



**RESPON BEBERAPA AKSESI BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
TERHADAP CEKAMAN GENANGAN**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

**Bahari Teranggono Simamora
NIM. 121510501144**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RESPON BEBERAPA AKSESI BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
TERHADAP CEKAMAN GENANGAN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember

Disusun Oleh:

**Bahari Teranggono Simamora
NIM. 121510501144**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

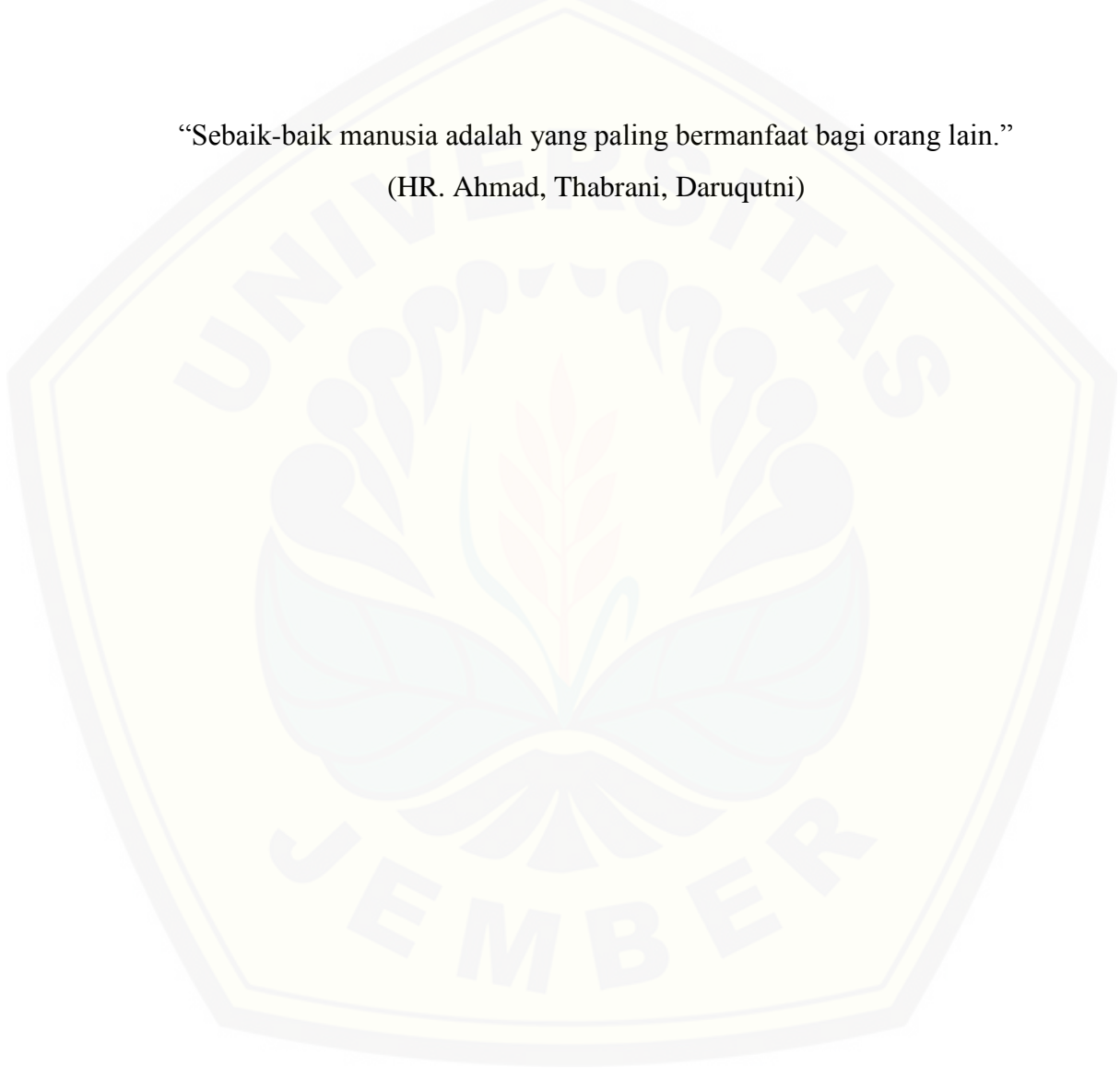
Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibunda Titik Kusbandiyah, Ayahanda Batas Simamora, terimakasih atas semua doa, pengorbanan, cinta, kasih sayang dan nasehat sepanjang masa, serta kepada Adikku Bella Tegarwati Simamora yang senantiasa memberikan canda tawa, hiburan dan motivasi, semoga Allah senantiasa melindungi dan meridhoi kalian.
2. Sahabat-sahabat yang selalu menemani, membantu dalam suka maupun duka.
3. Seluruh keluarga besar Asmaniyah dan Simamora yang selalu memberikan semangat dan doa selama ini.
4. Bapak dan ibu guru/dosen dari Taman Kanak – Kanak hingga Perguruan Tinggi yang telah memberikan nasehat dan bekal ilmu selama ini.
5. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“yahdillahu binurihi man yasya’ – Allahlah yang membimbing dengan cahayaNya kepada siapa saja yang Dia kehendaki.” (QS. An-Nur: 35)

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain.”
(HR. Ahmad, Thabrani, Daruqutni)



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Bahari Teranggono Simamora

NIM : 121510501144

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “**Respon Beberapa Aksesi Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L) terhadap Cekaman Genangan**” adalah benar-benar hasil karya sendiri kecuali jika pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

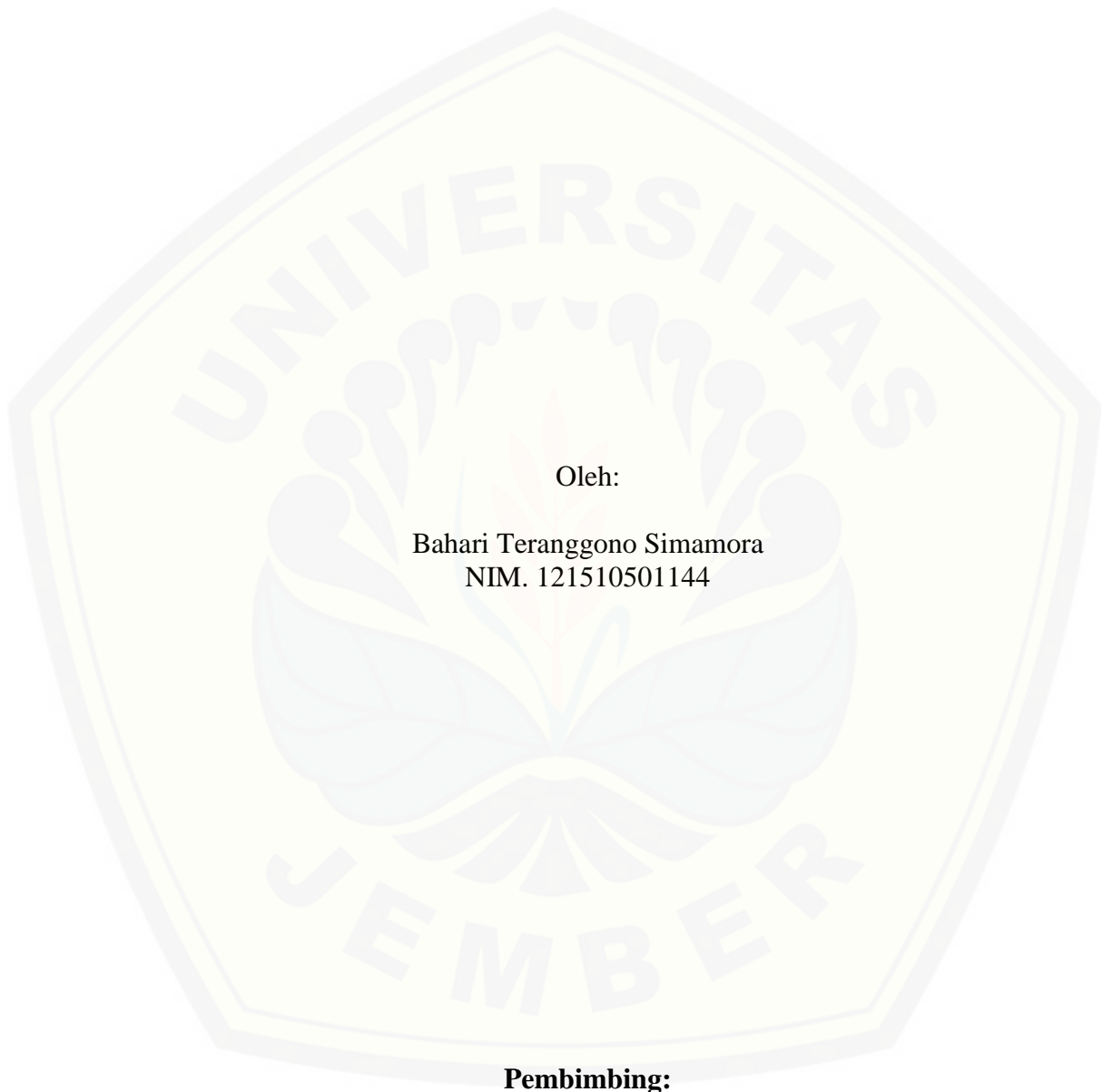
Jember, 15 September 2017

Yang menyatakan,

Bahari Teranggono Simamora
NIM. 121510501144

SKRIPSI

**RESPON BEBERAPA AKSESI BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
TERHADAP CEKAMAN GENANGAN**



Oleh:

Bahari Teranggono Simamora
NIM. 121510501144

Pembimbing:

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si
NIP : 196907212000121002

Pembimbing Anggota : Ir. Didik Pudji Restanto, M.S. Ph.D
NIP : 196504261994031001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Respon Beberapa Aksesi Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap Cekaman Genangan**”, telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 15 September 2017

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si
NIP: 196907212000121002

Dosen Penguji Utama

Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS.
NIP: 196003171983032001

Dosen Pembimbing Anggota

Ir. Didik Pudji Restanto, M.S. Ph.D
NIP: 196907212000121002

Dosen Penguji Anggota

Ir. Gatot Subroto, MP.
NIP : 196301141989021001

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Sigit Soeparjono, MS. Ph.D.
NIP: 196005061987021001

RINGKASAN

Respon Beberapa Aksesori Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap Cekaman Genangan; Bahari Teranggono Simamora; 121510501144; 2017; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Peningkatan produktivitas kakao dapat dilakukan dengan melakukan upaya ekstensifikasi pada lahan-lahan marginal yang ada di Indonesia, salah satunya lahan rawa yang memiliki kondisi jenuh air. Penggunaan bahan tanam yang toleran terhadap cekaman genangan menjadi salah satu upaya untuk pengembangan kakao di lahan-lahan yang memiliki kondisi jenuh air. Saat ini masih sedikit penelitian yang berfokus dalam pengujian bahan tanam kakao yang tahan terhadap cekaman stress kelebihan air. Penelitian ini bertujuan untuk menguji bahan tanam kakao yang sudah ada untuk mengetahui respon positif tanaman kakao terhadap cekaman genangan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split plot design) dengan pola dasar Rancangan Acak Lengkap. Terdiri dari 2 faktor diulang 3 kali. Faktor pertama sebagai petak utama adalah aksesori tanaman kakao dengan 7 taraf yaitu ICS 60, Sca 6, TSH 858, Sulawesi 1, Sulawesi 2, KEE, dan KKM 22. Faktor kedua sebagai anak petak adalah taraf penggenangan dengan 3 taraf yaitu tanpa genangan (kontrol), penggenangan 10cm dibawah media tanaman, penggenangan setara dengan permukaan media tanaman. Variabel pengamatan difokuskan pada persentase tanaman hidup, respon morfologi yang terbentuk, parameter fisiologi dan penghitungan Indeks Sensitivitas Bobot Kering Tanaman. Hasil analisis ragam menunjukkan interaksi beda nyata pada variabel kadar klorofil, diameter batang dan berat kering tanaman. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga aksesori tanaman yang tergolong ekotipe toleran yaitu ICS 60 (K1), KEE (K6) dan KKM 22 (K7). Ketiga aksesori kakao tersebut menunjukkan respon positif terhadap nilai kadar klorofil, diameter batang dan berat kering tanaman yang relatif tinggi dibanding dengan aksesori yang memiliki ekotipe medium toleran dan peka.

Kata kunci: kakao, toleran, genangan

SUMMARY

Response of Several Accession on Cocoa Seedling (*Theobroma Cacao. L*) Against Waterlogging; Bahari Teranggono Simamora; 121510501144; 2017; Agrotechnology Departement; Agriculture Faculty of Jember Unversity.

Effort to increasing productivity of cocoa can be made by extending the marginal lands in Indonesia, which one is swamp ecosystem that have waterlogged condition. The utilization of tolerant plant material against to waterlogged condition is one of the development effort of cocoa cultivation in marginal lands. Currently, the research that was focusing on testing cocoa plant materials that tolerant against the waterlogging is still rare. This experiment was aimed for cocoa positive responses through testing cocoa plant material in waterlogging condition. The experiment using Split-plot in Completely Randomized Design (CRD) replicated 3 times. The treatments were factorial 7 x 3. The first factor as the main plot is waterlogging treatment with 3 levels *i.e.*, unwaterlogging, 10cm waterlogging, and 20cm waterlogging. The second factor as sub plot is 7 plant accession of cocoa, *i.e.*, ICS 60, Sca 6, TSH 858, Sulawesi 1, Sulawesi, 2, KEE, and KKM 22. Observations variable were focused on the percentage-survived plant, morphology formed responses, physiology parameter and Index Sensitivity of total dry weight analysis. The result of analysis variance showed significant difference in interaction between two factors on chlorophyll content, stem diameter, and total dry weight variables. The experiment result showed there were three plant cocoa accessions that have tolerant ecotype based on sensitivity index analysis, which ICS 60 (K1), KEE (K6) and KKM (K7). That three cocoa accessions show positive responses in the high value of chlorophyll content, stem diameter, total dry weight compared with the accession that classified in medium tolerant and susceptible ecotype.

Keywords: *Cocoa, tolerant, waterlogging.*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sholawat serta salam kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW., Keluarga, Sahabat, serta pengikut beliau hingga akhir zaman sehingga penyusunan skripsi dengan judul “Respon Beberapa Akses Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Cekaman Genangan” dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan penelitian yang disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) sebagai sarjana pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Beberapa pihak turut membantu penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS. Ph.D. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., DIC selaku Ketua Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember;
3. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, ilmu, pengalaman, dukungan serta masukan dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Ir. Didik Pudji Restanto, M.S. Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, ilmu dan pengalaman dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS. dan Ir. Gatot Subroto, MP. Selaku dosen penguji yang memberikan bimbingan, pengarahan menulis, saran dan juga senantiasa meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Ir. Anang Syamsunihar, MP., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Ir. Sundhari, M.P. selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian;

8. Ibunda Titik Kusbandiyah, Ayahanda Batas Simamora, dan adik Bella Tegarwati Simamora yang penulis sayangi. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas jasa dan dukungan tiada tara serta doa-doa yang dimunajatkan selama ini.
9. Fakhruddy Zakkariya, sebagai kakak tingkatku yang selalu memacu untuk berkarya, pengingat dalam menyelesaikan tanggung jawab duniawi dan akhirat;
10. Keluarga besar Bapak Totok Sudarto, Bapak Muhammad dan Bapak Siswantoro yang telah menjadi keluarga-keluarga baruku di Kota Jember;
11. Grup The1018, Achmad Reka, Awtian Akbar, Fabio Brestianto, M.Reza Firmansyah, Adhistry dan Amalia Khomsa yang selalu mengingatkan untuk menyelesaikan tanggung jawab skripsi ini;
12. Keluarga Besar AIESEC in UNEJ Kepengurusan 2015-2017 dan bapak pembina Honest Dody Mollasy, yang telah memberikan kesempatan dan menjadi wadah untuk bereksperimen dan menggali pengalaman berorganisasi;
13. Grup Pendaki Arjuno, Hendra Rizmadhani, Reza Anugrah Mulyatama, dan Wahyu Hidayat yang menjadi sahabat dalam berpetualang dan beribadah bersama;
14. Sahabat – sahabatku Alif Syamsuddlucha, Febery Hery Suandana, Haris Wijaya, M.Sahlul, dan Nabigh Abdul Jabar yang telah memberikan hari-hari penuh canda tawa dan inspirasi;
15. Rekan Asisten Laboratorium Pemuliaan Tanaman Jurusan Budidaya Tanaman (Mas Gufron, Eko Nur Suliswanto, Selvi Nurika, Mudhofar Mustofa, Febby Damairia, dan Laras Pakem) yang telah memberikan ilmu-ilmu baru, motivasi, cerita dan pengalaman baru;
16. Commission of Local Committee President AIESEC in Indonesia 2016-2017, yang telah menjadi tempat untuk berbagi pikiran, rasa, dan pengalaman dalam menjadikan diri lebih baik dalam bidang kepemimpinan dan membangun Indonesia lebih baik;

17. Legislative Sub-Committee AIESEC in Indonesia 2016-2017, yang telah memberikan kesempatan untuk belajar memegang amanah dengan penuh integritas dan profesionalisme;
18. Jajaran teman seperjuangan D'Agroteknologi, jajaran teman Magang Profesi di Kusuma Agrowisata dan jajaran mahasiswa Agronomi 2012 yang telah memberikan semangat serta pandangan dalam penulisan skripsi ini;
19. Teman - teman Widya Kos dan Ibu Tris yang telah menjadi tempat belajar bermasyarakat dan mempelajari arti kehidupan;
20. Teman - teman program studi Agroteknologi 2012 yang memberikan semangat selama ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Karya Ilmiah (Skripsi) ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat digunakan sebagai acuan penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 15 September 2017

Bahari Terangono Simamora
NIM. 121510501144

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanaman Kakao	5
2.2 Klon Kakao	5
2.3 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Pertumbuhan Tanaman	7
2.4 Toleransi Terhadap Cekaman Genangan	9
2.5 Ciri Tanaman Kakao Toleran dan Peka Genangan	10
2.6 Hipotesis	12
BAB 3. BAHAN DAN METODE.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Percobaan	13

3.2 Persiapan Percobaan	13
3.3 Metode Percobaan	13
3.3.1 Rancangan Percobaan.....	13
3.3.2 Prosedur Percobaan.....	14
3.3.3 Variabel Pengamatan.....	15
3.3.4 Analisis Data.....	17
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Kondisi Umum Percobaan	18
4.2 Hasil Percobaan	18
4.2.1 Tinggi tanaman.....	19
4.1.2 Jumlah Daun.....	21
4.1.3 Luas Daun.....	22
4.1.4 Kadar Klorofil.....	24
4.1.5 Diameter Batang.....	26
4.1.6 Panjang dan total akar adventif.....	27
4.1.7 Panjang Akar primer dan Volume Akar.....	29
4.1.8 Berat Kering Tanaman.....	31
4.1.9 Persetanse tanaman hidup dan indeks sentivitas.....	32
4.3 Pembahasan	37
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1	Sketsa gambar perlakuan taraf cekaman genangan15
Gambar 4.1	Nilai rerata tinggi tanaman (cm) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa taraf penggenangan20
Gambar 4.2	Nilai rerata jumlah daun (unit) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan21
Gambar 4.3	Nilai rerata luas daun (cm ²) oleh taraf genangan dengan variasi aksesori kakao23
Gambar 4.4	Nilai rerata luas daun (cm ²) oleh faktor tujuh aksesori tanaman dengan variasi taraf penggenangan23
Gambar 4.5	Penampakan gejala klorosis daun pada tanaman yang tergenang25
Gambar 4.6	Dokumentasi kemunculan respon akar adventif pada tanaman kakao yang tergenang29
Gambar 4.7	Dokumentasi respon sistem perakaran pada aksesori tanaman kakao beberapa tingkat penggenangan31
Gambar 4.8	Nilai persentase tanaman hidup dari tujuh aksesori tanaman kakao.....32
Gambar 4.9	Respon morfologi TSH 858 (Ekotipe peka) pada beberapa tingkat penggenangan air.....34
Gambar 4.10	Respon morfologi Sca 6 (Ekotipe peka) pada beberapa tingkat penggenangan air.....34
Gambar 4.11	Respon morfologi Sulawesi 2 (Ekotipe peka) pada beberapa tingkat penggenangan air35
Gambar 4.12	Respon morfologi Sulawesi 1 (Ekotipe medium toleran) pada beberapa tingkat penggenangan air.....35
Gambar 4.13	Respon morfologi ICS 60 (Ekotipe toleran) pada beberapa tingkat penggenangan air.....36
Gambar 4.14	Respon morfologi KEE (Ekotipe toleran) pada beberapa tingkat penggenangan air.....36
Gambar 4.15	Respon morfologi KKM 22 (Ekotipe toleran) pada beberapa tingkat penggenangan air37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Ciri respon tanaman kakao terhadap cekaman genangan	11
Tabel 2.2 Ciri respon tanaman tebu terhadap cekaman genangan.....	11
Tabel 2.3 Ciri respon tanaman cabai terhadap cekaman genangan	11
Tabel 2.4 Ciri respon tanaman singkong terhadap cekaman genangan	12
Tabel 4.1 Hasil analisis ragam variabel penelitian	19
Tabel 4.2 Nilai rerata kadar klorofil ($\mu\text{g.cm}^2$) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan.....	24
Tabel 4.3 Nilai rerata diameter batang (mm) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan.....	26
Tabel 4.4 Nilai rerata jumlah (unit) dan panjang total akar adventif (cm) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan	28
Tabel 4.5 Nilai rerata volume akar (ml) dan panjang akar primer (cm) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan	30
Tabel 4.6 Nilai rerata berat kering tanaman (g) dari tujuh aksesori tanaman kakao pada beberapa tingkat penggenangan	31
Tabel 4.7 Perhitungan Indeks Sensitivitas pada 3 Variabel Pengamatan	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambaran Penelitian	42
Lampiran 2. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Tinggi Tanaman	42
Lampiran 3. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Jumlah Daun	43
Lampiran 4. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Luas Daun	43
Lampiran 5. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Klorofil Daun	44
Lampiran 6. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Diameter Batang	45
Lampiran 7. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Panjang Akar Primer	46
Lampiran 8. Hasil Pengolahan Data Pada Parameter Volumer Akar	46
Lampiran 9. Hasil Pengolahan Data Parameter Jumlah Akar Adventif	47
Lampiran 10. Hasil Pengolahan Data Parameter Panjang Total Akar Adventif	47
Lampiran 11. Hasil Pengolahan Data Parameter Berat Kering Tanaman.....	48

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah pohon budidaya di perkebunan yang berasal dari Amerika Selatan, namun sekarang telah ditanam di berbagai kawasan tropika. Berasal dari biji tumbuhan inilah dihasilkan produk olahan yang dikenal sebagai cokelat. Kakao merupakan salah satu komoditi unggulan pertanian dunia. Berdasar data yang dimiliki oleh ICCO (2013), Indonesia saat ini tercatat sebagai produsen kakao terbesar ketiga didunia, setelah Pantai Gading (1,445 juta ton per tahun) dan Ghana (835ribu ton) dengan luas areal 1.852.944 hektar dan produktivitas 420.000 ton. Daerah-daerah sentra pengembangan kakao Indonesia yaitu Sumatera Utara, Aceh, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Papua, Maluku, dan Sulawesi sebagai penghasil kakao terbesar di Indonesia.

Melihat dari luasnya areal perkebunan kakao menurut wilayah pada tahun 2013, (data dari Ditjenbun 2013) Pulau Sulawesi adalah yang terluas dengan kontribusi persentase lahan yang mencapai 55,3% dari lahan kakao nasional. Area perkebunan kakao bersentra di Sulawesi Tengah (297.572 ha), Sulawesi Barat (282.071 ha), Sulawesi Tenggara (264.954ha), dan Sulawesi Barat (180.585ha), disusul Sumatera seluas 268,1 hektar selanjutnya Jawa dan Kalimantan masing-masing seluas 90,7 hektar dan 52,9 hektar. Meski Indonesia dikenal sebagai negara produsen kakao terbesar ketiga didunia, tapi produktivitasnya dan mutunya masih sangat rendah. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014), rata – rata produktivitasnya hanya (0,47 ton) 470 kg/ha, sedangkan Pantai Gading produktivitasnya sudah mencapai 1,4 ton / ha. Namun upaya peningkatan produktivitas kakao di Indonesia sendiri masih sangat besar. Hal ini dapat dicapai melalui usaha ekstensifikasi lahan-lahan marginal yang ada di Indonesia.

Menurut Yuniarti (2004), lahan marginal didefinisikan sebagai lahan yang mempunyai potensi rendah sampai sangat rendah untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, akan tetapi dengan penerapan suatu teknologi dan sistem pengelolaan yang tepat potensi lahan marginal dapat ditingkatkan menjadi lebih produktif dan berkelanjutan. Di Indonesia sendiri, lahan rawa yang termasuk

lahan marginal terbilang cukup luas, dengan jumlah area terluas berada di tiga pulau yaitu Sumatra, Kalimantan, dan Irian Jaya (Papua). Mulyani *et al.* (2010) mengatakan, luas lahan rawa Indonesia $\pm 33,4$ juta ha, yang terdiri dari lahan rawa pasang surut sekitar 20 juta ha dan lahan lebak 13,4 juta ha. Las (2006) menambahkan bahwa sampai saat ini lahan rawa yang telah dibuka 2,4 juta ha, 1,5 juta ha di Kalimantan dan 0,9 juta ha di Sumatera.

Penanaman kakao di lahan seperti itu akan mengalami permasalahan akibat adanya cekaman kelebihan air, menurut (VanToai *et al.*, 2001) cekaman kelebihan air pada tanaman dibagi menjadi 2, yaitu 1) kondisi jenuh air (*waterlogging*) pada kondisi ini akar tanaman yang tergenang air, dan 2) pada kondisi ini bagian tanaman sepenuhnya tergenang air (*complete submergence*). Zikra *et al.* (2014) menambahkan, hujan yang saat ini tidak menentu akibat adanya fenomena La Nina (dampak global perubahan cuaca) sering sekali mengakibatkan lahan menjadi kelebihan air dan akan berakibat pada metabolisme tanaman. Cekaman kelebihan air sering disebut dengan cekaman genangan. Genangan mengakibatkan terhambatnya suplai oksigen ke akar melalui penghambatan respirasi akar, yang mengakibatkan beberapa penurunan status energi pada sel perakaran dan mempengaruhi proses-proses metabolisme tanaman (Suwarti *et al.*, 2013).

Saat ini masih sedikit penelitian yang berfokus dalam pengujian bahan tanam kakao yang tahan terhadap cekaman stress kelebihan air terutama pada bahan-bahan tanam kakao baru. Peluang dapat dikembangkannya bahan tanam kakao tahan genangan ini dapat dilihat dari penelitian yang dilakukan Dalgado *et al.* (2016), dimana peneliti mendapatkan beberapa tanaman kakao dapat tumbuh meski ditanam di areal daerah pinggir sungai yang terkena kondisi banjir. Di Indonesia sendiri referensi dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Prawoto *dkk.* (2005) dalam pengujian respon semai beberapa klon kakao terhadap kadar lengas tanah tinggi dapat digunakan rujukan upaya dalam mencari peluang ditemukannya potensi klon kakao yang tahan atau toleren terhadap kondisi genangan. Teridentifikasi dari penelitian yang dilakukan tersebut semai klon yang tahan terhadap kadar lengas tanah tinggi adalah DRC 16, GC 7 dan ICS 60.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji bahan tanam kakao yang sudah ada untuk mengetahui dan mencari respon positif terhadap 7 aksesori tanaman kakao yang diuji terhadap cekaman genangan. Pada penelitian ini pengamatan difokuskan pada respon morfologi yang terbentuk (tinggi bibit, jumlah daun, lebar daun, diameter batang, berat segar batang, berat segar akar, volume akar dan panjang akar) dan satu parameter fisiologi (kadar klorofil). Tujuan dari dilakukannya pengamatan secara morfologis terlebih dahulu berguna untuk mengidentifikasi ciri morfologis bagi tanaman yang memiliki kemampuan toleran terhadap genangan, sehingga kedepannya dapat menjadi referensi bagi pembudidaya dalam memudahkan untuk seleksi secara fenotipe (screening). Teknik screening cepat dilakukan untuk memilih genotipe-genotipe dengan potensi genetik yang diinginkan dalam waktu yang cepat, biaya yang lebih murah dan hasil yang tepat. Parameter fisiologi yang dimasukkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dan data penunjang untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada keterkaitan bahan tanam kakao tahan genangan dari segi fisiologis tanamannya.

1.2 Rumusan Masalah

Kakao merupakan tanaman yang tidak tahan akan genangan, di Indonesia sendiri tanaman kakao yang memiliki kemampuan toleran akan genangan di hingga saat ini belum pernah dirilis. Hal ini membuka kesempatan penelitian untuk memperoleh tanaman kakao yang berpotensi toleran terhadap kondisi genangan. Untuk mewujudkan upaya tersebut maka rumusan masalah penelitian ini adalah untuk mengetahui adakah dari tujuh aksesori tanaman kakao yang diuji mempunyai respon yang positif terhadap cekaman genangan yang diberikan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respon positif dari masing-masing aksesori tanaman kakao yang diuji terhadap cekaman genangan yang diberikan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi kegiatan pemuliaan tanaman untuk perakitan bahan tanam kakao toleran genangan. Bahan tanam yang memiliki kemampuan toleran akan genangan tersebut dapat digunakan sebagai bahan tanam di lahan-lahan marginal sebagai upaya ekstensifikasi, sehingga produksi bisa meningkat dan pendapatan juga meningkat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah pohon budidaya di perkebunan yang memiliki habitat asli berupa hutan tropis dan termasuk jenis tanaman C3. Tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang terletak pada 7°LU – 18°LS. Syarat tumbuh optimal untuk kakao adalah wilayah yang memiliki curah hujan 1.100 – 3.000 mm pertahun. Curah hujan yang melebihi 4.500 mm pertahun kurang akan menghambat pertumbuhan tanaman dan juga berkaitan dengan serangan penyakit. Saat ini di Indonesia, tanaman kakao banyak dibudidayakan di daerah Sumatera Utara, Aceh, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Papua, Maluku, dan Sulawesi (Karmawati *dkk.*, 2010)

Kakao merupakan satu-satunya dari 22 jenis marga *Theobroma*, suku Sterculiaceae, yang diusahakan secara komersial. Menurut Tjitrosoepomo (1988) sistematika tanaman kakao sebagai berikut:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Anak divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Anak kelas	: <i>Dialypetalae</i>
Bangsa	: <i>Malvales</i>
Suku	: <i>Sterculiaceae</i>
Marga	: <i>Theobroma</i>
Jenis	: <i>Theobroma cacao</i> L.

2.2 Akses Tanaman Kakao

Klon Sca 6 diperoleh melalui proses introduksi dari Botanic Garden Kew, Inggris. Bahan tanam hasil introduksi tersebut awalnya diperbanyak di Kebun Adolina dan Bah Lias kemudian dimasukkan dalam koleksi plasma nutfah kakao, di Kebun Percobaan (KP) Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Klon ini digunakan sebagai salah satu material genetik dalam program pemuliaan kakao (Susilo *dkk.*, 2009).

Pada kakao lindak jenis klon yang sering ditemui seperti klon ICCRI 3, ICCRI 4 dan TSH 858. Klon TSH 858 Klon penghasil biji unggul, produktivitas mencapai 1,76 ton/ha, bersifat tidak kompatibel menyerbuk sendiri, berat per biji kering 1,15 g, kadar lemak biji 56%, moderat tahan penyakit busuk buah, rentan penyakit VSD, rentan hama PBK (BBPPTP Ambon, 2015).

Menurut Prawoto *dkk.* (2005) klon ICS 60 merupakan salah satu klon yang tahan terhadap kadar lengas tanah tinggi. Klon ini juga merupakan penghasil biji unggul, produktivitas mencapai 1,5 ton/ha, bersifat tidak kompatibel menyerbuk sendiri, berat per biji kering 1,67 g, kadar lemak biji 54%, moderat tahan penyakit busuk buah, rentan penyakit VSD, rentan hama PBK. Selain ICS 60 adapaun juga klon KEE 2 yang sering digunakan sebagai bahan perakit varietas/klon dalam pemuliaan tanaman kakao. Susilo *dkk.* (2015) menyatakan klon ini memiliki panjang akar primer tergolong tinggi dan panjang akar lateral tergolong rendah sehingga diunggulkan dalam hal potensi kemampuan penyerapan air tanah dan vigor tumbuh yang rendah

Klon Sulawesi 1 (PBC 123) berproduksi optimal pada tahun kelima setelah tanam dengan potensi produksi sekitar 1,8-2,5 ton/ha dan memiliki kadar lemak 53%. Morfologi klon Sulawesi 1 adalah : alur buah kurang tegas, bentuk buah agak bulat, ujung buah tumpul, pangkal buah tumpul tanpa leher botol, panen bermusim, waktu panen panjang, warna daun muda merah maron, warna buah muda merah kecoklatan, warna buah masak orange, percabangan yang terbentuk mengarah ke atas. (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2013).

Potensi produksi klon Sulawesi 2 sekitar 1,8-2,7 ton/ha pada tahun kelima dengan kadar lemak 45-47%. Klon ini cukup toleran terhadap serangan hama penggerek buah kakao (PBK), dengan deskripsi morfologi sebagai berikut : alur buah jelas, ujung buah runcing, berbuah hampir sepanjang tahun, permukaan kulit kasar, warna flus merah kuning, waktu panen pendek, percabangan lebih banyak mengarah kesamping, warna buah masak orange dan pangkal buah tumpul menyerupai leher botol. (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2013).

KKM 22 adalah salah satu klon kakao komersial yang dirilis oleh Malaysia. KKM 22 sendiri adalah akronim dari Koko Keluarga MARDI nomor 22.

Klon ini memiliki kemampuan produktivitas untuk menghasilkan 2420 kg/ha/tahun, rata-rata nilai buah 24, berat rata-rata per biji 1,09 gram, tahan VSD dan memiliki kandungan 57% (Haya *et al.*, 2006)

2.3 Pengaruh Cekaman Genangan Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Genangan merupakan salah satu kendala dalam berbudidaya di bidang pertanian. Hal ini mengakibatkan sebagian besar tanaman tidak mampu tumbuh dan berproduksi pada keadaan cekaman genangan hingga menurunkan nilai produksi dan produktivitas. Pengertian produksi dalam pertanian menurut Kartasapoetra (1988) adalah suatu proses pendayagunaan sumber-sumber yang telah tersedia dan memberikan hasil dari keseluruhan atau jumlah total lahan pertanian yang dipanen. Sedangkan produktivitas menurut Umar (1998) adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumberdaya yang digunakan (input). Pada pertanian produktivitas mengandung arti hasil persatuan atau satu lahan yang panen dari seluruh luas lahan yang dipanen. Kaitannya pada penurunan hasil produksi tanaman pada kondisi cekaman genangan, menurut Jackson (2009) dikarenakan ketersediaan air yang berlebih mengakibatkan ketersediaan oksigen dan karbondioksida pada daerah perakaran tanah menjadi berkurang yang akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis karena penyerapan oksigen dan karbondioksida akan terhambat. Kondisi anaerob berpengaruh pada penghambatan proses metabolisme karena kurangnya penyediaan bahan-bahan dasar yang dibutuhkan tumbuhan, sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dapat terhambat pula.

VanToai *et al.* (2001) menyatakan genangan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu 1) kondisi jenuh air (water logging) dimana pada kondisi ini yang terendam air hanya akar tanaman, dan 2) kondisi dimana seluruh bagian tanaman mulai dari ujung daun hingga akar terendam air (*complete sub mergence*). Dalam penelitian ini digunakan kondisi jenuh air (*water logging*). Pareek *et al.* (2010) menambahkan, kurangnya pasokan oksigen pada kondisi tergenang mengakibatkan akar tanaman menjadi mati karena kebusukan. Kerusakan pada

akar berdampak pada terganggunya fungsi serapan hara dan laju transpirasi tumbuhan terhambat pula.

Pada tanaman cabai yang mengalami cekaman genangan, gejala perubahan morfologi yang dapat diamati adalah terjadinya penguningan pada daun. Daun-daun pada tanaman yang tergenang mengalami kelayuan. Secara morfologi daun-daun layu akibat akar yang membusuk dan hancur. Prosesnya adalah akar tidak mampu menyerap air dan unsur hara khususnya N, sehingga kebutuhan air dan N tajuk tidak terpenuhi akibatnya daun layu dan menguning. Respon tanaman saat tercekam genangan pada fase pertumbuhan generatif mulai terlihat pada hari pertama tercekam genangan. Sebagian besar daun mengalami layu, menguning (klorosis) dan rontok. Respon yang cepat pada tanaman yang tercekam genangan satu hari menunjukkan adanya ketidakmampuan akar mendukung pertumbuhan tajuk. Dengan demikian, ketersediaan air dan unsur hara tidak tersedia sejak tanaman tercekam genangan. Kondisi daun yang layu pada awal cekaman diduga ada hubungan dengan stomata (Susilawati *et al.*, 2012).

Berdasar penelitian yang dilakukan oleh Tetsushi and Karim (2007) menyatakan, pada tanaman tebu penggenangan berdampak negatif terhadap proses fotosintesis sehingga tumbuhan mengalami penurunan sistem metabolisme yang cukup signifikan. Terganggunya sistem metabolisme berdampak pada perubahan dalam proses pertumbuhannya baik secara morfologi maupun struktur akar yang terbentuk pada tanaman tebu. Sairam *et al.* (2009) menambahkan, defisiensi oksigen dalam tanah akibat genangan merupakan faktor pembatas yang dapat menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Keadaan anaerob (tanpa oksigen) berdampak buruk terhadap serapan nutrisi dan air sehingga menunjukkan gejala kelayuan walaupun tersedia air yang cukup. Jagadisha (2009) juga menyatakan berdasar penelitiannya, pertumbuhan tanaman yang mengalami cekaman genangan mengalami penurunan pada parameter tanaman, indeks luas daun, jumlah daun berwarna hijau, dan kandungan klorofil pada semua perlakuan lama penggenangan. Hal serupa juga disampaikan oleh Harsanti (2015) dalam penelitiannya, dimana tanaman yang mendapat perlakuan penggenangan memiliki nilai klorofil lebih rendah dibandingkan tanaman tanpa digenangi, namun

penurunan kandungan klorofil pada varietas tahan lebih rendah dibandingkan tanaman peka.

Arsana *et al.* (2003) menyatakan, penggenangan berpengaruh nyata terhadap potensial redoks tanah, pH tanah, dan kandungan etilen dalam jaringan tanaman. Semakin tinggi penggenangan, dapat menurunkan potensial redoks (Eh) tanah dan meningkatkan pH tanah serta kandungan etilen dalam jaringan tanaman. Gomanthi *et al.* (2014) menambahkan, penurunan redoks tanah mengakibatkan menurunnya ketersediaan N, P, K dalam tanah. Dat *et al.* (2004) juga mengatakan, sebaliknya jumlah unsur – unsur mikro seperti Fe, Mn, dan Cu akan meningkat. Penurunan kandungan N di dalam tanah mengakibatkan penurunan kandungan klorofil pada daun tebu.

2.4 Toleransi Terhadap Cekaman Genangan

Tanaman mempunyai respon terhadap cekaman baik secara morfologis, fisiologis maupun secara molekuler. Salah satu bentuk respon yaitu toleransi terhadap genangan dimana salah satu bentuk adaptasi metabolik anaerobiosis yang dapat memungkinkan sel untuk mempertahankan integritas sehingga tumbuhan dapat bertahan pada kondisi tercekam genangan dengan meminimalkan kerusakan yang terjadi. Respon tanaman pada kondisi tergenang diharapkan mampu beregenerasi secara cepat sehingga mampu memastikan proses pemulihan dan produksi biomassa untuk produktivitas optimal (Sarkar *et al.*, 2006)

Widyasari *et al.* (2011) mengatakan bahwa toleransi tanaman pada lingkungan tergenang berhubungan dengan jaringan aerenkim pada tunas dan akar tanaman yang dapat mengakibatkan oksigen untuk berdifusi dari daun ke sel – sel di akar. Tanaman yang tahan terhadap kondisi genangan mampu membentuk banyak jaringan aerenkim baik pada akar adventif maupun pada *sett root*. Hapsari dan Adie (2011) menambahkan aerenkim merupakan jaringan pada tumbuhan yang terletak pada jaringan parenkim yang memiliki rongga besar antar sel yang memiliki fungsi sebagai penyimpan udara. Pada tumbuhan yang toleran genangan, pembentukan aerenkim tidak membutuhkan pengaruh eksternal misalnya perlakuan penggenangan.

Gilbert *et al.* (2007) menjelaskan mekanisme toleransi tanaman dapat dilihat dari perkembangan akar adventif pada kondisi lingkungan yang tergenang untuk meningkatkan aerasi akar dan memungkinkan tanaman untuk mempertahankan fungsi akar selama terjadi genangan. Pembentukan aerenkim pada akar banyak terjadi pada klon-klon yang toleran terhadap genangan. Hal ini terjadi pada pembentukan aerenkim pada akar adventif spesies rumput telah banyak terjadi baik pada lahan basah dan lahan kering. Jackson (1990) menambahkan adanya rentang taksonomik yang cukup luas terkait dengan kemampuan tanaman dalam proses pemanjangan tajuk akibat tergenang atau terendam. Proses ini sebenarnya merupakan suatu mekanisme untuk menghindarkan diri berlama-lama dari kondisi terendam, sehingga tajuk atau daun dapat lebih cepat menyentuh udara. Disisi lain Bartolde *et al.* (2010), menjelaskan gejala yang tampak pada tanaman yang terendam adalah adanya pemanjangan batang atau daun yang diikuti dengan menguningnya dedaunan yang lebih tua dan berlanjut dengan pertumbuhan yang lambat atau negative dari akar dan tajuk. Rehem *et al.* (2010) menyampaikan dari hasil penelitiannya, dari klon kakao yang dapat bertahan dari cekaman genangan menunjukkan hasil morfologi akar, daun, total berat kering, lebar daun berat dan jumlah daun yang lebih rendah.

2.5 Ciri Tanaman Kakao Toleran dan Peka Genangan

Suwarti *dkk.* (2013) mengatakan untuk mengidentifikasi genotipe toleran diperlukan kriteria lingkungan seleksi yang sesuai, metode seleksi, dan mekanisme ketahanan dari suatu genotipe. Terdapat dua metode seleksi untuk toleransi terhadap cekaman lingkungan, yaitu seleksi langsung berdasarkan karakter agronomis dan seleksi tidak langsung berdasarkan karakter morfofisiologis. Seleksi langsung mengimplikasikan seleksi untuk laju pertumbuhan dan hasil pada kondisi cekaman aktual, sedangkan seleksi tidak langsung mengimplikasikan karakteristik morfofisiologis yang mungkin berkorelasi dengan ketahanan terhadap cekaman.

Pada tanaman kakao sendiri, menurut Delgado *et al.* (2016) ciri dari kakao toleran pada penelitiannya yang berada di daerah amazon dimana memiliki curah

hujan hujan yang ekstrim dan sering sekali terkena dampak banjir menunjukkan tanaman yang toleran lebih memiliki persentase daya hidup tinggi dengan mengeluarkan akar lateral (adventif) sebagai bentuk adaptasi morfologinya. Sedangkan di Indonesia, pengujian bahan tanam kakao akan potensinya terhadap toleran genangan pernah dilakukan Prawoto *et al.* (2005), dari hasil penelitian tersebut diinformasikan terdapat tiga klon yang toleran terhadap lengas tanah tinggi (DRC 16, GC 7, ICS 60) dan diketahui variabel diameter batang serta kadar klorofil merupakan indikator yang baik untuk uji kultivar kakao tahan kadar lengas tanah tinggi. Pada tiga klon tersebut cenderung memiliki nilai lebih tinggi pada variabel kadar klorofil dan diameter batang.

Berikut adalah ciri tanaman yang memiliki kemampuan dalam toleran maupun peka terhadap cekaman genangan:

Tabel 2.1 Ciri respon tanaman kakao terhadap cekaman genangan

Variabel	Genotipe Toleran	Genotipe Peka
Biomassa akar	lebih tinggi	lebih rendah
Klorosis daun	lebih rendah	lebih tinggi
Penurunan laju fotosintesis	lebih kecil	lebih besar
Akar adventif	lebih banyak	lebih sedikit
Persentase hidup	lebih tinggi	lebih rendah
Kadar klorofil	lebih tinggi	lebih rendah
Diameter batang	lebih besar	lebih kecil

Sumber: Bertolde *et al.* (2012); Bertolde *et al.* (2010); Delgado *et al.* (2016); Prawoto *et al.*, (2005)

Tabel 2.2 Ciri respon tanaman tebu terhadap cekaman genangan

Variabel	Genotipe Toleran	Genotipe Peka
Klorosis daun	lebih rendah	lebih tinggi
Berat kering akar	lebih tinggi	lebih rendah
Jaringan aerenkim	terbentuk sempurna	terbentuk kurang sempurna

Sumber: Avivi *et al.* (2013)

Tabel 2.3 Ciri respon tanaman cabai terhadap cekaman genangan

Variabel	Genotipe Toleran	Genotipe Peka
Klorosis daun	terjadi klorosis daun	terjadi klorosis daun
Kemampuan bertahan hidup	lebih lama	lebih pendek
Persentase jumlah tanaman hidup	lebih banyak	lebih sedikit
Jumlah cabang	lebih tinggi	lebih rendah

Sumber: Susilawati *et al.* (2012)

Tabel 2.4 Ciri respon tanaman singkong terhadap cekaman genangan

Variabel	Genotipe Toleran	Genotipe Peka
Berat akar segar	lebih tinggi	lebih rendah
Volumer akar	lebih tinggi	lebih rendah

Sumber: Avivi *et al.* (2016)

2.6 Hipotesis

Terjadi respon yang berbeda dari masing-masing aksesi tanaman kakao akibat cekaman genangan

BAB 3. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Percobaan

Percobaan ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jenggawah, Jember, Indonesia pada bulan April sampai dengan Juli 2017. Tempat percobaan berada pada ketinggian 45 meter di atas permukaan laut dan memiliki tipe iklim D berdasar klasifikasi Schmidt dan Fergusson.

3.2 Persiapan Percobaan

Bahan percobaan terdiri dari polybag, 7 aksesi tanaman kakao, timba, karung goni, kompos, pasir, tanah dan pupuk ZA. Alat percobaan terdiri atas alat-alat budidaya tanaman seperti cangkul, meteran, alat tulis, gembor, penggaris, jangka sorong, kamera, SPAD Minolta 501 dan neraca analitik.

3.3 Metode Percobaan

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split plot design) dengan pola dasar Rancangan Acak Lengkap. Terdiri dari 2 faktor diulang 3 kali. Faktor pertama sebagai petak utama adalah taraf penggenangan dengan 3 taraf:

Faktor I Taraf Penggenangan (G) : G0 = Tanpa genangan

G1 = Penggenangan 20cm dibawah media

G2 = Penggenangan 10cm dibawah media

Faktor kedua sebagai anak petak adalah aksesi tanaman kakao dengan 7 taraf yaitu :

Faktor II Aksesi Kakao (K) : K1 = ICS 60

K2 = Sca 6

K3 = TSH 858

K4 = Sulawesi 1

K5 = Sulawesi 2

K6 = KEE

K7 = KKM 22

Penggenangan dilakukan pada saat tanaman berumur 2 bulan hingga tanaman menunjukkan respon layu atau mati. Semua aksesi tanaman kakao ditanam pada media di dalam polibag, kemudian perlakuan penggenangan dilakukan dengan memasukan tanaman kakao beserta media ke dalam timba yang berisi air (genangan).

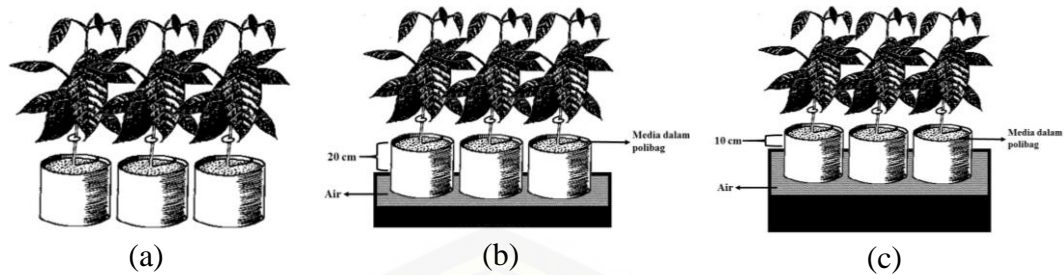
3.3.2 Prosedur Percobaan

1. Pembibitan

Percobaan ini dimulai dengan melakukan perkecambahan benih kakao. Perkecambahan dilakukan dengan metode yang dilakukan oleh Pancaningtiyas *et al.* (2014) dengan cara merendam benih-benih yang akan digunakan kedalam air selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pemindahan bibit yang telah berkecambah kedalam polibag. Media polibag yang digunakan adalah polibag yang memiliki ukuran 10x20 dengan komposisi media yang terdiri dari tanah, pasir, dan kompos dengan perbandingan 1:1:1. Tahapan pemeliharaan dengan cara melakukan penyiraman setiap hari, jika kelembapan media cukup tidak perlu melakukan penyiraman. Setelah bibit mencapai umur 2 bulan, hal yang perlu dilakukan adalah memberikan perlakuan sesuai dengan metode yang sudah dibuat. Pada umur 2 bulan, bibit kakao telah memasuki fase remaja, dimana pada fase ini sering kali digunakan memperoleh keberhasilan stek yang tinggi (Susanto, 1994).

2. Penggenangan

Penggenangan dilakukan ketika tanaman telah berumur 2 bulan dan telah tumbuh dengan baik dan seragam, dengan membuat timba yang berisi media tergenang dengan menambahkan air hingga ketinggian 10 cm (setengah dari media) dan 20 cm (setinggi dengan permukaan media). Air yang digunakan adalah air pada umumnya yang tidak keruh. Proses penggenangan ini dikontrol setiap hari, dengan menambahkan air apabila ketinggian air berkurang. Penggenangan dilakukan selama 1 bulan, namun ketika tanaman telah menunjukkan respon tanaman akan mati maka penelitian dihentikan untuk dilakukan pengambilan data. Berikut pada Gambar 3.1 dijelaskan sketsa gambar perlakuan taraf penggenangan yang akan dilakukan:



Gambar 3.1 Sketsa gambar perlakuan taraf cekaman genangan; (a) tanpa penggenangan (0cm), (b) taraf penggenangan 10cm, (c) taraf penggenangan 20cm

3.3.3 Variabel Pengamatan

Respon tanaman kakao didasarkan pada karakter pengamatan morfologis dan fisiologis. Karakter yang diamati pada percobaan ini terdiri dari variabel berikut :

1. Jumlah tanaman hidup

Pada akhir pengamatan akan dihitung persentase jumlah tanaman yang bertahan hidup dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Jumlah tanaman kakao yang hidup}}{\text{Jumlah tanaman kakao yang ditanam}} \times 100\%$$

2. Pertumbuhan tanaman

a. Tinggi tanaman (cm)

Diukur dari permukaan tanah hingga ke bagian tanaman tertinggi dengan menggunakan meteran. Pengamatan dilakukan setiap 5 hari sejak ditanam.

b. Diameter batang (mm)

Diameter batang dihitung dengan menggunakan jangka sorong dari 5cm titik hipokotil.

c. Jumlah Daun (unit)

Jumlah daun diperoleh dihitung dengan cara menghitung daun segar yang terdapat pada batang.

d. Luas Daun (cm²)

Luas daun diukur saat akhir penelitian dengan menggunakan rumus:

$$\text{Luas Daun} = 73,947 \times \text{bobot basah daun} + 1,3766$$

3. Perakaran Tanaman

a. Jumlah akar adventif (unit)

Pengamatan dilakukan dengan menghitung seluruh akar yang tumbuh pada pangkal batang dengan satuan helai.

b. Panjang akar adventif total (cm)

Seluruh akar adventif yang ditemukan diukur dengan mistar dan dijumlahkan

c. Panjang akar primer (cm)

Pengamatan dilakukan dengan mengukur panjang akar primer menggunakan mistar yang dimulai dari leher akar samapi ujung akar primer dengan satuan cm

d. Volume akar (ml)

Pengukuran volume akar dilakukan pada akhir pengamatan. Pengamatan ini dilakukan dengan cara memisahkan bagian akar yang telah dibersihkan kemudian memasukkan akar kedalam gelas ukur berukuran 1000 ml yang telah diisi dengan air sebanyak 200ml. Setelah akar dimasukkan maka akan terjadi penambahan volume air, selanjutnya mencatat selisih dari penambahan volume dengan volume awal (200ml) sebagai volume akar.

4. Biomassa

a. Berat kering tanaman (g)

Bahan basah ditimbang terlebih dahulu dengan timbangan analitik 2 angka dibelakang angka, setelah itu dibagi menurut daun, akar dan batang lalu bahan basah tersebut di jemur sampai kering matahari / dioven pada suhu 65-85° C sampai berat tetap setelah 48 jam dan ditimbang dengan timbangan ketelitian 2 angka dibelakang koma dalam gram.

5. Fisiologi (Kandungan klorofil total)

Pengukuran kandungan klorofil dilakukan dengan menggunakan alat SPAD-502. Cara pengukurannya yaitu mengukur daun kakao dengan SPAD-502, letakkan pada daun \pm 2 menit, kemudian data terbaca dan disimpan (Zakariyya and Prawoto, 2015).

3.3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) dan apabila terjadi perbedaan dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf kepercayaan sebesar 95 persen. Menurut Suwarti *et al.* (2013), untuk menunjukkan ekotipe toleran, medium toleran dan peka terhadap cekaman genangan dilakukan pengamatan terhadap indeks sensitivitas (IS). Indeks sensitivitas yang dihitung berdasarkan rumus Fischer & Maurer (1978) yaitu:

$$S = (1 - Y_p/Y) / (1 - X_p/X)$$

dimana :

S = Indeks sensitivitas cekaman genangan

Y_p = rata-rata nilai suatu genotipe yang mendapat cekaman genangan

Y = rata-rata nilai suatu genotipe yang tidak mendapat cekaman genangan

X_p = rata-rata dari seluruh genotipe yang mendapat cekaman genangan

X = rata-rata dari seluruh genotipe yang tidak mendapat cekaman genangan

Kriteria untuk menentukan tingkat toleran genangan adalah jika nilai $S < 0,5$ kategori genotip toleran, $0,5 < S < 1,0$ kategori genotip medium toleran, dan $S > 1,0$ untuk genotip peka.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dari ketujuh aksesori bibit tanaman kakao yang menunjukkan respon positif pada cekaman genangan hasilnya diketahui dari penghitungan nilai indeks sensitivitas, dimana aksesori yang memiliki ekotipe toleran genangan adalah K1 (ICS 60), K6 (KEE), dan K7 (KKM 22) dengan ciri-ciri responnya memiliki nilai kadar klorofil, diameter batang dan berat kering tanaman yang relatif tinggi.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian terhadap bahan-bahan tanam kakao yang tercekam perlakuan genangan yang berfokus pada variabel-variabel fisiologis, genetika, atau proteomika tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsana, I.G.K.D., S. Yahya, A.P. Lontoh, and H. Pane. 2003. The Relationship between Early Submerging and Redox Potential, Ethlene Production, and its Effects on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa*) on Direct Seedling System. *Buletin Agronomi*, 31(2): 37 – 41.
- Avivi, S., S.Soeparjono and D.P. Restanto. 2013. Identify of Morphology, Physiology and Molecular Marker to Select the Sugarcane Flooding Tolerance. *Penelitian Tim Pasca Sarjana, Universitas Jember*.
- Avivi, S., I.G.D. Satyalowa, D.P. Restanto, T.A. Siswoyo, S.Soeparjono, S.Hartatik and A.Subagio. 2016. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Tolerance Screening on Wetness Using Morphological, Physiological and Protein Markers. *The 6th Indonesian Biotechnology Conference*.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 207. *Handbook of Plant Nutrition*. Boca Raton London New York: Crc Press.Taylor & Francis group.
- BBPPTP Ambon. 2015. *Mengenal Benih Bina Kakao Asal Sulawesi Selatan*. www.ditjenbun.pertanian.go.id (diakses pada tanggal 16 Oktober 2016).
- Bertolde, F.Z., A.A.F. Almeida, and R.X Corrêa. 2010. Molecular, Physiological and Morphological Analysis of Waterlogging Tolerance in Clonal Genotypes of *Theobroma cacao* L. *Tree Physiol*, 30 : 56-67.
- Bertolde, F.Z., A.A.F. Amelda, C.P. Pirovani, F.P. Gomes, D. Anhert, V.C. Baligar, and R.R. Valle. 2012. Physiological and Biochemical Responses of *Theobroma cacao* L. Genotypes to Flooding. *Photosynthea*, 50(3): 447-457.
- Boru, G, T.T. Van Toai. J. Alves, D. Hua. M. Knee. 2003. Response Of Soybeans To Oxygen Deficiency And Elevated Root-Zone Carbondioxide Concentration. *Ann. Bot.* 91:447-453.
- Brasmanto, Y., E. Rustam, Megawati, and N. Mindawati. 2015. Growth Respon of Bambang Lanang Seedling (*Michelia champaca*) to Stress Condition. *Penelitian Hutan Tanaman*, 12 (2):81-91.
- Dalgado, C., J.Penn and G.Couturier. 2016. Status of Cacao Tree Following Seasonal Flood in Major Watersheds of the Peruvian Amazon. *Agricultural Science*, 4(2): 15-24.
- Dat, J. F., N. Capelli, H. Folzer, P. Bourgeade, P. Badot. 2004. Sensing and Siganlling during Plant Flooding. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42 : 273 -282.

- Darwati I, Rasita S.M.D, and Hernani. 2002. Effect of Water Stress on *Graptophyllum pictum* L. *Industrial Crop Research Journal* 8: 73-75
- Dennis, E.S., R. Dolferus, M.Ellis, M.Rahman, Y.Wu, F.U.Hoeren, A.Grover, K.P.Ismond, A.G.Good, and W.J.Peacock. 2000. Molecular Stratgies for Improving Waterlogging Tolerance in Plants. *Journal of Experimental Botany*, 51: 89-97
- Ditjenbun. 2013. *Statistik Perkebunan Indonesia 2010-2012*. Direktorat Jenderal Perkebunan Jakarta.
- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought Resistance In Spring Wheat Cultivars. I Grain Yield Responses. *Aust. J. Agric. Res*, 29: 897-912.
- Fitter, A.H and R.K.M. Hay. 1991. *Environmental of Physiology of Plant 3rd Edition*. U.K: University of York.
- Gilbert, R.A., Curtis R.R, Dolen R.M, and Andrew C. Bennett. Morphological Responses of sugarcane to Long-term Flooding. *Journal Agronomy* 99 : 1622 - 1628.
- Gomathi, R., P. N. G. Rao, K. Chandran, and A. Selvi. 2014. Adaptive Responses of Sugarcane to Waterlogging Stress : An Overview. *Sugar Tech*.
- Hapsari, R.T. and M. M. Adie. 2010. The Opportunity of Improvement and Development of Soybean Genotypes Tolerant of Flooding. *Jurnal Litbang Pertanian* 29(2): 50 – 57.
- Harsanti, R. S. 2015. Tolerance Test of Several Sugarcane Varieties in Various Flooding Depth. *Tesis Progam Studi Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember*.
- Haya, R., L. Kevin, S. Sapiyah, A. Francis, and M. Y. Nuraziawati. 2006. New Malaysian Board Cocoa Clones. *Malaysia Cocoa*, 3 (2): 5-8.
- ICCO. 2013. *ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XXXIX*. International Cocoa Organisation.
- Jackson, M.B. 1990. Hormones and Developmental Change in Plants Subjected to Submergence or Soil Waterlogging. *Aquatic Botany*, 38:49-72
- Jackson, M. B., K. I. and O. Ito. 2009. Evolution and Mechanisms of Plant Tolerance to Flooding Stress. *Annals of Botany*, 103 : 137 – 142.

- Jagadisha. 2009. *Studies on Flooding Duration on Growth, Yield, and Quality of Sugarcane Genotypes Under Simulated Condition*. Department of Agronomy University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- Karmawati, E., Z.Mahmud, M.Syakir, S.J. Munarsa, K.Ardana, dan Rubiya. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kartasapoetra. 1988. *Pengantar Ekonomi Produksi Pertanian*. Jakarta: Bima Aksara.
- Kaelke, C.M dan J.O. Dawson. 2003. Seasonal Flooding Regimes Influence Survival Nitrogen Fixation and The Partitioning of Nitrogen and Biomass in *Alnus incana* sp. rugosa. *Plant & soil*, 254: 167-77.
- Komariah, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan S. Djakasutami. 2004. Hubungan Antara Aktivitas Nitrat Reduktase, Kadar N Total, dan Karakter Penting Lainnya dengan Toleransi Tanaman Kedelai terhadap Genangan. *Zuriat*, 15(2): 163-169
- Kuang,W., Y.Xianjing, C.Xiuqing and X.Yafeng. 2012. Experimental Study on Water Production Function for Waterlogging Strees on Corn. *Procedia Engineering*, 28: 598-603.
- Las, Irsal. 2006. *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Bogor: Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Liu, Y.Z., B.Tang, Y.L. Zheng, K.J.Ma, S.Z. Xu, and F.Z.Qiu. 2010. Screening Methods fo Waterogging Tolearance at Maize (*Zea mays* L.) Seedling Stage. *Agricultural Science in China*, 9(3): 362-369.
- Mc Kersie B.D and Y.Y. Leshem 1994. *Stress and Stress Cooping in Cultivated Plants*. Dordrecht: Kluwes Academic Publisher.
- Mulyani A., A. Rachman dan A. Dairah. 2010. Penyebaran Lahan Masam, Potensi Dan Ketersediaannya Untuk Pengembangan Pertanian. *Agroteknologi*, 5(2): 1113-1121.
- Ojeda, M., B.Scahaffer and F.S. Davies. 2004. Flooding, Root Temperature, Physiology and Growth of Two *Annona species*. *Tree Phys*, (24): 1019-1025
- Pancaningtyas, S. T.I. Santoso and Sudarsianto. 2014. Study of Seed Germination by Soaking Method of Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 30(3): 190-197.

- Pareek, A., S. K. Sopory, H. J. Bohrent and Govindjee. 2010. *Abiotic Stress Adaptation in Plants*. Springer, Netherlands.
- Prawoto, A.A., A. Salam and Slameto. 2003. Response of Several Clones of Cocoa Seedling Against Drought Stress. *Pelita Perkebunan*, 19: 55-56
- Prawoto, A.A., M. Zainunnuroni, and Slameto. 2005. Response of Selected Clones of Cocoa Seedlings in the Nursery Against High Soil Water Content. *Pelita Perkebunan*, 21(2): 90-105.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. *Outlook Komoditi Kakao*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2013. *Bahan Tanam Kakao*. www.iccri.net (diakses pada tanggal 16 Oktober 2016).
- Rohmah, E. A. dan T.B. Saputro. 2016. Analisis Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) Varietas Grobogan Pada Kondisi Cekaman Genangan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2): 2337-3520.
- Rehem, B.C., A.A.F Almeida, M.S. Mielke, F.P. Gomes, and R.R. Valle. 2010. Photosynthetic and Growth Responses of *Theobroma cacao L.* Clones to Waterlogging. *Journal of Tropical Agriculture*, 40(12) : 17-22.
- Sairam, R.K., D. Kumutha, and K. Ezhilmathi. 2009. Waterlogging tolerance: nonsymbiotic haemoglobin-nitric oxide homeostasis and antioxidants. *Curr. Sci.* 96(5): 674–682.
- Salisbury, F.B and C.W. Ross. 1955. *Plant Physiology 3th Edition*. California: Wadsworth Pub. Co.
- Sarkar, R. K., J. N. Reddy, S. G. Sharma and A. M. Ismail. 2006. Physiological Basis of Submergence Tolerance in Rice and Implications for Crop Improvement. *Current Science*, 91 (7): 899 – 906.
- Sitompul, S.M. and B. Guritno. 1995. *Analysis of Plant Growth*. Yogyakarta: UGM Press.
- Susanto, F.X. 1994. *Tanaman Kakao*. Yogyakarta: Kanisius
- Susilawati, R.A. Suwigyono, Munandar and M. Hasmeda. 2012. Agronomic and Physiological Characteristic of Red Chilli Varieties under Waterlogging Stress. *Agron.Indonesia*, 40(3): 196-203.

- Susilawati, R.A. Suwigyono, Munandar and M.Hasmeda. 2012. Agronomic Characteristic and Tolerance of Red Chilli Varieties under Water Logging Stress during Generative Phases. *Lahan Suboptimal*, 1(1): 22-30.
- Susilo, A.W, D.Sulastri, and S. Djatiwaloejo. 2005. Selection and Estimation The Genetic Parameters of Rootstock Characteristic on Cocoa Seedling of Half-sibs Families. *Pelita Perkebunan*, 21 (3): 147-158.
- Susilo, A.W., S.Mawardi and Sudarsianto. 2009. Yield Performance of the Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones of Sca 6 and DRC 15 Resistant to Vascular-Streak Dieback. *Pelita Perkebunan*, 25(2): 76-85.
- Suwarti, N.Iriani, dan M.S. Pabbage. 2013. Seleksi Plasma Nutfah Jagung Terhadap Cekaman Genangan Air. *Seminar nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. 116-132.
- Suwarti, R.Efendi, M.Azrai, dan N. Thahir. 2013. Pertumbuhan, Hasil dan Indeks Sensitivitas Tanaman Jagung Terhadap Cekaman Genangan Air. *Seminar Nasional Serealia*, 169-171.
- Tetsushi, H. and M. A. karim. 2007. Flooding Tolerance of Sugarcane in Realtion to Growth, Physiology and Root Structure. *South Pacific Studies*, 28 (1): 9 – 12.
- Tjitrosoepomo, G. 1988. *Taksonomi Tumbuhan Sperma thopyta*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Umar, H. 1998. *Riset Sumber Daya Manusia dalam Organisasi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Prima.
- VanToai, T.T., S.K. St. Martin, K. Chase, G. Boru, V. Schnipke, A.F. Schmitthenner, and K.G. Lark. 2001. Identification of a QTL associated with tolerance of soybean to soil. waterlogging. *Crop Sci*. 41: 1247–1252.
- Visser, W.J.W., J.D. Cohen, G.W.M. Barendse, C.W.P.M. Blom dan L.A.C.J. Voesenek. 1996. An Ethylene-Medicatted Increase in Sensitivity to Auxin Induces Adventitious Root Formation in Flooded *Rumex palustris* Sm. *Plant Physiology*, 112: 1686-1692.
- Widyasari, W. B., Damanhuri, and H. Budhisantosa. 2011. Response of 13 Sugarcane Germplasm Clones Introduced From Australia to Waterlogging Stress. *MPG* 47 (1) : 10 – 27.
- Yuniarti, R. 2004. Penapisan Galur Kedelai *Glycine max* (l.) Merrill Toleran Terhadap NaCl untuk Penanaman di Lahan Salin (Screening of Soybean Cultivars *Glycine max* (L.) Merrill under Sodium Chloride Stress Condition).

Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia. Depok Makara, SAINS
8(1): 21-24

Zaidi, P.H., P.M. Selvan, R. Sultana, A. Srivastava, A.K. Singh, G. Srinivasan, R.P. Singh, and P.P. Singh. 2007. Association Between Line Per Se and Hybrid Performance Under Excessive Soil Moisture Stress in Tropical Maize. *Field Crop Research*, 101: 117-125.

Zakariyya, F and A. A. Prawoto. 2015. Stomatal Conductance and Chlorophyll Characteristic and Their Relationship with Yield of Some Cocoa Clones Under *Tectona grandis*, *Leucaena* sp., and *Casia surattensis*. *Pelita Perkebunan*, 31(2): 99-108.

Zhou, J., A.G.Yi, Y.C.Zhang, S.W.Wan, and P.Qin. 2012. Adventitious Root Growth and Relative Physiological Responses to Waterlogging in the Seedlings of Seashore Mallow (*Kosteletzkya virginica*), A Biodiesel Plant. *Australian Journal of Crop Science*, 6(1): 73-80.

Zikra, M., Suntoyo and Lukijanto. Climate Change Impacts on Indonesian Coastal Areas. 2014. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14: 57-63

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambaran penelitian



Penampakan penelitian di lahan



Pengambilan data pada pengamatan terakhir

Lampiran 2. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter tinggi tanaman

a. Tabel dua arah faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	90,15	104,55	101,75	296,45	32,939
K2	69,50	72,70	67,90	210,10	23,344
K3	81,15	94,20	91,50	266,85	29,650
K4	85,90	86,75	75,50	248,15	27,572
K5	86,00	86,75	85,25	258,00	28,667
K6	90,15	88,65	86,25	265,05	29,450
K7	69,15	69,20	72,38	210,73	23,414
Jumlah	572,00	602,80	580,53	1755,33	
Rata-rata	27,238	28,705	27,644		27,862

b. Tabel Analisis Varian Tinggi Tanaman

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	24,087	12,044	0,731	ns	5,143	10,925
Galat a	6	98,849	16,475				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	651,771	108,628	14,803	**	2,364	3,351
Interaksi							
GK	12	81,784	6,815	0,929	ns	2,033	2,723
Galat b	36	264,183	7,338				
Total	62	1120,674					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Keyakinan 95%

Sy	1,634167	1,63417	1,63417	1,634167	1,63417	1,63417
Tabel	2,868	3,015	3,111	3,18	3,232	3,274
Rp	4,686792	4,92701	5,08389	5,19665106	5,28163	5,35026

Perlakuan	Rata-rata	K7	K2	K4	K5	K6	K3	K1	Keterangan
		23,3444	23,41	27,57222222	28,6667	29,45	29,65	32,9389	
K7	23,3444	0							a
K2	23,41	0,06556	0						ab
K4	27,57222	4,22778	4,16222	0					bc
K5	28,66667	5,32222	5,25667	1,094444444	0				cd
K6	29,45	6,10556	6,04	1,877777778	0,78333	0			cd
K3	29,65	6,30556	6,24	2,077777778	0,98333	0,2	0		cd
K1	32,93889	9,59444	9,52889	5,366666667	4,27222	3,48889	3,28889	0	d

Lampiran 3. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter jumlah daun

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	32,00	31,00	27,50	90,50	10,056
K2	29,50	27,00	23,00	79,50	8,833
K3	29,00	28,50	26,50	84,00	9,333
K4	32,00	28,50	26,00	86,50	9,611
K5	32,00	28,50	26,50	87,00	9,667
K6	32,00	29,50	29,00	90,50	10,056
K7	31,00	28,00	27,50	86,50	9,611
Jumlah	217,50	201,00	186,00	604,50	
Rata-rata	10,357	9,571	8,857		9,595

b. Tabel Analisis Varian Jumlah Daun

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	23,643	11,821	4,576 ns	5,143	10,925	
Galat a	6	15,500	2,583				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	9,706	1,618	1,135 ns	2,364	3,351	
Interaksi							
GK	12	3,746	0,312	0,219 ns	2,033	2,723	
Galat b	36	51,333	1,426				
Total	62	103,929					

Lampiran 4. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter luas daun

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	1167,69	1002,41	422,30	2592,40	288,044
K2	883,73	674,09	477,76	2035,58	226,175
K3	1087,82	875,96	441,16	2404,94	267,216
K4	1094,11	970,99	486,63	2551,73	283,525
K5	1340,35	943,63	709,21	2993,19	332,577
K6	1026,45	919,96	593,12	2539,53	282,170
K7	833,45	546,53	338,74	1718,72	190,968
Jumlah	7433,59	5933,58	3468,92	16836,09	
Rata-rata	353,981	282,551	165,187		267,240

b. Tabel Analisis Varian Luas Daun

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	381637,415	190818,708	20,264 **	5,143	10,925	
Galat a	6	56499,126	9416,521				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	114241,529	19040,255	5,641 **	2,364	3,351	
Interaksi							
GK	12	32195,972	2682,998	0,795 ns	2,033	2,723	
Galat b	36	121521,067	3375,585				
Total	62	706095,110					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Keyakinan 95%

Sy	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54	33,54
Tabel	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23	3,27
Rp	96,20	101,13	104,36	106,67	108,41	109,82

Perlakuan	Rata-rata	G2	G1	G0	Keterangan
		165,187	282,551	353,981	
G2	165,19	0			a
G1	282,55	117,364	0		b
G0	353,98	188,794	71,4293	0	b

Perlakuan	Rata-rata	K7	K2	K3	K6	K4	K1	K5	Keterangan
		190,97	226,18	267,22	282,17	283,53	288,04	332,58	
K7	190,97	0							a
K2	226,18	35,21	0						ab
K3	267,22	76,25	41,04	0					abc
K6	282,17	91,20	55,99	14,95	0				abc
K4	283,53	92,56	57,35	16,31	1,36	0			abc
K1	288,04	97,08	61,87	20,83	5,87	4,52	0		bc
K5	332,58	141,61	106,402	65,36	50,41	49,05	44,53	0	c

Lampiran 5. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter klorofil daun

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	122,10	108,28	34,72	265,10	29,456
K2	104,60	74,20	33,62	212,42	23,602
K3	114,20	80,18	32,31	226,69	25,188
K4	115,60	103,80	43,40	262,80	29,200
K5	119,80	77,33	37,96	235,09	26,121
K6	115,25	95,55	55,09	265,89	29,543
K7	111,05	80,66	39,60	231,31	25,701
Jumlah	802,60	620,00	276,70	1699,30	
Rata-rata	38,219	29,524	13,176		26,973

b. Tabel Analisis Varian Klorofil Daun

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
<u>Main plot</u>						
Faktor G	2	6789,991	3394,995	70,802 **	5,143	10,925
Galat a	6	287,704	47,951			
<u>Sub plot</u>						
Faktor K	6	311,589	51,931	5,042 **	2,364	3,351
Interaksi						
GK	12	255,781	21,315	2,069 *	2,033	2,723
Galat b	36	370,818	10,300			
Total	62	8015,883				

c. Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	1,8529702	
Tabel	2,868	3,015	3,111	3,18	3,232	3,274	3,307	3,335	3,358	3,378	3,395	3,409	3,421	3,432	3,442	3,45	3,457	3,464	3,469				
Rp	5,3143186	5,5867052	5,7645904	5,8924453	5,9887998	6,0666245	6,1277725	6,1796557	6,222274	6,2593334	6,2908339	6,3167755	6,3390111	6,3593938	6,3779235	6,3927473	6,4057181	6,4186889	6,4279537				

Perlakuan	Rerata	G2K3	G2K2	G2K1	G2K5	G2K7	G2K4	G2K6	G1K2	G1K5	G1K3	G1K7	G1K6	G1K4	G0K2	G1K1	G0K7	G0K3	G0K6	G0K4	G0K5	G0K1	Notasi
		10,77	11,21	11,57	12,65	13,20	14,47	18,36	24,73	25,78	26,73	26,89	31,85	34,60	34,87	36,09	37,02	38,07	38,42	38,53	39,93	40,70	
G2K3	10,77	0																					a
G2K2	11,21	0,44	0																				a
G2K1	11,57	0,80	0,37	0																			a
G2K5	12,65	1,88	1,45	1,08	0																		a
G2K7	13,20	2,43	1,99	1,63	0,55	0																	ab
G2K4	14,47	3,70	3,26	2,89	1,81	1,27	0																ab
G2K6	18,36	7,59	7,16	6,79	5,71	5,16	3,90	0															b
G1K2	24,73	13,96	13,53	13,16	12,08	11,53	10,27	6,37	0														c
G1K5	25,78	15,01	14,57	14,20	13,12	12,58	11,31	7,41	1,04	0,95													cd
G1K3	26,73	15,96	15,52	15,15	14,07	13,53	12,26	8,36	1,99	0,95	0												cd
G1K7	26,89	16,12	15,68	15,31	14,23	13,69	12,42	8,52	2,15	1,11	0,16	0											cd
G1K6	31,85	21,08	20,64	20,28	19,20	18,65	17,38	13,49	7,12	6,07	5,12	4,96	0										de
G1K4	34,60	23,83	23,39	23,03	21,95	21,40	20,13	16,24	9,87	8,82	7,87	7,71	2,75	0									df
G0K2	34,87	24,10	23,66	23,29	22,21	21,67	20,40	16,50	10,13	9,09	8,14	7,98	3,02	0,27	0								df
G1K1	36,09	25,32	24,89	24,52	23,44	22,89	21,63	17,73	11,36	10,32	9,37	9,21	4,24	1,49	1,23	0							df
G0K7	37,02	26,25	25,81	25,44	24,36	23,82	22,55	18,65	12,28	11,24	10,29	10,13	5,17	2,42	2,15	0,92	0						df
G0K3	38,07	27,30	26,86	26,49	25,41	24,87	23,60	19,70	13,33	12,29	11,34	11,18	6,22	3,47	3,20	1,97	1,05	0					df
G0K6	38,42	27,65	27,21	26,84	25,76	25,22	23,95	20,05	13,68	12,64	11,69	11,53	6,57	3,82	3,55	2,32	1,40	0,35	0				f
G0K4	38,53	27,76	27,33	26,96	25,88	25,33	24,07	20,17	13,80	12,76	11,81	11,65	6,68	3,93	3,67	2,44	1,52	0,47	0,12	0			f
G0K5	39,93	29,16	28,73	28,36	27,28	26,73	25,47	21,57	15,20	14,16	13,21	13,05	8,08	5,33	5,07	3,84	2,92	1,87	1,52	1,40	0		f
G0K1	40,70	29,93	29,49	29,13	28,05	27,50	26,23	22,34	15,97	14,92	13,97	13,81	8,85	6,1	5,83	4,61	3,68	2,63	2,28	2,17	0,77	0	f

Lampiran 6. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter diameter batang

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	11,55	11,20	10,00	32,75	3,639
K2	9,20	7,95	4,90	22,05	2,450
K3	11,00	9,70	5,20	25,90	2,878
K4	11,65	10,15	5,59	27,39	3,043
K5	11,54	9,55	5,50	26,59	2,954
K6	11,05	10,50	8,40	29,95	3,328
K7	10,55	10,30	8,30	29,15	3,239
Jumlah	76,54	69,35	47,89	193,78	
Rata-rata	3,645	3,302	2,280		3,076

b. Tabel Analisis Varian Diameter Batang

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	21,160	10,580	60,705 **	5,143	10,925	
Galat a	6	1,046	0,174				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	7,684	1,281	7,852 **	2,364	3,351	
Interaksi GK	12	3,993	0,333	2,040 *	2,033	2,723	
Galat b	36	5,871	0,163				
Total	62	39,754					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Tabel	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23	3,27	3,31	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,46	3,46	3,47
Rp	0,67	0,70	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	

Perlakuan	Rerata	G2K2	G2K3	G2K5	G2K4	G1K2	G2K7	G2K6	G0K2	G1K5	G1K3	G2K1	G1K4	G1K7	G1K6	G0K7	G0K3	G0K6	G1K1	G0K5	G0K1	G0K4	Notasi	
G2K2	1,63	0,00																						a
G2K3	1,73	0,10	0,00																					a
G2K5	1,83	0,20	0,10	0,00																				a
G2K4	1,86	0,23	0,13	0,03	0,00																			a
G1K2	2,65	1,02	0,92	0,82	0,79	0,00																		b
G2K7	2,77	1,13	1,03	0,93	0,90	0,12	0,00																	bc
G2K6	2,80	1,17	1,07	0,97	0,94	0,15	0,03	0,00																bc
G0K2	3,07	1,43	1,33	1,23	1,20	0,42	0,30	0,27	0,00															bcd
G1K5	3,18	1,55	1,45	1,35	1,32	0,53	0,42	0,38	0,12	0,00														bcd
G1K3	3,23	1,60	1,50	1,40	1,37	0,58	0,47	0,43	0,17	0,05	0,00													bcde
G2K1	3,33	1,70	1,60	1,50	1,47	0,68	0,57	0,53	0,27	0,15	0,10	0,00												bcde
G1K4	3,38	1,75	1,65	1,55	1,52	0,73	0,62	0,58	0,32	0,20	0,15	0,05	0,00											bcde
G1K7	3,43	1,80	1,70	1,60	1,57	0,78	0,67	0,63	0,37	0,25	0,20	0,10	0,05	0,00										cde
G1K6	3,50	1,87	1,77	1,67	1,64	0,85	0,73	0,70	0,43	0,32	0,27	0,17	0,12	0,07	0,00									cde
G0K7	3,52	1,88	1,78	1,68	1,65	0,87	0,75	0,72	0,45	0,33	0,28	0,18	0,13	0,08	0,02	0,00								cde
G0K3	3,67	2,03	1,93	1,83	1,80	1,02	0,90	0,87	0,60	0,48	0,43	0,33	0,28	0,23	0,17	0,15	0,00							de
G0K6	3,68	2,05	1,95	1,85	1,82	1,03	0,92	0,88	0,62	0,50	0,45	0,35	0,30	0,25	0,18	0,17	0,02	0,00						de
G1K1	3,73	2,10	2,00	1,90	1,87	1,08	0,97	0,93	0,67	0,55	0,50	0,40	0,35	0,30	0,23	0,22	0,07	0,05	0,00					de
G0K5	3,85	2,21	2,11	2,01	1,98	1,20	1,08	1,05	0,78	0,66	0,61	0,51	0,46	0,41	0,35	0,33	0,18	0,16	0,11	0,00				e
G0K1	3,85	2,22	2,12	2,02	1,99	1,20	1,08	1,05	0,78	0,67	0,62	0,52	0,47	0,42	0,35	0,33	0,18	0,17	0,12	0,00	0,00			e
G0K4	3,88	2,25	2,15	2,05	2,02	1,23	1,12	1,08	0,82	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,38	0,37	0,22	0,20	0,15	0,04	0,03	0,00		e

Lampiran 7. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter panjang akar primer

a. Tabel Dua Arah Fakto G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	82,55	66,00	55,00	203,55	22,617
K2	65,95	60,50	51,00	177,45	19,717
K3	77,60	66,00	50,00	193,60	21,511
K4	72,10	71,50	78,70	222,30	24,700
K5	83,10	56,50	59,00	198,60	22,067
K6	78,70	63,50	61,50	203,70	22,633
K7	84,00	64,50	57,50	206,00	22,889
Jumlah	544,00	448,50	412,70	1405,20	
Rata-rata	25,905	21,357	19,652		22,305

b. Tabel Analisis Varian Panjang Akar Primer

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	438,755	219,378	21,024	**	5,143	10,925
Galat a	6	62,607	10,434				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	123,016	20,503	2,042	ns	2,364	3,351
Interaksi							
GK	12	194,849	16,237	1,617	ns	2,033	2,723
Galat b	36	361,416	10,039				
Total	62	1180,644					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	1,83	1,83	1,83
Tabel	2,87	3,02	3,11
Rp	5,25	5,52	5,69

Perlakuan	Rerata	G2	G1	G0	Notasi
		19,6524	21,3571	25,9048	
G2	19,6524	0			a
G1	21,3571	1,70476	0		ab
G0	25,9048	6,25238	4,54762		b

Lampiran 8. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter volume akar

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	0,71	1,00	0,30	2,01	0,223
K2	0,40	0,85	0,45	1,70	0,189
K3	0,44	0,88	0,43	1,75	0,194
K4	0,75	0,98	0,60	2,33	0,259
K5	0,59	1,03	0,65	2,27	0,252
K6	0,70	1,15	0,45	2,30	0,256
K7	0,51	0,80	0,60	1,91	0,212
Jumlah	4,10	6,69	3,48	14,27	
Rata-rata	0,195	0,319	0,166		0,227

b. Tabel Analisis Varian Volume Akar

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	0,276	0,138	18,359 **	5,143	10,925	
Galat a	6	0,045	0,008				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	0,047	0,008	1,389 ns	2,364	3,351	
Interaksi							
GK	12	0,052	0,004	0,768 ns	2,033	2,723	
Galat b	36	0,203	0,006				
Total	62	0,623					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Tabel	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23
Rp	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14

Perlakuan	Rerata	G2	G0	G1	Notasi
		0,1657143	0,1952381	0,3185714	
G2	0,17	0			a
G0	0,20	0,03	0		ab
G1	0,32	0,15	0,12	0	b

Lampiran 9. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter jumlah akar adventif

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	0,00	24,50	6,50	31,00	3,444
K2	0,00	21,00	9,00	30,00	3,333
K3	0,00	21,50	0,00	21,50	2,389
K4	0,00	21,00	1,00	22,00	2,444
K5	0,00	18,50	3,50	22,00	2,444
K6	0,00	32,50	12,50	45,00	5,000
K7	0,00	23,00	13,50	36,50	4,056
Jumlah	0,00	162,00	46,00	208,00	
Rata-rata	0,000	7,714	2,190		3,302

b. Tabel Analisis Varian Jumlah Akar Adventif

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	663,746	331,873	27,896	**	5,143	10,925
Galat a	6	71,381	11,897				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	51,992	8,665	1,417	ns	2,364	3,351
Interaksi							
GK	12	46,532	3,878	0,634	ns	2,033	2,723
Galat b	36	220,119	6,114				
Total	62	1053,770					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	1,43	1,43
Tabel	2,87	3,02
Rp	4,09	4,30

Perlakuan	Rerata	G0	G1	G2	Notasi
		0	2,19	7,71	
G0	0	0			a
G2	2,19	2,19	0		ab
G1	7,71	7,71	5,52	0	b

Lampiran 10. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter panjang akar adventif total

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	0,00	79,55	22,00	101,55	11,283
K2	0,00	66,15	27,30	93,45	10,383
K3	0,00	93,45	0,00	93,45	10,383
K4	0,00	120,85	2,75	123,60	13,733
K5	0,00	99,00	8,25	107,25	11,917
K6	0,00	136,05	29,10	165,15	18,350
K7	0,00	68,00	29,40	97,40	10,822
Jumlah	0,00	663,05	118,80	781,85	
Rata-rata	0,000	31,574	5,657		12,410

b. Tabel Analisis Varian Panjang Totak Akar Adventif

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	11904,076	5952,038	26,919	**	5,143	10,925
Galat a	6	1326,641	221,107				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	443,550	73,925	0,662	ns	2,364	3,351
Interaksi							
GK	12	1280,146	106,679	0,956	ns	2,033	2,723
Galat b	36	4017,562	111,599				
Total	62	18971,976					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	6,10	6,10
Tabel	2,87	3,02
Rp	17,49	18,39

Perlakuan	Rerata	G0	G2	G1	Notasi
		0	5,6571429	31,57381	
G0	0	0			a
G2	5,6571429	5,6571429	0		a
G1	31,57381	31,57381	25,916667	0	b

Lampiran 11. Hasil pengamatan dan pengolahan data pada parameter berat kering tanaman

a. Tabel Dua Arah Faktor G dan K

Faktor K	Faktor G			Jumlah	Rata-rata
	G0	G1	G2		
K1	3,87	2,49	1,69	8,05	0,894
K2	2,34	1,59	1,48	5,41	0,601
K3	2,40	1,86	1,47	5,73	0,637
K4	3,60	2,46	1,64	7,70	0,856
K5	2,95	1,89	1,73	6,57	0,730
K6	3,45	1,95	1,77	7,16	0,796
K7	3,57	1,92	1,86	7,35	0,816
Jumlah	22,18	14,16	11,64	47,98	
Rata-rata	1,056	0,674	0,554		0,762

b. Tabel Analisis Varian Berat Kering Tanaman

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
<u>Main plot</u>							
Faktor G	2	2,884	1,442	68,923	**	5,143	10,925
Galat a	6	0,126	0,021				
<u>Sub plot</u>							
Faktor K	6	0,657	0,109	14,648	**	2,364	3,351
Interaksi							
GK	12	0,350	0,029	3,905	**	2,033	2,723
Galat b	36	0,269	0,007				
Total	62	4,286					

c. Hasil Uji DMRT Tingkat Kepercayaan 95%

Sy	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Tabel	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23	3,27	3,31	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47
Rp	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,1695	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Perlakuan	Rerata	G2K3	G2K2	G1K2	G2K4	G2K1	G2K5	G2K6	G2K7	G1K3	G1K5	G1K7	G1K6	G0K2	G0K3	G1K4	G1K1	G0K5	G0K6	G0K7	G0K4	G0K1	Notasi
G2K3	0,49	0,00																					a
G2K2	0,49	0,00	0,00																				a
G1K2	0,53	0,04	0,04	0,00																			ab
G2K4	0,55	0,06	0,06	0,02	0,00																		ab
G2K1	0,56	0,07	0,07	0,03	0,02	0,00																	ab
G2K5	0,58	0,09	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00																ab
G2K6	0,59	0,10	0,10	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00															ab
G2K7	0,62	0,13	0,13	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,00														abc
G1K3	0,62	0,13	0,13	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,00	0,00													abc
G1K5	0,63	0,14	0,14	0,10	0,08	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00												bc
G1K7	0,64	0,15	0,15	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,02	0,02	0,01	0,00											bcd
G1K6	0,65	0,16	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00										bcd
G0K2	0,78	0,29	0,29	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,00	0,00								cde
G0K3	0,80	0,31	0,31	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,02	0,00	0,00							de
G1K4	0,82	0,33	0,33	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,04	0,02	0,00	0,00						ef
G1K1	0,83	0,34	0,34	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,05	0,03	0,01	0,00						ef
G0K5	0,98	0,49	0,49	0,45	0,44	0,42	0,41	0,39	0,36	0,36	0,35	0,34	0,33	0,20	0,18	0,16	0,15	0,00					f
G0K6	1,15	0,66	0,66	0,62	0,60	0,59	0,57	0,56	0,53	0,53	0,52	0,51	0,50	0,37	0,35	0,33	0,32	0,167	0,00				fg
G0K7	1,19	0,70	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,41	0,39	0,37	0,36	0,21	0,04	0,00			g
G0K4	1,20	0,71	0,71	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61	0,58	0,58	0,57	0,56	0,55	0,42	0,40	0,38	0,37	0,22	0,05	0,01	0,00		g
G0K1	1,29	0,80	0,80	0,76	0,74	0,73	0,71	0,70	0,67	0,67	0,66	0,65	0,64	0,51	0,49	0,47	0,46	0,31	0,14	0,10	0,09	0,00	g