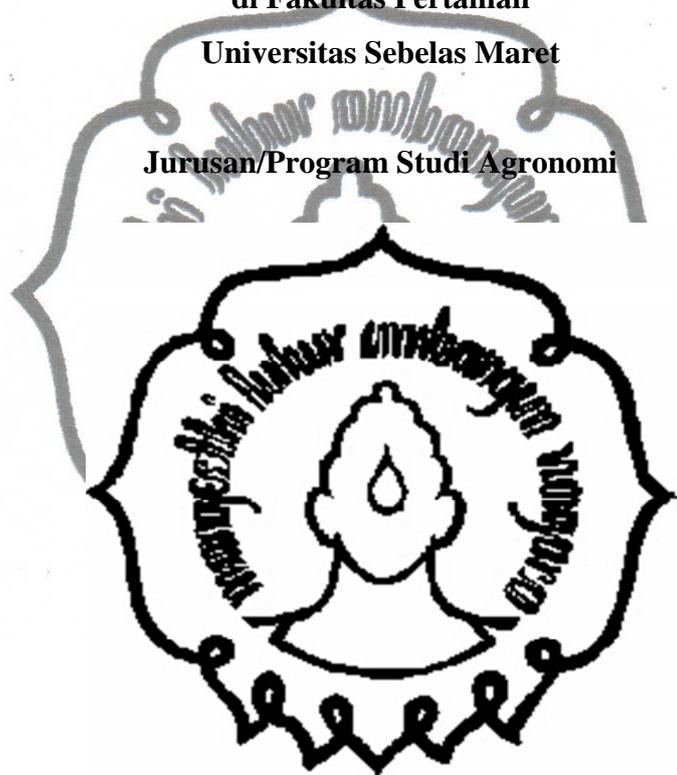
Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian**

di Fakultas Pertanian

Universitas Sebelas Maret

Jurusan/Program Studi Agronomi



Oleh :

Prasintya Cucu Hardi Indah Kusuma

H0107075

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2011

**RESPON KETAHANAN BEBERAPA VARIETAS
SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) TERHADAP
CEKAMAN ALUMINIUM**

yang dipersiapkan dan disusun oleh
Prasintya Cucu Hardi Indah Kusuma
H0107075

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal : 19 Juli 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Ketua

Anggota I

Anggota II

Dr. Samanhudi, SP. MSi
NIP. 196806101995031003

Muji Rahayu, SP. MP
NIP. 197805022002512004

Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, MS
NIP. 196107171986011001

Surakarta, Juli 2011

Mengetahui

Universitas Sebelas Maret

Fakultas Pertanian

Dekan

Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiasmanto, MS
NIP. 19562251986011001

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan karunia, nikmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Respon Ketahanan Beberapa Varietas Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) terhadap Cekaman Aluminium” sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiasmanto, MS. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Pardono, MS selaku Ketua Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Salim Widono, SP, MP selaku Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Samanhuji, SP, MSi selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan perhatian untuk membantu kelancaran penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Muji Rahayu, SP, MP selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah mendampingi dan memberikan ilmu, saran dan masukan berharga bagi Penulis selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yunus, MS selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta terutama Jurusan Agronomi yang telah memberikan ilmu, bantuan dan pelayanan selama masa perkuliahan.
8. DP2M Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui skim penelitian Strategis Nasional.
9. Ayahku tercinta Pawit Hadi Prasetyanto dan Ibuku tercinta Wilujeng Susilo Hardisiwi yang telah memberikan nafkah, segala kasih sayang, nasihat,

commit to user

pengorbanan, dukungan, semangat dan do'a yang tiada pernah putus, sehingga penulis dapat menjadi seseorang yang lebih baik.

10. Saudaraku Daniel Agus Exwan Susilo dan Saudariku Firmanita Cucu Hardi Profitasari yang telah memberikan motivasi, semoga dimasa yang akan datang kita menjadi lebih baik.
11. Mas Luthfi Ikhwan Janani, yang telah memberikan motivasi, inspirasi, pengorbanan, kesabaran, waktu dan do'anya dalam segala hal, demi kebaikan penulis.
12. Riescoll n Condil yang banyak membantu selama penelitian. Terima kasih juga atas persahabatan yang unik dan aneh ini.
13. Keluarga besar Agronomi 2007, terima kasih atas pengalaman berharga dan kebersamaannya. Empat tahun bersama, sungguh memberi warna tersendiri bagi hidupku.

Tiada gading yang tak retak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi ini.

Surakarta, Juni 2011

Penulis

commit to user

DAFTAR ISI

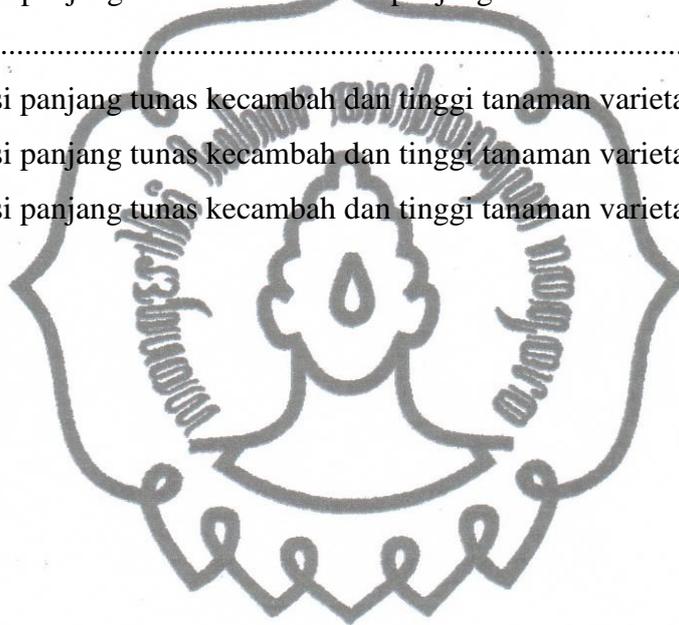
| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | x |
| RINGKASAN..... | xii |
| SUMMARY | xiii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Perumusan Masalah..... | 2 |
| C. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| D. Hipotesis..... | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| A. Sorgum Manis..... | 4 |
| B. Cekaman Aluminium..... | 6 |
| C. Respon Tanaman terhadap Cekaman Aluminium..... | 7 |
| D. Mekanisme Toleransi Tanaman terhadap Aluminium | 8 |
| E. Toleransi Aluminium..... | 9 |
| III. METODE PENELITIAN | 10 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 10 |
| B. Bahan dan Alat Penelitian | 10 |
| C. Penelitian I di Laboratorium..... | 10 |
| 1. Rancangan Penelitian | 10 |
| 2. Pelaksaaan Penelitian..... | 11 |
| 3. Variabel Pengamatan..... | 11 |
| D. Penelitian II di Lapangan..... | 12 |
| 1. Rancangan Penelitian | 12 |
| 2. Pelaksanaan Penelitian..... | 13 |
| 3. Variabel Pengamatan..... | 14 |

| | |
|--|----|
| E. Analisis Data | 16 |
| IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 17 |
| A. Penelitian I di Laboratorium..... | 17 |
| 1. Kecepatan Kecambah..... | 17 |
| 2. Daya Kecambah | 18 |
| 3. Panjang Akar Kecambah..... | 20 |
| 4. Panjang Tunas Kecambah..... | 22 |
| B. Penelitian II di Lapangan..... | 25 |
| 1. Panjang Akar | 25 |
| 2. Volume Akar | 26 |
| 3. Tinggi Tanaman..... | 29 |
| 4. Jumlah Daun | 31 |
| 5. Luas Daun | 33 |
| 6. Diameter Batang | 35 |
| 7. Berat Brangkasan Segar..... | 36 |
| 8. Berat Brangkasan Kering..... | 39 |
| 9. Saat Muncul Bunga..... | 41 |
| 10. Berat Biji per Tanaman..... | 42 |
| 11. Berat 1000 Biji..... | 44 |
| 12. Kandungan Nira | 45 |
| 13. Kadar Gula | 46 |
| C. Korelasi Pengujian di Laboratorium dan Pengujian di Lapangan..... | 48 |
| 1. Panjang Akar Kecambah dan Panjang Akar Tanaman..... | 48 |
| 2. Panjang Tunas Kecambah dan Tinggi Tanaman..... | 51 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 53 |
| A. Kesimpulan..... | 53 |
| B. Saran | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA | 54 |
| LAMPIRAN..... | 59 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul | Halaman |
|--------------|--|----------------|
| 1. | Kecepatan kecambah beberapa varietas sorgum manis | 17 |
| 2. | Daya kecambah beberapa varietas sorgum manis | 19 |
| 3. | Pengaruh cekaman Al dan varietas terhadap panjang akar kecambah sorgum manis | 20 |
| 4. | Pengaruh cekaman Al terhadap panjang tunas kecambah beberapa varietas sorgum manis..... | 23 |
| 5. | Tinggi tunas beberapa varietas sorgum manis | 24 |
| 6. | Pengaruh cekaman Al terhadap panjang akar beberapa varietas sorgum manis | 25 |
| 7. | Pengaruh cekaman Al terhadap volume akar beberapa varietas sorgum manis | 27 |
| 8. | Volume akar beberapa varietas sorgum manis | 28 |
| 9. | Tinggi tanaman beberapa varietas sorgum manis | 30 |
| 10. | Pengaruh cekaman Al terhadap jumlah daun beberapa varietas sorgum manis | 32 |
| 11. | Pengaruh cekaman Al terhadap luas daun beberapa varietas sorgum manis | 33 |
| 12. | Luas daun beberapa varietas sorgum manis..... | 34 |
| 13. | Diameter batang beberapa varietas sorgum manis..... | 36 |
| 14. | Pengaruh cekaman Al terhadap berat brangkasan segar beberapa varietas sorgum manis | 37 |
| 15. | Berat brangkasan segar beberapa varietas sorgum manis..... | 38 |
| 16. | Pengaruh cekaman Al terhadap berat brangkasan kering beberapa varietas sorgum manis..... | 39 |
| 17. | Berat brangkasan kering beberapa varietas sorgum manis | 40 |
| 18. | Saat muncul bunga beberapa varietas sorgum manis | 41 |
| 19. | Berat biji per tanaman beberapa varietas sorgum manis | 43 |
| 20. | Berat 1000 biji beberapa varietas sorgum manis | 44 |
| 21. | Kandungan nira beberapa varietas sorgum manis | 45 |

| | |
|--|----|
| 22. Pengaruh cekaman Al terhadap kadar gula beberapa varietas sorgum manis..... | 46 |
| 23. Kadar gula beberapa varietas sorgum manis | 47 |
| 24. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Numbu..... | 49 |
| 25. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Sweet..... | 50 |
| 26. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Kawali | 50 |
| 27. Korelasi panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Numbu..... | 51 |
| 28. Korelasi panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Sweet..... | 52 |
| 29. Korelasi panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Kawali | 52 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul | Halaman |
|--------------|--|----------------|
| 1. | a. Karakteristik varietas Numbu | 59 |
| | b. Karakteristik varietas Sweet | 59 |
| | c. Karakteristik varietas Kawali | 59 |
| 2. | Pembuatan larutan..... | 60 |
| 3. | Perhitungan dosis pemupukan | 61 |
| 4. | Denah penelitian di laboratorium..... | 62 |
| 5. | Denah penelitian di lapangan..... | 63 |
| 6. | Analisis ragam kecepatan kecambah | 64 |
| 7. | Analisis ragam daya kecambah..... | 64 |
| 8. | Analisis ragam panjang akar kecambah..... | 64 |
| 9. | Analisis ragam panjang tunas kecambah..... | 65 |
| 10. | Analisis ragam panjang akar..... | 65 |
| 11. | Analisis ragam volume akar..... | 65 |
| 12. | a. Analisis ragam tinggi tanaman..... | 66 |
| | b. Peningkatan tinggi tanaman sesuai dengan peningkatan umur..... | 67 |
| 13. | a. Analisis ragam jumlah daun..... | 68 |
| | b. Analisis DMRT jumlah daun..... | 68 |
| | c. Peningkatan jumlah daun sesuai dengan peningkatan umur..... | 69 |
| 14. | Analisis ragam luas daun | 70 |
| 15. | a. Analisis ragam diameter batang | 70 |
| | b. Peningkatan diameter batang sesuai dengan peningkatan umur..... | 71 |
| 16. | Analisis ragam berat brangkasan segar..... | 72 |
| 17. | a. Analisis ragam berat brangkasan kering | 72 |
| | b. Analisis DMRT berat brangkasan kering | 72 |
| 18. | Analisis ragam saat muncul bunga | 73 |
| 19. | Analisis ragam berat biji per tanaman | 73 |
| 20. | Analisis ragam berat 1000 biji..... | 73 |
| 21. | Analisis ragam kandungan nira..... | 73 |
| 22. | Analisis ragam kadar gula..... | 74 |

| | |
|--|----|
| 23. Analisis korelasi panjang akar pengujian di laboratorium dan pengujian di lapangan | 74 |
| 24. Analisis korelasi pengujian tinggi tanaman di laboratorium dan pengujian di lapangan | 75 |
| 25. Persentase penurunan hasil | 76 |
| 26. Nilai intensitas cekaman | 78 |
| 27. Nilai indeks toleransi cekaman | 79 |
| 28. Dokumentasi penelitian | 80 |



**RESPON KETAHANAN BEBERAPA VARIETAS SORGUM MANIS
(*Sorghum bicolor* L. Moench) TERHADAP
CEKAMAN ALUMINIUM**

**Prasintya Cucu Hardi Indah Kusuma
H0107075**

RINGKASAN

Sorgum merupakan salah satu komoditas unggulan untuk meningkatkan produksi bahan pangan dan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman Al terhadap pertumbuhan dan hasil berbagai varietas sorgum manis, mendapatkan varietas sorgum manis yang tahan terhadap cekaman Al, dan mengetahui korelasi antara pengujian ketahanan cekaman Al di laboratorium dan pengujian di lapangan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2010 sampai bulan Mei 2011 di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Bioteknologi Fakultas Pertanian UNS (Penelitian I) dan *Screen House* Fakultas Pertanian UNS (Penelitian II). Keduanya menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial terdiri atas dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama, konsentrasi Al (0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm) dan faktor kedua, macam varietas (Numbu, Sweet, Kawali). Variabel penelitian I: kecepatan kecambah, daya kecambah, panjang akar kecambah dan panjang tunas kecambah. Variabel penelitian II: panjang akar, volume akar, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, diameter batang, berat brangkasan segar, berat brangkasan kering, saat muncul bunga, berat biji per tanaman, berat 1000 biji, kandungan nira dan kadar gula. Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis ragam dan jika terdapat beda nyata dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan's (DMRT) pada taraf 5%, hasil data pengujian di laboratorium dan pengujian di lapangan dibandingkan menggunakan analisis korelasi. Hasil penelitian, menunjukkan peningkatan konsentrasi cekaman Al menurunkan pertumbuhan sorgum manis meliputi: panjang akar kecambah, panjang tunas kecambah, panjang akar tanaman, volume akar, jumlah daun, luas daun, berat brangkasan segar, berat brangkasan kering serta hasil sorgum manis meliputi: kadar gula. Perbedaan varietas sorgum manis menyebabkan pertumbuhan dan hasil sorgum manis berbeda, kecuali pada panjang akar kecambah, jumlah daun, dan panjang akar tanaman. Penurunan pertumbuhan dan hasil sorgum manis varietas Numbu pada konsentrasi Al 300 ppm, Sweet 200 ppm dan Kawali 300 ppm. Terdapat hubungan linier positif antara panjang akar kecambah pada pengujian di laboratorium dan panjang akar tanaman dalam pengujian di lapangan pada varietas Numbu dan Sweet.

Kata kunci: seleksi ketahanan, cekaman aluminium, sorgum manis

commit to user

**RESPOND OF ENDURING
IN SOME VARIETIES OF SWEET SORGHUM
(*Sorghum bicolor* L. Moench) TO ALUMINUM STRESS**

**Prasintya Cucu Hardi Indah Kusuma
H0107075**

SUMMARY

Sorghum is one of the commodities that is used to improve food production and energy. This study aims to know the influence of Al stress concerning the development and the product in varieties of sweet sorghum, sweet sorghum varieties which have resistance to Al stress, and to find out the correlation between stress resistance testing of Al in the laboratory and field testing. The experiment was conducted in October 2010 to May 2011 at the Laboratory of Plant Physiology and Biotechnology Faculty of Agriculture, UNS (Research I) and UNS Screen House Faculty of Agriculture (Research II). Both are using Completely Randomized Design (CRD) is composed of two-factor factorial with three replications. The first factor, the concentration of Al (0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm) and the second factor is kind of varieties (Numbu, Sweet, Kawali). Variable research I: speed of germination, capacity of germination, length of germination root and length of germination shoot. Variable research II: root length, root volume, plant height, leaf number, leaf area, stem diameter, fresh weight of stover, dry weight of stover, while emerging flower, weight of seed by each of plant, 1000 seeds weight, juice content and sugar content. The data were analyzed with observations range analysis, if there is a real difference then it is continued by Duncan's Multiple range Test (DMRT) at 5% level, data testing in laboratory and field testing compared using correlation analysis. The result of this research, by the increasing of Al stress concentration, is able to reduce of sweet sorghum growth, it includes: length of germination root, length of germination shoot, length of plant root, root volume, leaf number, leaf area, fresh weight of stover, dry weight of stover, it is also reducing the product of sweet sorghum, includes: sugar content. The differences of sweet sorghum varieties are caused in growth and the product of sweet sorghum are differ, except in length of germination root, leaf number, and length of plant root. Decreasing in growth and product sweet sorghum of Numbu variety on 300 ppm Al concentrate, 200 ppm of Sweet and 300 ppm of Kawali. There are positive linear connections between length of germination testing in laboratory and length of plant root testing in Numbu and Sweet variety.

Key words: selection of resistance, aluminum stress, sweet sorghum

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sorgum merupakan salah satu komoditas unggulan untuk meningkatkan produksi bahan pangan dan energi. Biji sorgum menghasilkan karbohidrat yang dapat diolah menjadi bahan pangan, sedangkan nira dari batang dan pati pada bijinya dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses fermentasi (Nkongolo *et al.*, 2008).

Sorgum sangat sesuai sebagai bahan pangan karena gizinya sangat baik dan untuk beberapa komponen, seperti protein dan kalsium, lebih baik dari beras dan jagung (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1992). Selain itu, sorgum berpeluang untuk dikembangkan menjadi pangan premium dengan keunggulan kandungan gluten yang sangat rendah (*gluten free food*) dan indeks glikemik yang juga rendah (*low glycemic index*) sehingga sangat sesuai untuk konsumen dengan kebutuhan gizi khusus.

Sorgum sebagai bahan baku bioenergi memenuhi tiga syarat utama yang diperlukan untuk dapat diproduksi menjadi bahan bakar non-fosil secara massal, yaitu tidak berkompetisi dengan tanaman pangan, produktivitasnya tinggi dan biaya produksinya rendah. Berdasarkan Medco Energy (2007) potensi bioetanol (liter/ha/tahun) dari sorgum (8.419) lebih tinggi dari tebu (6.192), jagung (3.461), gula bit (6.679), dan ubi kayu (3.835).

Keunggulan sorgum yang penting dari aspek budidaya adalah daya adaptasi luas untuk kondisi kekeringan sehingga mempunyai keunggulan kompetitif jika dibandingkan komoditas lain untuk dikembangkan di lahan kering Indonesia (Hoeman, 2007). Tanaman sorgum toleran terhadap kekeringan dan genangan air, dapat berproduksi pada lahan marginal, serta relatif tahan terhadap gangguan hama dan penyakit.

Kendala yang dihadapi dalam budidaya sorgum di lahan kering Indonesia adalah cekaman tanah masam. Tanah bereaksi masam dengan indikator utama pH tanah kurang dari 5.0 mengakibatkan kelarutan Aluminium (Al) tinggi dalam

commit to user

tanah sehingga menjadi racun bagi tanaman. Cekaman Al menyebabkan gangguan pertumbuhan akar sehingga penyerapan hara dan air menjadi terhambat, hal tersebut menjadi salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan produksi tanaman di tanah masam (Kochian, 1995; Ryan *et al.*, 1997).

Penggunaan kultivar tanaman yang toleran terhadap cekaman Al tinggi merupakan usaha paling baik dalam mengatasi masalah tanah masam. Pengembangan varietas toleran tanah masam adalah salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi budidaya di tanah masam. Pengembangan sorgum toleran tanah masam dengan produktivitas tinggi diawali dengan melakukan pengujian ketahanan terhadap cekaman Al untuk mendapatkan varietas yang sesuai dengan target lingkungan produksi.

B. Perumusan Masalah

Sorgum memiliki manfaat yang multi guna, salah satunya gula yang terkandung dalam biji atau nira batang dapat diproses menjadi etanol (bioetanol). Industri bioetanol memerlukan lahan untuk perkebunan sorgum manis yang luas dan pertanaman harus dilakukan sepanjang tahun, sebaiknya tidak memanfaatkan lahan-lahan yang merupakan lahan pertanaman pangan. Pengembangan sorgum manis dapat diarahkan dengan pemanfaatan lahan-lahan marginal, lahan tidur, atau lahan non-produktif lainnya yang dijumpai sangat luas di Indonesia, sehingga tidak akan berkompetisi dengan tanaman pangan lain.

Pada saat ini kemungkinan perluasan areal produksi sorgum terbesar adalah pada lahan kering di luar pulau Jawa. Namun, usaha perluasan areal pertanaman pada areal bukaan baru sering menghadapi faktor pembatas ekologi, antara lain, tingginya tingkat kemasaman dan kandungan Al tanah. Kandungan Al yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan dan merusak perakaran tanaman sehingga mengakibatkan tidak efisiennya akar menyerap unsur hara dan air (Ma *et al.*, 2001).

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh cekaman Al terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas sorgum manis?
2. Apa varietas sorgum manis yang tahan terhadap cekaman Al?
3. Bagaimana korelasi antara pengujian ketahanan cekaman Al di laboratorium dan pengujian di lapangan?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh cekaman Al terhadap pertumbuhan dan hasil berbagai varietas sorgum manis.
2. Mendapatkan varietas sorgum manis yang tahan terhadap cekaman Al.
3. Mengetahui korelasi antara pengujian ketahanan cekaman Al di laboratorium dan pengujian di lapangan.

D. Hipotesis

1. Konsentrasi 400 ppm Al mampu menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum manis.
2. Terdapat varietas sorgum manis yang tahan terhadap cekaman Al.
3. Terdapat korelasi yang sebanding antara pengujian ketahanan cekaman Al di laboratorium dan pengujian di lapangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sorgum Manis

Tanaman sorgum merupakan tanaman gramineae yang memiliki taksonomi sebagai berikut:

Divisio : Magnoliophyta

Class : Liliopsida

Subclass : Commelinidae

Order : Cyperales

Family : Poaceae (graminae)

Genus : Sorgum

Spesies : *Sorghum bicolor*

(Mangdeska, 2009).

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman sereal yang mampu tumbuh hingga 4 meter. Bunga sorgum termasuk bunga sempurna dan termasuk bunga tipe *panicle* (susunan bunga di tangkai). Rangkaian bunga sorgum berada di bagian ujung tanaman, rangkaian bunga tersebut yang nantinya akan menjadi bulir-bulir sorgum (Zubair, 2009).

Bentuk tanaman ini secara umum hampir mirip dengan jagung, yang membedakan adalah tipe bunganya. Jagung memiliki bunga tidak sempurna sedangkan sorgum memiliki bunga sempurna. Biji sorgum berkeping satu dan tidak membentuk akar tunggang, hanya membentuk akar lateral yang halus namun letaknya agak dalam di bawah tanah. Akar tunjang dapat pula keluar hampir dari setiap buku. Akar tunjang ini dapat berfungsi sebagai akar lateral biasa apabila rumpun tanaman tertimbun tanah (Zubair, 2009).

Tanaman sorgum memiliki batang tunggal yang terdiri atas ruas-ruas. Batang sorgum ada yang banyak mengandung air dengan kadar gula yang cukup tinggi, ada yang berair tetapi tidak manis. Daun terdiri atas lamina (*blade leaf*) dan *auricle* (Sumantri, 1993). Daun sorgum memiliki lapisan lilin yang ada pada lapisan epidermisnya. Adanya lapisan lilin tersebut menyebabkan tanaman

commit to user

sorgum mampu bertahan pada daerah dengan kelembaban sangat rendah dan mampu hidup dalam cekaman kekeringan (Sumarno dan Karsono, 1995).

Zubair (2009) menyatakan pada prinsipnya sorgum dapat tumbuh pada semua jenis tanah, bahkan di tanah yang kurang subur atau pasokan airnya rendah. Semua tanah yang sesuai untuk pertanaman jagung juga dapat digunakan untuk pertanaman sorgum. Ketinggian tempat optimum untuk pertanaman sorgum \pm 0-700 dpl. Semakin tinggi tempat pertanaman akan semakin memperlambat waktu berbunga tanaman sorgum. Temperatur 25-27°C adalah suhu terbaik untuk perkecambahan biji sorgum, sedangkan untuk pertumbuhannya perlu suhu sekitar 23-30°C.

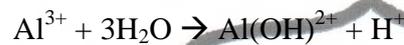
Daerah penghasil sorgum dengan pola pengusahaan tradisional adalah Jawa Tengah (Purwodadi, Pati, Demak, Wonogiri), Daerah Istimewa Yogyakarta (Gunung Kidul, Kulon Progo), Jawa Timur (Lamongan, Bojonegoro, Tuban, Probolinggo), sebagian Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Pengusahaan sorgum terbesar di Indonesia terdapat di Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, NTB dan NTT (Soeranto, 2010).

Penggunaan sorgum sangat beragam, tetapi secara garis besar dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai bahan pangan, bahan pakan, dan bahan industri (Sumarno dan Karsono, 1995). Sorgum sebagai bahan pangan dunia berada pada urutan ke-5 setelah gandum, padi, jagung dan barley. Pemanfaatan biji sorgum di negara maju sebagai pakan ternak unggas, sedangkan batang dan daunnya untuk ternak ruminansia. Biji sorgum juga merupakan bahan baku industri seperti industri etanol (bioetanol), bir, sirup, lem, cat, bahan pemanis alternatif non tebu, dan modifikasi pati (*modified starch*) (FAO, 1996).

Beberapa varietas sorgum yang spesifik lingkungan telah dikembangkan untuk mengoptimalkan hasil sorgum persatuan luas. Beberapa varietas yang telah dikembangkan dengan sifat-sifat penting yaitu umur panen, tinggi tanaman dan warna biji. Varietas Numbu dan Kawali merupakan varietas sorgum unggul yang telah dilepas di Indonesia pada tahun 2001 (Direktorat Serealia, 2004).

B. Cekaman Aluminium

Tanah masam adalah tanah dengan pH rendah karena kandungan H^+ yang tinggi. Pada tanah masam lahan kering banyak ditemukan ion Al^{3+} yang bersifat masam karena apabila bereaksi dengan air, maka ion tersebut dapat menghasilkan H^+ . Dalam keadaan tertentu, yaitu apabila tercapai kejenuhan ion Al^{3+} , terdapat juga ion Al-hidroksida mengikuti reaksi berikut ini:



dengan demikian dapat menimbulkan variasi kemasaman tanah (Bennet *et al.*, 1991).

Tanah masam dengan kandungan aluminium (Al) tinggi banyak terdapat di Indonesia. Tanah masam dengan tingkat pH kurang dari 5 berhubungan dengan ketersediaan hara N, P, K, Ca, Mg, dan Mo yang sangat terbatas, serta adanya Al terlarut dalam jumlah cukup tinggi. Konsentrasi Al yang tinggi pada tanah masam merupakan faktor penghambat pertumbuhan tanaman (Matsumoto, 2000).

Kelarutan Al berhubungan dengan bentuk senyawa Al. Menurut Kochian (1995) terdapat tiga bentuk senyawa Al yaitu mononuklear (Al^{3+}), Al polinuklear, dan molekul Al kompleks. Endapan $Al(OH)_3$ terbentuk pada pH netral, sedangkan pada pH tinggi Al terdapat dalam bentuk $Al(OH)_4^-$. Ketika pH rendah akan terbentuk $Al(H_2O)_6^{3+}$ atau dikenal dengan Al^{3+} yang merupakan bentuk Al paling toksik bagi tumbuhan.

Cekaman Al pada tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.) berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alamgir dan Akhter (2009) dengan tingkat konsentrasi 0, 10, 100, 200 dan 500 ppm menunjukkan Al mempengaruhi perkecambahan biji varietas yang berbeda dari gandum dan efek penghambatan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi Al. Pada tingkat konsentrasi 500 ppm memiliki efek penghambatan terhadap perkecambahan biji dan pertumbuhan bibit.

C. Respon Tanaman terhadap Cekaman Aluminium

Faktor mendasar yang secara langsung menyebabkan pertumbuhan tanaman kerdil di tanah masam adalah keracunan aluminium, kekurangan magnesium dan kekurangan molybdenum. Menurut Prihadi (1991) keracunan Al merupakan salah satu faktor terbesar yang menghambat pertumbuhan tanaman pada tanah masam.

Keracunan Al tidak hanya mengurangi serapan Posphat. Woolhouse (1983) menemukan bahwa keracunan Al mengurangi serapan P, Ca, K, Mn, Fe, Cu, dan Zn. Keracunan Al menghambat perpanjangan dan pertumbuhan akar primer, serta menghalangi pembentukan akar lateral dan bulu akar.

Pengaruh Al terhadap pertumbuhan tanaman antara lain menurunkan penyerapan kation bivalen oleh akar terutama penyerapan Ca^{2+} dan Mg^{2+} , menghambat pembelahan sel-sel meristem akar, serta menurunkan penyerapan SO_4^{2-} , PO_4^{2-} , dan Cl. Kerusakan akibat Al terhadap tanaman terlihat jelas pada akar yaitu akar menjadi tebal, pendek, dan terhambat perpanjangannya (Delhaize *et al.*, 1993). Keracunan Al terutama terlihat pada ujung akar. Keberadaan Al di ujung akar menyebabkan akar utama menjadi kerdil dan akar lateral terhambat pertumbuhannya (Samac dan Tesfaye, 2003).

Gejala keracunan Al yang paling mudah dilihat adalah penghambatan pertumbuhan akar. Penghambatan pertumbuhan akar telah banyak dilaporkan seperti pada padi (Suardi, 2002), kedelai (Soepandi *et al.*, 2000), gandum (Delhaize dan Ryan, 1993), dan jagung (Sivaguru *et al.*, 1999).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan target utama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman, terutama ujung akar. Akar tanaman jagung dan kedelai dapat berkembang dengan baik pada larutan Al yang diberi kapur dibandingkan yang tanpa pengapuran. Gejala pertama keracunan Al adalah sistem perakaran tidak berkembang (pendek dan tebal) sebagai akibat penghambatan perpanjangan sel (Bushamuka dan Zobel, 1998). Selain itu juga menyebabkan terjadinya gangguan penyerapan hara mineral, penggabungan Al dengan dinding sel dan penghambatan pembelahan sel (Prasetyono dan Tasliah, 2003).

Gejala keracunan Al pada sorgum, bagian daun mirip dengan kekurangan Fe yaitu terjadi gangguan pembentukan klorofil yang menyebabkan gangguan sintesis protein. Pada tanaman lain, keracunan Al ditunjukkan lebih mirip dengan gejala kekurangan P yaitu dapat menekan jumlah bunga dan menunda inisiasi pembungaan karena keseimbangan *phytochrome* berubah (Purnomo *et al.*, 2000). Tanaman yang keracunan Al akan mengalami pemendekan akar, lebih tebal, lebih gelap dan sangat gemuk (Christiansen dan Lewis, 1982).

D. Mekanisme Toleransi Tanaman terhadap Aluminium

Beberapa jenis tanaman dapat tumbuh pada tanah-tanah yang mengandung tingkat ion toksik yang dapat mematikan spesies lain. Terdapat empat mekanisme utama hingga hal tersebut terjadi, yaitu:

1. Penghindaran (*escape*) fenologis, apabila stress yang terjadi pada tanaman bersifat musiman, tanaman dapat menyesuaikan siklus hidupnya sehingga tumbuh dalam musim yang cocok.
2. Eksklusi, tanaman dapat mengenal ion yang toksik dan mencegah agar tidak terambil sehingga tidak mengalami toksisitas.
3. Penanggulangan (*ameliorasi*), tanaman barangkali mengasorbsi ion tersebut, tetapi bertindak demikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya dengan cara pembentukan kelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi, atau bahkan ekskresi.
4. Toleransi, tanaman dapat mengembangkan sistem metabolis yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik yang potensial, mungkin dengan molekul enzim.

(Fitter dan Hay, 1991).

Kochian (1995) juga berpendapat bahwa ada beberapa mekanisme yang dilakukan oleh tanaman untuk mengatasi keracunan Al, antara lain: eksklusi Al pada ujung akar, melepas ligan pengkelat Al seperti asam sitrat, oksalat, malat, dan meningkatkan pH rizosfer.

E. Toleransi Aluminium

Spesies tumbuhan secara genetis sangat beragam dalam kemampuannya untuk toleran atau tidak toleran terhadap unsur tak-esensial seperti, timbel, kadmium, perak, aluminium, raksa, timah, dan sebagainya dalam jumlah yang meracuni (Woolhouse, 1983).

Tanaman toleran dan sensitif Al akan mengakumulasi Al ketika ditanam pada tanah masam yang mengandung banyak Al (Samac dan Tesfaye, 2003). Salah satu kriteria tanaman yang toleran Al yaitu dapat mengurangi absorpsi dan translokasi Al ke bagian tajuk karena sebagian besar Al telah disimpan di vakuola sel akar (Matsumoto, 2000). Spesies gandum (*Triticum aestivum* L.) yang sensitif akan menyerap dan mengakumulasi Al lebih banyak dibandingkan dengan spesies gandum yang toleran (Delhaize *et al.*, 1993).

Menurut Prasetyono dan Tasliah (2003) tanaman yang toleran terhadap keracunan Al memiliki kemampuan untuk menekan pengaruh buruk keracunan Al. Kriteria tanaman yang toleran antara lain; akar dapat tumbuh terus dan ujung akar tidak rusak, mengurangi absorpsi Al, memiliki berbagai cara untuk menetralkan pengaruh toksik Al setelah diserap tanaman, mampu menciptakan keadaan kurang asam di daerah perakaran, translokasi ion Al ke bagian atas tanaman sedikit karena sebagian besar ditoleran oleh akar, adanya mekanisme tertentu maka ion aluminium tidak menghambat serapan Ca, Mg, dan K.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2010 sampai bulan Mei 2011, bertempat di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Bioteknologi Fakultas Pertanian UNS Surakarta dan *Screen House* Fakultas Pertanian UNS Surakarta.

B. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain: benih tiga varietas sorgum manis (Numbu, Sweet, Kawali), kapas, akuades, tanah, pupuk organik (pupuk kandang sapi), pupuk anorganik (Urea, SP-36, KCl), $Al_2(SO_4)_3$, dan air.

2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian, antara lain: petridis, gelas ukur, mortir, polybag, penggaris, meteran, jangka sorong, pH meter, timbangan analitik, label, sabit, kamera digital, oven, alat-alat untuk pengolahan tanah, pengepres batang, dan brix hand refractometer.

C. Penelitian I di Laboratorium

1. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian I adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial dengan dua faktor yaitu:

- Faktor I : konsentrasi Al yang terdiri atas enam taraf:

A0 = Konsentrasi 0 ppm

A1 = Konsentrasi 100 ppm

A2 = Konsentrasi 200 ppm

A3 = Konsentrasi 300 ppm

A4 = Konsentrasi 400 ppm

A5 = Konsentrasi 500 ppm

commit to user

- Faktor II : macam varietas sorgum manis yang terdiri atas tiga taraf:

V1 = Varietas Numbu

V2 = Varietas Sweet

V3 = Varietas Kawali

Diperoleh 18 kombinasi perlakuan dan masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali.

2. Pelaksanaan Penelitian

a. Penyiapan benih

Benih sorgum manis dipilih yang mempunyai karakteristik baik, yaitu bernas, permukaan mengkilap, tidak keriput, tidak terkontaminasi hama, penyakit dan tidak tercampur dengan biji varietas lain ataupun kotoran.

b. Pembuatan larutan

Menimbang $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sesuai kebutuhan tiap perlakuan kemudian dilarutkan dalam air sampai volume yang sudah ditentukan. Larutan diaduk hingga merata dilanjutkan pengukuran pH masing-masing larutan menggunakan pH meter (Lampiran 2).

c. Perkecambahan benih

Benih dikecambahkan di laboratorium selama tujuh hari, serta dijaga kelembabannya. Tiap varietas sorgum manis dikecambahkan pada media perkecambahan dalam petridis yang telah diberi larutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

3. Variabel Pengamatan

a. Kecepatan kecambah

Kecepatan kecambah dihitung dengan persamaan: $\frac{K}{Y} \times 100\%$

Dimana, K : Jumlah benih yang berkecambah pada hari keempat

Y : Jumlah benih yang dikecambahkan

b. Daya kecambah

Daya kecambah dihitung dengan persamaan: $\frac{D}{Y} \times 100\%$

Dimana, D : Jumlah benih yang berkecambah pada hari ketujuh

Y : Jumlah benih yang dikecambahkan

c. Panjang akar kecambah

Pengukuran panjang akar kecambah dilakukan di akhir pengamatan pada hari ke tujuh. Panjang akar kecambah dihitung dari pangkal batang kecambah hingga ujung akar terpanjang.

d. Panjang tunas kecambah

Pengukuran panjang tunas kecambah dilakukan di akhir pengamatan pada hari ke tujuh. Tunas diukur dari pangkal batang kecambah sampai dengan pucuk tunas tertinggi.

D. Penelitian II di Lapangan

1. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian II adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial dengan dua faktor, yaitu:

- Faktor I : macam konsentrasi Al yang terdiri atas enam taraf:

A0 = Konsentrasi 0 ppm

A1 = Konsentrasi 100 ppm

A2 = Konsentrasi 200 ppm

A3 = Konsentrasi 300 ppm

A4 = Konsentrasi 400 ppm

A5 = Konsentrasi 500 ppm

- Faktor II : macam varietas sorgum manis yang terdiri atas tiga taraf:

V1 = Varietas Numbu

V2 = Varietas Sweet

V3 = Varietas Kawali

Diperoleh 18 kombinasi perlakuan dan masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali.

2. Pelaksanaan Penelitian

a. Penyiapan benih

Benih sorgum manis dipilih yang mempunyai karakteristik baik, yaitu bernas, permukaan mengkilap, tidak keriput, tidak terkontaminasi hama, penyakit dan tidak tercampur dengan biji varietas lain ataupun kotoran.

b. Penanaman

Penyiapan media diawali dengan mencampur tanah (alfisol) dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1 sampai homogen, menimbang berat media tiap polybag, kemudian media tanam ditambah $Al_2(SO_4)_3$ sesuai perlakuan. Penanaman dilakukan dengan sistem langsung, setiap polybag ditanami 5 benih. Masing-masing tanaman antar polybag diposisikan dengan jarak tanam 50 cm x 30 cm.

c. Pemeliharaan

- Pemupukan

Untuk pemupukan awal menggunakan pupuk kandang sapi. Pemupukan anorganik dilakukan dua tahap, yaitu 1/3 bagian dosis urea + seluruh SP-36 dan KCl diberikan pada umur 7 HST dan 2/3 bagian urea diberikan pada umur tanaman 21 HST. Dosis pemupukan yang diberikan per tanaman adalah urea 3,5 g (200 kg/ha); SP-36 1,75 g (100 kg/ha); dan KCl 0,875 g (50 kg/ha) (Lampiran 3).

- Penyiraman

Penyiraman dilakukan sebelum tanam, dan setelah tanam penyiraman dilakukan 2 hari sekali. Penyiraman juga dilakukan setelah pemupukan sampai kondisi kapasitas lapang menggunakan air (tanpa penambahan $Al_2(SO_4)_3$).

- Penjarangan

Penjarangan dilakukan pada tanaman umur 1 MST dengan menyisakan 1 tanaman terbaik setiap polybag.

- Perempelan

Perempelan dilakukan apabila terdapat anakan/ratoon yang tumbuh pada tanaman utama.

- Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan apabila ditemukan hama atau penyakit yang mengganggu pertumbuhan sorgum manis. Pengendalian dilakukan secara manual dan secara kimia.

- Pengendalian gulma

Penyiangan gulma dilakukan secara manual jika terdapat tumbuhan pengganggu yang tumbuh disekitar tanaman sorgum manis.

d. Pemanenan

Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut tanaman sorgum manis sampai ke akarnya, kemudian membersihkan tanah pada akar. Pemanenan dilakukan sesuai dengan umur tiap varietas, yang ditandai saat biji telah mencapai masak fisiologis.

3. Variabel Pengamatan

a. Panjang akar

Panjang akar diukur pada akhir pengamatan yaitu setelah sorgum manis dipanen dan akar telah dibersihkan terlebih dahulu. Pengukuran menggunakan meteran mulai dari leher akar sampai ujung akar terpanjang.

b. Volume akar

Pengukuran volume akar dengan merendam akar pada gelas ukur yang berisi air penuh, menampung air yang keluar setelah akar terendam, volume akar sama dengan volume air yang tertumpah.

c. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah sampai dengan pucuk daun tertinggi pada masa vegetatif atau sampai dengan pucuk malai

terpanjang pada masa generatif. Pengukuran dilakukan 1 minggu sekali sampai panen.

d. Jumlah daun

Jumlah daun diukur dengan menghitung daun pada setiap tanaman sorgum manis, dari daun yang tua sampai muda. Penghitungan dilakukan setiap 1 minggu sekali.

e. Luas daun

Pengukuran luas daun dihitung setelah panen menggunakan metode gravimetri dengan persamaan sebagai berikut:

$$LD = \frac{Wr}{Wt} \times Lk$$

Dimana, Wr : berat kertas replika daun

Wt : berat kertas total

Lk : luas kertas total

f. Diameter batang

Diameter batang ditentukan dengan mengukur batang menggunakan jangka sorong. Pengamatan diameter batang dilakukan setiap 1 minggu sekali setelah tanaman berumur 1 bulan.

g. Berat brangkasan segar

Pengukuran berat brangkasan segar tanaman dilakukan setelah pemanenan yaitu menimbang seluruh bagian tanaman yang telah dibersihkan dan dipisahkan dari bijinya menggunakan timbangan analitik.

h. Berat brangkasan kering

Berat brangkasan kering tanaman diukur dengan menimbang seluruh bagian tanaman yang telah dibersihkan dan dioven pada suhu 80 °C sampai beratnya konstan.

i. Saat muncul bunga

Pengamatan saat muncul bunga dilakukan saat tanaman mulai muncul kuncup bunga pada malainya dengan cara menghitung lamanya waktu mulai saat tanam sampai tanaman memunculkan bunga pertama kali.

j. Berat biji per tanaman

Berat biji per tanaman didapat dengan menimbang seluruh biji yang sudah dipisahkan dari malainya. Penimbangan biji dilakukan setelah pemanenan.

k. Berat 1000 biji

Berat 1000 biji didapat dengan menimbang 1000 biji tiap tanaman setelah biji dipisahkan dari malainya. Penimbangan biji dilakukan setelah pemanenan.

l. Kandungan nira

Kandungan nira diperoleh dengan cara mengepres batang tanaman sorgum manis yang sudah dipanen. Pengepresan dilakukan per batang masing-masing tanaman. Kandungan nira dinyatakan dalam persen dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kandungan nira} = \frac{\text{Berat nira}}{\text{Berat batang}} \times 100\%$$

m. Kadar gula

Kadar gula pada nira sorgum manis diukur menggunakan brix hand refractometer. Pengukuran dilakukan terhadap nira yang dihasilkan dari pengepresan setiap tanaman.

E. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan sidik ragam dengan Uji F 1% dan 5% dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) dengan taraf 5%. Hasil data pengujian di laboratorium dan pengujian di lapangan dibandingkan menggunakan analisis korelasi.

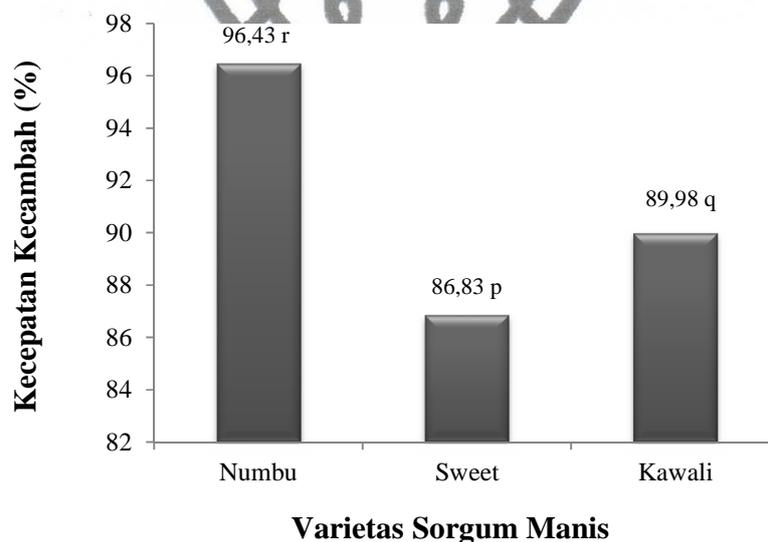
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Penelitian I di Laboratorium

1. Kecepatan Kecambah

Perkecambahan benih merupakan salah satu kriteria yang berkaitan dengan kualitas benih. Pengertian berkecambah adalah jika dari benih telah muncul plumula dan radikula di embrio. Plumula dan radikula yang tumbuh diharapkan dapat menghasilkan kecambah yang normal, jika faktor lingkungan mendukung (Kuswanto, 1997).

Proses perkecambahan benih merupakan suatu gejala pertumbuhan akibat proses fisiologis dan biokimia yang terjadi di dalam benih dan merupakan suatu awal yang penting untuk kehidupan tumbuhan. Variabel perkecambahan yang sering diamati adalah kecepatan tumbuh atau kecepatan berkecambah. Kecepatan tumbuh mengindikasikan suatu benih yang cepat tumbuh akan lebih mampu menghadapi kondisi lapangan yang suboptimal (Sadjad, 1993).



Gambar 1. Kecepatan kecambah beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 6) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap kecepatan kecambah. Gambar 1 menunjukkan kecepatan kecambah tertinggi pada varietas Numbu, sebesar 96,43%. Hal ini diduga karena benih varietas Numbu mempunyai kualitas paling baik sehingga benih mampu tumbuh pada kondisi lingkungan suboptimal. Selain itu, dilihat dari ukuran benih, varietas Numbu mempunyai ukuran benih relatif lebih besar daripada benih varietas Sweet dan Kawali. Hal tersebut diketahui dari bobot 1000 biji varietas Numbu sebesar 36-45 g, sedangkan varietas Sweet sebesar 27 g dan varietas Kawali sebesar 30 g (Rahmi *et al.*, 2007). Benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dibandingkan benih kecil pada jenis yang sama. Cadangan makanan yang terkandung dalam jaringan penyimpan digunakan sebagai sumber energi bagi embrio pada saat perkecambahan. Hal itu selaras dengan pernyataan Sutopo (2002) bahwa berat benih berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan dan produksi karena berat benih menentukan besarnya kecambah pada saat permulaan.

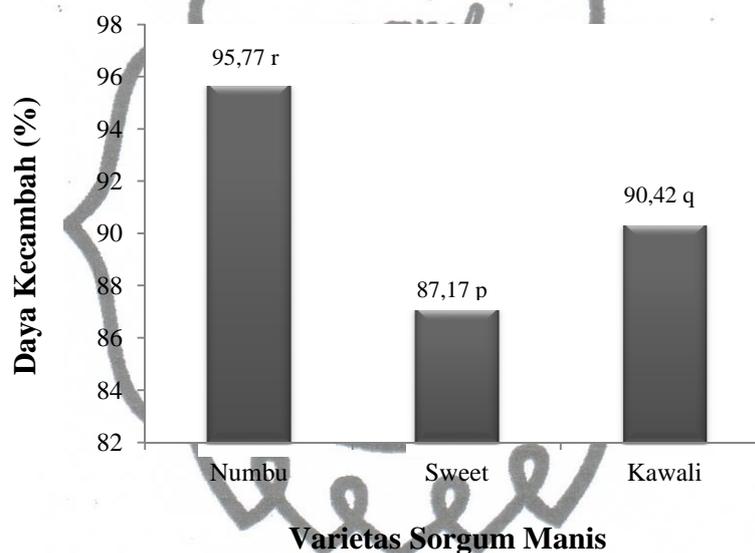
Berdasarkan Gambar 1 dapat dikatakan bahwa varietas Numbu mempunyai vigor lebih baik dibandingkan varietas Sweet dan Kawali. Camargo dan Vaughan (1973) menyatakan bahwa benih yang mempunyai vigor baik akan mempunyai nilai kecepatan tumbuh tinggi sehingga benih akan cepat berkecambah dalam waktu singkat.

2. Daya Kecambah

Daya kecambah benih dipergunakan secara luas dalam pengujian mutu fisiologis benih. Pengujian daya kecambah akan memberikan informasi yang berkaitan dengan nilai pertanaman dari benih di lapangan untuk produksi dan untuk memperoleh hasil yang dapat digunakan untuk membandingkan nilai antar kelompok benih yang berbeda (Mugnisjah *et al.*, 1994). Pada uji daya kecambah, benih dikatakan berkecambah bila dapat menghasilkan kecambah dengan bagian-bagian yang normal (Justice dan Bass, 1990). Kecambah yang

normal adalah kecambah yang mampu menghasilkan tanaman normal dan berproduksi normal pada kondisi optimum (Sutopo, 2002).

Daya kecambah benih sorgum manis meliputi varietas Numbu, Sweet dan Kawali mempunyai rata-rata persentase perkecambahan baik yaitu lebih dari 80%. Rukmana dan Yuniarsih (2001) menyatakan bahwa suatu benih dikatakan mempunyai daya kecambah baik apabila persentase perkecambahannya lebih dari 80%.



Gambar 2. Daya kecambah beberapa varietas sorgum manis.

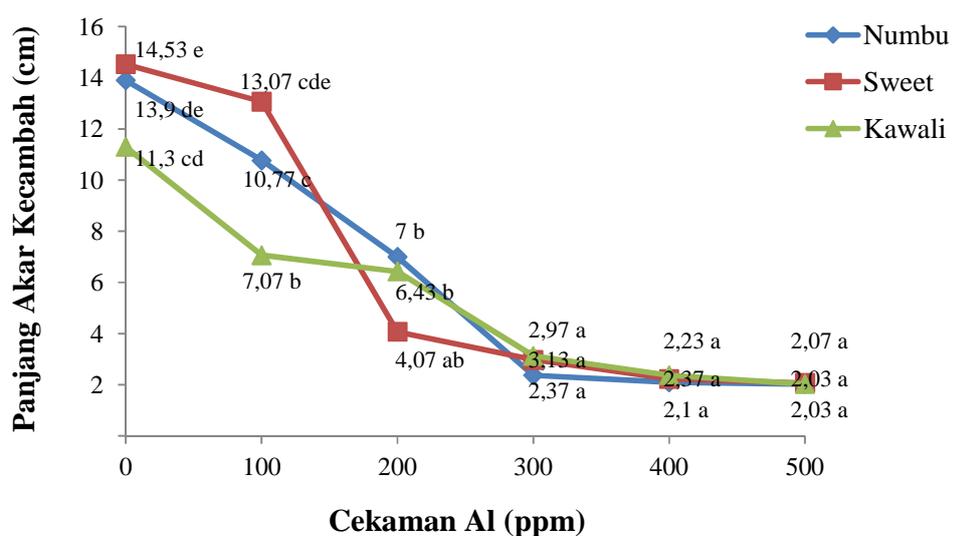
Hasil analisis ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap daya kecambah. Gambar 2 menunjukkan daya kecambah tertinggi pada varietas Numbu, sebesar 95,77%, diduga karena varietas Numbu mempunyai viabilitas benih lebih tinggi yang didukung dengan penanganan pasca panen yang tepat. Viabilitas benih adalah daya hidup benih yang dapat ditunjukkan melalui gejala metabolisme dan atau gejala pertumbuhan, selain itu daya kecambah juga merupakan parameter viabilitas potensial benih (Sadjat *et al.*, 1993). Penanganan pasca panen yang tepat dapat menekan laju kemunduran benih selama penyimpanan. Proses kemunduran benih berlangsung terus dengan semakin lamanya benih disimpan

sampai akhirnya semua benih mati. Semakin lama benih di simpan, maka benih mengalami penurunan viabilitas dan vigor (Suharto, 2004) dan akan mempengaruhi persentase perkecambahan dan pertumbuhan di lapangan.

3. Panjang Akar Kecambah

Saat biji sorgum manis dikecambahkan yang keluar pertama kali adalah akar kecambah (*radicle*), kemudian disusul calon batang (*coleoptile*). Bersamaan dengan keluarnya *radicle* akan keluar akar primer dari nodia (buku) terbawah. Setelah itu, muncul akar adventif (akar serabut) muncul dari nodia di atasnya. Akar kecambah dan akar primer sifatnya sementara, sedangkan akar yang hidup seterusnya adalah akar serabut (Sutopo, 2002).

Akar merupakan organ pada kecambah yang berfungsi dalam menyerap air dan unsur hara dari media perkecambahan. Akar yang mempunyai kemampuan untuk menyerap air dan unsur hara adalah bulu-bulu akar (Wijaya, 2008). Akar merupakan organ menyerap air dan unsur hara, maka kontak air atau unsur hara dengan permukaan sel bulu-bulu akar merupakan bagian sangat penting dari proses penyerapan untuk kelangsungan pertumbuhan kecambah. Semakin banyak rambut akar akan memperluas permukaan akar sehingga kemampuan dalam menyerap air dan unsur hara semakin besar.



Gambar 3. Pengaruh cekaman Al dan varietas terhadap panjang akar kecambah sorgum manis. *commit to user*

Hasil analisis ragam (Lampiran 8) menunjukkan terjadinya interaksi antara cekaman Al dan macam varietas terhadap panjang akar. Gambar 3 menunjukkan pengaruh cekaman Al terhadap panjang akar pada ketiga varietas sorgum manis menunjukkan gejala yang sama. Ketiga varietas pada perlakuan tanpa cekaman Al akar dapat tumbuh dengan baik dan hampir sama pertumbuhan akar semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi cekaman Al. Pada varietas Sweet, penurunan secara nyata mulai terjadi pada cekaman Al 200 ppm. Penurunan panjang akar juga terjadi pada varietas Numbu, penurunan panjang akar secara nyata mulai terjadi pada cekaman 100 ppm-300 ppm. Begitu pula pada varietas Kawali penurunan panjang akar secara nyata mulai terjadi pada cekaman 100-300 ppm. Pada cekaman 400-500 ppm dari ketiga varietas yang diujikan menghasilkan panjang akar hampir sama. Hal ini diduga kelarutan Al yang tinggi pada media perkecambahan masam dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan akar kecambah yang serius.

Menurut Kochian (1995) penghambatan pertumbuhan akar terjadi setelah 24 jam tercekam Al. Ion Al menempel pada dinding membran plasma dan nukleus sel. Penempelan ion Al pada membran plasma dapat mengganggu proses transpor melalui membran plasma. Ion Al juga menghambat pembelahan sel yang berhubungan dengan sintesis DNA. Menurut Matsumoto (2000) aktivitas mitosis menurun dengan cepat pada daerah meristem akar akibat cekaman Al.

Penentuan batas ketahanan terhadap konsentrasi Al menggunakan nilai penurunan hasil panjang akar kecambah karena interaksi varietas dan cekaman Al hanya terjadi pada parameter panjang akar kecambah. Tingkat ketahanan pada varietas Numbu, Sweet dan Kawali berbeda-beda, pada varietas Numbu sampai 300 ppm, Sweet 200 ppm dan Kawali 300 ppm (Lampiran 25). Foy *et al.* (1974) menyatakan bahwa pengaruh Al terhadap tanaman sangat dipengaruhi oleh varietas (jenis tanaman) dan media pertumbuhannya dalam hal ini adalah konsentrasi larutan Al. Batas ketahanan terhadap keracunan Al atau ketoleranan Al sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman, dimana pada tanaman

yang toleran terhadap Al adalah tanaman dapat mencegah penyerapan Al secara berlebihan atau tanaman dapat mengurangi efek keracunan Al yang telah diserap.

Nilai ITC panjang akar kecambah digunakan untuk indikator toleransi yang paling utama karena mempunyai nilai intensitas cekaman (IC) terbesar dan termasuk dalam kategori cekaman berat (Lampiran 26). Hal ini sesuai dengan penelitian Heliyanto *et al.* (1998) bahwa akar lebih rentan terhadap keracunan Al dibandingkan organ yang lain karena akar merupakan organ tanaman yang kontak langsung dalam menyerap unsur Al. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Soemartono (2001), tanaman pada fase kecambah lebih rentan terhadap Al dibanding fase dewasa dan akar merupakan bagian tanaman yang rentan terhadap keracunan Al. Hambatan pemanjangan akar pada tanaman peka diduga karena adanya hambatan pembesaran dan pembelahan sel.

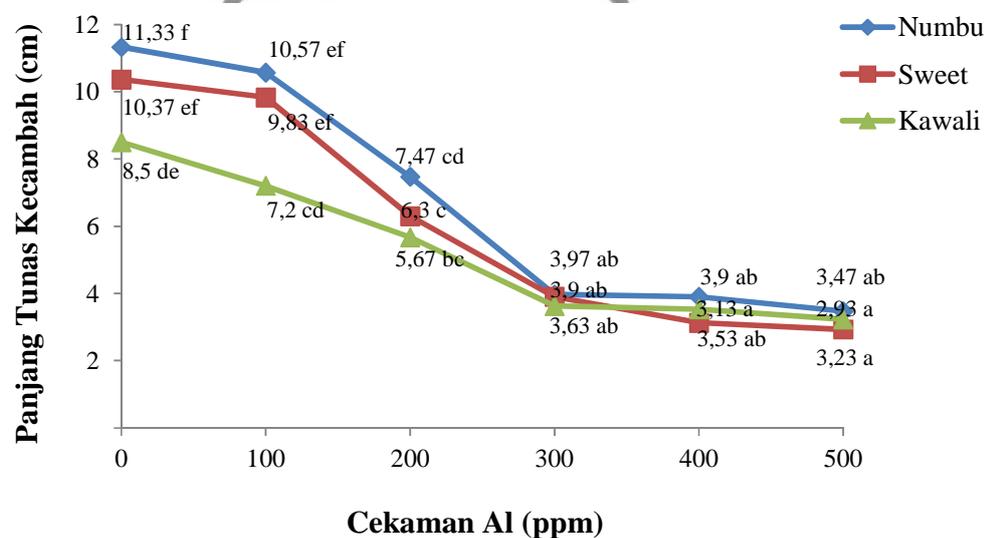
Pemilihan varietas toleran pada penelitian ini dilakukan dengan menilai besarnya indeks toleransi cekaman (ITC) mengikuti Fernandes (1993). ITC dapat digunakan untuk mengidentifikasi varietas yang unggul baik di lingkungan optimal maupun di lingkungan sub-optimal. Varietas yang toleran dan berpenampilan baik ditunjukkan dengan besarnya nilai ITC untuk parameter yang diamati. Tingkat toleransi cekaman Al terhadap panjang akar kecambah varietas Sweet (0,405) lebih tinggi dari varietas Numbu (0,385) dan varietas Kawali (0,271) (Lampiran 27).

4. Panjang Tunas Kecambah

Bobot benih dalam hal ini dihubungkan dengan kekuatan kecambah, kemampuan benih menghasilkan perakaran dan pucuk tunas yang kuat pada kondisi yang tidak menguntungkan. Benih yang telah berkecambah akan keluar bagian plumula, tumbuh menjadi tunas dan radikula akhirnya tumbuh menjadi akar. Pertumbuhan tunas secara tidak langsung berkaitan dengan pertumbuhan akar yang berfungsi menyerap air untuk mendukung kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

commit to user

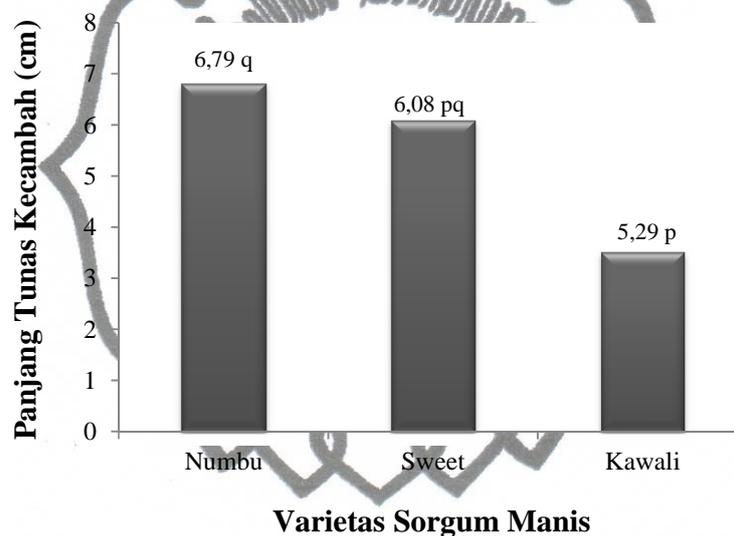
Proses metabolisme di dalam biji yang sedang mengalami proses perkecambahan, air berperan dalam mengaktifkan enzim yang sangat diperlukan dalam perombakan cadangan makanan dalam biji untuk pertumbuhan dan perkembangan embrio. Air juga berperan dalam proses translokasi maupun pelarutan cadangan makanan dari tempat perombakan ke tempat yang membutuhkan untuk pembentukan organ baru dalam perkecambahan biji tersebut (Wartoyo *et al.*, 2007).



Gambar 4. Pengaruh cekaman Al terhadap panjang tunas kecambah beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa cekaman Al berpengaruh sangat nyata terhadap panjang tunas kecambah. Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan panjang tunas kecambah. Gambar 4 menunjukkan pengaruh cekaman Al terhadap panjang akar pada ketiga varietas sorgum manis menunjukkan gejala yang sama. Ketiga varietas pada perlakuan tanpa cekaman Al akar dapat tumbuh dengan baik dan hampir sama pertumbuhan akar semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi cekaman Al. Tingkat ketahanan ketiga varietas sama yaitu sampai 300 ppm (Lampiran 25). Fase kritis pertumbuhan tunas diduga terjadi pada cekaman tersebut. Semakin meningkatnya cekaman Al mulai dari 300 ppm

hingga 500 ppm hanya terjadi sedikit penurunan diduga pada cekaman ini kondisi kecambah sudah mengalami toksisitas. Hal itu terjadi akibat kehadiran Al akan menekan pertumbuhan akar yang berfungsi untuk penyerapan air yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Terhambatnya pertumbuhan akar maka banyaknya air yang terserap menjadi berkurang sehingga pertumbuhan tunas juga terhambat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Delhaize dan Ryan (1993) bahwa penghambatan pertumbuhan akar berpengaruh pada tinggi tunas gandum.



Gambar 5. Panjang tunas kecambah beberapa varietas sorgum manis.

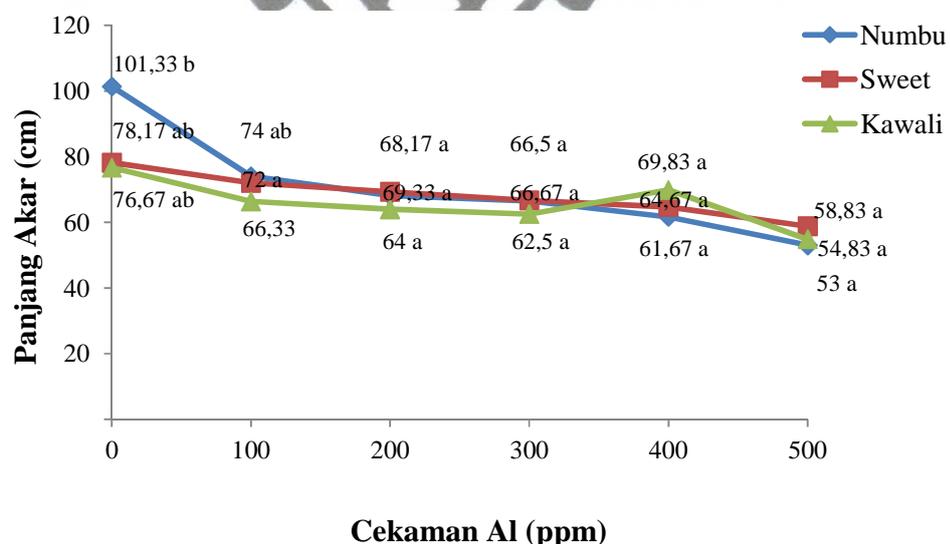
Hasil analisis ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap panjang tunas kecambah. Gambar 5 menunjukkan bahwa varietas sorgum manis yang menghasilkan tunas kecambah terpanjang yaitu varietas Numbu sebesar 6,79 cm, sedangkan varietas Sweet sebesar 6,08 cm dan panjang tunas kecambah terendah yaitu varietas Kawali sebesar 5,29 cm. Hal ini diduga karena setiap varietas mempunyai kemampuan merespon kehadiran Al dengan cara yang berbeda. Varietas Numbu diduga memiliki kemampuan lebih baik untuk mencegah berpindahnya Al^{3+} masuk ke ruang bebas pada meristem dibandingkan varietas

Sweet dan Kawali sehingga melindungi pembelahan sel. Adanya mekanisme pengikatan Al^{3+} pada dinding sel sehingga perkembangan akar dapat terjadi dengan sedikit hambatan (Fitter dan Hay, 1991). Perkembangan akar yang baik dapat menyerap air dengan jumlah maksimum sehingga kebutuhan air untuk pertumbuhan dapat terpenuhi. Dalam pertumbuhan air akan memberikan turgor bagi sel yang penting untuk pembelahan dan pembesaran sel.

B. Penelitian II di Lapangan

1. Panjang Akar

Akar adalah organ penting tanaman karena akar merupakan organ utama yang berfungsi menyerap air atau mineral dan bahan-bahan penting untuk pertumbuhan tanaman. Berperan sebagai organ tanaman dalam penyerapan unsur hara, akar harus mempunyai bentuk dan ukuran yang mendukung peran tersebut. Menurut Sitompul dan Guritno (1995) salah satu parameter akar yang dapat diamati langsung adalah panjang akar. Semakin panjang akar suatu tanaman, biasanya akan semakin luas pula bidang penyerapannya karena jumlah bulu-bulu akar biasanya lebih banyak.



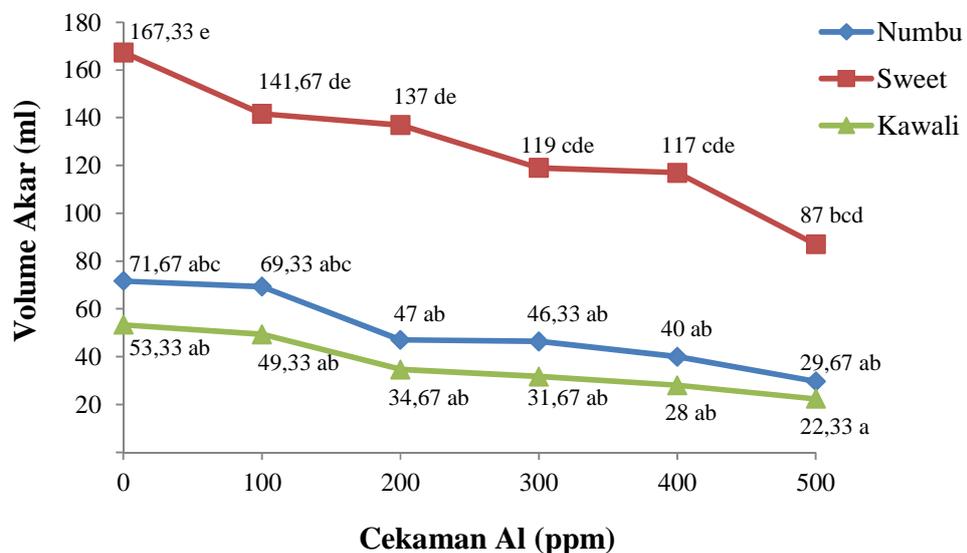
Gambar 6. Pengaruh cekaman Al terhadap panjang akar beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 10) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman Al berpengaruh sangat nyata terhadap panjang akar. Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan panjang akar. Gambar 6 menunjukkan pengaruh cekaman Al terhadap panjang akar pada ketiga varietas sorgum manis memperlihatkan gejala yang sama.

Ketiga varietas pada perlakuan tanpa cekaman Al akar dapat tumbuh dengan baik dan hampir sama pertumbuhan akar semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi cekaman Al. Tingkat ketahanan ketiga varietas berbeda-beda namun sampai 500 ppm ketiga varietas tidak terjadi penurunan panjang akar melebihi 50% (Lampiran 25) namun varietas Sweet dan Kawali lebih tahan dibandingkan varietas Numbu. Hal ini diduga pada konsentrasi Al tinggi terjadi penyusupan ion Al^{3+} ke jaringan tanaman yang mengakibatkan proses pembelahan sel terhambat (Hakim *et al.*, 1986), sehingga perpanjangan dan pertumbuhan akar primer juga terhambat serta menghalangi pembentukan akar lateral dan bulu akar. Pada tingkat molekuler, Al berhubungan dengan DNA sehingga interaksinya dapat menghentikan sifat-sifat fitokimia dan fungsi biologis seperti, menghentikan pembelahan sel pada jaringan meristem, menghentikan perpanjangan sel dan sintesis DNA. Namun pada tanaman toleran tanaman mampu membatasi jumlah Al yang berikatan dengan muatan negatif fosfat dari DNA bahkan mampu melepaskan Al yang berikatan dengan DNA.

2. Volume Akar

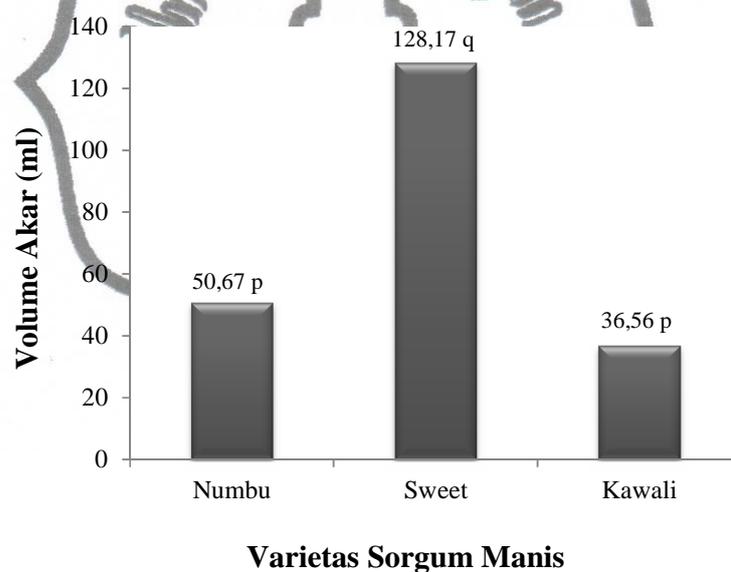
Volume akar merupakan indikator pertumbuhan dan perluasan jangkauan akar dalam usahanya memperluas permukaan bidang serap. Pertumbuhan akar yang baik adalah pertumbuhan akar yang mampu berdeferensiasi sehingga memiliki rambut akar banyak. Banyaknya rambut akar akan memperluas permukaan yang bersinggungan dengan media untuk pengambilan air dan hara.



Gambar 7. Pengaruh cekaman Al terhadap volume akar beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman Al berpengaruh nyata terhadap volume akar. Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan volume akar. Gambar 7 menunjukkan bahwa tingkat ketahanan pada varietas Numbu, Sweet dan Kawali berbeda-beda, pada varietas Numbu dan Kawali sampai 500 ppm, sedangkan varietas Sweet pada konsentrasi 500 ppm penurunan volume akar tidak melebihi 50% (Lampiran 25). Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm menyebabkan penurunan volume akar sampai dengan hasil volume akar terendah pada cekaman 500 ppm. Hal ini diduga terjadi kerusakan akar akibat Al yaitu terlihat akar menjadi tebal, pendek, kaku, mudah patah, berwarna coklat seperti busuk dan terhambat perpanjangannya (Delhaize *et al.*, 1993). Keracunan Al terutama terlihat pada ujung akar. Keberadaan Al di ujung akar menyebabkan akar utama menjadi kerdil dan akar lateral terhambat pertumbuhannya sehingga mengakibatkan penurunan volume akar. Hal tersebut juga diutarakan oleh (Christiansen dan Lewis, 1982) bahwa tanaman yang keracunan Al mengalami hambatan perpanjangan dan pertumbuhan akar primer dan menghalangi pembentukan bulu akar.

Keracunan Al menyebabkan kerusakan secara langsung pada sistem akar, perkembangan akar menjadi terhambat dan akar lebih tebal, pendek, kaku dan memperlihatkan bagian-bagian yang mati (Timothy dan Copeland, 1999). Aluminium yang berada di sekitar akar akan menghalangi pembelahan sel pada bagian meristem dan akan menghentikan perpanjangan akar (Care, 1995). Russel (1988) menyatakan bahwa Al yang diserap tanaman cenderung terakumulasi di akar tanaman dan sulit ditranslokasikan ke bagian atas tanaman sehingga banyak Al yang ditahan pada dinding sel. Hal ini dapat menyebabkan perubahan fisiologi dan biokimia terutama penurunan permeabilitas membran akar terhadap ion dan air.



Gambar 8. Volume akar beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap volume akar. Gambar 8 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan volume akar tertinggi, sebesar 128,17 ml, varietas Numbu sebesar 50,67 ml dan varietas Kawali, sebesar 36,56 ml. Hal ini disebabkan pada varietas Sweet tumbuh akar tunjang yang dapat berfungsi sebagai akar lateral dan biasanya akar tunjang keluar hampir di setiap buku, sedangkan pada varietas Numbu dan Kawali sama sekali

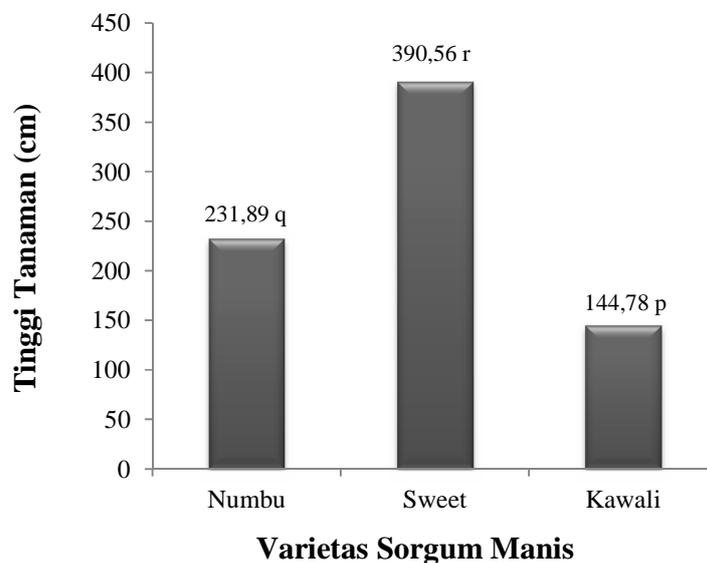
tidak tumbuh akar tunjang. Hal itu dapat terjadi karena setiap varietas mempunyai morfologi akar yang tidak sama (Lampiran 1).

Pertumbuhan akar varietas Sweet yang tidak terganggu pada cekaman Al tinggi diduga kemampuan varietas ini untuk menghasilkan eksudat akar yang membentuk akar mengakuisisi hara, sehingga tanaman tidak mengalami cekaman hara. Felix dan Donald (2002) melaporkan bahwa kemampuan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kandungan Al tinggi salah satunya dengan cara penanggulangan (*ameliorasi*), tanaman barangkali mengasorbsi ion tersebut, tetapi bertindak demikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya dengan cara pembentukan kelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi, atau bahkan ekskresi. Hal ini membantu perakaran tanaman terhindar dari akibat buruk ion Al, sehingga akar sebagai penyerap air dan hara dapat menjalankan fungsinya.

3. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang sering diamati baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan. Tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat (Sitompul dan Guritno, 1995).

Pada grafik pertumbuhan tinggi tanaman (Lampiran 12.b) dapat dilihat hasil pengamatan pertama umur 1 MST, tinggi tanaman sorgum manis hampir sama untuk semua kombinasi perlakuan, yaitu sekitar 8-15 cm. Tanaman sorgum manis mengalami peningkatan tinggi tanaman seiring dengan peningkatan umur. Tinggi tanaman maksimal terjadi sebelum memasuki fase generatif. Setelah memasuki fase generatif tanaman terlihat lebih pendek karena pengukuran dilakukan dari permukaan tanah sampai pucuk malai terpanjang sedangkan pada fase vegetatif pengukuran sampai dengan pucuk daun tertinggi.



Gambar 9. Tinggi tanaman beberapa varietas sorgum manis.

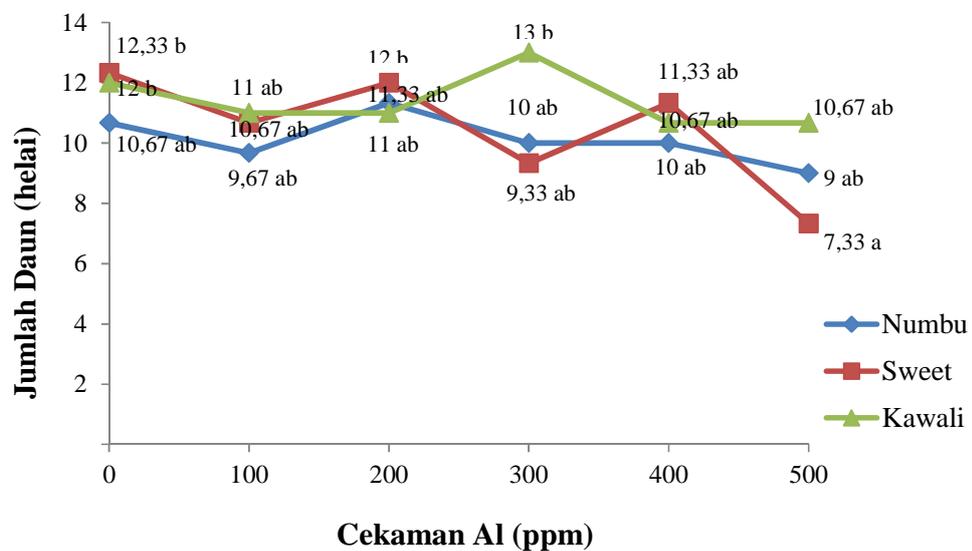
Hasil analisis ragam (Lampiran 12.a) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman. Gambar 9 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan tanaman tertinggi, sebesar 390,56 cm, varietas Numbu sebesar 231,89 cm dan varietas Kawali sebesar 144,78 cm. Perbedaan tinggi tanaman diduga karena perbedaan faktor genetik antar varietas. Perbedaan yang terjadi di antara varietas yang dicobakan disebabkan oleh faktor genetik yaitu varietas tertentu lebih tinggi dari varietas lain. Perbedaan genetik akan menyebabkan bentuk dan ukuran suatu karakteristik tanaman. Perbedaan genetik dapat dilihat jika varietas berbeda di tanam pada lingkungan yang sama akan menunjukkan perbedaan nyata (Fitter dan Hay, 1991). Lebih lanjut Foy *et al.* (1978) mengemukakan bahwa tingkat ketahanan terhadap keracunan Al atau ketoleranan Al sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman, dimana pada tanaman yang toleran terhadap Al adalah tanaman yang dapat mencegah penyerapan Al secara berlebihan atau tanaman yang dapat mengurangi efek keracunan Al yang telah terserap.

4. Jumlah Daun

Daun secara umum dipandang sebagai organ produsen fotosintat utama, walaupun proses fotosintesis juga dapat berlangsung pada bagian tanaman lain. Pengamatan daun sangat diperlukan sebagai indikator pertumbuhan dan data penunjang untuk menjelaskan proses pertumbuhan yang terjadi seperti pada pembentukan biomassa tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

Daun yang semakin banyak menunjukkan bahwa pertumbuhan suatu tanaman baik. Daun yang semakin banyak berarti fotosintesis dapat berjalan lebih baik, sehingga fotosintat yang dihasilkan dan didistribusikan ke organ tanaman semakin banyak. Walaupun demikian, jumlah daun yang terlalu banyak juga tidak selalu baik bagi tanaman. Daun terlalu banyak akan menyebabkan transpirasi semakin meningkat dan tanaman lebih mudah kehilangan air, akibatnya aktivitas fotosintesis terganggu dan pembagian hasil fotosintat tidak merata dan lebih banyak didistribusikan ke daun.

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan ukuran menjadi semakin besar. Pada grafik pertumbuhan jumlah daun (Lampiran 13.c) dapat dilihat hasil pengamatan pertama umur 1 MST, jumlah daun sorgum manis hampir sama untuk semua kombinasi perlakuan, yaitu sekitar 2-3 helai. Jumlah daun tanaman sorgum manis mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan umur. Jumlah daun maksimal terjadi sebelum memasuki fase generatif. Setelah memasuki fase generatif jumlah daun semakin menurun karena daun tua mengering tanpa terjadi penambahan daun baru.



Gambar 10. Pengaruh cekaman Al terhadap jumlah daun beberapa varietas sorgum manis.

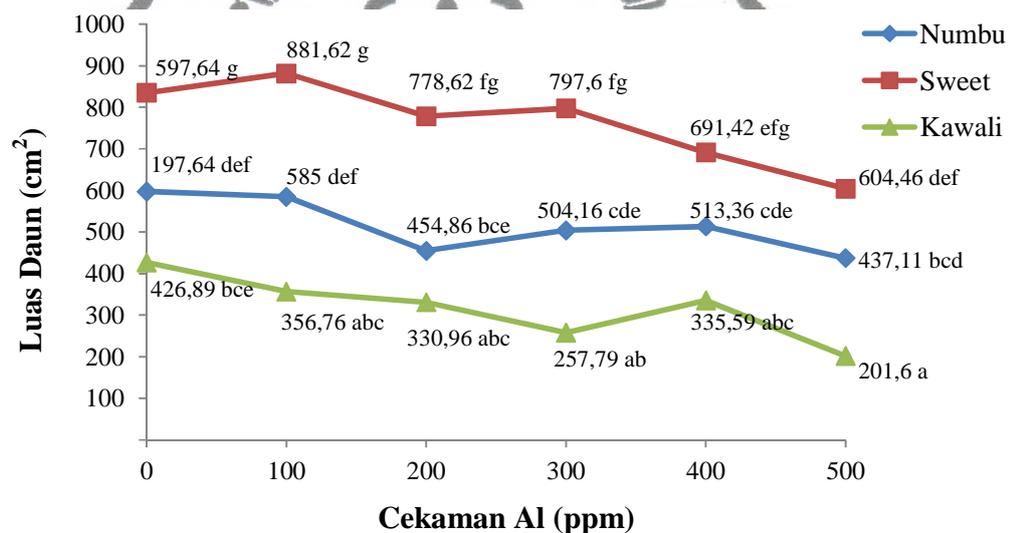
Hasil analisis ragam (Lampiran 13.a) menunjukkan bahwa cekaman Al tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, namun berdasarkan uji perbandingan rata-rata berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (Lampiran 13.b). Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah daun. Gambar 10 menunjukkan pengaruh cekaman Al terhadap jumlah daun pada ketiga varietas sorgum manis memperlihatkan gejala yang sama. Ketiga varietas pada perlakuan tanpa cekaman Al dapat menghasilkan daun terbanyak dan hampir sama jumlah daun semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi cekaman Al. Tingkat ketahanan ketiga varietas berbeda-beda namun sampai 500 ppm ketiga varietas tidak terjadi penurunan jumlah daun melebihi 50% (Lampiran 25) namun varietas Kawali lebih tahan dibandingkan varietas Sweet dan Numbu.

Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm mengakibatkan jumlah daun semakin berkurang sampai dengan jumlah daun terendah pada cekaman 500 ppm. Hal ini diduga bahwa serapan unsur-unsur yang dibutuhkan dalam pembentukan daun seperti Mg, Na, dan Fe (Dwidjoseputro, 1994) terhalang oleh kehadiran Al, hal ini disebabkan Al yang terdapat dalam media

terakumulasi di akar (Russel, 1986) sehingga menghalangi terserapnya unsur-unsur tersebut oleh akar. Berkurangnya serapan Mg, Na, dan Fe diduga mengakibatkan terjadi hambatan pada pembentukan daun pada tanaman sorgum manis.

5. Luas Daun

Luas daun merupakan parameter utama dalam kaitannya dengan fungsi daun sebagai penerima cahaya dan tempat terjadinya fotosintesis. Luas daun menentukan sebagian laju fotosintesis per satuan tanaman, atau dengan pengertian lain bahwa informasi mengenai fotosintesis tanaman yang akan diperoleh (Sitompul dan Guritno, 1995).

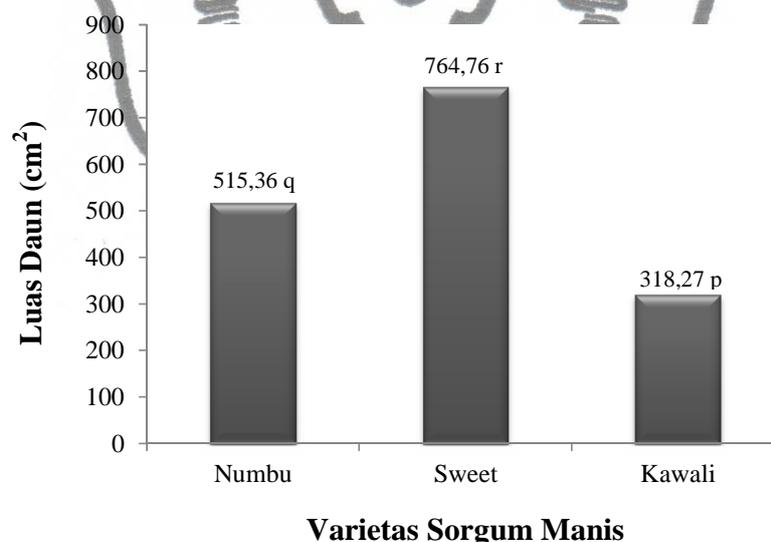


Gambar 11. Pengaruh cekaman Al terhadap luas daun beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman Al berpengaruh sangat nyata terhadap luas daun. Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan luas daun. Gambar 11 menunjukkan bahwa tingkat ketahanan pada varietas Numbu, Sweet dan Kawali berbeda-beda, pada varietas Numbu dan Sweet pada konsentrasi 500 ppm penurunan luas daun tidak melebihi 50% sedangkan varietas Kawali

terjadi penurunan luas daun lebih dari 50% (Lampiran 25) namun varietas Numbu dan Sweet lebih tahan dibandingkan varietas Kawali.

Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm menyebabkan luas daun semakin berkurang sampai dengan luas daun tersempit pada cekaman 500 ppm. Hal ini diduga bahwa serapan unsur-unsur yang dibutuhkan dalam pembentukan daun seperti Mg, Na, dan Fe (Dwidjoseputro, 1994) terhalang oleh kehadiran Al. Unsur-unsur tersebut akan mendorong pertumbuhan organ-organ yang berkaitan dengan fotosintesis yaitu daun. Tanaman yang cukup mendapat suplai unsur tersebut akan membentuk daun yang memiliki helaian lebih luas dengan kandungan klorofil lebih tinggi, sehingga tanaman mampu menghasilkan karbohidrat/asimilat dalam jumlah cukup untuk menopang pertumbuhan vegetatif.



Gambar 12. Luas daun beberapa varietas sorgum manis.

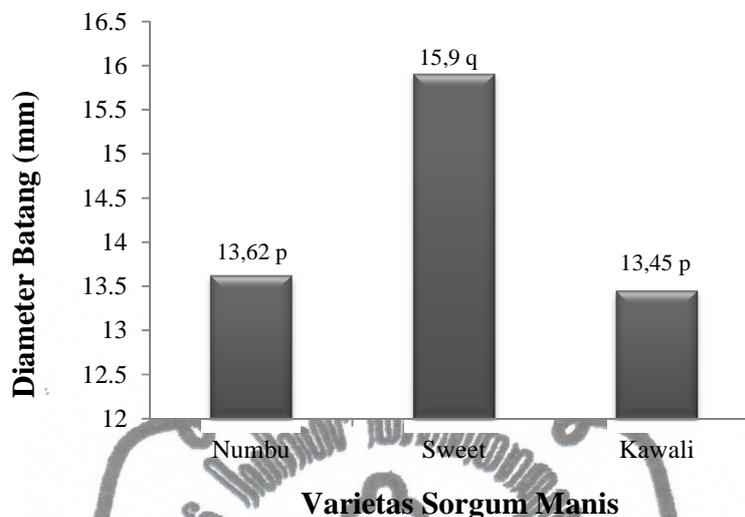
Hasil analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap luas daun. Gambar 12 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan daun terluas, sebesar 764,76 cm², varietas Numbu sebesar 515,36 cm² dan varietas Kawali sebesar 318,27 cm². Perbedaan luas daun diduga karena perbedaan faktor genetik antar

varietas. Beberapa sifat agronomi tanaman dipengaruhi oleh lingkungan, terutama sifat-sifat fenotif tetapi ekspresi gen yang membawa karakter tertentu tidak dapat dipengaruhi lingkungan (Guritno dan Purnomo, 2006). Karakteristik daun varietas Numbu mempunyai luas daun sempit dan memanjang varietas Sweet memiliki luas daun lebar dan memanjang, sedangkan varietas Kawali memiliki luas daun sedang dan memendek (Lampiran 1). Berdasarkan karakteristik daun masing-masing varietas menyebabkan perbedaan luas daun.

6. Diameter Batang

Pertumbuhan suatu tanaman dapat diketahui melalui perpanjangan dan pembesaran sel. Salah satu parameter untuk mengetahui hal tersebut adalah dengan mengetahui diameter batang. Tanaman yang memiliki diameter batang lebih besar dimungkinkan pertumbuhannya lebih baik. Diameter batang lebih besar, maka dapat menopang tanaman lebih kuat sehingga tidak mudah roboh. Islami dan Utomo (1995) menyatakan agar tanaman dapat menjalankan fungsi fisiologisnya dengan baik, batang tanaman harus dapat berdiri dengan tegak.

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan ukuran menjadi semakin besar dan menentukan hasil tanaman. Pada grafik pertumbuhan diameter batang (Lampiran 15.b) dapat dilihat bahwa pada pengamatan pertama umur 5 MST, diameter batang sorgum manis hampir sama untuk semua kombinasi perlakuan, yaitu sekitar 1-1,5 cm. Diameter batang tanaman sorgum manis mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan umur. Ukuran diameter batang berkurang menjelang memasuki fase generatif. Hal ini diduga hasil fotosintesis banyak didistribusikan untuk pembentukan biji.



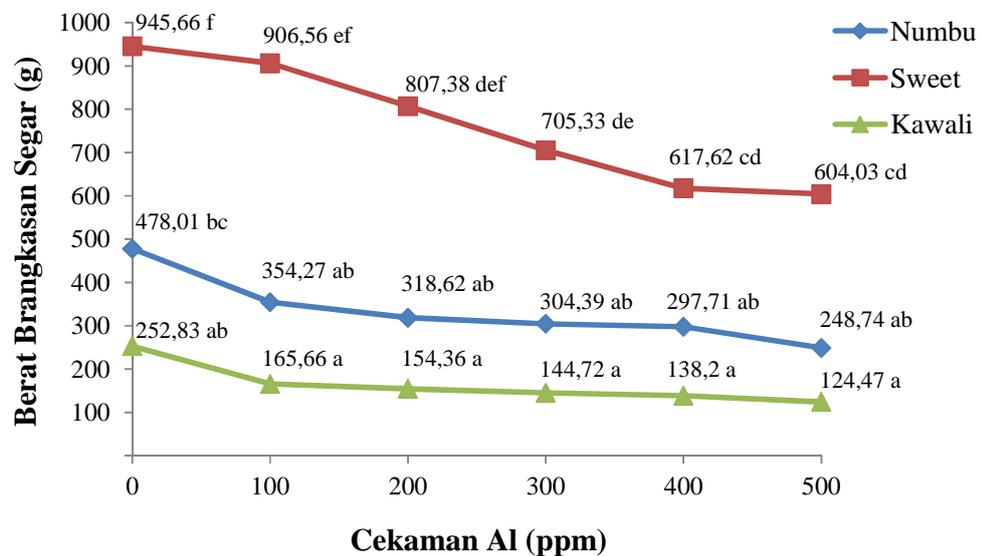
Gambar 13. Diameter batang beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 15.a) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap diameter batang. Gambar 13 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan diameter batang terbesar yaitu, 15,9 mm, varietas Numbu sebesar 13,62 mm dan varietas Kawali sebesar 13,45 mm. Perbedaan diameter batang diduga karena perbedaan faktor genetik antar varietas. Karakteristik batang varietas Sweet memang memiliki batang lebih besar dan kokoh, varietas Numbu memiliki batang kecil namun tinggi sehingga mudah roboh (karena penanaman dalam polybag), sedangkan varietas Kawali memiliki batang kecil namun pendek. Perbedaan genetik akan menyebabkan bentuk dan ukuran suatu karakteristik tanaman. Perbedaan genetik dapat dilihat jika varietas berbeda di tanam pada lingkungan yang sama akan menunjukkan perbedaan nyata (Fitter dan Hay, 1991).

7. Berat Brangkasan Segar

Berat segar brangkasan merupakan indikator yang menunjukkan tingkat serapan air dan unsur hara oleh tanaman untuk metabolisme. Seperti yang dinyatakan oleh Prawiranata *et al.* (1981), berat segar brangkasan hampir seluruhnya disebabkan oleh pengambilan air tanaman. Efektivitas penyerapan

air oleh tanaman serta peranannya dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman dicerminkan oleh berat segar brangkasan.

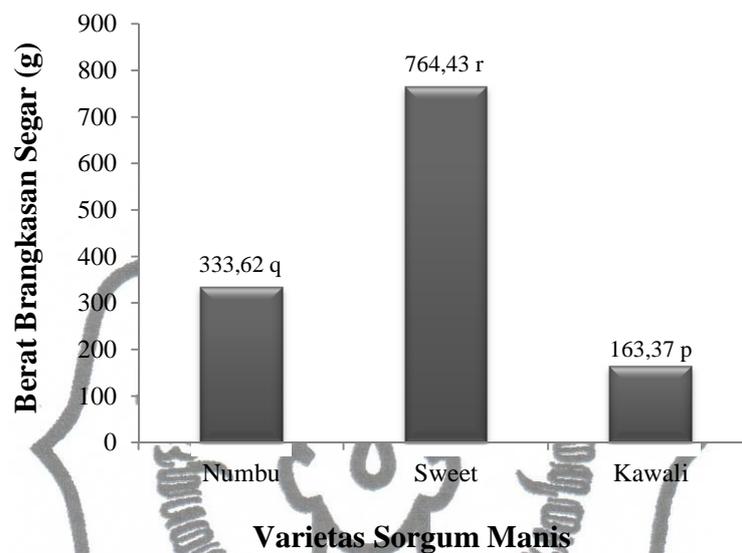


Gambar 14. Pengaruh cekaman Al terhadap berat brangkasan segar beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 16) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman Al berpengaruh sangat nyata terhadap berat brangkasan segar. Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan berat brangkasan segar. Gambar 14 menunjukkan bahwa tingkat ketahanan pada varietas Numbu, Sweet dan Kawali berbeda-beda, pada varietas Numbu dan Sweet pada konsentrasi 500 ppm penurunan berat brangkasan segar tidak melebihi 50% sedangkan varietas Kawali terjadi penurunan berat brangkasan segar lebih dari 50% (Lampiran 25) namun varietas Sweet lebih tahan dibandingkan varietas Numbu dan Kawali.

Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm mengakibatkan berat brangkasan segar semakin berkurang sampai dengan berat brangkasan segar terendah pada cekaman 500 ppm. Tanaman pada cekaman Al tinggi diduga tidak dapat menyerap air dalam jumlah maksimum karena terjadi kerusakan akar serius sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman mengalami hambatan berupa rendahnya jumlah daun, luas daun, dan tinggi

tanaman. Berat brangkasan segar tanaman merupakan gabungan dari perkembangan dan penambahan jaringan tanaman seperti jumlah daun, luas daun, dan tinggi tanaman (Dwidjoseputro, 1994).

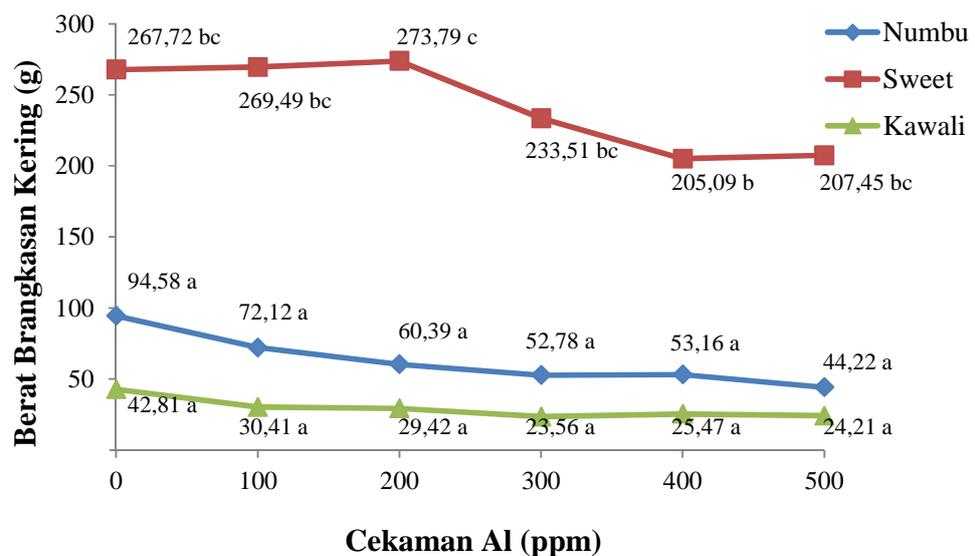


Gambar 15. Berat brangkasan segar beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 16) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap berat brangkasan segar. Gambar 15 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan berat brangkasan segar terbesar yaitu, 764,43 g, varietas Numbu sebesar 333,62 g dan varietas Kawali sebesar 163,37 g. Perbedaan berat brangkasan segar diduga karena perbedaan faktor genetik antar varietas. Berdasarkan hasil penelitian varietas Sweet mempunyai perawakan tanaman lebih tinggi (Gambar 9), luas daun lebih lebar (Gambar 12), diameter batang lebih besar (Gambar 13) dibandingkan varietas Numbu dan Kawali. Hal ini selaras dengan pernyataan Dwidjoseputro (1994) bahwa berat brangkasan kering tanaman merupakan gabungan dari perkembangan dan penambahan jaringan tanaman seperti jumlah daun, luas daun, dan tinggi tanaman.

8. Berat Brangkasan Kering

Berat brangkasan kering merupakan bahan organik yang terdapat dalam bentuk biomassa. Ini merupakan cermin dari penangkapan energi oleh tanaman pada proses fotosintesis. Semakin tinggi berat kering brangkasan menunjukkan bahwa proses fotosintesis berjalan baik (Hardjadi, 1993).

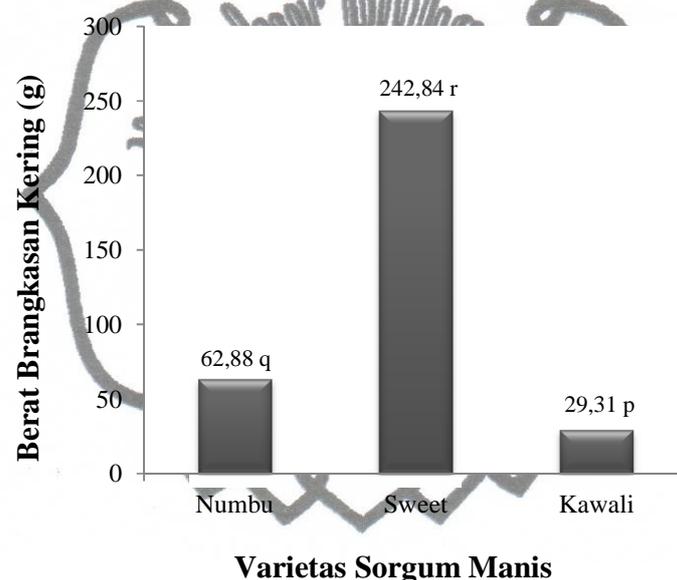


Gambar 16. Pengaruh cekaman Al terhadap berat brangkasan kering beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 17.a) menunjukkan bahwa cekaman Al tidak berpengaruh nyata terhadap berat brangkasan kering, namun berdasarkan uji perbandingan rata-rata berpengaruh nyata terhadap berat brangkasan kering (Lampiran 17.b). Peningkatan konsentrasi cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan berat brangkasan kering.

Gambar 16 menunjukkan bahwa tingkat ketahanan pada varietas Numbu, Sweet dan Kawali berbeda-beda, pada varietas Sweet dan Kawali pada konsentrasi 500 ppm penurunan berat brangkasan kering tidak melebihi 50% sedangkan varietas Numbu terjadi penurunan berat brangkasan kering lebih dari 50% (Lampiran 25). Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm mengakibatkan berat brangkasan kering semakin berkurang sampai dengan berat brangkasan kering terendah pada cekaman 500 ppm. Tanaman pada

cekaman AI tinggi diduga tidak dapat menyerap air dalam jumlah maksimum karena terjadi kerusakan akar. Pada tanaman air sebagai bahan utama dalam proses fotosintesis, apabila kebutuhan air tidak tercukupi maka dapat menghambat proses fotosintesis yang berakibat hasil fotosintat menjadi rendah. Rendahnya hasil fotosintat mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman mengalami hambatan. Produksi bahan kering tanaman tergantung dari penerimaan penyinaran matahari dan pengambilan karbon dioksida dan air dalam tumbuhan (Haryanti, 1989).



Gambar 17. Berat brangkasan kering beberapa varietas sorgum manis.

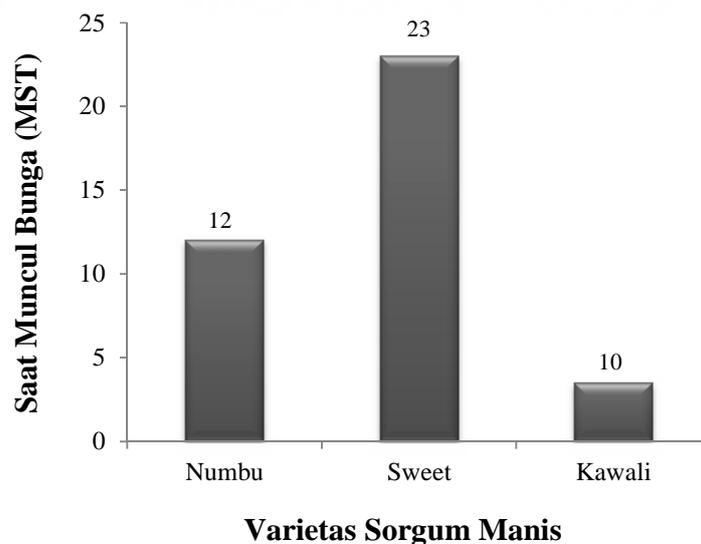
Hasil analisis ragam (Lampiran 17.a) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap berat brangkasan kering. Gambar 17 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan berat brangkasan kering terbesar yaitu 242,84 g, varietas Numbu sebesar 62,88 g dan varietas Kawali sebesar 29,31 g. Perbedaan berat brangkasan kering disebabkan karena perbedaan faktor genetik antar varietas. Hal ini diduga proses fotosintesis pada varietas Sweet dapat berjalan lebih baik karena didukung dengan luas daun yang lebih lebar dibanding varietas Numbu dan Kawali (Gambar 12) sehingga timbunan asimilat yang terdapat dalam tanaman semakin banyak. Jumlah

asimilat yang cukup dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hal tersebut selaras dengan pernyataan Sitompul dan Guritno (1995) bahwa berat kering tanaman merupakan hasil akumulasi asimilat tanaman yang diperoleh dari total pertumbuhan dan perkembangan tanaman selama hidupnya.

9. Saat Muncul Bunga

Saat muncul bunga merupakan parameter yang dapat digunakan untuk menunjukkan adanya peralihan fase pertumbuhan tanaman dari fase vegetatif ke fase generatif. Pembungaan merupakan masa transisi tanaman dari fase vegetatif menuju generatif, yaitu dengan terbentuknya kuncup-kuncup bunga, yang dapat dipengaruhi faktor genetik tanaman dan lingkungan (Gardner *et al.*, 1991).

Masa vegetatif terus berlangsung sampai masa generatif yang diawali dengan primordia bunga diikuti pembentukan dan pengisian buah, pembentukan biji, polong atau sejenisnya, kemudian diakhiri dengan masa pemasakan (Sitompul dan Guritno, 1995). Munculnya bunga pada ujung tanaman sorgum menandakan bahwa fase vegetatif tanaman telah berakhir dan akan memulai fase generatif.



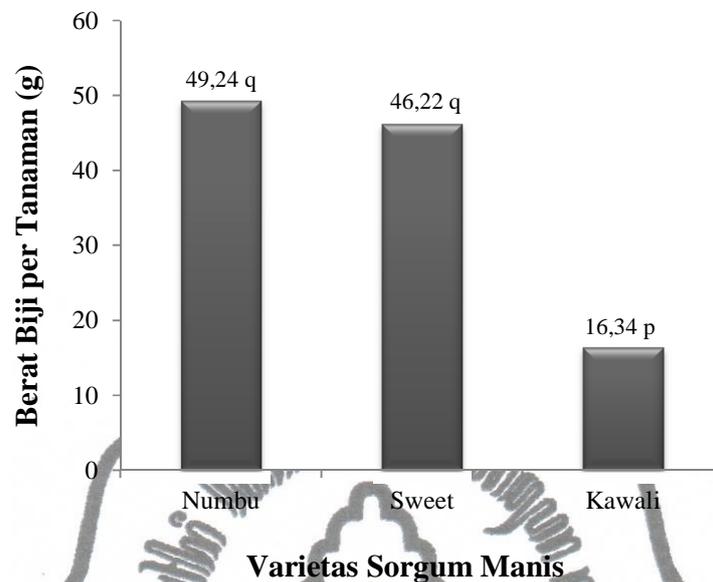
Gambar 18. Saat muncul bunga beberapa varietas sorgum manis.

Gambar 18 menunjukkan saat muncul bunga beberapa varietas sorgum manis terjadi dalam waktu yang berbeda. Varietas Kawali mengalami masa pembungaan paling awal yaitu pada umur 10 MST, varietas Numbu pada umur 12 MST dan varietas Sweet mengalami masa pembungaan paling lama yaitu pada umur 23 MST. Hal tersebut diduga karena perbedaan faktor genetik antar varietas. Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa masa berbunga suatu tanaman tergantung dari lingkungan dan varietas yang digunakan. Setiap varietas memiliki genotipe yang berbeda sehingga mempunyai saat berbunga yang berbeda.

Perbedaan saat muncul bunga, diduga karena faktor genetik lebih dominan mengendalikan umur berbunga pertama dan umur tanaman saat panen bila dibandingkan faktor luar seperti cahaya (Lakitan, 1996). Umur berbunga yang pendek maka proses penyerbukan akan berlangsung cepat sehingga akan memperpendek waktu panen. Menurut Fitri (2007) varietas jagung yang berbunga lebih awal cenderung masak lebih cepat dibandingkan varietas jagung yang berbunga lambat. Varietas yang mempunyai umur berbunga lebih pendek, maka umur masak varietas tersebut juga lebih pendek.

10. Berat Biji per Tanaman

Biji merupakan cadangan makanan serta dapat dipergunakan sebagai benih yang dapat dijadikan bahan tanam pada musim berikutnya. Faktor yang menentukan kualitas biji adalah jumlah substrat karbohidrat yang tersedia bagi metabolisme yang mendukung pertumbuhan awal tanaman. Sutopo (2002) menyatakan bahwa proses pembentukan biji pada berbagai jenis tanaman tidak sama, baik disebabkan oleh faktor lingkungan maupun faktor genetik. Ketidaksempurnaan dalam proses pembuahan bakal biji akan menyebabkan terbentuknya biji yang tidak sama.



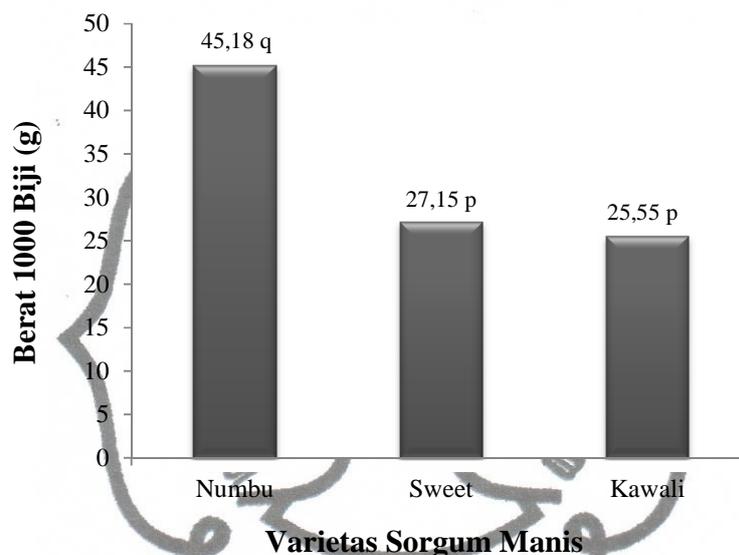
Gambar 19. Berat biji per tanaman beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 19) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap berat biji per tanaman. Gambar 19 menunjukkan bahwa varietas Numbu menghasilkan berat biji per tanaman terbesar yaitu 49,24 g, varietas Sweet sebesar 46,22 dan varietas Kawali sebesar 16,34 g. Perbedaan berat biji per tanaman disebabkan oleh perbedaan faktor genetik antar varietas, dimana setiap varietas menghasilkan panjang malai yang berbeda. Perbedaan pada masing-masing varietas menunjukkan adanya perbedaan potensi genetik, sehingga sifat yang muncul baik sifat pertumbuhan dan produksi juga berbeda, meskipun ditanam di daerah yang sama (Bahrin *et al.*, 1996).

Berat biji per tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor genetik seperti bentuk daun, jumlah daun, dan panjang atau lebar daun yang akan mempengaruhi proses fotosintesis tanaman. Fotosintesis akan meningkat apabila penyerapan air berlangsung maksimal, sehingga produksi biji per tanaman juga meningkat dan bertambah berat. Selain itu, faktor lingkungan yang juga berpengaruh yaitu musim tanam dan kesuburan tanah (Kasno, 1993).

11. Berat 1000 Biji

Berat 1000 biji merupakan salah satu parameter yang berkaitan dengan hasil produksi suatu tanaman. Apabila jumlah biji per tanaman sama tetapi memiliki berat 1000 biji lebih tinggi maka hasil yang diperoleh akan lebih besar (Muryani, 1999).



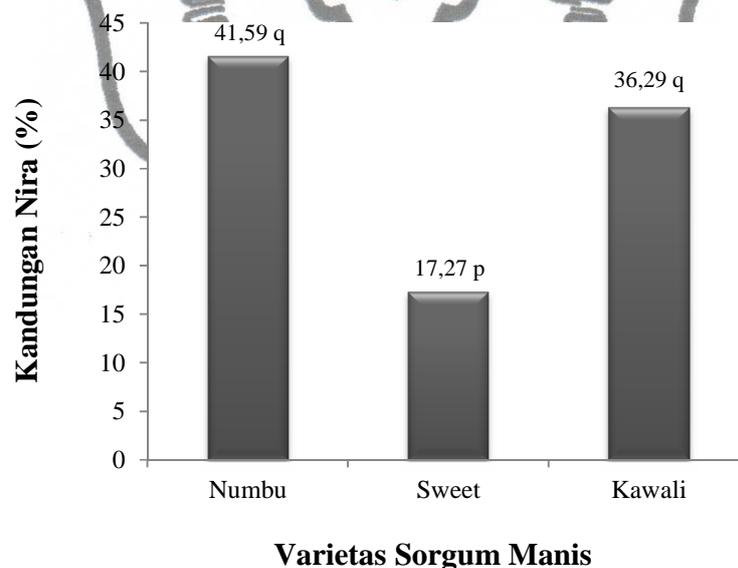
Gambar 20. Berat 1000 biji beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 20) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap berat 1000 biji. Gambar 20 menunjukkan bahwa varietas Numbu menghasilkan berat 1000 biji terbesar yaitu 45,18 g, varietas Sweet sebesar 27,15 g dan varietas Kawali sebesar 25,55 g. Perbedaan berat 1000 biji ini disebabkan oleh perbedaan ukuran biji yang dihasilkan masing-masing varietas. Benih bermutu tinggi dapat ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor genetik dan faktor fisik. Faktor genetik adalah varietas yang memiliki genotipe baik seperti produksi tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit, responsif terhadap kondisi pertumbuhan yang lebih baik (Copeland, 1976). Hasil analisis korelasi antara bobot 1.000 biji dengan kecepatan kecambah benih tampak adanya korelasi positif diantara keduanya. Semakin berat bobot benih 1.000 butir

kemungkinan kecepatan kecambah benih semakin meningkat (Sutopo, 2002). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian kecepatan kecambah (Gambar 2) bahwa varietas Numbu memiliki berat 1000 biji dan kecepatan kecambah tertinggi dibandingkan varietas Sweet dan Kawali.

12. Kandungan Nira

Nira sorgum merupakan cairan hasil perasan yang diperoleh dari pengepresan batang sorgum manis yang memiliki warna hijau kecoklatan. Nira sorgum selain mengandung gula juga mengandung zat-zat lainnya (zat non gula) seperti, air, serat, zat organik dan anorganik. Nira sorgum dari batang tanaman sorgum dapat dimanfaatkan untuk pembuatan etanol karena komposisi nira sorgum hampir sama dengan nira tebu (Ratna, 2006).



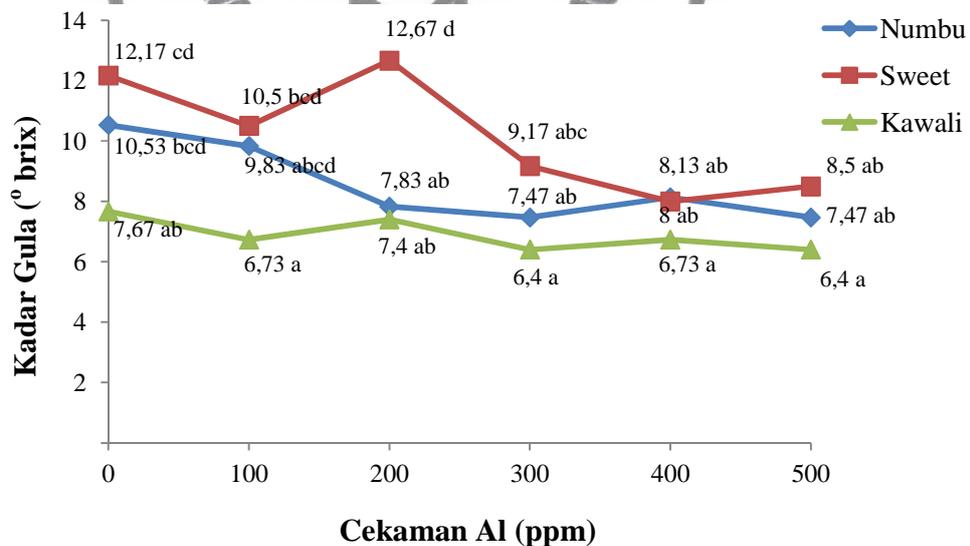
Gambar 21. Kandungan nira beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 21) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan nira. Gambar 22 menunjukkan bahwa varietas Numbu menghasilkan kandungan nira terbesar yaitu 41,59%, varietas Kawali sebesar 36,29% dan varietas Sweet sebesar 17,27%. Perbedaan kandungan nira ini disebabkan oleh perbedaan

ukuran batang dan banyak sedikitnya nira yang dihasilkan masing-masing varietas. Persentase kandungan nira diperoleh dengan menghitung berat nira hasil perasan dibagi berat batang sebelum diperas kali 100%. Jadi walaupun nira yang dihasilkan sama banyak namun berat batang berbeda juga akan mempengaruhi prosentase kandungan nira.

13. Kadar Gula

Kandungan gula dalam batang sorgum dipengaruhi oleh jenis sorgum, iklim, umur sorgum dan cara pemeliharaan, meliputi: pemberian pupuk dan pengairan. Menurut Final (1998) kadar kemanisan pada tebu dipengaruhi oleh jumlah karbohidrat tanaman. Apabila kecepatan hidrolisis pati lebih besar daripada kecepatan perubahan glukosa menjadi energi dan H_2O maka dalam jaringan dapat terjadi penimbunan glukosa selama fase pertumbuhan.



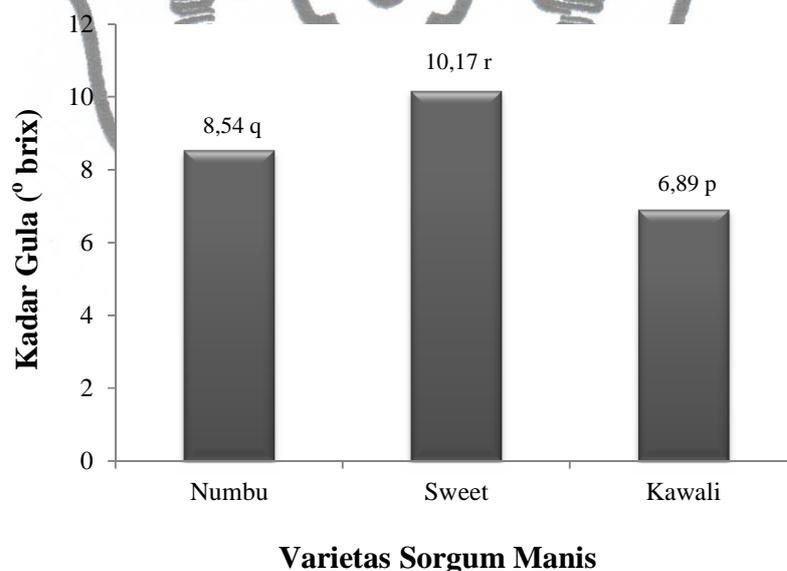
Gambar 22. Pengaruh cekaman Al terhadap kadar gula beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 22) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman Al berpengaruh nyata terhadap kadar gula. Peningkatan cekaman Al mengakibatkan terjadinya penurunan kadar gula. Gambar 22 menunjukkan pengaruh cekaman Al terhadap kadar gula pada ketiga varietas sorgum manis

commit to user

memperlihatkan gejala yang sama. Ketiga varietas pada perlakuan tanpa cekaman Al dapat menghasilkan kadar gula tertinggi dan kadar gula semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi cekaman Al. Tingkat ketahanan ketiga varietas berbeda-beda namun sampai 500 ppm ketiga varietas tidak terjadi penurunan kadar gula melebihi 50% (Lampiran 25).

Penambahan Al mulai dari 100 ppm sampai 500 ppm mengakibatkan kadar gula semakin berkurang sampai kadar gula terendah pada cekaman 500 ppm. Kehadiran Al diduga menghalangi serapan unsur-unsur yang berperan untuk pembentukan klorofil daun sehingga proses fotosintesis tidak dapat berjalan dengan optimum. Terhambatnya proses fotosintesis menyebabkan menurunnya jumlah fotosintat maka timbunan makanan pada batang yang berupa gula juga menurun.



Gambar 23. Kadar gula beberapa varietas sorgum manis.

Hasil analisis ragam (Lampiran 22) menunjukkan bahwa perlakuan macam varietas berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula. Gambar 23 menunjukkan bahwa varietas Sweet menghasilkan kadar gula tertinggi, sebesar 10,17 °brix, varietas Numbu sebesar 8,54 °brix dan varietas Kawali sebesar 6,89 °brix. Perbedaan kandungan nira disebabkan oleh perbedaan

varietas, karena varietas sangat menentukan umur panen dan secara langsung berperan dalam menentukan kadar kemanisan pada tanaman sorgum manis. Pada tanaman sorgum manis yang telah memasuki fase generatif kadar kemanisan akan berkurang diduga karena timbunan sukrosa dialihkan untuk pembentukan biji.

C. Korelasi antara Pengujian di Laboratorium dengan Pengujian di Lapangan

Derajat hubungan antara dua sifat atau lebih dikenal dengan koefisien korelasi (r). Korelasi yang digunakan adalah korelasi fenotipe. Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1. Gomez dan Gomez (1995) menyatakan bahwa reliabilitas dan tingkat signifikansi nilai koefisien korelasi sangat tergantung pada besarnya sampel.

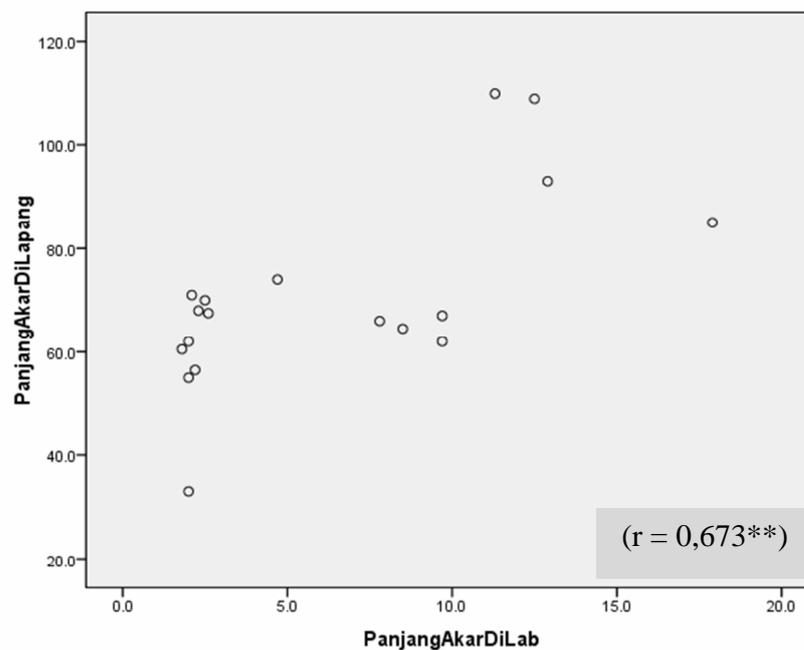
Nilai koefisien korelasi positif nyata menunjukkan bahwa bertambahnya nilai suatu sifat diikuti oleh bertambahnya nilai sifat atau berkurangnya nilai suatu sifat akan diikuti oleh berkurangnya nilai suatu sifat. Nilai koefisien korelasi negatif nyata menunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai suatu sifat akan diikuti oleh berkurangnya nilai sifat yang lain atau berkurangnya nilai suatu sifat akan diikuti oleh bertambahnya nilai sifat yang lain.

1. Panjang Akar Kecambah dan Panjang Akar Tanaman

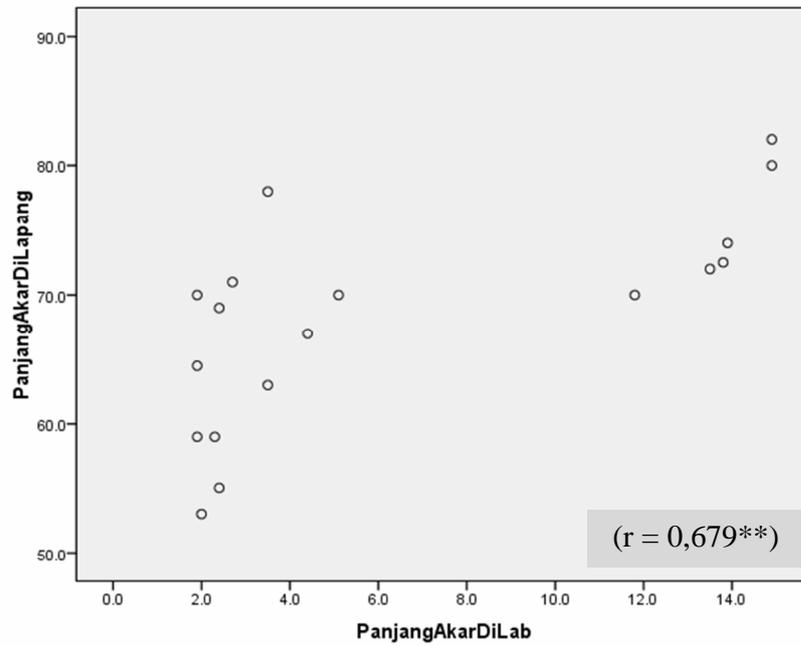
Hasil panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman berkorelasi positif sangat nyata pada varietas Numbu dan Sweet, artinya peningkatan panjang akar kecambah akan diikuti dengan peningkatan panjang akar tanaman. Hubungan keduanya terlihat dari koefisien korelasi varietas Numbu ($r = 0,673^{**}$) dan varietas Sweet ($r = 0,679^{**}$) (Lampiran 23). Namun hasil panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman berkorelasi positif tidak nyata pada varietas Kawali, artinya peningkatan panjang akar kecambah tidak diikuti dengan peningkatan panjang akar tanaman. Hubungan keduanya terlihat dari koefisien korelasi varietas Kawali ($r = 0,311$) (Lampiran 23). Hasil tebaran data panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman varietas Numbu (Gambar 24), Sweet (Gambar 25), dan Kawali (Gambar 26).

Tabel (Lampiran 23) memperlihatkan hubungan korelasi pada kedua percobaan di laboratorium dengan percobaan di lapangan bahwa panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Numbu dan Sweet terdapat korelasi yang signifikan, sehingga untuk tujuan yang lebih efektif dan efisien, pengujian ketahanan beberapa varietas terhadap cekaman AI dengan tolok ukur panjang akar dapat dilakukan di laboratorium.

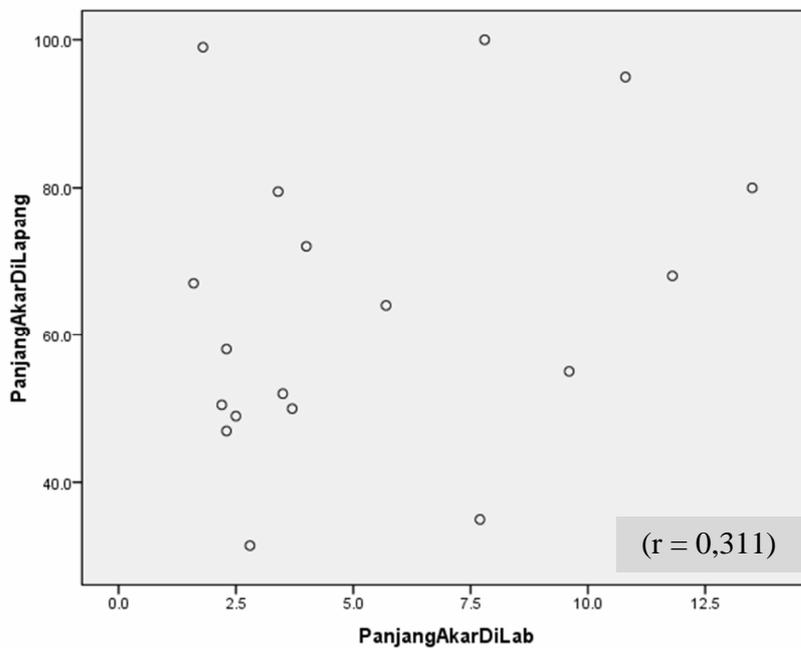
Beberapa keuntungan pengujian ketahanan terhadap AI di laboratorium antara lain diperlukan waktu lebih cepat, biaya lebih murah, dan tenaga lebih ringan dengan hasil tidak menyimpang dibanding pengujian di lapangan, dapat dilakukan terhadap jumlah varietas yang banyak dalam waktu bersamaan, tidak memerlukan lahan luas, serta tidak menimbulkan masalah baru di lapangan.



Gambar 24. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Numbu.



Gambar 25. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Sweet.

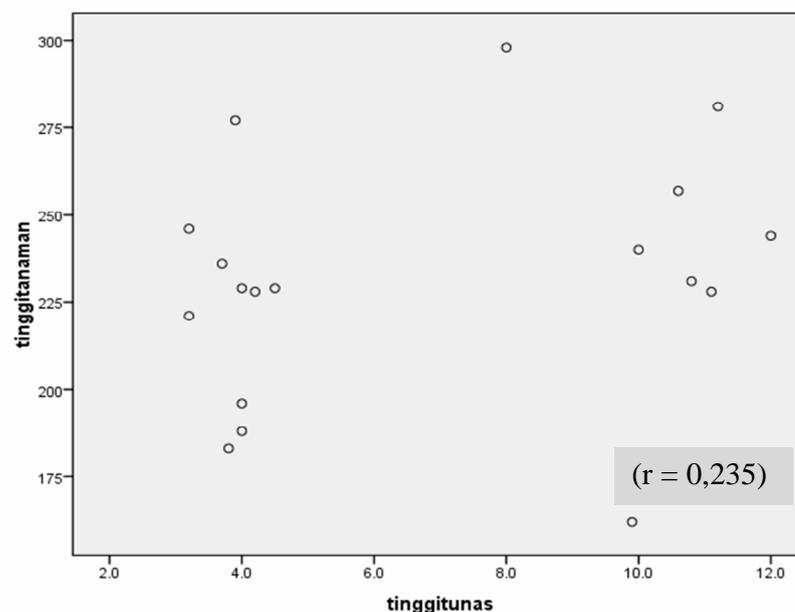


Gambar 26. Korelasi panjang akar kecambah dan panjang akar tanaman pada varietas Kawali.

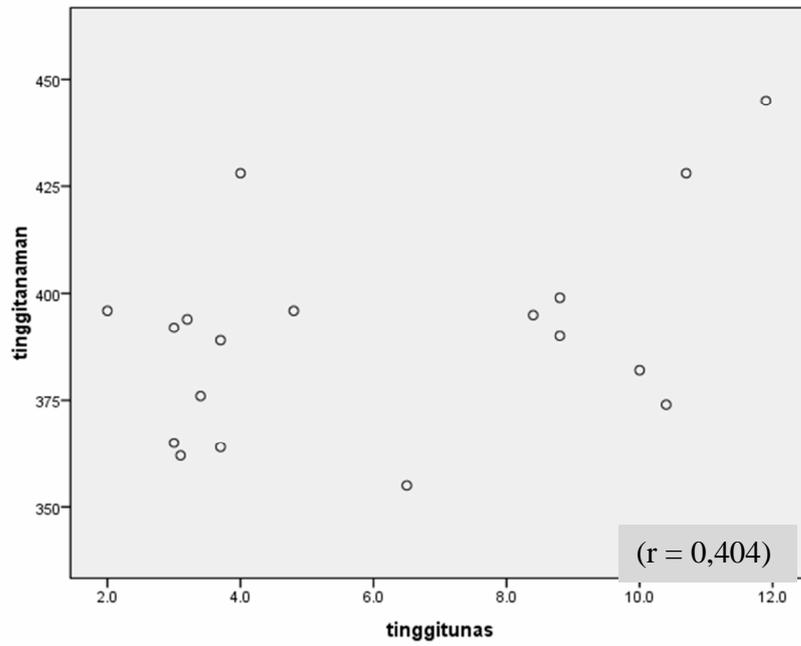
2. Panjang Tunas Kecambah dan Tinggi Tanaman

Hasil panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman berkorelasi positif tidak nyata pada ketiga varietas, baik varietas Numbu, Sweet, maupun Kawali, artinya peningkatan panjang tunas kecambah tidak diikuti dengan peningkatan tinggi tanaman. Hubungan keduanya terlihat dari koefisien korelasi varietas Numbu ($r = 0,235$), varietas Sweet ($r = 0,404$) dan varietas Kawali ($r = 0,443$) (Lampiran 24). Hasil tebaran data panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Numbu (Gambar 27), Sweet (Gambar 28), dan Kawali (Gambar 29).

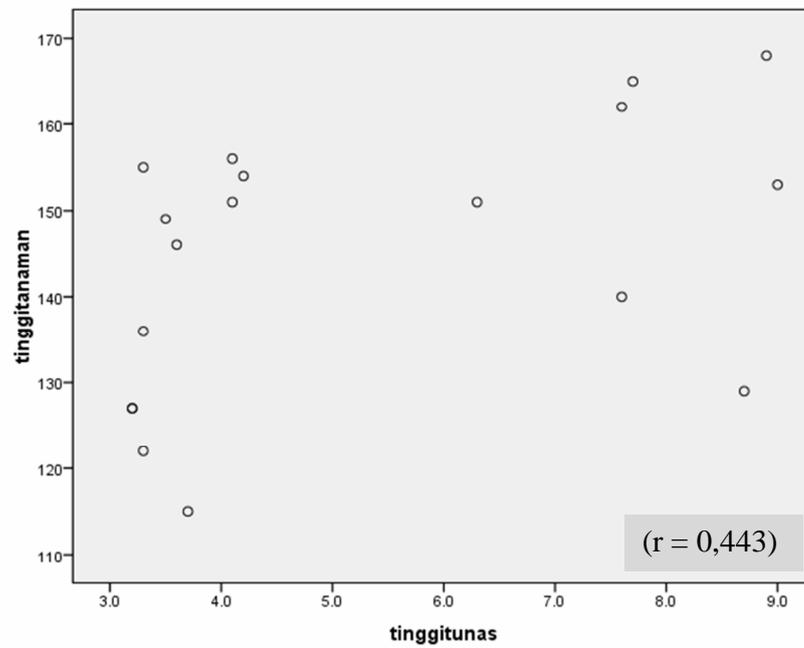
Tabel (Lampiran 24) memperlihatkan hubungan korelasi pada kedua percobaan di laboratorium dengan percobaan di lapangan bahwa panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman pada ketiga varietas tidak terdapat korelasi yang signifikan. Berdasarkan hasil tersebut, pengujian ketahanan beberapa varietas terhadap cekaman A1 dengan tolak ukur tinggi tanaman tidak cukup dilakukan di laboratorium saja. Pengujian di laboratorium juga memiliki kekurangan, misalnya ketahanan di laboratorium mungkin tidak sejalan dengan ketahanan di lapangan karena gen tahan ada yang *linkage* (berhubungan) dengan sifat agronomis, sehingga gen yang mengendalikan sifat ketahanan mungkin baru terekspresi setelah di lapangan.



Gambar 27. Korelasi panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Numbu.



Gambar 28. Korelasi panjang tunas kecambah dan tinggi tanaman varietas Sweet.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Peningkatan konsentrasi cekaman Al menurunkan pertumbuhan sorgum manis meliputi: panjang akar kecambah, panjang tunas kecambah, panjang akar tanaman, volume akar, jumlah daun, luas daun, berat brangkasan segar, berat brangkasan kering serta hasil sorgum manis meliputi: kadar gula.
2. Perbedaan varietas sorgum manis menyebabkan pertumbuhan dan hasil sorgum manis berbeda, kecuali pada panjang akar kecambah, jumlah daun, dan panjang akar tanaman.
3. Penurunan pertumbuhan dan hasil sorgum manis varietas Numbu pada konsentrasi Al 300 ppm, Sweet 200 ppm dan Kawali 300 ppm.
4. Terdapat hubungan linier positif antara panjang akar kecambah pada pengujian di laboratorium dan panjang akar tanaman pada pengujian di lapangan pada varietas Numbu dan Sweet.

B. Saran

1. Penelitian selanjutnya yang serupa, sebaiknya tanaman yang diuji di lapangan berasal dari perkecambahan hasil pengujian di laboratorium.
2. Evaluasi ketahanan varietas Numbu dan Sweet terhadap cekaman Al dapat dilakukan di laboratorium.