

**SELEKSI HIBRIDA DAN GALUR JAGUNG TOLERAN LAHAN
KERING MASAM DAN MEKANISME ADAPTASINYA**

**PAESAL
NIM P013201012**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SELEKSI HIBRIDA DAN GALUR JAGUNG TOLERAN LAHAN
KERING MASAM DAN MEKANISME ADAPTASINYA**

Disertasi

**sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar doktor
Program Studi Ilmu Pertanian**

Disusun dan diajukan oleh

**PAESAL
NIM P013201012**

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

DISERTASI

SELEKSI HIBRIDA DAN GALUR JAGUNG TOLERAN LAHAN KERING MASAM DAN MEKANISME ADAPTASINYA

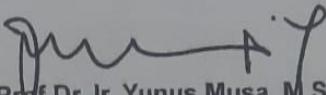
Disusun dan diajukan oleh

PAESAL
NIM P013201012

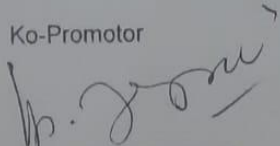
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Pada tanggal 16 Januari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Promotor


Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc
NIP. 195412201983031001

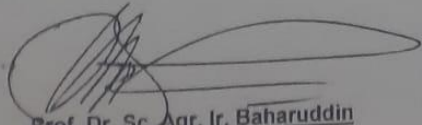
Ko-Promotor


Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP
NIP. 19590926 198601 1001

Ko-Promotor


Prof. (R) Dr. Muhammad Azrai, SP.MP
NIP. 19720120 1999031002

Ketua Program Studi


Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 196012241986011001

Dekan Sekolah pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(R), M.Med.Ed
NIP. 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi yang berjudul Seleksi Hibrida dan Galur Jagung Toleran Lahan Kering Masam dan Mekanisme Adaptasinya adalah merupakan hasil karya sendiri yang ditulis berdasarkan hasil penelitian yang telah saya lakukan dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Yunus Musa M.Sc. sebagai Promotor, dan Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P., sebagai Ko-promotor-1, Prof. (R) Dr. Muhammad Azrai, SP. MP. Sebagai Ko-promotor-2. Semua data original dan dibahas berdasarkan pemikiran sendiri yang didukung berbagai literatur. Saya bersedia menerima sanksi, apabila karya ini merupakan hasil karya pemikiran orang lain. Sebahagian dari disertasi ini sudah diterbitkan pada Jurnal Internasional “Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery” Aug. 2023, Vol. 54 No. 8: 219-228, Jurnal Q2 (Agricultural and Biological Sciences SJR 2022 0,48 (miscellaneous) ISSN 1000-1298 dan pada Prosiding Internasional Open Access Paper: ICOPOD-2022, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1192 (2023) 012021 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1192/1/012021.

Dengan terpenuhinya publikasi tersebut saya melimpahkan hak cipta karya tulis saya berupa karya disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Januari 2024
Yang menyatakan



Paesal

NIM: P013201012

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah S.W.T. yang telah memberi hidayah sehingga disertasi ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan baik dan disertasi ini dapat terampungkan berkat bimbingan, diskusi, dan arahan mendasar oleh Prof. Dr. Ir. Yunus Musa M.Sc. sebagai promotor, Dr. Muh. Jayadi, M.P. sebagai Ko-promotor-1, dan Prof. (R) Dr. Muhammad Azrai, S.P. M.P. sebagai Ko-promotor-2. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tim Penguji internal Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S., Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P., Dr. Ir. Rafiuddin, M.P., Dr. Ir. Burhanuddin Rasyid, M.Sc. dan penguji eksternal Dr. Roy Efendi, S.P. M.Si atas saran-saran dan koreksinya. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Bapak Prof. (R) Dr. Muhammad Azrai S.P. M.P. yang telah mengarahkan dan memberikan bantuan moril dan materil, untuk melaksanakan penelitian serta penulisan disertasi. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Bapak Prof. (R) Dr. Ir. Fadji Jufri, M.S. selaku Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan Bapak Dr. Laksana Tri Handoko selaku Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah mengizinkan saya untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya dalam menempuh study program doktor. Saya berterima kasih pula kepada para dosen yang telah membimbing dalam berfikir kritis untuk mengembangkan ilmu pengetahuan. Terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa dan teman-teman peneliti atas dorongan, semangat dan kerjasamanya. Terima kasih kepada S. Bambang Priyanto, SP. MSi, Fitra Gunawan SP, Imam S., SP. dan lainnya yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian tidak bisa saya sebut satu per satu. Akhirnya, kepada kedua orang tua dan kedua mertua (almarhum/almarhumah) saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan, semoga menjadi amal jariah. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada isteri tercinta Ir. Syuryawati, M.S., anak-anakku tersayang (Muhammad Syahril Faesal, ST., Muhammad Syafril Faesal SKM, dr. Ahmad Syaiful Faesal, Ahmad Syarwan Faesal, S.P.) serta seluruh keluarga (kakak Ir. M. Yasin HG, M.S. dan kakak/adik lainnya, ponakan dan cucu) atas pengorbanan, kesabaran, motivasi dan dukungannya yang tak ternilai.

Penulis,

Paesal


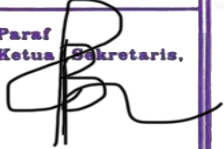
SELEKSI HIBRIDA DAN GALUR JAGUNG TOLERAN LAHAN KERING MASAM DAN MEKANISME ADAPTASINYA

ABSTRAK

PAESAL. Seleksi Hibrida dan Galur Jagung Toleran Lahan Kering Masam dan Mekanisme Adaptasinya (dibimbing oleh **Yunus Musa, Muh. Jayadi, dan Muhammad Azrai**).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode seleksi cepat dan mendapatkan hibrida jagung toleran untuk peningkatan hasil jagung pada lahan kering masam. Penelitian terdiri atas empat tahap, yakni: 1) Penapisan cepat galur dan hibrida jagung untuk toleran terhadap tanah masam; 2) Seleksi hibrida jagung toleran terpilih dan amendmen tanah untuk meningkatkan produktivitas jagung di lahan kering masam; 3) Evaluasi daya hasil dan adaptasi jagung pada lahan masam dan normal; 4) Seleksi cepat hibrida jagung untuk toleran masam menggunakan metode marka SSR dan persilangan dialelnya. Analisis ragam menggunakan program Excel, STAR dan PB Tool Versi 1.3 (IRRI). Penelitian Tahap 1 menemukan tiga genotipe (hibrida) toleran masam ($ITC > 0.5$) yaitu: MAL03/122, MAL03/205, MAL03/192, dengan hasil $> 6,0$ t/ha. Penelitian Tahap 2 menemukan metode penapisan jagung hibrida dengan modifikasi tanah pH 5,1 menjadi pH 4,3 dan (pH 6,5) dan tersaring MAL03x208, MAL03x192 dan Bisi-18 tergolong toleran masam ($RRG > 30\%$), dan amandemen kapur pada tanah masam menghasilkan biji tertinggi disusul biochar janggal, abu sekam dan chek tanah masam. Genotipe MAL03x122 menghasilkan biji kering tertinggi (6,01 t/ha) berbeda nyata dengan Bisi-18 (4,85 t/ha). Percobaan Tahap 3 menemukan Interaksi kemasaman tanah dengan hibrida berpengaruh sangat nyata terhadap anthesis, silking, bobot 100 biji, panjang tongkol, hasil biji. Percobaan Tahap 4 menemukan 15 marka SSR dapat mendeteksi keragaman genetik galur jagung toleran masam dengan koefisien kemiripan genetik 0,35-0,78. Jarak genetik terdekat hibrida GM 8 (CB. POP. 11-6-1-2-1-4-1 dan GM 22(AVLN 118), jarak terjauh GN24 (HDMT 52-L5-7 dan GN31(MGOLD)).

Kata kunci: *Galur, Hibrida, Jagung, Lahan masam, Seleksi, Toleran*

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____	Paraf Ketua Sekretaris. 

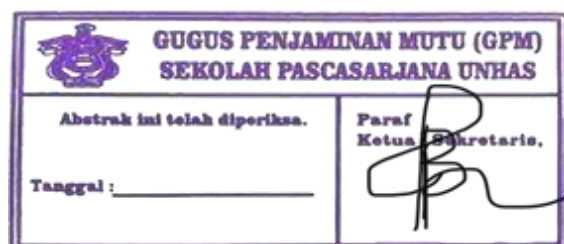
SELECTION OF HYBRIDS AND CORN LINE TOLERANT DRY LANDS AND THEIR ADAPTATION MECHANISMS

ABSTRACT

PAESAL. *Selection of Corn Lines and Hybrids Tolerant to Acid Dry Land and Their Adaptation Mechanisms* (supervised by **Yunus Musa, Muh. Jayadi, and Muhammad Azrai**).

The current research objective is to obtain a fast-selection method and acquire tolerant corn genotype (hybrids) to increase corn yields on acid dry land. The study was divided to four stages, viz: 1). Rapid screening of hybrid and corn lines for tolerance to acid soil; 2). Selection of selected tolerant corn hybrids and soil amendments to increase corn productivity on acid dry land; 3). Evaluation of yield capacity and adaptation of corn to acidic and normal land; 4). Rapid selection of corn hybrids for acid tolerance using the SSR marker method and diallel crossing. Analysis of variance of data utilized the software Excel, STAR and PB Tool Version 1.3 programs (IRRI). fResult for the first stage experiment found three acid tolerant genotypes (ITC>0.5), i.e.: MAL03/122, MAL03/205, MAL03/192, with yields > 6.0 t/ha. Study result for the second stage found a method of screening corn hybrids with soil modification from pH 5.1 to pH 4.3 and (pH 6.5) filtered MAL03x208, MAL03x192 and Bisi-18 classified as acid tolerant (RRG>30%), and lime amendments on acid soil. produced the highest seeds, followed by corn biochar, husk ash and acid soil check. The MAL03x122 hybrid produced the highest dry seeds (6.01 t/ha), significantly different from Bisi-18 (4.85 t/ha). Results at the third stage found that the interaction of soil acidity with hybrids had a very significant effect on anthesis, silking, weight of 100 seeds, ear length, seed yield. While at the fourth stage the result showed that 15 SSR markers can be used to detect the genetic diversity of acid-tolerant corn lines with a genetic similarity coefficient of 0.35-0.78. The closest genetic distance is GM 8 hybrid (CB. POP. 11-6-1-2-1-4-1 and GM 22(AVLN 118), the furthest distance is GN24(HDMT 52-L5-7 and GN31(MGOLD).

Keywords: Acid soil, Corn, Hybrid, Lines, Selection, Tolerant.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
LEMBARAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Rumusan Masalah	5
Tujuan Penelitian	6
Kegunaan Penelitian	7
Ruang Lingkup Penelitian	7
Kebaruan Penelitian	8
Daftar Pustaka	9
BAB II. SELEKSI HIBRIDA DAN GALUR JAGUNG TOLERAN LAHAN MASAM	
2.1. Pendahuluan	11
2.2. Metodologi Penelitian	13
2.3. Hasil dan Pembahasan	16
2.4. Kesimpulan	24
Daftar Pustaka	24
BAB III. SELEKSI HIBRIDA JAGUNG TOLERAN DAN PENINGKATAN PRODUKTIVITAS JAGUNG PADA LAHAN KERING MASAM	
3.1. Pendahuluan	28
3.2. Metodologi Penelitian	30
3.3. Hasil dan Pembahasan	35

3.4. Kesimpulan	51
Daftar Pustaka	52
BAB IV. EVALUASI DAYA HASIL DAN ADAPTASI HIBRIDA JAGUNG TOLERAN PADA LAHAN KERING MASAM	
4.1. Pendahuluan	63
4.2. Metodologi Penelitian	64
4.3. Hasil dan Pembahasan.....	68
4.4. Kesimpulan	81
Daftar Pustaka	81
BAB V. SELEKSI CEPAT GALUR JAGUNG TOLERAN MASAM DENGAN METODE SSR	
5.1. Pendahuluan	85
5.2. Metodologi Penelitian	86
5.3. Hasil dan Pembahasan.....	92
5.4. Kesimpulan	98
7Daftar Pustaka	98
BAB VI. PEMBAHASAN UMUM	102
BAB VII. KESIMPULAM UMUM	107
LAMPIRAN PUBLIKASI	119

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
2.1	Komponen akar dan tajuk beberapa benih hibrida jagung toleran masam di labooratorium	16
2.2	Korelasi beberapa parameter perkecambahan benih jagung toleran masam terseleksi, Maros 2021	17
2.3	Analisis tanah di lokasi percobaan lahan normal dan lahan masam, Kebun Percobaan IP2TP Bontobili Gowa Sulawesi Selatan	17
2.4	Hasil biji seleksi hibrida dan galur jagung di lokasi tanah normal dan masam, di IP2TP Bontobili 2021	18
2.5	Persentase penurunan hasil, indeks kepekaan, indeks toleran cekaman hibrida jagung pada lingkungan masam, Bontobili 2021	21
3.1	Analisis tanah masam dan normal di lokasi percobaan Instalasi Penelitian Pertanian, Bontobili, Gowa, Sulawesi Selatan	36
3.2	Respon beberapa hibrida jagung yang ditanam pada tanah normal pH 6,5 umur 7 hari setelah tanam.	37
3.3	Korelasi parameter pertumbuhan beberapa benih hibrida jagung toleran masam umur 7 hst pada tanah pH 6,5	37
3.4	Respon beberapa hibrida jagung umur bibit 7 hst yang dtanam pada tanah masam pH 4,3	38
3.5	Korelasi parameter pertumbuhan beberapa hibrida jagung toleran masam umur 7 hst pada tanah pH 4,3	39
3.6	Respon beberapa hibrida jagung pada tanah normal pH 6,5 umur semai 14 hst.	39
3.7	Korelasi parameter pertumbuhan beberapa hibrida jagung toleran masam umur 14 hst pada tanah pH 6,5	41
3.8	Respon beberapa hibrida jagung umur 14 hst pada tanah masam pH 4,3	42
3.9	Korelasi parameter pertumbuhan beberapa benih hibrida jagung toleran masam umur 14 hst pada tanah masam pH 4,3	43
3.10	Analisis tanah di lokasi percobaan Carangki, Kec. Tanralili Kab Maros Provinsi Sulawesi Selatan	44
3.11	Pengaruh pemberian kapur (CaCO ₃) terhadap pertumbuhan akar dan tajuk beberapa hibrida jagung toleran masam pada umur 7 hst, di polybag	44
3.12	Korelasi beberapa variabel pertumbuhan hibrida jagung pada tanah pH 6,5	45
3.13	Pengaruh aplikasi AlCl ₃ terhadap pertumbuhan akar dan tajuk beberapa hibrida jagung toleran masam pada umur 7 hari setelah tanam	46
3.14	Korelasi variabel pertumbuhan beberapa hibrida jagung pada tanah masam dimodifikasi menjadi lebih masam pH 4.3	46
3.15	Analisis tanah asli dan modifikasinya dengan penambahan AlCl ₃ dan CaCO ₃ untuk skrining hibrida jagung toleran masam	47
3.16	Pengaruh jenis amandemen pada tanah masam terhadap pertumbuhan hibrida jagung toleran masam	48

4.1	Analisis tanah masam di lokasi percobaan Instalasi Penelitian Pertanian Tanaman Pangan (Maros), Sulawesi Selatan	67
4.2	Analisis sidik ragam beberapa karakter penting jagung hibrida toleran masam pada tanah normal dan masam, Maros, 2022	68
4.3	Hasil biji, penurunan hasil, indeks intensitas cekaman dan indeks kepekaan cekaman	69
5.1	Materi genetik yang digunakan dalam penentuan diversifikasi galur dengan metode marka SSR	87
5.2	Marka molekuler spesifik toleran masam yang digunakan dalam penelitian ini, Maros 2023	88
5.3	Profil data 15 lokus SSR hasil karakterisasi 33 koleksi galur jagung untuk toleran masam, MT 2023	92
5.4	Persentase heterogenitas dan homosigozitas galur jagung pada primer kemasaman	93

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
1.1	Kerangka pikir penelitian	7
2.1	Pebedaan hasil biji galur dan hibrida jagung pada lahan normal dan lahan kering masam	20
3.1	Pengaruh jenis amandmen terhadap hasil biji hibrida jagung pada tanah masam	48
3.2	Pengaruh hibrida jagung toleran terhadap hasil biji pada tanah masam amandemen	48
4.1	Tester Vector View GYT pada lahan Netral	70
4.2	Tester Vector View GYT pada lahan masam	71
4.3	GYT biplot 'Which Won Where di lahan netral	72
4.4	GYT biplot 'Which Won Where di lahan masam	74
4.5	GYT Biplot Average Tester Coordination pada lahan normal	75
4.6	GYT Biplot Average Tester Coordination pada lahan masam	76
4.7	Biplot GYT Vector View pada Lahan Netral	78
4.8	Biplot GYT Vector View pada Lahan masam	79
5.1	Penampakan pita DNA menggunakan marka 12-BMC 1828, Laboratorium Biomolekuler BSIP Tanaman Serealia	90
5.2	Penampakan pita DNA menggunakan marka 6-HvMATE, Laboratorium Biomolekuler BSIP Tanaman Serealia	90
5.3	Konstruksi dendrogram 33 sampel daun jagung yang dikoleksi pemulia menggunakan 20 marka SSR berdasarkan analisis UPGMA	94
5.4	Matrik jarak genetik antar 33 galur murni yang digunakan pada penelitian ini	95
5.5	Konstruksi 33 sampel daun jagung koleksi pemulia menggunakan 20 marka SSR berdasarkan analisis komponen juga diperoleh 3 kelompok A, B dan C.	96

LAMPIRAN TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
2.1	Pengaruh Sub Blok terhadap hasil hibrida dan galur jagung pada kondisi lahan normal, Bontobili, 2021	26
2.2	Sidik ragam hasil biji hibrida dan galur jagung toleran masam, pada tanah normal, Bontobili 2021	27
2.3	Pengaruh Sub Blok terhadap hasil hibrida dan galur jagung pada kondisi lahan masam, Bontobili, 2021	27
2.4	Sidik ragam hasil biji galur dan hibrida jagung toleran masam, pada tanah masam, Bontobili 2021	27
3.1	Sidik ragam tinggi tanaman pada evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	57
3.2	Sidik ragam tinggi tongkol evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	57
3.3	Sidik ragam jumlah klorofil evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	56
3.4	Sidik ragam bobot tongkol evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	58
3.5	Sidik ragam diameter tongkol evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	58
3.6	Sidik ragam panjang tongkol panen evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	58
3.7	Sidik ragam hasil biji evaluasi daya hasil hibrida di lahan masam Tanralili, Maros 2022	59
3.8	Sidik ragam jumlah baris biji per tongkol evaluasi daya hasil genotipe di lahan masam Tanralili, Maros 2022	59
4.1	Korelasi komponen pertumbuhan dan hasil 33 hibrida jagung pada lahan masam	84
4.2	Korelasi komponen pertumbuhan dan hasil 33 hibrida jagung pada lahan normal	84
5.1	Jarak genetik 33 galur jagung yang digunakan dalam penelitan ini	101
6.1	Hasil benih persilangan dialel galur-galur toleran Masam	112

LAMPIRAN GAMBAR:

No.		LAMPIRAN GAMBAR:		No.	Halaman
No.	Judul Gambar	Judul Gambar	Halaman		Halaman
3.1	Seleksi hibrida jagung dengan modifikasi pH tanah di Polybag	Seleksi hibrida jagung dengan modifikasi pH tanah di Polybag	3.1	Se61	61
3.2	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lapangan	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lapangan	3.2	Pe62	62
3.1	Seleksi hibrida jagung dengan modifikasi pH tanah di Polybag	Seleksi hibrida jagung dengan modifikasi pH tanah di Polybag	3.1	Se61	61
3.2	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lapangan	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lapangan	3.2	Pe62	62
3.3	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lahan	Penampilan pertumbuhan tanaman hibrida toleran masam di lahan	3.3	Pe62	62
6.1	Penampilan tanaman untuk persilangan dialel di lahan masam	Penampilan tanaman untuk persilangan dialel di lahan masam	6.1	Pe109	109
6.2	Penampilan tongkol hasil selfing galur murni untuk toleran masam	Penampilan tongkol hasil selfing galur murni untuk toleran masam	6.2	Pe109	109

LAMPIRAN PUBLIKASI

No.	JUDUL MAKALAH	Halaman
1.	Screening of Elite Lines and Tolerant Maize Genotypes to Increase the Productivity of Acid Mineral Soils	119
2.	Screening of acid-tolerant hybrid Corn lines and parents using modified acid mineral soil	132
3.	Challenges and Potential of Acidic Mineral Soil Utilization and Hybrid Corn Development: A Review	143
4.	Screening Maize Genotype and Waste of Amendment under Acid Dry Soil to Increase of Maize Productivity	155

BAB. I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung merupakan komoditas pertanian yang menempati posisi penting karena memiliki multi fungsi sebagai bahan pangan, pakan, energi dan bahan baku industri. Peningkatan produksi jagung Indonesia cenderung berfluktuasi dimana kecenderungan meningkat sejak tahun 2010 hingga mencapai rekor tertinggi pada tahun 2018 yaitu sebesar 30,25 juta ton. Namun demikian, produksi jagung nasional menurun menjadi 22,58 juta ton pada tahun 2019 dan 22.50 juta ton pada tahun 2020 (FAO). Neraca konsumsi jagung menunjukkan bahwa penggunaan komoditas jagung pada tahun 2020 sebesar 24,86 juta ton, sehingga terdapat selisih kebutuhan dan produksi jagung secara nasional sebesar 2,36 juta ton (Pusdatin 2020). Pada tahun 2020 Indonesia mengimpor jagung sebanyak 3,499 juta ton dan hanya mengespor 64,6 juta ton (FAO, 2022). Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik tahun 2023), menunjukkan bahwa produksi jagung nasional dengan kadar air 15% pada tahun 2021 sebesar 13,41 %, mengalami peningkatan menjadi 16,57 % pada tahun 2022 dan diprediksi mengalami penurunan pada tahun 2023 menjadi 14,46 % atau jika disetarakan dengan kadar air 15% masing-masing sebesar 22,36 juta ton pada tahun 2021 dan 27,62 juta ton pada tahun 2022 serta diprediksi 24,10 juta ton pada tahun 2023

(<https://www.bps.go.id/indicator/53/2204/1/harvested-area-productivity-and-production-of-maize-by-province.html>).

Proporsi pemanfaatan jagung terbesar di Indonesia adalah sebagai bahan baku utama pakan ternak dan unggas dengan komposisi penggunaan mencapai 51-60% (Swastika *et al.* 2004; Sutoro 2012), sedangkan untuk pangan hanya sekitar 30%, dan sisanya untuk kebutuhan industri lainnya dan benih (Kementan, 2013). Oleh karena itu produksi jagung harus diupayakan terus meningkat baik melalui program intensifikasi maupun ekstensifikasi untuk memenuhi kebutuhan yang terus bertambah, sedangkan lahan produksi terus mengalami penurunan yang disebabkan oleh persaingan dengan tanaman pangan lain dan peralihan pemanfaatan lahan subur eksisting untuk budidaya jagung ke non pertanian. Untuk memenuhi permintaan jagung pada periode Januari sampai September 2018

Indonesia masih mengimpor jagung sebanyak 72.778 ton (Kemendag, 2019). Selama periode 5 tahun (2014-2018) luas panen jagung meningkat dari 3,84 juta ha menjadi 5,73 juta ha, sedangkan produksi 19,01 juta ton menjadi 30,06 juta ton dengan produktivitas naik dari 4,95 t/ha menjadi 5,24 t/ha, berarti bahwa perluasan areal tanam berkontribusi lebih besar dibanding peningkatan produktivitas (BPS, 2018). Luas panen jagung di Indonesia rata-rata 5 tahun (2014-2018) hanya bertumbuh 3,6% (Kementan, 2020).

Salah satu cara untuk meningkatkan produksi jagung nasional adalah melalui ekstensifikasi dengan memanfaatkan lahan kurang subur seperti lahan kering masam. Lahan kering (mineral) masam di Indonesia sangat potensial untuk pengembangan jagung dengan luas total diperkirakan 102,8 juta ha, terluas pada ordo Ultisols dan Inceptisols dengan dominasi penyebaran terdapat di Sumatra, Kalimantan dan Papua, sedangkan lahan kering tidak masam 45,2 juta ha (Puslittanak, 2000). Dari total luas lahan kering masam tersebut 56,0 juta ha sesuai untuk pengembangan pertanian. Khusus di Sulawesi Selatan terdapat lahan kering masam 3,3 juta ha didominasi Inceptisol dan Oxisol masing-masing 1,54 dan 1,52 juta ha (Mulyani *et al.* 2004).

Produksi jagung di tanah masam agak tertinggal karena terkendala faktor kemasaman tanah yang dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 65% (Tandzi *et al.*, 2018; Ndeke dan Tembo, 2019). Kemasaman tanah menjadi faktor pembatas utama untuk peningkatan produksi jagung di lahan kering masam (Li-Ming *et al.* 2018; Matiello, *et al.*, 2020; Du, *et al.*, 2020). Kemasaman tanah mineral sangat ditentukan oleh tingkat kelarutan Al dan keracunan tanaman akibat cekaman Aluminium melalui penghambatan pertumbuhan akar tanaman ditandai dengan akar memendek, ujung akar menebal (Gomez, *et al.*, 2017). Pada tanah pH < 5 fitotoksik Aluminium (Al^{3+}) dengan cepat menghambat pertumbuhan akar, selanjutnya mempengaruhi penyerapan hara dan air (Atikur Rahman *et al.*, 2018; Sauza *et al.*, 2015).

Upaya untuk mengatasi cekaman kemasaman tanah telah dilakukan banyak penelitian seperti yang dilaporkan oleh Xu *et al.*, (2017) bahwa penapisan 141 plasma nutfah jagung ditemukan 2 kultivar yaitu HZ 85 dan HZ 178 memiliki toleransi terhadap kelarutan Al yang tinggi. Di Brazil diperoleh 17 kultivar jagung dari penapisan 50 varietas lokal yang tergolong toleran Aluminium (de Jesus Caelho, *et al.*, 2016). Ditemukan 2 kultivar yaitu CMS 36 dan CMS 30 sudah dilepas dan digunakan sebagai sumber gen jagung hibrida toleran Al di wilayah tropika di

seluruh dunia (Magnavaca dan Filho, 2019). Perlakuan benih dengan asam askorbat dapat meningkatkan pertumbuhan akar, batang dan hasil jagung yang mendapat cekaman Al (Alkantara, *et al.*, 2015).

Fertilisasi sendiri terdiri dari penyerbukan tongkol dengan serbuk sari dari tanaman yang sama, menyebabkan tanaman menjadi homozygosis. Namun untuk memperbaiki silsilah perlu dilakukan proses seleksi yang sejalan dengan peningkatan endogami galur. Perolehan kombinasi genetik yang unggul sangat sulit karena tidak setiap galur akan menghasilkan hibrida yang unggul karena daya gabungannya yang lebih rendah dengan galur terpilih lainnya (Carvalho *et al.*, 2008). Penggunaan jagung hibrida toleran masam untuk meningkatkan produksi jagung di lahan kering masam dapat dilakukan seleksi atau penyaringan galur dan hibrida jagung toleran masam hasil tinggi. Secara umum, program produksi tanaman hibrida terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut. Pemilihan populasi, pengembangan galur inbriding, evaluasi daya gabung dan pengujian ekstensif kombinasi hibrida. Seluruh tahapan tersebut, pemilihan populasi yang terisolasi menjadi penting, karena seluruh keberhasilan sangat ditentukan olehnya.

Menurut Stoskopt *et al.*, (1993) perbedaan sifat-sifat dan variasi antar galur yang tinggi memudahkan seleksi memperoleh pasangan heterotik untuk perakitan jagung hibrida. Setelah mencapai koleksi galur elit, beberapa metode dapat diterapkan untuk mengevaluasi kemampuan kombinasi di antara galur-galur yang dipilih sebelumnya. Beberapa metode tersebut adalah: complete diallel, partial diallel, circulant diallel, dan top cross. Metode-metode ini didasarkan pada konsep daya gabung umum dan daya gabung khusus.

Populasi ini seharusnya membawa alel yang menguntungkan untuk sifat-sifat agronomi, yang memungkinkan pencapaian galur unggul (Hallauer *et al.*, 2010). Salah satu alternatif yang telah banyak digunakan untuk pembentukan populasi dasar adalah pemanfaatan plasma nutfah dasar genetik yang sempit seperti hibrida silang tunggal (Souza, 2005; Oliboni *et al.*, 2013). Menurut Carvalho (2008), setelah pengumpulan populasi, pemandulan pada tanaman terpilih adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mendapatkan galur inbrida.

Integrasi amandemen tanah dengan teknologi budidaya di tanah masam menawarkan strategi yang berkelanjutan dan komprehensif untuk pengelolaan tanah masam di daerah tropis. Peningkatan hasil biji lebih terkait dengan penurunan Al tukar ($r = 0,86$ sampai $0,95$, $P < 0,01$) dan peningkatan Ca ($r = 0,78-0,94$, $P < 0,01$), Al yang dapat ditukar merupakan faktor utama yang menentukan

pH ($r = 0,88$ sampai $0,92$), $P < 0,01$ (The, *et al.*, 2006). Aplikasi biochar secara signifikan memperlambat toksisitas Al pada tanaman selama pengasaman ulang pada tanah. Jika ditambahkan $4,0$ mM HNO_3 , pemanjangan akar semai jagung pada oksisol yang diaplikasi biochar 99% lebih tinggi dibandingkan dengan oksisol dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Selain itu, serapan Evans blue dan kandungan Al di ujung akar pada perlakuan biochar adalah 60% dan 51% lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. (Young Shia, 2020). Dari uraian tersebut belum ada penelitian tentang seleksi atau penyaringan galur dan hibrida jagung berbarengan dengan percobaan laboratorium dan lapang untuk mendapatkan calon hibrida toleran lahan kering masam.

1.2. Review of Evidence/ Gap of Knowledge

1.2.1. Tantangan dan Potensi Lahan Mineral Masam Untuk Pengembangan Jagung Hibrida

Jagung merupakan tanaman serealia yang beradaptasi luas, dapat ditanam pada lahan kering, sawah irigasi, sawah tadah hujan maupun lahan marginal. Selain itu jagung sangat potensial sebagai sumber pangan, pakan, bahan baku industri dan sumber energi. Seiring dengan permintaan jagung yang terus meningkat baik domestik maupun untuk ekspor, maka peningkatan produksi jagung harus terus diupayakan. Namun disisi lain lahan subur untuk budidaya jagung semakin berkurang karena berkompetisi dengan tanaman pangan lain dan konversi penggunaan lahan. Pemanfaatan lahan kering (mineral) masam di Indonesia untuk peningkatan produktivitas jagung menjadi satu pilihan strategis dilihat dari aspek potensi luas lahan, namun diketahui bahwa di lahan tersebut memiliki faktor pembatas utama produktivitas yaitu kemasaman tanah.

Lahan kering masam di Indonesia sangat potensial untuk pengembangan pangan khususnya jagung dengan luas total diperkirakan 102,8 juta ha, terluas pada ordo Ultisols dan Inceptisols dengan dominasi penyebaran terdapat di Sumatra, Kalimantan dan Papua, sedangkan lahan kering tidak masam 45,2 juta ha (Mulyani *et al.*, 2004). Potensi luas lahan tersebut menunjukkan potensi lahan mineral masam dua kali lipat lebih luas dibanding lahan mineral tidak masam. Pengembangan tanaman pangan pada lahan mineral masam tertinggal karena memiliki faktor pembatas meliputi kandungan hara rendah, pH rendah dan keracunan Aluminium. Lahan mineral masam terutama di cirikan oleh $\text{pH} < 5,0$

dengan kejenuhan Al > 50%. Menurut Yost dalam (Silva dan Uchida, 2000) bahwa kelarutan Al diperoleh dengan formula = $(Al/Al+Ca+Mg+K) \times 100\%$.

Lahan pertanian terluas di Sumatra dan Kalimantan pada umumnya berupa lahan kering yang didominasi oleh tanah mineral masam. Kendala utama pengembangan tanaman jagung di lahan masam adalah defisiensi P dan keracunan Al. Upaya pemanfaatan lahan tersebut secara optimal memerlukan varietas jagung yang toleran terhadap lahan masam. Ketersediaan hibrida varietas jagung hibrida toleran masam berdasarkan hasil Litbang Pertanian di Indonesia belum ada, sedangkan jagung bersari bebas hanya Sukmaraga dan Antasena. Untuk memperoleh varietas hibrida toleran dengan cepat, salah satu cara yaitu melalui penapisan atau seleksi galur elit, genotipepe/hibrida dan tetua jagung calon varietas unggul baru. Menurut Mantonyei *et al.*, (2014) bahwa galur jagung toleran masam menyerap lebih sedikit Al pada ujung akar dibanding yang peka.

Metode seleksi tanaman toleran masam pada dapat dilakukan secara tidak langsung menggunakan AlCl₃ terhadap benih. Sebagaimana yang dilakukan pada sorgum, Human, (2014) melaporkan bahwa benih sorgum yang ditumbuhkan pada media berisi 148 μ M AlCl₃ sebagai media penapisan pendahuluan. Menurut Butchee (2012) bahwa penapisan sorgum toleran kemasaman tanah pada pH >5,5 jumlah yang mati tidak bertambah, namun ketika penapisan dibawah pH 4,43 jumlah yang mati bertambah secara signifikan. Menurut Ouma *et al.*, (2013) bahwa pelumuran benih jagung dengan hematoxylin ditumbuhkan pada kelarutan Al (44-45,6%) menunjukkan respon toleran terhadap Al dan terdapat korelasi antara pelumuran hematoxylin dengan pertumbuhan relatif akar ($r^2= 0,88$, $P<005$). Menurut Xu *et al.*, (2017) bahwa penapisan 141 plasma nutfah jagung ditemukan 2 kultivar yaitu HZ 85 dan HZ 178 memiliki pertumbuhan akar relatif tinggi artinya memiliki sifat toleran terhadap kelarutan Al yang tinggi. Sedangkan di Brazil diperoleh 17 kultivar jagung tergolong toleran Aluminium dari penapisan 50 varietas lokal (Caroline, et al. 2016). Ada 2 kultivar yaitu CMS 36 dan CMS 30 telah dilepas dan digunakan sebagai sumber gen jagung hibrida toleran Al di wilayah tropika di seluruh dunia (Magnavaca dan Filho, 2019).

1.3. Rumusan masalah

Tanaman jagung sangat penting untuk pangan, pakan maupun energi, menyebabkan permintaan jagung terus meningkat baik domestik maupun untuk ekspor, sedangkan produksi jagung 10 tahun terakhir mengalami fluktuatif dan

cenderung menurun. karena itu peningkatan produksi jagung harus terus diupayakan. Lahan subur yang digunakan untuk produksi jagung semakin berkurang karena bersaing dengan tanaman pangan, selain terjadinya alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian. Di sisi lain tersedia lahan kering masam yang sangat luas dapat menjadi salah satu pilihan strategis untuk meningkatkan produktivitas dan produksi jagung dilihat dari aspek potensi luas lahan, namun diketahui bahwa di lahan tersebut memiliki faktor pembatas utama produksi yaitu kemasaman tanah. Beberapa upaya telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini seperti pengapuran, penggunaan zeolit, dolomit dan bahan organik, namun demikian cara ini dinilai oleh banyak pihak sebagai cara yang mahal dan susah diterapkan. Sedangkan penggunaan varietas unggul jagung cepat mendegradasi kesuburan tanah, karena itu diperlukan alternatif melalui kombinasi penggunaan varietas toleran dengan remediasi tanah in situ pada lahan kering masam. Cara ini dinilai dapat diterapkan dan relatif aman terhadap kerusakan lingkungan. Karena itu perlu dilakukan seleksi galur dan hibrida jagung untuk merakit varietas toleran kemasaman tanah yang dimulai dengan pembentukan populasi, penggaluran dan hibrida diawali dengan penapisan sejumlah galur jagung pada tahap seleksi S4 terhadap galur elite jagung hibrida toleran masam, selanjutnya biji yang dihasilkan pada siklus seleksi S4 tersebut diuji di Laboratorium menggunakan metode dan pengukuran laju pertumbuhan akar relatif (RRG) di rumah kaca untuk menentukan kategori toleransi terhadap cekaman kemasaman. Sejumlah genotipe yang diperoleh di laboratorium dilanjutkan pada penelitian persilangan dialel dan evaluasi di lahan normal dan lahan masam. Genotipe dipilih 10 galur terbaik dari kategori tersebut diverifikasi pada percobaan lapangan dengan menggunakan Varietas Bisi 18 dan P36 dan sebagai pembanding toleran dan peka cekaman tanah masam. Dari beberapa tahapan pengujian ini akan diperoleh minimal 1 pasang galur elite dan atau silangan (hibrida) yang memiliki produksi tinggi dalam kondisi tercekam kemasaman tanah maupun pada lahan masam remediasi.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

- a. Mendapatkan metode penapisan praktis hibrida dan galur jagung yang toleran terhadap kemasaman tanah berdasarkan laju pertumbuhan relatif akar (RRG)
- b. Menyaring beberapa hibrida jagung yang toleran terhadap cekaman kemasaman tanah

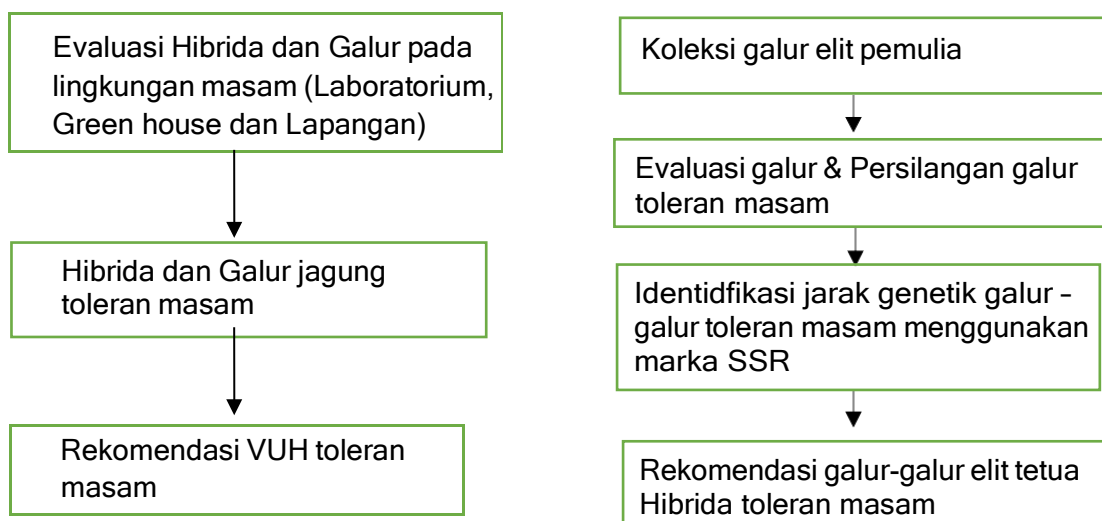
- c. Menseleksi beberapa galur toleran kemasaman tanah yang sesuai pasangan heterotiknya berdasarkan hasil analisis SSR dalam pembentukan hibrida silang tunggal

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Diperolehnya cara praktis dan cepat untuk penentuan hibrida dan galur jagung toleran terhadap cekaman kemasaman tanah
- b. Terseleksinya beberapa hibrida sebagai materi persilangan calon jagung hibrida toleran terhadap kemasaman tanah.
- c. Terseleksinya beberapa hibrida toleran kemasaman tanah berdasarkan pasangan heterotiknya sebagai materi pengujian lebih lanjut jagung hibrida toleran kemasaman tanah dan terbentuk hibrida silang tunggalnya.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan untuk mendapatkan hibrida dan galur jagung toleran pada lingkungan lahan kering masam, informasi karakter morfologi dan fisiologi serta hasil sebagai dasar untuk mendukung perakitan varietas jagung hibrida adaptif lahan kering masam. Percobaan dilaksanakan pada beberapa tahapan di Lapangan, Laboratorium, Green House dan kembali Lapangan untuk kegiatan evaluasi dan pengembangan selanjutnya. Secara ringkas alur pemikiran penelitian disajikan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Kerangka pikir penelitian

1.7. Kebaruan Penelitian

Kebaruan dari penelitian ini adalah 1) diperoleh metode penyaringan cepat praktis untuk mendapatkan beberapa hibrida dan galur jagung toleran masam, 2) diperoleh calon varietas jagung hibrida toleran lahan kering masam 3) diperoleh beberapa galur toleran masam sebagai materi genetik untuk merakit varietas hibrida jagung toleran lahan kering masam 4) diperoleh teknologi budidaya dengan penggunaan varietas toleran dan beradaptasi baik dengan remediasi lahan masam untuk peningkatan hasil jagung berkelanjutan.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Sistematika penelitian dibangun berdasarkan logika penelitian sebagaimana ditunjukkan sebagai berikut:

- | | |
|---------|--|
| Bab I | Menguraikan tentang pendahuluan secara umum yang meliputi latar belakang, masalah, tujuan, manfaat, kebaruan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan. Bab ini telah accepted artikel di GIESED dalam Prosiding IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2023. |
| BAB II | Menguraikan mengenai artikel yang telah publish pada Jurnal Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery Aug. 2023. Artikel membahas tentang penyaringan hibrida jagung dan galur toleran untuk peningkatan produksi jagung di lahan mineral masam . Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan hibrida atau galur jagung toleran masam dan menjadi rekomendasi perakitan varietas hibrida toleran masam. |
| Bab III | Menguraikan mengenai beberapa metode seleksi hibrida jagung toleran masam di laboratorium, di Greehouse dan remediasi tanah di lapangan. Tujuannya memberi rekomendasi hibrida jagung toleran terhadap lahan masam maupun remediasi lahan untuk peningkatan produktivitas di lahan kering masam, Sebahagian datanya telah dipublish di ICOPOD-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1192 (2023) 012021 IOP Publishing yang menguraikan tentan penyaringan hibrida jagung menggunakan tanah masam dimodifikasi, dan satu artikel lagi sudah sub mit di |

- Boloform yang menguraikan tentang penggunaan hibrida jagung toleran dan amendement pada lahan kering masam.
- BAB IV Menguraikan mengenai artikel yang sebagian datanya telah di tulis siap untuk dipublish di jurnal Biodiversitas. Artikel ini membahas evaluasi dan adaptasi 31 hibrida jagung toleran masam dengan pembandingan Bisi 18 dan Pioneer 36 serta pengaruh komponen pertumbuhan dan komponen hasil terhadap hasil biji.
- BAB V Menguraikan tentang seleksi cepat galur elit jagung toleran masam hasil seleksi pada lahan masam di Jambi, menggunakan marka SSR dan menghasikan rekomendasi jarak genetik sebagai informasi penting untuk perakitan varietas hibrida jagung toleran lahan kering masam.
- BAB VI Menunjukkan kesimpulan umum yang diangkat dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

Daftar Pustaka

- Anderson, N.P., Hart, J.M., Sullivan, D.M., Christiansen, N.W., Homeck, D.A., and Pinelli, G.J. 2013. Applying lime to raise soil pH for crop production (Western Oregon). Oregon Department of Agriculture Program 635 Capital Street NE. Salem, OR 97301-2532. pp.21
- Cancado, G.M.A., Loguercio, L.L., Martins, P.R., Parentoni, S.N., Paiva, E., Borem, A. and Lopes, M.A. 1999. Haematoxylin staining as a phenotypic index for aluminium tolerance selection in tropical maize (Zeamays L.). Theor Appl. Genet 99: 747- 754.
- Ciamporova, M., 2002. Morphologies and structure response of plant roots to aluminium at organ, tissue, and celluler levels. Biol, PL, 45. 161-171.
- Delphine Mapiemfu-Lamaré , Sali Atanga Ndindeng, Ajebesone Francis Ngome, Charles Thé, Esaïe Tsoata , Celicard Zonkeng, Mewouo Clarisse Mfopou, Lovelyn Bihnchang, Francis Etame, 2012. Early Criterion to Screen Maize Varieties for Their Tolerance to Aluminium Toxic Soil. International Journal of Agriculture and Forestry. e-ISSN: 2165-8846/2012; 2(4): 161-165
- Delhaize, E., Craig, S., Beaton, C.D., Bennet, R.J., Jagadish, V.C. and Randall, P.J. 1993. Aluminium tolerance in wheat (Triticum aestivum L.): Uptake and distribution of aluminium in root apices. Plant physiol 103: 685-693
- Foy, C.D., 1984. Physiological effect of hydrogen aluminium and manganese toxicities in acid soil. In Soil acidity and liming, F. Adams, (Ed) 57-97, American Society of Agronomy, Madison Wisconsin.
- FAO, 2020. Laporan Organisasi Pangan dan Pertanian (Food and Agriculture Organization/FAO).
- Harborne, J.B., 1987. Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis

Tumbuhan, Edisi kedua [Phytochemical Methods to Guide Modern Ways to Analyze Plants, Second Edition] (Kosasih Padmawinata dan Iwang Soedira, ITB Press, Bandung,).
Pp: 5, 69-76.

- Horst, W.J., Schmohl N., Kollmeier M., Balu, F. and Sivaguru, M, 1999. Does aluminium affect root growth of maize through interaction with the cell wall - plasma membrane - cytoskeleton continuum? Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 163-173.
- Maksimovic, J. D., Bogdanovic, J., Maksimovic, V. and Nikolic, M. (2007). Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170, 739-744. doi: 10.1002/jpln.200700101
- Magnavaca, R., Gardner, C.O. and Clark, R.B. 1987. Comparisons of maize populations for aluminium tolerance in nutrient solution. In: Gabelman, H.W. and Loughman, B.C. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Dordrecht: Martinus Nijhoff,
- Polle, E.A., Konzak, A.F. and Kittrick, J.A. 1978. Visual detection of aluminium tolerance levels in wheat by haematoxylin staining of seedling roots. *Crop Sci.* 18: 823 – 827.
- Rahman, A., Lee, Md, S. H., Chung ji., Kabiir, A.H., Jones, C.H., and Lee, K.W., 2018. Importance of mineral nutrition for mitigation aluminium toxicity in plants on acidic soil: Current status and opportunities. *Int. Mol. Sci.* 19(10): 3073.
- Garzón, T., Gunsé, B., Moreno, A.R., Tomos, A. D., Barceló, J. Poschenrieder C., 2001. Aluminium-induced alteration of ion homeostasis in root tip vacuoles of two maize varieties differing in Al tolerance *Plant Science* 180, pp. 709-715.
- Hans, L., Stuart, F. C. and Thij, L. P. 1998. *Plant physiological Ecology*. Printed In USA. pp. 239-298.
- Mulyani, A. Hikmatullah dan H. Subagyo. 2004. Karakteristik dan potensi lahan masam kering di Indonesia. Dalam Prosiding Simposium Nasional Pemanfaatan Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Ouma, E., L. Dickson, T. Matonyel, A. Joile, W. Beatrice, T. Emily, O. Agustino, G. Samuel, K. Peter, P. Nyangweso, 2013. Enhancing maize yield in acid soil of western Kenya using Aluminium tolerant germplasm. *J. Agric. Sci. and Tech.* A3(2013):33- 46.
- Sauza, L. T., J. Gambaria, C. Ribeiro, J.A. de Oliveira, L. C. da Silva, 2015. Effect of aluminium on elongation and external morphology of root tips to maize genotypes. *Bragantia* 75(1) 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4494.42>
- Puslitbangtanak. 2000. Atlas Sumber Daya Tanah Eksplorasi Indonesia. Skala 1:1.000.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Zhou, L., Su, L., Zhang, L., Zhang, L., Zheng, Y., & Tang, L. (2022). Effect of Different Types of Phosphate Fertilizer on Phosphorus Absorption and Desorption in Acidic Red Soil of Southwest China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16), 2023. <https://doi.org/10.3390/su14169973>

BAB II

SELEKSI CEPAT HIBRIDA JAGUNG TOLERAN TANAH MINERAL MASAM

Abstrak

Meningkatnya permintaan jagung dapat dipenuhi melalui penggunaan tanah masam dikombinasi dengan varietas toleran hasil tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan produktivitas jagung pada tanah masam. Penelitian tahap pertama dilakukan di laboratorium benih Balai Penelitian Serealia Indonesia (ICERI) dengan metode hidroponik pada bulan Maret 2022. Percobaan tahap kedua dilakukan di Instalasi Penelitian Pertanian Bontobili, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia pada bulan Maret hingga Juni 2021. Penelitian lapangan menggunakan 81 materi genetik dalam Rancangan Latin Sederhana (9x9x2), ditempatkan pada dua lokasi percobaan yaitu tanah normal dan tanah masam. Hasil percobaan laboratorium menunjukkan bahwa pertumbuhan akar benih jagung toleran masam yang baik mendukung pertumbuhan tajuk tanaman yang baik ($r= 0.96$, $P<005$). Berdasarkan Indeks Toleransi Cekaman (ITC) diperoleh 21 materi genetik (genotipe) dan 4 galur (No. 80, No. 59, No. 29 dan No. 43) yang disaring oleh tingkat keasaman tanah dan menghasilkan biji rata-rata 2,15 - 6,81 t/ha pada kadar air benih 15%. Diperoleh 5 genotipe toleran masam yang mempunyai nilai ITC $> 0,5$ dengan hasil biji $> 6,0$ t/ha yang lebih tinggi dibandingkan kultivar NK 212 atau Sukmaraga sebagai tanaman kontrol. Genotipe yang toleran adalah MAL 03x122, MAL 03x205, MAL 03x208, MAL 03x59 dan MAL 03x11.

Kata Kunci: Penapisan, Galur, Hibrida, Jagung Toleran, Tanah Masam.

2.1. Pendahuluan

Lahan kering masam di Indonesia sangat potensial untuk pengembangan pertanian dengan luas total diperkirakan 102,8 juta ha, yang terluas pada ordo Ultisols dan Inceptisols dengan dominasi penyebaran terdapat di Sumatra, Kalimantan dan Papua, sedangkan lahan kering tidak masam 45,2 juta ha (Mulyani *et al.*, 2004). Dari luas lahan tersebut menunjukkan bahwa potensi lahan kering masam lebih tinggi dua kali lipat dibanding lahan normal (lahan kering tidak masam). Pengembangan tanaman pangan khususnya jagung pada lahan kering masam tertinggal karena memiliki faktor pembatas meliputi kandungan hara rendah, pH rendah dan keracunan Aluminium. Lahan kering masam terutama di cirikan oleh $pH < 5,0$ dengan kejenuhan Al $> 50\%$. Menurut Yost *dalam* (Silva dan Uchida, 2000) bahwa kelarutan Al diperoleh dengan formula = $(Al/Al+Ca+Mg+K) \times 100\%$.

Menurut Xu *et al.*, (2017) bahwa penapisan 141 plasma nutfah jagung

terdapat dua kultivar yaitu HZ 85 dan HZ 178 memiliki pertumbuhan akar relatif kuat dan lebih tinggi artinya memiliki toleransi terhadap kelarutan Al yang tinggi. Sementara di Brazil diperoleh 17 kultivar jagung dari seleksi 50 varietas lokal tergolong toleran Aluminium (Caroline, *et al.*, 2016). Ada 2 kultivar yaitu CMS 36 dan CMS 30 sudah dilepas dan digunakan sebagai sumber gen jagung hibrida toleran Al di wilayah tropika di seluruh dunia (Magnavaca dan Filho, 2019).

Jagung merupakan tanaman serealia yang beradaptasi luas, dapat ditanam pada lahan kering, sawah irigasi dan sawah tadah hujan. Karena jagung sangat potensial untuk pangan, pakan maupun bahan baku industri. Seiring dengan permintaan jagung yang makin meningkat baik domestik maupun untuk ekspor, maka peningkatan produksi jagung harus selalu diupayakan. Pemanfaatan lahan kering masam di Indonesia untuk peningkatan produktivitas jagung menjadi salah satu pilihan cukup menjanjikan dilihat dari potensi luas lahan. Kendala utama pengembangan tanaman pangan di lahan masam adalah defisiensi P dan keracunan Al. Oleh karena itu, untuk pemanfaatan lahan masam secara optimal diperlukan varietas jagung yang toleran terhadap lahan masam. Varietas jagung bersari bebas toleran masam hasil Litbang Pertanian adalah Sukmaraga, dan Hibrida yang agak tahan adalah Nakula Sadewa 29, JH 29 dan Bima 14 Batara (Azrai *et al.* 2020). Untuk memperoleh varietas toleran dengan cepat, salah satu upaya yaitu melalui seleksi galur/genotipe/tetua sebagai calon varietas unggul baru. Menurut Mantonyei *et al* (2014) bahwa galur jagung yang toleran menyerap lebih sedikit Al diujung akanya dibanding yang peka. Salah satu metoda seleksi toleran masam dapat dilakukan dengan metode AICI₃ terhadap galur atau benih sorgum. Human (2014) melaporkan bahwa benih sorgum yang ditumbuhkan pada media berisi 148 μM AICI₃ sebagai media seleksi pendahuluan. Butchee (2012) menyatakan bahwa seleksi sorgum untuk toleran kemasaman tanah pada pH>5,5 jumlah yang mati tidak bertambah, namun ketika seleksi dibawah pH 4,43 jumlah yang tidak tumbuh bertambah secara signifikan. Menurut Ouma *et al* (2013) bahwa pelumuran benih dengan hematoxylin pada kelarutan Al (44-45,6%) menunjukkan toleransi terhadap Al dan terdapat korelasi antara pelumuran hematoxylin dengan pertumbuhan relatif akar ($r= 0,88$, $P<005$). Penelitian ini bertujuan untuk menyaring galur jagung toleran pada lahan kering masam.

2.2. Metodologi Penelitian

2.2.1. Percobaan Laboratorium

2.2.1.1. Tempat dan Waktu

Percobaan ini dilakukan pada Februari hingga April 2021 di Laboratorium benih Balai Penelitian Tanaman Serealia di Maros, Sulawesi Selatan.

2.2.1.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih jagung sejumlah 20 galur elite ditambah 1 kultivar rentan NK212, bahan kimia meliputi $AlCl_2$, $AlCl_3$, $NaClO$, $CaCl_2$, Aquades dan Alkohol 75%. Alat yang digunakan wadah media pertumbuhan, aerator, lampu, benih, gabus, timbangan digital, mistar, bolt point.

2.2.1.3. Prosedur pelaksanaan percobaan

Percobaan dimulai dengan mensterilkan benih menggunakan alkohol 75% selama 1 menit dan kemudian dengan 0,1% $NaClO$ (v/v) selama 20 menit. Setelah itu dicuci dengan air yang mengalir, benih ditempatkan pada wadah plastik ditutup kertas saring jenuh dengan air suling dan dikecambahkan pada suhu 26 °C selama 3 hari dalam kondisi gelap. Bibit kemudian dipindahkan ke ruang pertumbuhan dan ditumbuhkan pada suhu 26 °C / 24 °C (terang/gelap, 12: 12 jam) di bawah intensitas cahaya foton 500 mmol/m²/detik. Sebelum perlakuan Al, bibit pertama kali dikultur dalam larutan 200 µmol $CaCl_2$ (pH = 4.0) selama 24 jam. Selanjutnya, bibit ini dikultur dalam larutan aerasi yang mengandung 60 µmol $AlCl_3$ dan 200 µmol $CaCl_2$ (pH = 4.0) selama 3 hari. Bibit yang diperlakukan dengan cara yang sama tanpa penambahan $AlCl_3$ ke larutan digunakan sebagai kontrol (Xu, *et al.*, 2017). Rancangan percobaan yang digunakan acak kelompok dengan tiga kali ulangan.

2.2.1.4. Pengamatan

Pengumpulan data meliputi parameter panjang akar, jumlah akar sekunder, bobot segar akar, bobot kering akar, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, dan khusus pertumbuhan relatif akar menggunakan rumus $RRG = \frac{\text{Panjang akar normal} - \text{panjang akar tercekam}}{\text{panjang akar normal}} \times 100\%$ (Xu, *et al.*, 2017).

2.2.1.5. Pengolahan data

Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis dengan menggunakan program Statistical Tool for Agriculture (STAR) dan perbedaan antar perlakuan (galur-galur) menggunakan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5% (Azrai, *et al.* 2017).

2.3. Percobaan di Lapang

2.3.2.1. Tempat dan Waktu

Percobaan lapang ini dilakukan di kebun percobaan IP2TP Maros (Balitsereal) Februari-April 2021, seleksi selanjutnya dilakukan pada lahan normal dan lahan kering masam di kebun percobaan IP2TP Bontobili Kab.Gowa Provinsi Sulawesi Selatan) dari Maret hingga Juli 2021.

2.3.2.2. Bahan dan Alat

Tahap evaluasi di lapang dilakukan uji daya hasil dengan menanam 81 entri yang terdiri atas 39 galur elite dan 40 hibrida dengan varietas Sukmaraga dan NK212 sebagai pembanding, Urea, SP36, KCl, Herbisida, Insektisida, Saromill. Alat yang digunakan adalah traktor, pacul, parang, tugal, baskom, spreyer, meteran, timbangan, tali plastik, kantong plastik dan karung.

2.2.2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian disusun menurut Rancangan Alfa Latis Sederhana dua ulangan (9x9x2) pada dua lokasi yaitu tanah normal dan tanah masam. Sebanyak 81 genotipe diacak pada sembilan sub blok untuk dua ulangan. Di dalam sub blok diacak sembilan galur elite atau hibrida pada petak yang berukuran panjang 5 m x lebar 1.4 m, Setiap plot ditanam dua baris tanaman, jarak tanam 0,70 x 0,20 m. Tanaman dipupuk dengan 350 kg urea + 200 kg SP36 + 100 kg KCl/ha, urea diberikan dua kali, aplikasi pertama 1/2 dari takaran urea bersama seluruh takaran SP36 dan KCl diberikan pada saat 7 hari setelah tanam (hst). Selanjutnya 1/2 urea tersisa dari pemupukan pertama diberikan pada umur 35 hari setelah tanam sebagai pupuk kedua. Penyiangan dan pengendalian hama penyakit dilakukan seoptimal mungkin sesuai kondisi pertanaman dari gangguan gulma maupun hama penyakit di lapang.

2.2.2.4. Pengamatan

Pengamatan meliputi hasil biji, penurunan hasil, indeks toleransi cekaman, dan Indeks kepekaan cekaman.

2.3.2.5. Analisis data

Data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis menggunakan program Excel dan selanjutnya dilakukan beberapa perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

Indeks toleransi cekaman (ITC):

$$ITC = (Y_s \times Y_p) / (\bar{Y}_P)^2,$$

Y_s = hasil pada lingkungan stress

Y_p = hasil pada lingkungan normal

$(\bar{Y}_P)^2$ = hasil rata-rata pada lingkungan normal (Fernandez, 1992).

Indeks sensitivitas cekaman (ISC) menurut Fischer dan Maurer (1978):

$$ISC = 1 - \left(\frac{Y_{s1}}{Y_{o1}} \right) / \left(1 - \frac{\bar{Y}}{Y_o} \right)$$

Keterangan :

Y_{o1} = Daya hasil dari suatu genotype i pada kondisi optimum,

Y_{s1} = Daya hasil dari suatu genotip i pada kondisi stres lapang

Y_o = Daya hasil rata-rata seluruh genotip pada kondisi optimum

Y_s = Daya hasil rata-rata seluruh genotip pada kondisi stress

Persentase kehilangan hasil:

$$YLP = (Y_p - Y_s) / Y_p \times 100$$

Y_p = hasil hibrida pada lingkungan tanpa cekaman

Y_s = hasil hibrida pada lingkungan stress

2.3. Hasil dan Pembahasan

2.3.1. Percobaan Laboratorium

Hasil biji jagung yang produksi di lahan masam selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium untuk memverifikasi toleransi benih terhadap kemasaman dengan metode penapisan cepat menggunakan AlCl_3 dan CaCl_2 . Beberapa pengamatan dilakukan meliputi, panjang akar, jumlah akar sekunder, bobot akar kering, bobot kering tajuk dan RRG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang akar, jumlah akar sekunder, dan bobot kering tanaman signifikan, namun pada bobot kering akar tidak signifikan (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Komponen akar dan tajuk beberapa benih genotipe jagung untuk toleran masam di Laboratorium

Genotipe	Panjang akar (cm)	Jumlah akar	Bobot kering akar (g)	Bobot kering tajuk (g)	RRG (%)
MAL03x122	21,23 ^{ab}	7,17 ^a	0,080 ^{tn}	0,091 ^d	21,48 ^{ab}
MAL03x205	21,98 ^{ab}	4,90 ^{ab}	0,093	0,122 ^a	22,42 ^{ab}
MAL03x23	13,70 ^{abcdef}	4,01 ^{ab}	0,081	0,090 ^d	14,25 ^{ab}
MAL03x192	14,04 ^{abcdef}	4,28 ^{ab}	0,083	0,082 ^e	22,85 ^{ab}
MAL03x126	7,08 ^{ef}	2,63 ^b	0,080	0,073 ^f	14,31 ^{ab}
MAL03x29	11,60 ^{bcdef}	2,67 ^b	0,077	0,082 ^e	13,55 ^{ab}
MAL03x59	20,50 ^{ab}	3,33 ^{ab}	0,093	0,110 ^b	21,87 ^{ab}
MAL03x182	21,22 ^{ab}	4,33 ^{ab}	0,107	0,101 ^c	13,16 ^{ab}
MAL03x176	13,78 ^{abcdef}	4,80 ^{ab}	0,083	0,100 ^c	12,15 ^{ab}
MAL03x100	6,55 ^f	4,33 ^{ab}	0,093	0,092 ^d	3,79 ^{ab}
MAL03x115	15,03 ^{abcdef}	3,87 ^{ab}	0,094	0,090 ^d	33,69 ^a
MAL03x60	7,47 ^{def}	1,97 ^b	0,093	0,103 ^c	7,91 ^{ab}
MAL03x48	27,79 ^{ab}	4,26 ^{ab}	0,092	0,093 ^d	17,92 ^a
MAL03x21	23,77 ^a	3,57 ^{ab}	0,113	0,091 ^d	2009 ^b
NK 212	17,67 ^{abcd}	5,87 ^{ab}	0,083	0,094 ^d	23,53 ^{ab}
Rata-rata	15,86	3,94	0,09	0,089	16,73
KK (%)	20,89	23,82	14,46	5,9	16,40

Keterangan: tn= tidak nyata, RRG= Root Rate Growth

Koefisien koerelasi pada panjang akar primer, panjang tajuk segar dan jumlah akar sekunder, sedangkan bobot kering akar, bobot segar tajuk dengan bobot kering tajuk tidak nyata. Nilai koefisien korelasi tertinggi ($r=0.9562$) pada bobot kering akar dengan bobot kering tajuk. Hal ini berarti bahwa semakin baik pertumbuhan dan perkembangan akar benih jagung toleran masam, menyebabkan pertumbuhan tajuk juga semakin baik (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Korelasi beberapa parameter perkecambahan benih jagung toleran masam terseleksi di Maros, MT. 2021

Karakter	PJAP	PJTA	JAKS	RRG	BSAK	BKAK	BSTA	BKTA	Total
PJAP	1	0,747	0,343	0,006	0,177	0,033	0,002	0,021	1,329
PJTA	0,747	1	0,495	0,161	0,28	0,065	0,188	0,062	1,998
JAKS	0,344	0,495	1	0,138	0,186	0,078	0,249	0,143	1,633
RRG	0,006	0,161	0,138	1	0,258	0,416	0,133	0,445	1,557
BSAK	0,177	0,28	0,186	0,258	1	0,778	0,768	0,818	3,265
BKAK	0,033	0,065	0,079	0,416	0,768	1	0,469	0,956	2,01
BSTA	-0,015	0,189	0,249	0,133	0,409	0,469	1	0,604	2,038
BKTA	-0,021	0,016	0,143	0,445	0,818	0,956	0,604	1	2,961

Keterangan: PJKP= Panjang akar primer, PJTA = Panjang tajuk, JAKS = Jumlah akar sekunder, PAKR= Pertumbuhan akar relative, BSAK = Bobot segar akar, BKAK = Bobot kering akar, BSTA = Bobot segar tajuk, BKTA = Bobot kering tajuk

2.3.2. Percobaan Lapang

Sifat fisik dan kimia tanah pada lahan normal dilokasi penelitian adalah memiliki tekstur lempung berdebu, bereaksi netral, kandungan bahan organik rendah, N rendah, P sedang dan K tinggi, kation dapat tukar sedang dan kejenuhan basa sangat tinggi. Tanah pada lokasi lahan masam bertekstur lempung berdebu, bereaksi masam, kandungan bahan organik rendah, N rendah, P sangat tinggi, K rendah, kation dapat tukar sedang dan kejenuhan basa sedang. Hasil analisis tanah lokasi penelitian disajikan pada Table 2.3

Tabel 2.3. Analisis tanah di lokasi percobaan lahan normal dan lahan masam, Kebun Percobaan Bontobili Gowa 2021.

Sifat Tanah	Lahan Normal		Lahan Masam	
	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
B.O (%)	2,27	Rendah	0,12	Sangat rendah
C (%)	2,15	Rendah	1,70	Rendah
N (%)	0,11	Rendah	0,12	Rendah
P Total (%)	24	Sedang	114	Tinggi
C/N	20	Tinggi	14	Sangat rendah
P2O5 HCl 25% (me/100g)	24	Sedang	114	Sangat tinggi
P2O5 Bray I (ppm)	115	Tinggi	7	Sangat rendah
K2O HCl 25% (mg/g)	45	Tinggi	34	Sedang
KTK (CEC)(me/100g)	24	Sedang	32,77	Sedang
Kation				
K(me/100g)	0,90	Tinggi	0,15	Rendah
Ca(me/100g)	39,94	Sangat tinggi	8,97	Sedang
Mg(me/100g)	2,70	Tinggi	2,00	Sedang
Na(me/100g)	0,38	Sedang	0,20	Rendah
Kejenuhan basa (%)	100	Sangat tinggi	38,0	Sedang
Kejenuhan Aluminium (%)	0,00	-	7,88	Rendah
pH (H2O)	6,87	Netral	5,09	Masam
Aldd	0,00	-	1,66	Rendah

Hasil Analisis Laboratorium Tanah, air dan pupuk Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan 2021

Berdasarkan hasil evaluasi dari 81 materi genetik pada 2 jenis tanah yaitu normal maupun masam menunjukkan bahwa semua materi yang uji pada tanah normal menghasilkan biji sedangkan pada tanah masam sebanyak 25 aksesori yang memberikan hasil biji. Berdasarkan indeks toleransi cekaman (ITC) maka diperoleh beberapa genotipe yang memiliki nilai lebih besar dari 0,5 yang berarti aksesori ini toleran terhadap cekaman kemasaman tanah sedang. Aksesori toleran tersebut adalah MAL03x122, MAL03x205, MAL03x192, MAL03x126, MAL03x208, dan MAL03x176 (Tabel 2.4).

Tabel 2.4. Hasil panen seleksi hibrida dan galur jagung di lokasi tanah masam dan normal, di Kebun IP2TP Bontobili

Nama Entri	Lahan Normal (t/ha)	Lahan Masam (t/ha)	ITC
MAL03x122	10,76	2,05	0,53
MAL03x205	9,9	2,63	0,62
MAL03x23	11,9	0,48	0,14
MAL03x192	9,95	2,24	0,53
MAL03x126	9,79	2,18	0,51
MAL03x208	8,71	3,12	0,65
MAL03x107	10,17	1,66	0,40
MAL03x29	11,70	0,9	0,0
MAL03x59	10,20	1,38	0,34
MAL03x32	11,54	0,0	0,0
MAL03x46	10,76	0,76	0,19
MAL03x11	9,26	2,23	0,49
MAL03x182	10,73	0,73	0,19
MAL03x176	8,69	2,61	0,54
MAL03x100	9,53	1,54	0,35
MAL03x15	9,08	1,96	0,42
MAL03x60	9,08	1,47	0,32
MAL03x48	9,3	0,75	0,17
MAL03x21	9,59	0,39	0,09
NK212	9,95	0,02	0
MAL03x22	9,95	0	0
MAL03x3	9,94	0	0
MAL03x16	9,93	0	0
51/MAL03	9,7	0	0
MAL03x20	9,65	0	0
MAL03x56	8,86	0,79	0,17
MAL03x121	9,51	0	0
MAL03x80	9,17	0	0
MAL03x42	8,96	0	0
MAL03x1	8,82	0	0
MAL03x14	8,08	0	0
MAL03x74	8,01	0	0
50xMAL03	7,7	0	0
MAL03x28	6,77	0,6	0,1
MAL03x2	6,75	0	0
54xMAL03	6,54	0	0
Galur 3	6,49	0	0
MAL03x40	6,24	0	0

Lanjutan Tabel 2.4. Hasil panen seleksi

Nama Entri	Lahan Normal (t/ha)	Lahan Masam (t/ha)	ITC
Galur 126	6,23	0	0
Galur 20	6,05	0	0
Galur 40	5,63	0	0
Galur176	5,57	0	0
MAL03/44	5,39	0	0
Galur 74	5,35	0	0
Galur 100	5,32	0	0
Galur 54	5,21	0	0
MAL03/12	5,08	0	0
MAL03/4	5,01	0	0
MAL03/6	4,9	0	0
Galur 4	4,81	0	0
Galur 44	4,73	0	0
Galur 80	4,56	0,16	0,02
Galur 16	4,28	0	0
Galur 46	4,27	0	0
Sukmaraga	3,96	0,3	0,03
Galur 121	4,24	0	0
Galur 32	4,23	0	0
Galur 50	4,18	0	0
Galur 12	4,15	0	0
Galur 107	4,04	0	0
Galur 46	3,94	0	0
Galur 22	3,92	0	0
Galur 56	3,91	0	0
Galur 59	3,75	0,15	0,01
Galur 205	3,89	0	0
Galur 29	3,78	0,11	0,01
Galur122	3,54	0	0
Galur 119	3,48	0	0
Galur 14	3,45	0	0
Galur 23	3,38	0	0
Galur 51	3,29	0	0
Galur 11	3,26	0	0
Galur 2	3,13	0	0
Gaur 42	3,07	0	0
Galur 6	2,99	0	0
Galur192	2,92	0	0
Galur 43	2,6	0,14	0,01
Galur 1	2,27	0	0
Galur 38	2,12	0	0
Galur 182	2,02	0	0
Galur 60	1,35	0	0
Jumlah	482,77	30,32	6,97
Rata-rata	8,94	1,26	0,29

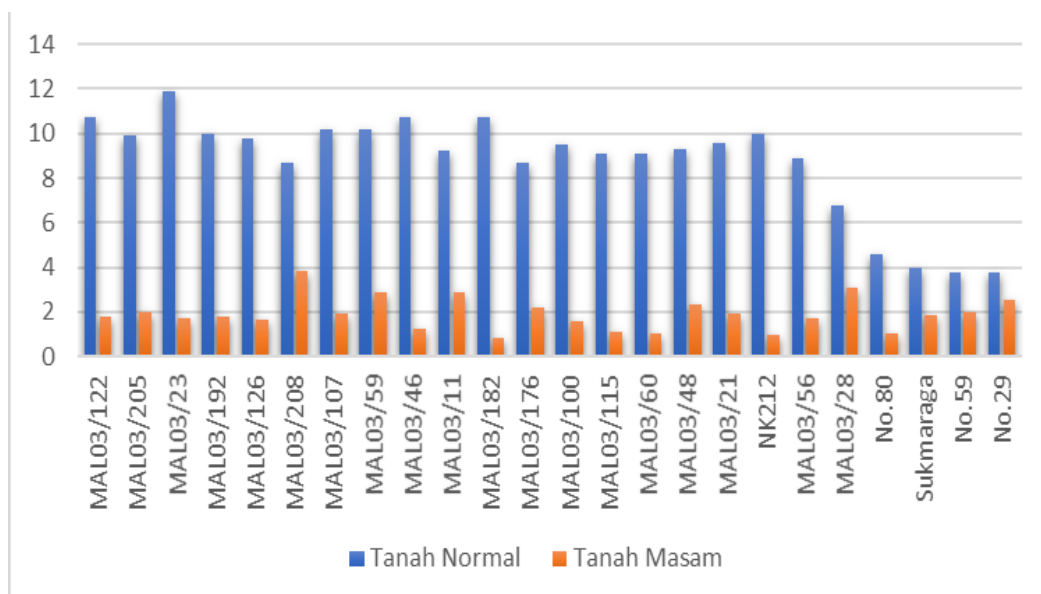
Keterangan: ITC= Indeks Toleransi Cekaman

Hasil biji dan sidik ragam galur dan hibrida jagung yang diseleksi pada lahan normal menunjukkan bahwa pengaruh sub blok adalah signifikan artinya bahwa terdapat perbedaan nyata bobot hasil biji diantara kelompok materi genetik galur dan hibrida yang diuji. Demikian juga perlakuan entri menunjukkan perbedaan nyata artinya bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara materi yang diuji

dengan kontrol sukmaraga dan NK212 (Lampiran Tabel 2.1 dan 2.2).

Hasil biji dan Sidik ragam galur dan hibrida jagung yang diseleksi pada lokasi tanah masam menunjukkan bahwa pengaruh sub blok adalah signifikan artinya bahwa terdapat perbedaan nyata bobot hasil biji diantara kelompok materi genetik galur maupun genotype yang diuji. Demikian juga perlakuan entri menunjukkan perbedaan nyata artinya bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara materi yang diuji dengan varietas Sukmaraga maupun hibrida NK212 sebagai kontrol (lampiran 2.3 dan 2.4)

Penyaringan materi genetik terhadap galur-galur toleran masam S4 dengan pembandingan varietas toleran Sukmaraga dan NK212 di lahan mineral masam menunjukkan bahwa ada 4 galur yang menghasilkan bobot biji lebih tinggi dari NK212. Secara berturut dari rendah ke tinggi yaitu galur no. 80, 59, 43, dan 29. Demikian pula pada hasil persilangan beberapa materi galur dengan MAL03 menghasilkan bobot biji lebih tinggi dari hibrida NK212 maupun Sukmaraga sebagai varietas pembandingan toleran masam. Diperoleh 8 genotype yang hasilnya nyata lebih tinggi dibandingkan dengan varietas NK212 yaitu: No. 29, MAL03/28, MAL03/48, MAL03/59, MAL03/11, MAL03/126, MAL03/11, MAL03/208. Sebanyak 81 materi genetik yang diuji di tanah masam, tersaring 25 yang menghasilkan biji berkisar 0,86-5,25 t/ha pada kadar air 15% (Tabel 2.5). Perbedaan hasil biji galur elit dan genotype jagung pada lahan normal dan lahan kering masam lebih jelas terlihat (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Hasil biji galur dan genotype jagung pada lahan normal dan pada lahan kering masam

Table 2.5. Persentase penurunan hasil, indeks kepekaan dan indeks toleran cekaman hibrida dan galur jagung pada tanah masam dan normal. Bontobili 2021

Hibrida dan Galur	Hasil (t/ha)		Reduksi hasil (%)	IKS	ITC
	Normal	Masam			
NK212	9,95	1,97	80	1,1	10,9
Galur 29	3,78	2,56	32	0,4	5,4
Galur 43	2,60	1,69	35	0,5	2,5
Galur 59	3,75	1,96	47	0,6	4,1
Galur 80	4,56	1,06	74	1,0	2,7
Sukmaraga	3,96	1,84	53	0,7	4,1
MAL03x21	9,59	1,89	80	1,1	10,1
MAL03x23	11,90	1,71	85	1,1	11,4
MAL03x28	6,77	3,08	54	0,7	11,7
MAL03x182	10,73	0,86	91	1,2	5,2
MAL03x48	9,30	2,36	74	0,9	12,3
MAL03x46	10,76	1,22	88	1,2	7,3
MAL03x56	8,86	1,70	81	1,1	8,4
MAL03x59	10,20	2,89	72	1,0	16,5
MAL0x/60	9,08	1,01	89	1,2	5,1
MAL03x100	9,53	1,61	63	1,1	8,6
MAL03x107	10,17	1,90	81	1,1	10,8
MAL03x115	9,08	1,09	87	1,2	5,5
MAL03x122	10,76	1,79	83	1,1	10,8
MAL03x126	9,80	1,67	82	1,1	9,1
MAL03x11	3,26	2,87	12	0,2	5,2
MAL03x192	9,95	1,77	82	1,1	9,8
MAL03x205	9,90	2,00	79	1,1	11,1
MAL03x126	9,79	5,25	46	0,6	28,7
MAL03/208	8,71	3,84	56	0,7	18,7
Jumlah	205,81	51,55	1715,2	23,1	342,8
Rata-rata	8,23	2,06	68	0,9	13,7
KK (%)	20,91	36,0	-	-	-

Keterangan: IKS= Indeks kepekaan cekaman, ITC= Indeks toleransi cekaman

Hasil benih dari hibrida yang disaring pada tanah masam kemudian diuji di laboratorium untuk mengetahui toleransi benih terhadap kemasaman dengan metode penyaringan cepat menggunakan AlCl_3 dan CaCl_2 . Beberapa pengamatan yang dilakukan dilakukan: panjang akar, jumlah akar sekunder, bobot kering akar, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang akar, jumlah akar sekunder, dan berat kering tajuk memberikan pengaruh yang signifikan, namun berat kering akar tidak signifikan. Pertumbuhan akar relatif (RRG) kategori (RRG>30% toleran, RRG >15-30 sedang, RRG<15 rentan) dijelaskan oleh (Zishiri, et al. 2022). Penapisan genotipe jagung toleran masam pada penelitian ini diperoleh 1 hibrida toleran (MAL03/115), 8 genotipe toleran sedang, dan 11 genotipe rentan (Tabel 2.1).

Menurut Omar et al., (2022) bahwa berdasarkan panjang akar, benih jagung hibrida mempunyai panjang akar dan daya berkecambah lebih tinggi, serta bibit lebih kuat dibandingkan induknya. Hibrida BRS 310 dan BRS 373 toleran terhadap

cekaman aluminium (de Sousa et al., 2022). Sesuai dengan yang dilaporkan oleh (Ali, et, al., 2021) bahwa korelasi genotipik dan morfologik benih jagung nyata ditunjukkan oleh panjang akar, panjang tajuk, bobot akar segar, dan bobot segar tajuk tanaman. Hibrida BRS 330 termasuk kategori sedang dan mengalami penurunan pertumbuhan akar sekitar 50%. Studi saat ini menyarankan penerapan nanopartikel silikon (SNP) yang menjanjikan sebagai pendekatan inovatif untuk mengurangi fitotoksisitas Al di tanah masam.

Koefisien korelasi panjang akar primer, panjang tajuk segar, dan jumlah akar sekunder signifikan, sedangkan bobot kering akar, bobot segar tajuk, dan bobot tajuk kering tidak signifikan. Korelasi bobot kering akar dengan bobot kering tajuk mempunyai nilai koefisien korelasi tertinggi ($r = 0,96$), $P < 005$). Peringkat kedua pada berat segar akar dengan bobot kering tajuk ($r = 0,818$) diikuti oleh nilai korelasi berat kering akar dengan berat segar akar ($r = 0,77$). Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan dan perkembangan akar yang lebih baik pada benih jagung toleran masam menyebabkan pertumbuhan tajuk tanaman yang lebih baik pula. Sejalan dengan itu, (Ali *et al.*, (2019) melaporkan bahwa korelasi genotipik dan morfologi benih jagung nyata ditunjukkan oleh panjang akar segar, berat akar segar, panjang tajuk segar dan bobot tajuk segar. Menurut Ahmed *et al.*, (2022) bahwa peringkat kandungan Al pada jaringan tanaman jagung berada pada urutan $Al_3^+ > nano-Al_2O_3 > massa-Al_2O_3$; oleh karena itu, kecenderungan toksisitas akan sama pada perkecambahan benih, pertumbuhan tanaman, panjang akar, akumulasi biomassa, jumlah klorofil, dan kandungan fosfor. Memenurut Wang *et al.*, (2023) bahwa fosfor merupakan unsur nutrisi penting yang dapat mengurangi tingkat paparan Al, Mn, dan Cd. Demikian pula, (Alves *et al.*, 2022) melaporkan bahwa toksisitas aluminium yang terjadi pada bibit jagung ungu dapat dideteksi menggunakan indikator biokimia (klorofil a, klorofil b, klorofil total, total karotenoid, dan peroksidasi lipid), di mana fitotoksisitas pada beberapa tanaman yang sensitif terhadap Al berimplikasi kepada terhambatnya pertumbuhan akar dan penghambatan serapan air dan unsur hara sebagai gejala yang jelas (Ofoe, *et al.* 2023). Penggunaan residu biochar tanaman merupakan pilihan yang lebih baik dari pada pengapuran tradisional untuk memperbaiki kondisi tanah masam (Shi, *et al.*, 2022).

Hasil biji kering yang diperoleh pada penyaringan hibrida dan galur jagung di lahan mineral masam di lokasi percobaan ini jauh lebih rendah dibanding lahan normal, hal ini disebabkan oleh cekaman kemasaman tanah yang gejalanya kelihatan sejak awal pertumbuhan tanaman hingga panen. Diawal pertumbuhan

tanaman tampak kerdil, daun berwarna kekuningan pada semua genotype yang diuji. Pada perkembangan selanjutnya, sebahagian besar tanaman tampak warna ungu, pertumbuhan tanaman terhambat dilihat dari tinggi tanaman menjadi lebih pendek dan batang mengecil, terjadi ASI yang lebar ada yang mencapai lebih 10 hari sehingga menyulitkan persilangan antar galur yang diuji pada tanah masam. Dari 81 materi genetik yang diuji hanya 25 hibrida dan galur yang menghasilkan biji pada lokasi tanah masam. Hal ini sesuai pernyataan Wu *et al.*, (2016) bahwa tanaman jagung pada kondisi keracunan Al menyebabkan penurunan ukuran panjang akar, diameter akar dan jumlah akar, dan jumlah percabangan akar.

Penggunaan dua plasma nutfah dengan toleransi Al yang sangat berbeda memungkinkan identifikasi gen yang merupakan alat yang berharga untuk menilai mekanisme toleransi Al pada jagung di tanah masam (Matiello, *et al.*, 2010). Dalam perkembangan lebih lanjut, pertumbuhan tanaman terhambat, terlihat dari tinggi tanaman lebih pendek rata-rata mencapai 145,3 cm dan batangnya mengecil, sebagian di antaranya tidak bertongkol atau membentuk tongkol tetapi tidak menghasilkan biji. Hal ini sesuai dengan pernyataan Alves *et al.* (2022) bahwa peningkatan aplikasi Al dari 25 mg menjadi 100 mg mengurangi panjang akar, berat kering akar, klorofil a, klorofil b, total klorofil, dan total karotenoid bibit jagung, sedangkan peroksidasi lipid meningkat. Hasil benih pada hibrida dan galur jagung dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 2.1.

Menurut (Peng *et al.*, 2019) bahwa hasil biji jagung adalah dikaitkan dengan sifat fisiologis sederhana (fenologi dan arsitektur tanaman), yang secara tidak langsung mempengaruhi hasil biji melalui intersepsi cahaya di semua lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Song, *et al.*, (2019) bahwa jagung hibrida LD966 menunjukkan jumlah biji lebih banyak dan stabil ketika ditanam pada kepadatan yang lebih tinggi. Selanjutnya dilaporkan bahwa tingkat perkembangan organ tanaman dapat dianggap sebagai faktor morfologi kunci menentukan tingkat persaingan antar tanaman. Deposisi Al didalam jaringan tanaman mengikuti urutan $Al^{3+} > nano Al_2O_3 > bulk-Al_2O_3$; oleh karena itu, tren toksisitasnya sama untuk perkecambahan biji, perkembangan organ tanaman, pemanjangan akar, akumulasi biomassa, klorofil total, kandungan fosfor, dan total protein terlarut (Ahmed, *et al.*, 2022).

Percobaan ini mengevaluasi hasil biji 81 materi genetik di tanah normal, semuanya menghasilkan benih sedangkan pada percobaan tanah masam hanya 25 materi genetik yang menghasilkan biji. Hasil benih dan sidik ragam hibrida dan

galur jagung toleran masam yang dilakukan di lahan normal maupun masam menunjukkan pengaruh sub-blok signifikan, artinya ada perbedaan yang signifikan dalam hasil biji antar kelompok maupun dalam kelompok benih yang diuji (Tabel Lampiran 1, 2, 3 dan 4). Berdasarkan tingkat penurunan hasil galur dan genotipe yang dievaluasi pada tanah normal dan masam, terjadi penurunan hasil akibat stres tanah masam berkisar antara 33% hingga 89%. Begitu pula dengan nilai indeks sensitivitas stres (SSI) dari 25 materi genetik yang menghasilkan benih memberikan nilai SSI pada kisaran 0,2-1,2 (toleran-medium-sensitif). Persentase penurunan hasil pada penelitian ini sejalan dengan pernyataan Lubis *et al.*, (2022) bahwa genotipe LA 84 × NEI 9008, CLA 106, CLA 84, dan NEI9008 sensitif, dan 102713 × NEI 9008 mewakili genotipe toleran terhadap stres tanah masam. Menurut (Zhou, *et al.*, 2022) bahwa dalam tanah masam, Al₂O₃ mempunyai pengaruh paling kuat terhadap adsorpsi P dengan tingkat kontribusi relative 31,52%, dan bahan organik tanah mempunyai pengaruh paling besar terhadap desorpsi P dengan tingkat kontribusi relatif 53,04%.

2.4. Kesimpulan

Pertumbuhan dan perkembangan akar hibrida jagung toleran *masam* yang memiliki nilai korelasi tertinggi adalah bobot kering akar dengan bobot kering tajuk tanaman ($r = 0,956$).

Hasil penyaringan 81 aksesi jagung diperoleh beberapa hibrida yang toleran terhadap kemasaman tanah yang hasilnya lebih tinggi dari varietas Sukmaraga atau NK 212. Ada tiga teratas hibrida yang terseleksi yaitu: MAL03/122, MAL03/205, MAL03/192, dengan hasil rata-rata pada kondisi normal dan masam > 6,0 t/ha dengan nilai ITC >0,5 menunjukkan bahwa ketiga hibrida jagung tersebut toleran terhadap cekaman kemasaman tanah. Hibrida jagung yang terseleksi akan diuji lebih lanjut pada seleksi hibrida jagung dengan modifikasi tanah masam di greenhouse (Bab III).

Daftar Pustaka

- Ali, Q., A.Ali, H. Waseem, A. Musaffar, S. Ahmed, S. Ali, K. S. Bajwa, M. F. Awan, T.M. Saminullah, A. Nasir and T. Husnain, 2021. Correlation analysis for morphophysiological traits of maize (*Zea mays* L.) Life Science Journal 11(12):1- 13
- Azrai, M., Syafruddin, Efendi, R., Aqil, M., Zainuddin, B., Arvan, Y.R., Pakki, S., Mirzam, H., Wijanarko, A. Anggara, A.W., Kasno, A. dan Syahbuddin, H.

2020. Teknologi budidaya jagung pada berbagai ekosistem. Cakrawala. Yogyakarta, 41 p
- Azrai, M., Efendi, R., Zainuddin, B., Amin Nur, 2017. Aplikasi Star untuk Perancangan Percobaan Pertanian. Penerbit CV Absolute Media bekerjasama dengan IAARD PRESS, Bdan Penelitian dan Pengembangan Pertanian x+ 168 hlm. ISBN: 978-602-1082-76-5
- Baligar V. C., Pitta, G.V.E, Gama, E. E. G., Shaffert, R. E. A., Bahia Filho, F. D. C. and Clark. R.B.1997. Soil acidity effect on nutrient use efficiency in exotic maize genotypes. *Plant and Soil*, 192:9-13. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Berezovskii, M.E. 1978. Method of staining of semi-thin sections with hematoxylin-eosin, *Arkhiv patologii*, 40: 69-70.
- Caroline D.J.C., Molin, D., de Jong, G., Garding, J.R., Caires, E.F., Motiello, R.R. 2016. Brazilian maize landrace: Source of Aluminium tolerance. *Aus. J. of Crop Sci. AJCS* 10(1): 42-49.
- Dobermann, A. and Nelson, R. 2013. Opportunities and solutions for sustainable food production. Sustainable Development Solution Network. A Global Initiative for the United Nation. P. 24
- Khoddami, A., Wilkes, M.A., and Roberts, T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules* 2013. 18:2328-2375. Doi:10.3390/molecules 18022328.
- Fischer RA, Maurer R.1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29, 897-907.
- Lamare, D.M., Ndindeng, S., Ngome, A.F., The, C., Tsoata, E., Zonkeng, C., Mfopou, N.C. Bihncang, E., Etame, F. 2012. Early criterion to screen maize varieties for their tolerance to aluminium toxic soil. *Int. J. of Agric. and Forestry* 2(4): 161-165.
- Lestari, T., Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, Adie, S.W. 2014. Screening of several sorghum genotypes on acid soil tolerance. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, Vol. 5, No. 5 (170-176).
- Magnavaca, R. and Filho, A.F.C.B. 2019. Success in maize acid tolerance. EMBRAPA/CN PMS Sete Lagoas M.G. Brazil. P. 209-220. [http://alice.cnpatia.embrapa.br/bitstream/doc/477315/success maize pdf](http://alice.cnpatia.embrapa.br/bitstream/doc/477315/success%20maize.pdf).
- Matiello L., Kirst M, da Silva P.R., Jorge R. A., and Manossi M. 2010. Transcriptional profile of maize root under acid soil growth. *BMC Plant Biol.* 2020 Sep 9; 10,196. doi: 10.1186/1471-2229-10.196 PMD 20828383 PMCD: PMC2956545
- Mulyani, Hikmatullah, A. dan Subagyo.H. 2004. Karakteristik dan potensi lahan masam kering di Indonesia. Dalam Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Mantonyei, TK., RK. Cheprot, K.K., Liu, J. Pineros, M.A., Shaf, J.E., Gudu, S., Wore, G., Magalhaes, JV., Kochian, L.V. 2014. Physiological and molecular analysis of aluminium tolerance in selected Kenyan maize lines. *Plant Soil* (2014):357-367.

- Ouma, E., Dickson, L., Matonyel, T., Joile, A., Beatrice, W., Emily, T., Agustino, O., Samuel, G., Peter, K., Nyangweso, P. 2013. Enhancing maize yield in acid soil of western Kenya using Aluminium tolerant germplasm. *J. Agric. Sci. and Tech.* A3(2013):33-46.
- Rahman Hakim, A., Sulistyarningsih, Sutikto, T. 2016. Evaluasi kemasaman tanah pada lahan pertanian intensif di sub das Mayang Kab. Jember. Thesis. Repositori Universitas Jember.
- Singh R.K, Singh P.K. 1994. A manual on genetics and plant breeding. Experimental techniques, Kalyani Publs. Ludiana, New Delhi, 99-107
- Somani, L, 1996. Crop Production in Acid Soil 1st Edition/Ed. Agrotech Publishing Academy New Delhi.
- Tandzi, N.L., Youmbi, E., Ngongkeu, M.E.L., Zongkeng, N.C., Meka, S.S. Mafouasson, H. and Mutingwa, C.S. 2016. Impact of introducing inbred lines on maize tolerance to acidic soil. *Reforum working document working document series (ISSN 1607-9345)*, 14(4): 133-139.
- Urrera-Gomez, R.H., Pandey, C.S., Bahia Felho, A.F.C. and Leon, L.A. 1996. A greenhouse screening technique for acid soil tolerant in maize (*Zea mays* L.). *Agron. J.* (88): 806-812.
- Wu Q, Pagès L, Wu J. Relationships between root diameter, root length and root branching along lateral roots in adult, field-grown maize. *Ann Bot.* 2016 Mar;117(3):379-90. doi: 10.1093/aob/mcv185. Epub 2016 Jan 7. PMID: 26744490; PMCID: PMC4765541.
- Xu, L., Liu, W., Cui, B., Wang, N., Ding, J., Liu, C., Gao S., Zhang, S. 2017. Aluminium tolerance assessment of 141 maize germplasm in solution culture. *Universal Journal of Agricultural Research* 5(1-9).

LAMPIRAN:

Tabel Lampiran 2.1. Pengaruh Sub Blok terhadap hasil genotipe jagung pada kondisi lahan normal, Bontobili, 2021

Pengaruh Sub Blok	Ulangan		Jumlah	Rataan
	I	II		
Sub blok 1	1,46	2,49	3,95	1,97
Sub blok 2	1,23	2,01	3,25	1,62
Sub blok 3	2,39	3,48	5,86	2,93
Sub blok 4	4,47	5,31	9,78	4,89
Sub blok 5	4,30	4,89	9,19	4,59
Sub blok 6	5,11	5,44	10,56	5,28
Sub blok 7	6,27	5,91	12,18	6,09
Sub blok 8	6,59	6,04	12,63	6,32
Sub blok 9	5,92	5,58	11,06	5,75
Jumlah	37,73	41,16	78,45	39,45
Rata-rata	419	4,57	8,72	4,38

Tabel Lampiran 2.2. Sidik ragam hasil biji galur dan genotype jagung toleran masam, pada tanah normal, Bontobili 2021

SK	Db	J.K	K.T	F.hit	Ftab, 5%	Ftab, 1%
Kelompok	1	5,22726	5,22726	5,090*	4,180	7,020
Entri/Perlakuan	80	544,66603	6,80833	6,629**	1,980	2,66
Acak	80	82,16527	1,02707			
Total	161	632,05856				

KK= 20,85

Tabel Lampiran 2.3. Pengaruh Sub Blok terhadap hasil galur dan genotype jagung pada kondisi lahan masam, Bontobili, 2021

Pengaruh Sub Blok	Ulangan		Jumlah	Rataan
	I	II		
Sub blok 1	1,57	2,13	3,69	1,97
Sub blok 2	1,38	2,22	3,61	1,62
Sub blok 3	1,97	2,06	4,04	2,93
Sub blok 4	4,24	4,80	9,04	4,89
Sub blok 5	4,80	4,40	9,20	5,75
Jumlah	13,96	15,61	29,58	17,17
Rata-rata	3,10	3,37	6,47	3,80

Tabel Lampiran 2.4. Sidik ragam hasil biji galur dan genotype jagung toleran masam, pada tanah masam, Bontobili 2021

SK	Db	JK	KT	F.hit	F.tab (5%)	F.tab (1%)
Ulangan	1	1,6353	1,6353	10,41*	4,39	8,1
Sub Blok	4	17,1771	4,2943	27,33**	2,87	4,43
Entri/Perlakuan	24	118,9339	4,9556	31,54**	2,18	2,38
Acak	20	3,1422	0,1571			
Total	49	140,8885				

KK= 26,91