

ISSN 1693~1882

e-ISSN 2615-8108

B U L E T I N Palawija

Volume 20, Nomor 1, Mei 2022

Kacang Tanah dengan Asam Oleat Tinggi: Keunggulan dan Status Pemuliaannya

Soybean Germplasms Performance to Soil Salinity

Soybean Breeding for Drought Tolerance During The Reproductive Stage

Identifikasi Morfologi Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang dan Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Respons Kacang Nasi [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] terhadap Salinitas pada Fase Perkecambahan

Teknik Matricconditioning Dan Aplikasi Pupuk Hayati Untuk Peningkatan Mutu Benih Dan Hasil Biji Kedelai

Buletin Palawija	Vol. 20No. 1	hlm. 1-58	Malang, Mei 2022	ISSN 1693-1882	e-ISSN 2615-8108
---------------------	--------------	-----------	---------------------	-------------------	---------------------

BALAI PENELITIAN TANAMAN ANEKA KACANG DAN UMBI
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

BULETIN Palawija

PENANGGUNG JAWAB:

Kepala Balitkabi

Dewan Redaksi

Ketua

Prof. Dr. Ir. Made Jana Mejaya, MSc
Pemuliaan Tanaman

Wakil Ketua

Prof. Dr. Ir. Didik Harnowo, MS
Teknologi Benih

ANGGOTA

Dr. Heru Kuswantoro
Pemuliaan Tanaman

Ir. Joko Susilo Utomo, PhD
Pasca Panen Mekanisasi Pertanian

Ir. Fachrur Rozi, MS
Ekonomi Pertanian

Dr. Ir. Yusmani, MSI
Penyakit Tanaman

Ir. Erliana Ginting, MSc
Teknologi Pangan

Prof. Dr. Arief Harsono
Ekofisiologi Tanaman

Ir. Abdullah Taufiq, MP
Ilmu Tanah

Dr. Agustina Asri Rahmianna
Ekofisiologi Tanaman

Eriyanto Yusnawan, SP., PhD
PenyakitTanaman

MITRA BESTARI

Dr. Sc.Agr. Agung Karuniawan, MScAgr
Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS
Ilmu Tanah

Prof. Dr. Ratya Anindita
Ekonomi Pertanian

Prof. Dr. Subiyakto
Entomologi

Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS, PhD
Penyakit Tanaman

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA
Mekanisasi Pertanian

Prof.Dr. Harijono, M.App. Sc
Teknologi Pangan

Dr. Budi Waluyo
Pemuliaan Tanaman

Dr. Endah Retno Palupi
Teknologi Benih

Dr. Budi Prasetyo
Ilmu Tanah

Dr. Nurul Aini
Agronomi

REDAKSI PELAKSANA

Bambang Sri Koentjoro, SP, MKom
Dian Adi Anggraeni, STP, M.AgrSc, MAP
Dr. Runik Dyah Purwaningrahayu, SP, MP
Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAgr

SEKRETARIAT

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAgr

FREKUENSI TERBIT

Dua nomor per tahun: Mei dan Oktober

ALAMAT

Redaksi Buletin Palawija

Balitkabi, Jalan Raya Kendalpayak km 8 Kotak Pos 66
Malang 65101 Tel. 0341-801468 Fax. 0341-801496
e-mail: bpalawija@gmail.com

ISSN 1693-1882

E-ISSN 2615-8108

Daftar Isi

Volume 20 Nomor 1 Mei 2022

Kacang Tanah dengan Asam Oleat Tinggi: Keunggulan dan Status Pemuliaannya

Nuryati, Novita Nugrahaeni, Yuliantoro Baliadi 1-14

Soybean Germplasms Performance to Soil Salinity

Abdullah Taufiq, Novita Nugrahaeni,
Nuning A. Subekti, Hasil Sembiring 15-25

Soybean Breeding for Drought Tolerance During The Reproductive Stage

JSuhartina*, M. Muchlish Adie, Made J. Mejaya ... 26-35

Identifikasi Morfologi Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang dan Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Emerensiana Uge, Alfi Inayati,
Eriyanto Yusnawan 36-42

Respons Kacang Nasi [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] terhadap Salinitas pada Fase Perkecambahan

Pratanti Haksiwi Putri*, Rina Artari,
Ratri Tri Hapsari 43-51

Teknik *Matriconditioning* Dan Aplikasi Pupuk Hayati Untuk Peningkatan Mutu Benih Dan Hasil Biji Kedelai

Didik Sucahyono dan Didik Harnowo 52-57

Indeks Buletin Palawija Volume 20 Nomor 1

Tahun 2022 58

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur kepada Tuhan yang Maha Kuasa, karena dengan izin-Nya Buletin Palawija Volume 20 Nomor 1 berhasil terbit pada waktunya, yakni akhir Mei 2022. Terbitnya Buletin Palawija tidak terlepas dari kesediaan para penulis/peneliti yang telah mengirimkan naskahnya untuk diterbitkan pada Buletin Palawija, serta kerja keras Tim Redaksi dan Mitra Bestari. Buletin Palawija Volume 20 Nomor 1 ini memuat enam judul tulisan, terdiri atas: 3 komoditas kedelai (aspek pemuliaan dan teknologi perbenihan), 1 komoditas kacang tanah (aspek pemuliaan), 1 komoditas porang (aspek penyakit), dan 1 komoditas kacang nasi (aspek fisiologi).

Semoga tulisan-tulisan tersebut di atas bermanfaat, baik bagi peneliti, pengambil kebijakan, dan praktisi dalam rangka mendukung pengembangan pertanian (khususnya komoditas palawija) di Indonesia.

Redaksi

Kacang Tanah dengan Asam Oleat Tinggi: Keunggulan dan Status Pemuliaannya

Peanuts with High Oleic Acid: Superiority and Breeding Status

**Nuryati^{1*}, Novita Nugrahaeni¹, Yuliantoro Baliadi¹,
Febria Cahya Indriani¹, Rohmad Budiono²**

¹Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi).
Jl. Raya Kendalpayak Km. 8, Po Box 66 Malang 65101, Jawa Timur

²Balai Pengkajian Teknologi Petanian Jawa Timur
Jl. Raya Karangploso KM. 4 Malang 65152, Jawa Timur

*E-mail: nuryati.negen@gmail.com

NASKAH DITERIMA 29 DESEMBER 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 27 APRIL 2022

ABSTRAK

Perbaikan kandungan nutrisi, daya simpan biji, dan produk olahannya menjadi tujuan perakitan varietas kacang tanah dalam tiga dekade terakhir. Salah satu diantaranya adalah kacang tanah dengan kandungan asam oleat tinggi, yakni rasio oleat/linoleat (O/L) >10 karena produknya memiliki daya simpan 10 kali lebih lama daripada kacang tanah dengan asam oleat normal (rasio O/L <3). Konsumsi kacang tanah tersebut atau produk olahannya juga mampu mengurangi risiko terkena penyakit kardiovaskuler. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pangan sehat dan keperluan untuk bahan baku industri pangan, maka varietas kacang tanah dengan rasio O/L tinggi prospektif untuk dikembangkan di Indonesia. Secara genetik, karakter kandungan asam oleat tinggi dikendalikan oleh dua gen resesif *ol₁* (*AhFad2A*) dan *ol₂* (*AhFad2B*). Ketersediaan sumber gen asam oleat tinggi yang terbatas, proses perakitan yang tidak mudah, serta biaya yang tidak sedikit menjadi penyebab belum tersedianya varietas tersebut di Indonesia. Oleh karena itu identifikasi dan karakterisasi profil asam lemak aksesori sumber daya genetik kacang tanah, penciptaan keragaman baik melalui persilangan, mutagenesis, maupun pemanfaatan marka molekuler, serta pertukaran materi melalui kerjasama internasional merupakan upaya yang dapat dilakukan dalam perakitan varietas tersebut. Perbedaan kacang tanah berkadar asam oleat tinggi dengan kacang tanah biasa, manfaatnya bagi kesehatan, pewarisan sifat, status, upaya dan prospek pemuliaannya di Indonesia dibahas dalam tulisan ini.

Kata kunci: asam oleat tinggi, kacang tanah, manfaat kesehatan, status pemuliaan

ABSTRACT

Nutritional and shelf life improvement of peanut seeds and its products have been becoming the goals of peanut breeding in the last three decades. Peanuts with high oleic acid (ratio of oleic acid to linoleic acid or O/L ratio >10) have a shelf life 10 times longer than peanuts with normal oleic acid (O/L <3). Consumption of this peanut is also beneficial for health as it may reduce the risk of cardiovascular disease. Therefore, along with the

improved public awareness toward healthy food, the development of high oleic peanuts is promising in Indonesia. Genetically, the character of high oleic acid content is controlled by two recessive genes, namely *ol₁* (*AhFad2A*) and *ol₂* (*AhFad2B*). To date, no improved variety of high oleic peanuts is available in Indonesia due to limited high oleic gene sources and relatively difficult and expensive breeding process. Therefore, identification and characterization of fatty acid profiles in existing peanut genetic resources, increasing the genetic diversity through crossing and mutagenesis, the use of molecular markers in selection and international material changes are warranted. The differences between peanuts with high and normal oleic acid, its health benefits, the inheritance of high oleic acid characters, breeding mechanisms and its status and prospects in Indonesia will be discussed in this paper.

Keywords: breeding status, health benefit, high oleic acid, peanut.

PENDAHULUAN

Kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) merupakan tanaman legum yang berasal dari Amerika Selatan. Selain sebagai bahan pangan, biji dari tanaman ini juga dimanfaatkan sebagai sumber minyak nabati maupun bahan baku industri pangan. Hingga saat ini kacang tanah telah dibudidayakan secara luas di lebih dari 100 negara (Zhang *et al.* 2019). Sebagai bahan pangan, kacang tanah mempunyai kandungan nutrisi yang lengkap baik makronutrien, mikronutrien, maupun fitonutrien. Makronutrien terdiri atas protein 20,7-25,3%, lemak 31-46% dan karbohidrat 21-37% (Alhassan *et al.* 2017). Asam lemak tidak jenuh (*Unsaturated Fatty Acids/UFA*) dan asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acids, SFA*) merupakan komponen dominan lemak pada kacang tanah. Asam oleat dan asam linoleat merupakan asam lemak tidak jenuh yang menyusun kurang lebih 80% dari lemak pada kacang tanah, sedangkan 20% dari asam lemak lainnya meliputi

asam palmitat, asam stearat, asam arakidat, asam gadoleat, asam behenat dan asam lignoserat, dimana asam palmitat menyusun hampir 10% dari asam lemak total (Janila *et al.* 2016).

Mikronutrien yang terkandung dalam kacang tanah, antara lain vitamin B dan E, serta mineral seperti kalium, magnesium, kalsium, fosfor, seng, zat besi, tembaga serta selenium yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Kacang tanah juga merupakan sumber serat yang baik. Menurut de Souza *et al.* (2017), kacang tanah mengandung protein dan serat lebih tinggi dibandingkan dengan *almond*, *hazelnut*, kacang mete, kacang brazil, makadamia, *walnuts* dan *pistasio*. Kacang tanah juga mengandung fitonutrien seperti isoflavon, asam fenolat dan fitosterol yang bila dikonsumsi dapat mencegah penyakit dan meningkatkan kesehatan (Toomer 2017) karena berfungsi sebagai antioksidan (Nile dan Park 2013) dan mampu menurunkan kadar kolesterol dan trigliserida dalam darah (Mezu dan Kasno 2015). Selain itu, kandungan arginin pada biji kacang tanah berperan dalam merangsang tubuh untuk memproduksi nitrogen monoksida yang berfungsi untuk melawan bakteri tuberculosis (Mezu dan Kasno 2015).

Berdasarkan data FAO tahun 2013 hingga 2017, Indonesia berada pada posisi ke-12 sebagai produsen kacang tanah dunia dengan proporsi produksi 1,31% (Tabel 1). Sementara posisi pertama hingga kelima dipegang oleh China, India, Nigeria, Amerika Serikat, dan Sudan. Di Indonesia, sebagai komoditas tanaman pangan, kacang tanah berada pada posisi ke empat setelah padi, jagung, kedelai dengan produksi masing-masing berturut-turut 75,40 juta ton gabah kering giling, 19,61 juta ton pipilan kering, 605,45 ribu ton biji kering, dan 271,46 ribu ton biji kering (BPS 2016). Umumnya kacang tanah ditanam pada lahan kering pada

musim hujan dan lahan sawah irigasi pada musim kemarau (Pratiwi 2011).

Seluruh bagian tanaman kacang tanah dapat dimanfaatkan, tetapi bagian yang paling penting adalah biji. Biji kacang tanah dapat digunakan untuk bahan baku minyak, direbus/dipanggang, bahan tambahan pada produk gula-gula (*confectionery*), tepung, kue dan selai (Godoy *et al.* 2014, Arya *et al.* 2016, Janila *et al.* 2016). Minyak kacang tanah juga dapat digunakan sebagai minyak goreng (*edible oil*), bahan baku pembuatan sabun, detergen, kosmetik, cat, lilin dan pelumas (Janila *et al.* 2016). Di Indonesia, pemanfaatan kacang tanah yang utama adalah untuk pangan, baik dalam bentuk konsumsi langsung maupun olahan dari industri pangan (Pusdatin 2017).

Konsumsi minyak nabati dunia yang saat ini mencapai 200 juta metrik ton per tahun, terus berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan untuk produksi makanan yang digoreng, olahan makanan, serta minyak salad (Msanne *et al.* 2020). USDA melaporkan bahwa pada tahun 2014 hingga Agustus 2018, produksi minyak kacang tanah menduduki peringkat keempat dunia setelah kedelai, *rapeseed*, dan biji bunga matahari (Tabel 2), dengan lima negara produsen terbesar yaitu Amerika Serikat (22,22%), Brazil (20,06%), Argentina (10,4%), China (10,28%), dan India (6,02%). Untuk keperluan tersebut, diperlukan varietas kacang tanah yang kandungan minyaknya tinggi agar diperoleh rendemen minyak yang tinggi pula. Sedangkan untuk bahan makanan dan industri *confectionary*, lebih disukai varietas kacang tanah dengan kandungan minyak rendah.

Menurut Janila *et al.* (2016) kandungan minyak yang rendah atau tinggi pada kacang tanah, kualitas minyak yang baik merupakan prioritas dalam perakitan varietas kacang tanah baik untuk industri

Tabel 1. Negara produsen kacang tanah terbesar di dunia tahun 2013–2017

No	Negara	Produksi polong (t) tahun					Rerata	Proporsi Produksi Total (%)
		2013	2014	2015	2016	2017		
1	China	17.018.965,0	16.550.213,0	16.020.508,0	16.422.832,0	17.150.121,0	16.632.527,8	36,41
2	India	9.472.000,0	7.402.000,0	6.733.000,0	7.462.000,0	9.179.000,0	8.049.600,0	17,62
3	Nigeria	2.474.530,0	3.399.158,0	3.467.446,0	3.581.800,0	2.420.000,0	3.068.586,8	6,72
4	Amerika Serikat	1.892.920,0	2.353.540,0	2.817.080,0	2.531.760,0	3.281.110,0	2.575.282,0	5,64
5	Sudan	1.767.000,0	1.871.000,0	1.042.000,0	1.826.000,0	1.641.011,0	1.629.402,2	3,57
6	Myanmar	1.464.600,0	1.501.600,0	1.517.900,0	1.572.407,0	1.582.693,0	1.527.840,0	3,34
7	Tanzania	1.425.000,0	1.635.335,0	1.835.933,0	550.000,0	978.867,0	1.285.027,0	2,81
8	Argentina	1.025.857,0	1.165.924,0	1.010.777,0	1.001.113,0	1.031.082,0	1.046.950,6	2,29
9	Chad	965.162,0	791.088,0	720.138,0	871.249,0	870.094,0	843.546,2	1,85
10	Senegal	677.456,0	669.329,0	1.050.042,0	719.000,0	915.000,0	806.165,4	1,76
11	Cameroon	635.947,0	578.626,0	608.731,0	747.677,0	480.000,0	610.196,2	1,34
12	Indonesia	701.680,0	638.896,0	605.449,0	570.000,0	480.000,0	599.205,0	1,31

Sumber: diolah dari data FAOSTAT (2019)

Tabel 2. Produksi minyak berbahan baku biji-bijian tahun 2014/2015–2017/2018

Bahan baku	Produksi minyak (juta metrik ton) tahun				Rerata	Persentase (%)
	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18		
Kedelai	319,96	315,58	348,12	336,7	330,09	59,71
Rapeseed	71,29	69,81	71,33	74,71	71,79	12,99
Biji Bunga Matahari	39,17	40,54	47,97	47,31	43,75	7,91
Kacang Tanah	42,13	41,71	44,86	45,45	43,54	7,88
Biji Kapas	44,36	35,78	39,09	45,04	41,07	7,43
Kelapa Sawit	16,57	15,96	17,36	18,45	17,09	3,09
Kopra	5,42	5,32	5,51	5,73	5,50	0,99

Sumber: USDA 2018

pengolahan minyak maupun industri makanan. Kualitas minyak tersebut ditentukan oleh komposisi asam lemak tidak jenuh di dalam biji, terutama kandungan asam oleat dan linoleat. Minyak kacang tanah dengan proporsi asam oleat lebih tinggi daripada asam linoleat (rasio O/L > 10) sangat sesuai untuk industri minyak nabati karena memiliki stabilitas oksidatif 3,4 hingga 14,5 kali lebih tinggi, dan daya simpan 5 hingga 10 kali lebih lama dibandingkan minyak dari kacang tanah dengan asam oleat normal (O'keefe *et al.* 1993, Deshmukh *et al.* 2020). Selain itu, konsumsi bahan pangan dengan asam oleat tinggi dapat meningkatkan rasio *high-density lipoprotein* (HDL) atau dikenal sebagai kolesterol baik terhadap *low-density lipoprotein* (LDL) dan dapat mengurangi risiko terkena penyakit kardiovaskuler (Wang dan Hu 2017). Oleh karena itu modifikasi asam lemak pada kacang tanah telah menjadi salah satu tujuan perakitan varietas kacang tanah selama tiga dekade terakhir. Dengan menggunakan metode tinjauan pustaka dari hasil-hasil penelitian yang tersedia hingga saat ini, tulisan ini disusun untuk membahas tentang perbedaan kacang tanah dengan asam oleat tinggi dengan kacang tanah dengan asam oleat normal, manfaat kacang tanah bagi kesehatan, pewarisan sifat asam oleat tinggi, upaya dan status perakitan varietas, serta prospek pemuliaan kacang tanah dengan kandungan asam oleat tinggi di Indonesia.

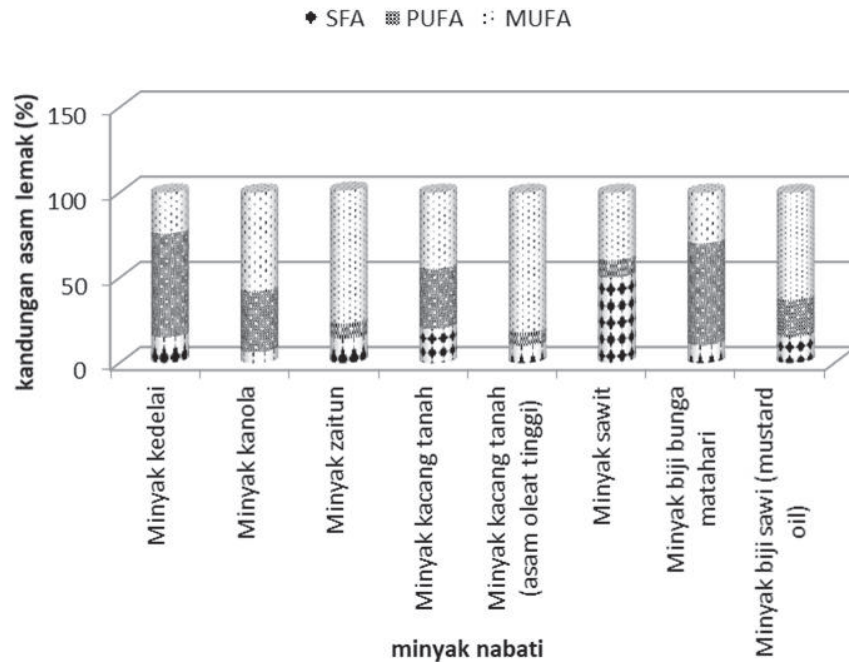
ASAM LEMAK OLEAT NORMAL DAN TINGGI PADA KACANG TANAH

Lemak kacang tanah terdiri atas asam lemak tak jenuh (*Unsaturated Fatty Acids*, UFA) dan asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acids*, SFA). Asam lemak tak jenuh terdiri dari asam oleat (C18:1) yaitu merupakan lemak tak jenuh dengan ikatan rangkap tunggal (*Monounsaturated Fatty Acid*, MUFA), asam linoleat (C18:2) dan asam linolenat (C18:3) yaitu asam lemak dengan ikatan rangkap lebih dari satu (*Poly Unsaturated Fatty Acid*, PUFA). Asam oleat dan asam linoleat menyusun hingga 80% dari kandungan lemak

total pada kacang tanah (Janila *et al.* 2016). Sedangkan 20% asam lemak lain yang terkandung pada kacang tanah terdiri dari asam palmitat (C16:0) dengan proporsi sekitar 10% dan 10% lainnya terdiri dari asam stearat (C18:0), arakidat (C20:0), gadoleat (C20:1), behenat (C22:0) dan lignoserat (C24:0) (Kavera *et al.* 2014). Asam linolenat (C18:3) juga terdapat pada kacang tanah akan tetapi dengan proporsi sangat rendah yaitu antara 0,01-0,1% (Wang *et al.* 2012).

Kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi, khususnya linoleat dan linolenat, menjadi salah satu faktor yang menyebabkan minyak kacang tanah maupun produk pangan berbasis kacang tanah menjadi mudah tengik. Kedua asam lemak tersebut sangat rentan terhadap proses oksidasi pada ikatan rangkapnya yang akan membentuk asam, aldehida, keton, dan hidrokarbon lain yang menyebabkan bau tengik (Arya *et al.* 2016). Oksidasi tersebut menyebabkan penurunan daya simpan, hilangnya nutrisi, dan timbulnya aroma yang tidak diinginkan (*off-flavor*) pada minyak dan makanan berbahan kacang tanah.

Berbeda dengan kacang tanah dengan oleat normal, kacang tanah dengan asam oleat tinggi memiliki asam lemak dengan ikatan rangkap tunggal (MUFA) yang tinggi dan asam lemak dengan ikatan rangkap lebih dari satu (PUFA) yang rendah (Tabel 3). Jika dibandingkan dengan jenis tanaman sumber minyak lainnya, kandungan asam oleat pada kacang tanah dengan asam oleat tinggi setara dengan minyak zaitun (Gambar 1). Jungman (2000) mengklasifikasi varietas kacang tanah oleat tinggi berdasarkan rasio oleat dengan linoleat (O/L), yaitu rendah atau normal jika kurang dari 3, sedang jika antara 3-10 dan tinggi jika lebih dari 10. Varietas kacang tanah dianggap memiliki kandungan asam oleat tinggi jika proporsinya $\geq 78\%$ dengan rasio O/L $\geq 10:1$ (Deshmukh *et al.* 2020).



Gambar 1. Profil asam lemak beberapa minyak nabati dengan minyak kacang tanah dengan asam oleat normal dan oleat tinggi. Sumber: Radhakrishnan (2019)

Tabel 3. Persentase kandungan asam lemak pada kacang tanah dengan asam oleat normal dan oleat tinggi

Asam lemak	Kacang tanah oleat normal (IAC-886)	Kacang tanah oleat tinggi (IAC-505)
Asam palmitat (C16:0)	8,78	5,23
Asam heptadekanoat (C17:0)	0,46	0,18
Asam stearat (C18:0)	2,14	2,08
Asam oleat (C18:1n9)	50,96	81,47
Asam linoleat (C18:2n6)	31,93	3,87
Asam arakidat (C20:0)	0,82	1,19
Asam eikosanoat/gondoat (C20:1n9)	0,82	1,45
Asam linolenat (C18:3n3)	0,28	0,44
Asam behenat (C22:0)	2,59	2,68
Asam erukat (C22:1n9)	-	0,17
Asam lignoserat (C24:0)	1,46	1,65
Total SFA	16,25	13,01
Total MUFA	51,78	83,09
Total PUFA	32,21	4,30

Keterangan: - = tidak terdeteksi. Sumber: Alves *et al.* (2014).

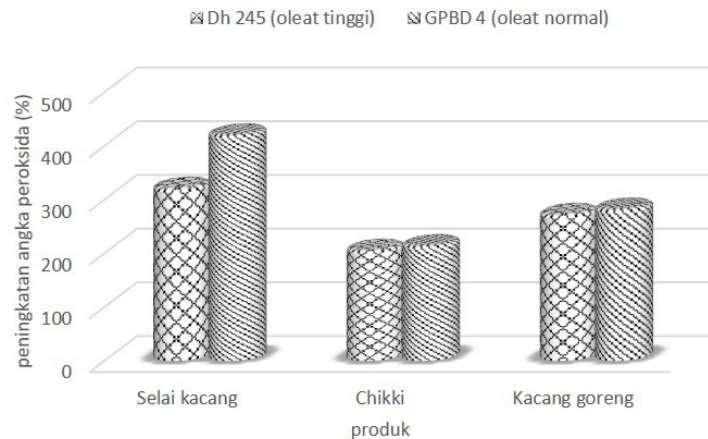
Upaya untuk meningkatkan kandungan asam oleat telah dilakukan pada berbagai jenis tanaman melalui pemuliaan. Kandungan asam oleat pada minyak biji bunga matahari yang semula proporsinya 16-19%, dapat ditingkatkan menjadi lebih dari 89% (Rani *et al.* 2017). Demikian pula penurunan kandungan asam linolenat hingga kurang dari 3% pada minyak *rapeseed* dan minyak kedelai (Bocianowski dan Mikolajczyk 2012, Bilyeu *et al.* 2017) dan peningkatan asam oleat hingga lebih dari 70% pada minyak kedelai (Bilyeu *et al.* 2017).

MANFAAT KACANG TANAH DENGAN ASAM OLEAT TINGGI

Kacang tanah dengan asam oleat tinggi, selain mempunyai beberapa keunggulan bagi industri minyak maupun industri makanan olahan, juga bermanfaat bagi kesehatan konsumen.

Manfaat bagi Industri

Kacang tanah dengan asam oleat tinggi beserta produknya terbukti mempunyai daya simpan yang lebih lama dibanding kacang tanah dengan rasio O/L normal. Sifat tersebut menguntungkan bagi industri berbahan kacang tanah, seperti kacang kulit.



Gambar 2. Peningkatan angka peroksida pada produk olahan kacang tanah oleat tinggi (Dh245) dan kacang tanah oleat normal (GPBD 4) selama 3 bulan penyimpanan pada suhu kamar. Sumber: A-na *et al.* (2018), Dileepa *et al.* (2020)

Varietas kacang tanah dengan rasio O/L normal telah mencapai tingkat oksidasi yang sudah tidak dapat diterima dengan angka peroksida 20,9 meq O_2/kg pada penyimpanan 4 minggu, sedangkan varietas dengan rasio O/L tinggi memiliki angka peroksida 2 meq O_2/kg . Varietas dengan rasio O/L tinggi hingga penyimpanan 32 minggu masih memiliki angka peroksida 19 meq O_2/kg , jauh lebih rendah dibandingkan dengan varietas dengan rasio O/L rendah yang telah mencapai angka peroksida 82 meq O_2/kg (Mozingo *et al.* 2004). Perubahan kimiawi memang terjadi, baik pada kacang tanah kulit dengan asam oleat normal maupun tinggi selama 675 hari penyimpanan. Namun, masing-masing menunjukkan angka peroksida yang berbeda, yakni 2,04 dan 1,66 meq O_2/kg (Martín *et al.* 2018).

Selai yang dibuat dari kacang tanah dengan asam oleat tinggi secara signifikan memiliki angka peroksida lebih rendah dibandingkan selai dari kacang tanah dengan asam oleat normal (Gambar 2). Demikian pula untuk produk *chikki*, yaitu hasil proses sangrai dari campuran biji kacang tanah panggang dengan sirup gula merah, air, glukosa cair dan lemak terhidrogenasi yang dicetak berbentuk persegi, dan kacang garing (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa kacang tanah dengan asam oleat tinggi memiliki stabilitas oksidatif lebih baik dibandingkan dengan kacang tanah dengan oleat normal selama penyimpanan (Dileepa *et al.* 2020).

Menurut Peanut Company of Australia, PCA (2016) kacang tanah oleat tinggi sangat menguntungkan bagi industri karena memiliki tekstur renyah dan rasa yang tidak berubah untuk produk makanan, biaya pengemasan lebih murah, biaya pelapisan pada industri gula-gula dapat dihemat, penggunaan stabiliser dapat dikurangi pada industri

peanut butter, dan mengurangi kehilangan hasil produk karena daya simpan menjadi lebih lama dan sekaligus membuka peluang untuk ekspor. Selain memiliki daya simpan lebih lama, minyak nabati dari kacang tanah oleat tinggi bersifat tahan/stabil pada suhu tinggi, sehingga makanan dapat renyah di luar dan lembut di dalam. Sifat ini juga menjaga minyak agar tidak meresap ke dalam makanan serta tidak menyerap aroma bahan makanan selama proses pemasakan sehingga sesuai untuk *one-pot dishes* (Robert 2014).

Penelitian terkait manfaat kacang tanah oleat tinggi juga semakin luas. Lee *et al.* (2020) melaporkan bahwa kopi dari kacang tanah oleat tinggi memiliki kandungan thiamin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kopi biasa dan dengan kopi yang diolah dari kacang tanah dengan asam oleat normal karena bersifat lebih stabil pada suhu tinggi. Pemberian kacang tanah oleat tinggi pada pakan ternak mampu meningkatkan kandungan beta-karoten telur yang dihasilkan dibandingkan dengan pemberian pakan kedelai dan jagung. Warna kuning telur yang dihasilkan juga menjadi lebih oranye (Toomer *et al.* 2018).

Manfaat bagi Kesehatan

Produk pangan berbahan baku kacang tanah oleat tinggi juga bermanfaat bagi kesehatan. Konsumsi biji maupun minyak kacang tanah oleat tinggi dan kecambah kacang tanah berpengaruh positif terhadap peningkatan konsentrasi HDL dalam darah untuk konsumsi lebih dari 12 minggu, yaitu kolesterol baik yang penting bagi kesehatan tubuh (Azad *et al.* 2020). Kacang tanah dengan asam oleat tinggi mempunyai kandungan asam lemak tidak jenuh dengan ikatan tunggal (MUFA) 30% lebih

tinggi dibandingkan kacang tanah dengan asam oleat normal, sehingga dapat membantu menjaga kadar kolesterol di dalam darah (Anonim, 2022).

Minyak nabati dari kacang tanah dengan asam oleat tinggi lebih sehat jika dibandingkan dengan minyak kelapa sawit maupun minyak terhidrogenasi. Minyak kelapa sawit mempunyai kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sedangkan minyak kacang tanah dengan asam oleat tinggi memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh tunggal berupa asam oleat yang tinggi. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa diet dengan asam oleat dapat menurunkan kolesterol lipoprotein densitas rendah (LDL) dan dapat meningkatkan lipoprotein densitas tinggi (HDL), sehingga dapat mengurangi risiko terkena penyakit jantung koroner (Wang dan Hu 2017). Proses hidrogenasi pada minyak sayur menyebabkan peningkatan kadar lemak trans yang tidak sehat dalam produk yang dihasilkan (Tuminah 2009). American Heart Association menyebutkan bahwa mengurangi asupan lemak jenuh dan meningkatkan asupan lemak tak jenuh dapat menurunkan risiko penyakit jantung sebesar 30% (Sacks *et al.* 2017).

Kacang tanah memiliki komposisi nutrisi yang seimbang dengan harga lebih murah dibandingkan kacang lainnya. Konsumsi kacang tanah secara teratur telah dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit jantung koroner, hipertensi, peradangan, kanker, batu empedu, dan penurunan kognitif yang berkaitan dengan peningkatan usia dan harapan hidup. Manfaat kesehatan ini terkait erat dengan tingginya kandungan protein, asam lemak tidak jenuh tunggal, vitamin penting seperti vitamin B dan E serta fitokimia lain diantaranya isoflavon dan fitosterol serta kandungan lemak trans yang rendah (Bonku dan Yu 2020). Konsumsi kacang-kacangan lima kali atau lebih setiap minggu, termasuk kacang tanah, dilaporkan memiliki risiko 14% lebih rendah terkena penyakit kardiovaskuler dan 20% terhadap penyakit jantung bawaan/*Congenital Heart Disease* (CHD) dibandingkan dengan yang tidak pernah atau hampir tidak pernah mengonsumsi kacang-kacangan (Guasch-Ferré *et al.* 2017).

PEWARISAN SIFAT KANDUNGAN ASAM OLEAT TINGGI PADA KACANG TANAH

Sejarah penelitian kacang tanah dengan asam oleat tinggi diawali dengan ditemukannya galur mutan 435-2-1 dan 435-2-2 yang mengandung asam oleat 80% dan asam linoleat 2% (Norden *et al.* 1987). Moore dan Knauft (1989) melaporkan bahwa karakter asam oleat tinggi dikendalikan oleh dua gen resesif yang disimbolkan dengan ol_1 dan

ol_2 . Jika kedua gen resesif hadir, maka kandungan asam oleat akan lebih dari 70% dan kandungan asam linoleat rendah, yakni sekitar 5%. Namun jika salah satu gen dominan, maka kandungan asam oleat akan lebih kecil dari 70% dan kandungan asam linoleat di atas 10%.

Kajian lebih lanjut secara molekuler menunjukkan bahwa kacang tanah yang dibudidayakan saat ini merupakan tanaman allotetraploid dan membawa 2 genom terpisah yang dikodekan sub genom A dan sub genom B (Nigam, 2015). Rasio O/L tinggi pada kacang tanah menurut Ray *et al.* (1993) disebabkan oleh hilangnya fungsi oleoyl-PC-desaturase. Microsomal oleoyl-PC-desaturase adalah enzim utama yang mengatur kandungan oleat dalam biji dari tanaman penghasil minyak. Enzim tersebut mempunyai peran sebagai katalis dalam proses konversi oleat menjadi linoleat yaitu menyebabkan terbentuknya ikatan ganda kedua pada asam oleat (Chu *et al.*, 2007). Aktivitas oleoyl-PC-desaturase diatur oleh dua gen homeolog, AhFAD2A dan AhFAD2B (Jung *et al.* 2000a, 2000b). Kajian molekuler oleh Jung *et al.* (2000b) menunjukkan bahwa mutasi pada AhFAD2A dan penurunan tingkat transkripsi AhFAD2B yang signifikan dan bersama-sama menyebabkan munculnya fenotipe asam oleat tinggi pada kacang tanah. Mutasi ini mengakibatkan peningkatan akumulasi asam oleat karena konversinya menjadi asam linoleat terhenti sehingga kandungan asam linoleat berkurang (Deshmukh *et al.* 2020). Satu mutasi dari AhFad2A (ol_1) bersama dengan hilangnya fungsi dari AhFad2B (ol_2) dapat menghasilkan kandungan asam oleat tinggi pada kacang tanah. (Huang *et al.* 2019)

Gangadhara dan Nadaf (2016) mengamati bahwa generasi F2 hasil persilangan antara kacang tanah oleat rendah dan sedang serta persilangan kacang tanah oleat sedang dengan tinggi bersegregasi dengan rasio 3:1, sementara untuk persilangan antara kacang tanah oleat rendah dengan oleat tinggi bersegregasi dengan rasio 15:1. Hal ini menunjukkan bahwa karakter kandungan asam oleat tinggi dikendalikan oleh dua gen resesif, akan tetapi adanya gen *modifier* yang dapat mempengaruhi ekspresi kedua gen tersebut juga berperan dalam menentukan rasio O/L pada kacang tanah tipe Spanish (Lopez *et al.* 2001).

Menurut Isleib *et al.* (2006) pewarisan sifat asam oleat tinggi pada kacang tanah tipe Virginia tidak sepenuhnya dikendalikan oleh gen resesif, namun terdapat interaksi gen dominan tidak sempurna, pleiotropi dan epistasis dalam pewarisan sifat tersebut. Adanya pleiotropi yaitu kondisi dimana satu gen dapat mempengaruhi munculnya beberapa sifat

ditunjukkan dengan pengaruh gen *ol* yang tidak hanya berpengaruh terhadap kandungan asam oleat dan linoleat saja, tetapi juga terhadap asam palmitat, total asam lemak C18 dan total asam lemak jenuh, mengharuskan pemulia untuk memperhatikan korelasi antara asam oleat dengan karakter-karakter tersebut dalam menentukan metode pemuliaan yang akan digunakan. Menurut Shasidhar *et al.* (2017), asam oleat mempunyai korelasi negatif yang signifikan dengan asam linoleat (C18:2) dengan $r = -0,701$, asam stearat (C18:0) dengan $r = -0,218$ dan asam arakidat (C20:0) dengan $r = -0,33$, sedangkan asam linoleat mempunyai korelasi positif yang signifikan dengan asam palmitat (C16:0) dengan $r = 0,888$ dan asam stearat (C18:0) dengan $r = 0,239$. Pengujian 45 genotipe kacang tanah koleksi plasma nutfah Balitkabi dan tiga tipe kacang tanah yaitu Virginia, Spanish dan Valencia di Turki juga menunjukkan bahwa karakter asam oleat berkorelasi negatif dengan asam linoleat, masing-masing dengan $r = -0,59$ dan $r = -0,985$ (Trustinah dan Kasno 2012, Onemli 2012). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan asam oleat diikuti oleh penurunan kandungan asam linoleat (Sarvamangala *et al.* 2011, Patidar dan Nadaf 2017; Kamdar *et al.* 2020).

Adanya epistasis atau interaksi antara dua gen atau lebih dari lokus yang berbeda dalam memunculkan sifat kandungan asam oleat tinggi, menunjukkan bahwa untuk mendapatkan hasil keturunan yang diinginkan dalam proses perakitan, diperlukan penanaman segregan lebih banyak karena adanya epistasis menyebabkan fiksasi alel-alel untuk peningkatan homozigositas akan lebih lambat tercapai. Pengujian keturunan dari 59 tanaman BC2F2 yang diduga heterozigot dan 41 tanaman BC2F2 normal yang homozigot menunjukkan bahwa kedua genotipe dapat dibedakan secara akurat berdasarkan tingkat linoleat. Hal ini menunjukkan bahwa gen *ol* dapat dipindahkan dengan metode silang balik menggunakan prosedur untuk pemindahan gen dominan, dimana seleksi dapat dilakukan langsung pada hasil silang balik (Isleib *et al.* 2006).

Keefektifan seleksi karakter kandungan asam oleat tinggi dalam suatu populasi dipengaruhi oleh heritabilitas yang menggambarkan seberapa besar sifat tersebut akan diwariskan pada keturunannya. Pendugaan heritabilitas arti sempit yaitu rasio dari ragam genetik aditif terhadap ragam fenotip total untuk sifat kandungan asam oleat dan linoleat dari populasi hasil persilangan antara beberapa galur kacang tanah asam oleat rendah dengan varietas kacang tanah asam oleat tinggi, mempunyai nilai heritabilitas arti sempit dan sedang dengan nilai

masing-masing 53% dan 49%. Hal ini menunjukkan bahwa aksi gen aditif lebih besar daripada aksi gen non-aditif dalam penentuan asam lemak pada kacang tanah, sehingga seleksi untuk perbaikan asam oleat dapat dilakukan pada generasi awal (Amoah *et al.* 2020). Pendugaan nilai heritabilitas karakter asam oleat dan asam linoleat juga dilakukan oleh Singkham *et al.* (2010) pada populasi hasil persilangan dua genotipe kacang tanah oleat tinggi dan satu genotipe oleat rendah yang menunjukkan nilai heritabilitas tergolong sedang hingga tinggi dengan nilai masing-masing 0,63-0,72 dan 0,57-0,72, sehingga perbaikan karakter dalam populasi tersebut mempunyai peluang yang besar.

PERAKITAN VARIETAS KACANG TANAH ASAM OLEAT TINGGI

Hasil penelitian yang mengungkapkan adanya korelasi negatif antara kandungan asam oleat dan linoleat memberi peluang perbaikan rasio O/L melalui peningkatan kandungan asam oleat. Nawade *et al.* (2018) melaporkan terdapat lebih dari 90 varietas kacang tanah oleat tinggi yang telah dikembangkan di dunia. Amerika Serikat, China dan Australia merupakan negara yang telah banyak melakukan perakitan varietas kacang tanah dengan asam oleat tinggi (Tabel 4). Perakitan varietas kacang tanah untuk mendapatkan kultivar yang berkandungan asam oleat tinggi baik melalui pemuliaan tanaman konvensional, induksi mutagenesis, maupun pemuliaan molekuler adalah sebagai berikut :

Pemuliaan Konvensional

Sebagian dari varietas kacang tanah dengan asam oleat tinggi merupakan hasil dari persilangan konvensional. NuMex 01 merupakan contoh kacang tanah tipe Valencia dengan asam oleat tinggi pertama yang sesuai untuk daerah New Mexico Timur dan Texas Barat di Amerika Serikat. Kacang tanah tersebut dihasilkan dari persilangan antara NM Valencia A yang memiliki rasio O/L rendah (1:1) dengan Brantley yang rasio O/L-nya tinggi (28:1). Metode seleksi yang digunakan adalah pedigree dan pemilihan segregan dengan metode *single-seed descent* sampai generasi F4. Persilangan dilakukan pada tahun 2007 dan memerlukan waktu kurang lebih 7 tahun sebelum akhirnya dilepas pada tahun 2013 (Puppala dan Tallury 2014).

Perakitan varietas melalui persilangan konvensional ini merupakan proses yang panjang dan sulit karena memerlukan banyak generasi silang balik. Selain itu sebagian besar dari varietas yang telah dilepas untuk produksi komersial memiliki tetua donor dengan latar belakang genetik yang sempit.

Tabel 4. Negara dan jumlah varietas/galur kacang tanah dengan asam oleat tinggi yang dimiliki serta metode perakitan yang digunakan

Negara	Jumlah varietas	Jumlah Galur	Metode perakitan
Amerika Serikat	46	-	Persilangan
	1	-	Pemuliaan molekuler
	3	-	Induksi mutagenesis
China	20	4	Persilangan
	-	20 BC4F2	Pemuliaan molekuler
	-	2	Induksi mutagenesis
Australia	9	-	Persilangan
Argentina	4	-	Persilangan
Brazil	5	-	Persilangan
Korea Selatan	1	-	Persilangan
Afrika Selatan	1	-	Persilangan
India	1	-	Pemuliaan molekuler
	2	82 MABC dan 385 MAS ILs	Pemuliaan molekuler
	-	3	Induksi mutagenesis

Keterangan: MABC = *Marker-Assisted Back Crossing*; MAS ILs = *Marker-Assisted Selection Introgression lines*. Sumber Nawade et al. 2018 (diolah)

Oleh karena itu, perakitan kacang tanah dengan asam oleat tinggi dilakukan dengan memperluas latar belakang genetik dan menggunakan beragam tipe varietas (Virginia, menjalar, Valencia, Spanish) yang beragam (Huang et al. 2019).

Pemuliaan Mutasi

Galur mutan alami kacang tanah yaitu F435-2-1 dan 435-2-2 serta keturunannya Sun Oleic 95R dan SunOleic 97R merupakan sumber gen untuk kandungan asam oleat tinggi dan telah dilindungi dengan hak paten (Chamberlin et al. 2014; Nadaf et al. 2017). Oleh karena itu upaya induksi mutagenesis masih perlu dilakukan untuk memperoleh sumber keragaman genetik lainnya. Induksi mutasi dengan mutagen kimiawi *ethyl methane sulfonate* (EMS) dan mutagen fisik sinar gamma (60 CO) pada kacang tanah kultivar tipe Spanish yang terkenal di India yaitu GPBD-4 dapat menghasilkan dua galur mutan stabil (GM 4-3 dan GM 6-1) dengan kandungan asam oleat >70% (Nadaf et al. 2017). Penggunaan mutagen EMS 0,4% dua tahap yaitu pada biji tetua asal dan pada M3 mampu meningkatkan asam oleat pada Fuhua 12 dari 35% menjadi 80,7% (Yu et al. 2019). Mutasi yang dihasilkan dari metode pemuliaan ini bersifat random akan tetapi mampu menghasilkan varietas unggul baru dengan perbaikan beberapa sifat tanpa mengubah sebagian besar sifat baik dari tetuanya (Asadi 2013; Yu et al. 2019).

Pemuliaan Molekuler

Teknologi pemuliaan konvensional telah terbukti berhasil meningkatkan produksi tanaman dan

mampu memenuhi kebutuhan pangan. Namun metode ini memerlukan waktu yang lama untuk mengintrogresikan gen-gen yang diinginkan dan jumlah genotipe yang banyak pada awal seleksi sehingga tenaga kerja yang dibutuhkan juga banyak. Pemuliaan molekuler digambarkan sebagai penerapan alat molekuler dalam program pemuliaan konvensional. Salah satu contoh pemuliaan molekuler adalah *Marker-Assisted Selection* (MAS) dimana penanda/marka molekuler yang terkait erat dengan suatu sifat yang diminati digunakan untuk memilih materi genetik dan atau galur pemuliaan pada tahap awal perakitan. Ini berbeda dari rekayasa genetika di mana alat molekuler digunakan untuk memasukkan gen yang dikehendaki secara artifisial ke dalam genom target. Pemanfaatan penanda molekuler dapat meningkatkan efisiensi perakitan varietas baru dengan memungkinkan pemulia untuk memilih materi pemuliaan yang memiliki sifat yang diinginkan tanpa harus menghabiskan waktu bertahun-tahun untuk mengetahui fenotipe untuk sifat tersebut di lapangan (Chamberlin 2019).

Penggunaan marka molekuler juga dapat digunakan sebagai alat bantu silang balik (*Marker-Assisted Back Crossing*, MABC) untuk meningkatkan efisiensi pemuliaan metode silang balik. Dibandingkan silang balik secara konvensional, pendekatan MABC menghemat waktu karena dapat memilih genotipe heterozigot yang menyimpan gen resesif atau penanda *backcrossing* pada generasi awal. Pemuliaan molekuler menawarkan peluang yang tinggi untuk mempercepat pengembangan varietas yang diinginkan dengan tepat dan ketelitian tinggi (Janila et al. 2016). Oleh sebab itu dengan bantuan

marka sifat asam oleat tinggi dapat diseleksi di luar musim tanam (Huang *et al.* 2019).

Chu *et al.* (2011) memanfaatkan *Marker-Assisted Selection* (MAS) dalam mengintrogresikan karakter rasio O/L tinggi dari tetua donor Georgia-02C dan Florida-07 ke dalam kultivar Tifguard yang telah memiliki sifat tahan terhadap nematoda menjadi Tifguard High O/L. Demikian juga Janila *et al.* (2016) telah berhasil mentransfer dua alel mutan dari varietas dengan kandungan oleat tinggi Sun Oleic 95R (80%) ke dalam genotipe ICGV 06110, ICGV 06142 dan ICGV 06420 dan menghasilkan 82 galur (*Introgression lines*, ILs) hasil MABC dan 387 MAS yang dikembangkan menggunakan penanda DNA dengan peningkatan asam oleat yang bervariasi dari 62 hingga 83%. Sementara Huang *et al.* (2019), memanfaatkan *Marker-Assisted Backcrossing* (MABC) dalam seleksi untuk meningkatkan kandungan asam oleat pada empat kultivar unggul kacang tanah di China dengan menggunakan kultivar dengan oleat tinggi Kainong 176 sebagai tetua jantan (donor), serta memanfaatkan *Near-Infrared Reflectance Spectroscopy* untuk mendeteksi kandungan oleat biji pada generasi awal. Dari metode tersebut diperoleh 24 galur yang memiliki kandungan asam oleat tinggi dalam waktu lima tahun.

Kriteria Seleksi

Ketiga pendekatan perakitan varietas di atas memiliki kesamaan, yaitu adanya tahapan untuk menganalisis peningkatan kandungan asam oleat biji dari genotipe yang telah dihasilkan. Pengujian asam lemak dalam biji kacang tanah biasanya dilakukan dengan analisis *Gas Chromatography* (GC) yang membutuhkan sampel berupa biji utuh dan bersifat destruktif sehingga setelah diuji tidak dapat ditanam kembali. Dalam pemuliaan konvensional, pemulia akan menguji ratusan biji pada generasi F2 akan tetapi biji tersebut juga harus ditanam untuk pengujian berikutnya, sehingga diperlukan metode yang bersifat non destruktif.

Menurut Chamberlin *et al.* (2014), metode *Capillary Electrophoresis* (CE), *Near-Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS) dan *Real Time Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) cukup akurat digunakan dalam seleksi galur-galur hasil pemuliaan pada generasi awal. Metode CE hanya membutuhkan sekitar 0,10 mg dari bagian ujung distal embrio. Sementara itu biji tidak perlu dirusak pada metode NIRS, namun hanya bersifat kualitatif. Menurut Kavera *et al.* (2014), prediksi profil asam lemak menggunakan NIRS bersifat non destruktif, akurat, cepat dan sangat bermanfaat terutama untuk seleksi generasi awal. Perkembangan dari beberapa

penanda molekuler untuk sifat oleat tinggi semakin memudahkan pemulia dalam melakukan seleksi. Metode RT-PCR dapat dilakukan baik dengan menggunakan jaringan pada biji maupun daun dari populasi yang akan diuji sehingga tidak perlu merusak biji, serta dapat dilakukan pada berbagai generasi. Pemanfaatan metode bioteknologi tersebut dapat mempercepat proses perakitan varietas, namun memerlukan biaya yang tinggi dalam aplikasinya (Chamberlin *et al.* 2014).

STATUS DAN PROSPEK PEMULIAAN KACANG TANAH ASAM OLEAT TINGGI DI INDONESIA

Pemanfaatan kacang tanah sebagai sumber minyak nabati di Indonesia sangat terbatas, karena sebagian besar digunakan untuk bahan makanan dan industri pangan olahan. Meski demikian, penyediaan varietas kacang tanah dengan asam oleat tinggi tetap dibutuhkan karena dapat memperpanjang daya simpan produk yang dihasilkan, sehingga pengembangan produk untuk pasar ekspor juga akan lebih terbuka. Hal ini akan membuka peluang kerjasama antara petani dan industri pangan dalam penyediaan bahan baku. Selain itu, konsumsi kacang tanah dengan asam oleat tinggi dan produk olahannya juga bermanfaat bagi kesehatan.

Tabel 5. Daftar varietas unggul kacang yang dihasilkan oleh Badan Peneilitan dan Pengembangan Pertanian

Nama Varietas	Tahun Pelepasan
Gajah, Macan, Banteng, Kidang,	1950
Rusa, Anoa, Tapir, Pelanduk, Tupai	1983
Kelinci	1987
Jepara, Landak	1989
Mahesa, Badak, Komodo, Biawak	1991
Trenggiling, Simpai, Zebra	1992
Panter, Singa, Jerapah	1998
Sima, Turangga, Kancil, Bima	2001
Tuban	2003
Bison, Domba	2004
Talam 1	2010
Hypoma 1, Hypoma 2, Takar 1, Takar 2	2012
Litbang Garuda 5	2013
Talam 2, Talam 3	2014
Tala 1, Tala 2, Hypoma 3	2016
Katantan 1	2017
Katana 1, Katana 2, Tasia 1, Tasia 2	2018
Hypoma 4	2020

Sumber: Balitkabi (2021); Batan (2018).

Tabel 6. Kandungan asam palmitat, oleat, linoleat, arakidat dan behenat 10 genotipe dengan rasio O/L tertinggi dari 45 genotipe kacang tanah koleksi plasma nutfah Balitkabi

No	Genotipe	Asam Palmitat (%)	Asam Oleat (%)	Asam Linoleat (%)	Asam Arakidat (%)	Asam Behenat (%)	Rasio O/L
1	MLGA 0261	9,39	49,31	35,62	1,54	2,56	1,38
2	MLGA 0102	10,77	40,56	35,04	4,95	4,73	1,16
3	MLGA 0568	11,57	41,50	37,61	3,48	3,84	1,10
4	MLGA 0564	11,92	42,62	39,50	2,52	3,45	1,08
5	MLGA 0566	12,32	41,56	38,66	3,02	4,44	1,08
6	MLGA 0561	11,95	40,61	38,30	3,65	3,27	1,06
7	MLGA 0570	12,28	40,33	38,21	2,93	3,97	1,06
8	MLGA 0567	12,61	39,74	38,54	3,80	3,80	1,03
9	MLGA 0558	12,67	39,94	39,23	2,00	4,29	1,02
10	MLGA 0579	12,86	39,53	38,91	*	3,71	1,02

Sumber: Trustinah dan Kasno (2012)

* tidak terdeteksi

Pemuliaan kacang tanah oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) di Indonesia dimulai sejak tahun 1930-an dan sampai dengan tahun 2020 telah dihasilkan 46 varietas unggul kacang tanah (Tabel 5). Selain varietas unggul tersebut, Indonesia juga memiliki dan mengelola koleksi plasma nutfah kacang tanah yang dilaksanakan oleh Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik (BB Biogen) di Bogor dengan jumlah koleksi sebanyak 804 aksesi (Zulchi *et al.* 2016) dan Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) di Malang dengan jumlah koleksi sebanyak 600 aksesi (Nugrahaeni 2018).

Hingga saat ini program perakitan varietas kacang tanah dengan oleat tinggi di Indonesia belum dilakukan. Karakterisasi lemak pada kacang tanah masih terbatas pada kandungan lemak total, sedangkan karakterisasi profil asam lemaknya belum banyak dilaporkan. Sebanyak 45 dari 600 aksesi koleksi Balitkabi telah dikarakterisasi profil asam lemaknya menggunakan *gas chromatography* dengan hasil kandungan asam lemak yang beragam dan rasio O/L tergolong rendah. Kandungan asam palmitat, oleat, linoleat, arakidat dan behenat 10 genotipe dengan rasio O/L tertinggi disajikan pada Tabel 6. Selain itu, enam varietas unggul yaitu Hypoma 1, Hypoma 2, Litbang Garuda 5, Talam 2, Talam 3 dan Hypoma 3 juga telah diidentifikasi dengan rasio O/L terendah 1,07 pada varietas Litbang Garuda 5 dan tertinggi pada Talam 3 dengan nilai rasio O/L 1,28. Rasio O/L dari ke-enam varietas tersebut juga termasuk rendah (Balitkabi 2021).

Penelitian tentang upaya modifikasi asam lemak pada kacang tanah di Indonesia juga masih sangat terbatas. Beberapa lembaga riset seperti BB Biogen, Balitkabi dan Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)

belum menjadikan kandungan asam oleat tinggi sebagai tujuan perakitan varietas unggul kacang tanah. Induksi mutagenesis dalam upaya modifikasi asam lemak pada kacang tanah telah dilakukan oleh Kusbianto (2016) dengan perendaman benih kacang tanah varietas Takar 2 pada larutan *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) 0,1%, 0,2%, 3%, 0,4% dan 0,5%. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan tersebut cenderung meningkatkan asam lemak jenuh dan menurunkan kandungan asam lemak tidak jenuh pada mutan yang dihasilkan. Perlakuan EMS 0,5% menghasilkan mutan dengan kandungan asam lemak jenuh terendah dan asam lemak tidak jenuh jenis *Mono Unsaturated Fatty Acid* (MUFA) tertinggi.

Seiring dengan meningkatnya gaya hidup dan kesadaran masyarakat akan kesehatan, maka ketersediaan kacang tanah dan olahannya yang mengandung asam oleat tinggi prospektif untuk dikembangkan di Indonesia. Jika dibandingkan dengan sumber minyak dengan asam oleat tinggi lainnya, seperti minyak zaitun, kacang tanah memiliki keunggulan dari segi harga karena relatif lebih murah. Minyak canola juga memiliki kandungan gizi yang baik karena mengandung asam linoleat (omega 3) yang tinggi, tetapi tidak stabil dan memiliki aroma yang kurang disukai (Farhoosh *et al.* 2009). Sementara minyak kacang tanah bersifat tahan/stabil pada suhu tinggi dan memiliki daya simpan yang lebih lama. Oleh karena itu perakitan dan pengembangan varietas unggul kacang tanah dengan asam oleat tinggi prospektif untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun tujuan ekspor.

Prospek ini perlu didukung dengan kegiatan pemuliaan untuk menghasilkan varietas kacang tanah dengan rasio O/L tinggi. Sebagai langkah awal dapat dimulai dengan inventarisasi profil asam lemak seluruh koleksi sumber daya genetik kacang tanah

yang ada. Selanjutnya didukung dengan upaya peningkatan keragaman genetik dengan penggunaan metode seleksi yang tepat, pemanfaatan marka molekuler dalam seleksi dan aplikasi metode deteksi cepat dalam analisis asam lemaknya untuk mempercepat proses perakitan varietas tersebut. Penyediaan sumber gen dapat dilakukan dengan pertukaran materi genetik dengan lembaga penelitian internasional yang telah menghasilkan varietas kacang tanah rasio O/L tinggi diantaranya Internasional Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) di India (Janila *et al.* 2018) dan Shandong Peanut Research Institute (SPRI) di China (Wang *et al.* 2016).

KESIMPULAN

Kacang tanah ber kandungan asam oleat tinggi dengan rasio Oleat/Linoleat (O/L) >10 prospektif untuk dikembangkan di Indonesia ditinjau dari aspek daya simpan produknya yang 10 kali lebih lama daripada kacang tanah dengan asam oleat normal (rasio O/L <3) sehingga kerusakan dapat diminimalisir dan membuka peluang untuk ekspor. Kacang tanah tersebut dan produk-produk olahannya sangat bermanfaat bagi kesehatan karena dapat mengurangi risiko terkena penyakit kardiovaskuler. Secara genetik karakter kandungan asam lemak tinggi pada kacang tanah dikendalikan oleh dua gen resesif. Keterbatasan sumber gen tersebut, lama dan besarnya biaya yang diperlukan untuk perakitannya menjadi penyebab belum tersedianya varietas unggul kacang tanah dengan asam oleat tinggi di Indonesia. Oleh karena itu untuk pengembangannya perlu didukung dengan penyediaan informasi mengenai profil asam lemak seluruh sumber daya genetik kacang tanah yang ada, peningkatan keragaman genetik, penggunaan metode seleksi yang tepat, dan metode cepat deteksi asam lemak serta pertukaran materi genetik melalui kerjasama internasional.

DAFTAR PUSTAKA

Alhassan K, Agbenorhevi JK, Asibuo JY, Sampson GO. 2017. Proximate composition and functional properties of some new groundnut accessions. *Journal of Food Security* 5(1):9-12.

Alves RDM, Moreira APB, Macedo VS, Bressan H, Alfenas RCG, Mattes R, NMB Costa. 2014. High-oleic peanuts: new perspective to attenuate glucose homeostasis disruption and inflammation related obesity. *Obesity* 22(9): 1981-1988

Amoah RA, Akromah R, Asibuo JY, Wireko-Kena A, Asare KB, Lamptey M, Gyamfi BA. 2020. Mode of inheritance and combining ability of oleic acid content

in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Ecological Genetics and Genomics* 17: 1-5

A-na G, Ai-min S, Hong-zhi L, Hong-wei Y, Li L, Wei-jing L, Qiang W. 2018. Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability. *Journal of Integrative Agriculture* 17(5): 1003-1010

Anonim. 2022. What are Hi-Oleic Peanuts. <https://www.pipandnut.com/pages/what-are-hi-oleic-peanuts#:~:text=In%20fact%2C%20hi%20Doleic%20peanut%20s,like%20avocados%20and%20olive%20oil>. Diakses tanggal 8 Maret 2022

Arya SS, Salve AR, Chauhan S. 2016. Peanuts as functional food: a review. *J Food Sci Technol* 53(1): 31-41

Asadi. 2013. Mutasi untuk Perbaikan terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. *Jurnal Agrobiogen* 9(3):135-142

Azad BJ, Daneshzad E, Azadbakht L. 2020. Peanut and cardiovascular disease risk factors: A systemic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(7): 1123-1140.

Balitkabi. 2021. Deskripsi varietas unggul aneka kacang dan umbi. <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/produk/deskripsi-varietas/> (Diakses tanggal 27 Agustus 2021)

BATAN. 2018. Laporan kinerja Badan Tenaga Nuklir Nasional Tahun 2017. Badan Tenaga Nuklir Nasional Jakarta 52p

Bilyeu K, M Škrabišová, D Allen, I Rajcan, D E Palmquist, A Gillen, R Mian, H Jo. 2017. The Interaction of the soybean seed high oleic acid oil trait with other fatty acid modifications. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 95(1): 39-49.

BPS. 2016. Produksi tanaman pangan angka tetap tahun 2015. Badan Pusat Statistik Jakarta 70p

Bonku R, Yu J. 2020. Health aspects of peanuts as an outcome of its chemical composition. *Food Science and Human Wellness* 9: 21-30

Bocianowski J, Mikolajczyk K. 2012. Determination of fatty acid composition in seed oil of rapeseed (*Brassica napus* L.) by mutated alleles of FAD3 desaturase genes. *J. Appl. Genetics* 53: 27-30

Chamberlin KD, Barkley NA, Tillman BL, Dillwith JW, Madden R, Payton ME, Bennet RS. 2014. A comparison of methods used to determine the oleic/linoleic acid ratio in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agricultural Sciences* 5(3): 227-237.

Chamberlin KD. 2019. Grandma's Goobers: Designing the future of peanut breeding. *Peanut Science* 46: 91-98

Chen Z, Wang ML, Barkley NA. 2010. A simple allele-specific PCR assay for detecting FAD2 Alleles in both A dan B genomes of the cultivated peanut for high-oleate trait selection. *Plant Mol Biol Rep* 28:542:548

- Chu Y, Ramos L, Holbrook CC, Ozias-Akins P. 2007. Frequency of a loss-of-function mutation in Oleoyl-PC Desaturase (ahFAD2A) in the mini-core of the U.S. peanut germplasm collection. 2007. Crop Science 47: 2372-2378
- Chu Y, Wu CL, Holbrook CC, Tillman BL, Person G, Ozias-Akins P. 2011. Marker-assisted selection to pyramid nematode resistance and high oleic trait in peanut. The Plant Genome 4(1): 110-117
- De Souza RGM, Schincaglia RM, Pimentel GD, Mota JF. 2017. Nuts and human health outcomes: a systematic review. Nutrients 9(1311): 1-23.
- Deshmukh DB, B Marathi, HK Sudini, MT Variath, S Chaudhari, SS Manohar, Rani Ch V, MK Pandey, J Pasupuletu, 2020. Combining high oleic acid trait and resistance to late leaf spot and rust disease in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Frontiers in Genetics Vol 11:1-15
- Dileepa KC, Hemalatha S, Bharati P, Biradar K. 2020. Storage stability of groundnut products prepared from normal and high oleic acid varieties. International Journal of Chemical Studies 8(5): 472-477
- FAOSTAT. 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Diakses tanggal 8 Oktober 2019)
- Farhoosh R, Kenari R.E, Poorazrang H. 2009. Frying stability of canola oil blended with plam olein, olive and corn oils J. Am Oil Chem Soc 86:71-76
- Gangadhara K, Nadaf HL. 2016. Inheritance of high oleic acid content in new sources of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Agric. Sci. Digest 36(4): 299-302
- Godoy IJ, Dos Santos JF, de Carvalho CRL, Michelotto MD, Bolonhezi D, de Freitas RS, Kasai FS, Ticelli M, Fonoto EL, Martins ALM. 2014. IAC OL 3 and IAC OL 4: New Brazilian peanut cultivars with the high oleic trait. Crop Breeding and Applied Biotechnology 14: 200-203.
- Guasch-Ferré M, Liu X, Malik VS, Sun Q, Willett WC, Manson JE, Rexrode KM, Li Y, Hu FB, Bhupathiraju SN. 2017. Nut consumption and risk of cardiovascular disease. Journal of The American College of Cardiology 70(20): 2519-2532.
- Huang B, Qi F, Sun Z, Miao L, Zhang Z, Liu H, Fang Y, Dong W, Tang Fengshou, Zheng Z, Zhang X. 2019. Marker-assisted backcrossing to improve seed oleic acid content in four elite popular peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars with high oil content. Breeding Science 69: 234-243
- Isleib TG, Wilson RF, Novitzky WP. 2006. Partial dominance, pleiotropism dan epistasis in the inheritance of the high_oleat trait in peanut. Crop Sci 46: 1331-1335.
- Janila P, Pandey MK, Shasidhar Y, Variath MT, Sriswathi M, Khera P, Manohar SS, Nagesh P, Vishwakarma MK, Mishra GP, Radhakrishnan T, Manivannan N, Dobariya KL, Vasanthi RP, Varshney RK. 2016. Molecular breeding for introgression of fatty acid desaturase mutant alleles (ahFAD2A and ahFAD2B) enhances oil quality in high and low oil containing peanut genotypes. Plant Science 242:203-213.
- Janila P, Radhakrishnan T, Murali TV, Bera SK, Dobariya KL, Nigam SN, Varshney RK, Pandey MK, Manohar SS, Manivannan N, Vasanthi RP. 2018. High oleic peanuts for asia and Africa to meet the needs of the food processing industries. In: Science Forum 2018, O10-12 Oktober 2018, Stellenbosh, Afrika Selatan
- Jung S, Swift D, Sengoku E, Patel M, Teule F, Powell G, Moore K, Abbott A. 2000a. The high oleate trait in the cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). I. Isolation and characterization of two genes encoding microsomal oleoyl-PC desaturases. Mol Gen Genet 263: 796-805.
- Jung S, Powell G, Moore K, Abbott A. 2000b. The high oleate trait in the cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.) II. Molecular basis and genetics of the trait. Mol Gen Genet 263: 806-811
- Jungman BS. 2000. The effect of fatty acid profiles on peanut seed germination at low soil temperatures. A Thesis in Crop Science. <https://ttu-ir.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/12609/31295008018060.pdf> (Diakses 14 September 2018)
- Kamdar JH, Jasani MD, George JJ. 2020. Development of peanut breeding lines with high oleic acid content. Proceedings of the National Conference on Innovations in Biological Science (NCIBS). Departement of Biosciences Saurashtra University
- Kavera B, Nadaf HL, Hanchinal RR. 2014. Near Infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for large scale screening of fatty acid profile in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Legume Research 37(3): 272-280.
- Kusbianto DE. 2016. Induksi Mutasi Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) Varietas Takar 2 dengan menggunakan Mutagen Ethyl methane Sulfonate (EMS) [Tesis]. Universitas Jember. Jember
- Lee J, Jun Hong S, Cho J, Boo CG, Kim D, Shin E. 2020. Peanut coffee: enhancement of nutritional, physicochemical, and sensory characteristics in coffe brewed with conventional and high-oleic peanut extracts. Foods 9(1664): 1-15
- Lopez Y, Smith OD, Senseman SA, Rooney WL. 2001. Genetic factors influencing high oleic acid content in spanish market-type peanut cultivars. Crop Sci 41:51-56
- Martín MP, Grosso AL, Nepote V, Grosso NR. 2018. Sensory and chemical stabilities of high-oleic and normal-oleic peanuts in shell during long-term storage. Journal of Food Science 83(9): 2362-2368
- Mezu R, Kasno A. 2015. Profil bio-industri kacang tanah di Indonesia, Monograf Balitkabi No. 13 :18-28

- Moore KM, Knauff DA. 1989. The inheritance of high oleic acid in peanut. *The Journal of Heredity* 80(3): 252-253
- Mozingo RW, O'keefe SF, Sanders TH, Hendrix KW. 2004. Improving shelf life of roasted and salted inshell peanuts oleic fatty acid chemistry. *Peanut Science* 31: 40-45
- Msanne J, Kim H, Cahoon EB. 2020. Biotechnology tools and applications for development of oilseed crops with healthy vegetable oils. *Biochimie* 178: 4-14
- Nadaf HL, Biradar K, Murthy GSS, Krishnaraj PU, Bhat RS, Pasha MA, Yerimani AS. 2017. Novel mutations in Oleoyl-PC Desaturase (ahFAD2B) identified from new high oleic mutants induced by gamma rays in peanut. *Crop Science* 57: 1-9
- Nawade B, Mishra GP, Radhakrishnan T, Dodia SM, Ahmad S, Abhay Kumar, Atul Kumar, Kundu R. 2018. High oleic peanut breeding; achievements, perspectives and prospects. *Trends in Food Science & Technology* 78: 107-119.
- Nigam SM. 2015. Groundnut at a glance. *Feed the Future Innovation Lab for Collaborative Research on Peanut Productivity and Mycotoxin Control*. USAID 99p
- Nile SH, Park SW. 2013. Fatty acid composition and antioxidant activity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) products. *Food Science and Technology Research* 19(6):957-962
- Norden AJ, Gorbett DW, Knauff DA, Young CT. 1987. Variability in oil quality among peanut genotypes in the florida breeding program. *Peanut Science* 14: 7-11.
- Nugrahaeni N. 2018. Pengelolaan sumber daya genetik tanaman mendukung perakitan varietas unggul aneka kacang dan umbi. *Laporan Tahunan 2018*. Balitkabi. Tidak dipublikasikan.
- O'keefe SF, Wiley VA, Knauff DA. 1993. Comparison of oxidative stability of high- and normal-oleic peanut oils. *JAOCs* Vol 7(5): 489-492.
- Onemli F. 2012. Impact of climate change on oil fatty acid composition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in three market classes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 483.
- Patidar OP, Nadaf HL. 2017. An assessment of genetic variability and traits association among high oleic advanced breeding lines for yield and quality traits in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Breeding* 8(1): 201-205
- Peanut Company of Australia (PCA). 2016. High oleic- the best peanut yet. www.pca.au/pca-profile/hi-oleic-the-best-peanut-yet/ (Diakses tanggal 8 Agustus 2018)
- Pratiwi H. 2011. Pengaruh kekeringan pada berbagai fase tumbuh kacang tanah. *Buletin Palawija* 22:71-78
- Puppala N, Tallury SP. 2014. Registration of 'Numex 01' high oleic valencia peanut. *Journal of plant registrations* 8: 127-130
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (Pusdatin). 2017. *Statistik Konsumsi Pangan 2017*. Jakarta. 107p
- Radhakrishnan. 2019. India set to release its first 'high oleic' groundnut variety. <http://gldc.cgiar.org/india-set-to-release-its-first-high-oleic-groundnut-variety/> (Diakses tanggal 1 November 2020)
- Rani R, Sheoran RK, Sharma B. 2017. Perspectives of breeding for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Int. J. Curr. Microbial. App.Sci* 6(8): 949-962
- Ray TK, Holly SP, Knauff DA, Abbott AG, Powell GL. 1993. The primary defect in developing seed from the high oleate variety of peanut (*Arachis hypogaea* L.) is the absence of Δ^{12} -desaturase activity. *Plant Science* (91): 15-21.
- Roberts S. 2014. Peanut Power. www.oilsandfatsinternational.com Di akses tanggal 12 September 2018
- Sacks FM, Chair, Lichtenstein AH, Wu JHY, Appel LJ, Creager MA, Kris-Etherton PM, Miller M, Rimm EB, Rudel LL, Robinson JG, Chair V, Stone NJ, Van Horn LV, Chair V and on behalf of the American Heart Association. 2017. Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American heart association. *Circulation* 136 (3): e1-e23
- Shasidhar Y, Vishwakarma MK, Pandey MK, Janila P, Variath MT, Manohar SS, Nigam SN, Guo B, Varshney RK. 2017. Molecular mapping of oil content and fatty acids using dense genetic maps in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Frontiers in Plant Science* 8:
- Sarvamangala, C., Gowda, M. V. C., & Varshney, R. K. 2011. Identification of quantitative trait loci for protein content, oil content and oil quality for groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Field crops research*, 122(1), 49-59.
- Singkhom N, Jogloy S, T. Kesmala T, Swatsitang P, Jaisil P, Puppala N dan Patanothai A. 2010. Estimation of heritability by parent-offspring regression for high-oleic in peanut. *Asian Journal of Plant Sciences* :1-6
- Toomer OT, Amanda M, Hulse-Kemp, Dean LL, Boykin DL, Malheirois R, Anderson KE. 2018. Feeding high-oleic peanuts to layer hens enhances egg yolk color and oleic fatty acid content in shell eggs. *Poultry Science*: 1-8
- Toomer OT. 2017. Nutritional chemistry of the peanut (*Arachis hypogaea*). *Critical Review in Food Science and Nutrition*: 1-16
- Trustinah, Kasno A. 2012. Karakterisasi kandungan asam lemak beberapa genotipe kacang tanah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(3): 145-151
- Trustinah. 2015. Sumber daya genetik kacang tanah. *Monograf Balitkabi* 13: 60-83

- Tuminah S. 2009. Efek asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh “trans’ terhadap kesehatan. Media Penelit. Dan Pengembang. Kesehat. XIX:S13-S20
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2018)
- Wang, M. L., Raymer, P., Chinnan, M., & Pittman, R. N. (2012). Screening of the USDA peanut germplasm for oil content and fatty acid composition. *Biomass and Bioenergy*, 39, 336-343.
- Wang C, Tang Y, Wang X, Qi Wu, Sun Q, Zhu L, Wang Z. 2016. Appraisal pd productivity and fatty acid profiles of seven new high-oleic peanut cultivars. *Shadong Agricultural Science* 48(5):31-34
- Wang DD, Hu FB. 2017. Dietary fat and risk of cardiovascular disease: recent controversies and advances. *Annu. Rev. Nutr* 37:19.1-19.23
- Yu ST, Wang CT, Wang H, Yu GQ, Shi PX, Ren L, Yu HB, Du ZB. 2019. Two-step chemical mutagen treatment to convert Fuhua 12, a normal oleic Spanish peanut cultivar, into its high oleic version. p. 012039. *IOP Conf. Series:Earth and Environmental Science* Vol. 346, No. 1, IOP Publishing.
- Zhang S, X Hu, H Miao, Y Chu, F Cui, W Yang, C Wang, Y Shen, T Xu, L Zhao, J Zhang, J Chen. 2019. QTL identification for seed weight and size based on a high-density SLAF-seq genetic map in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *BMC Plant Biology* 19 (537): 1-5
- Zulchi T, Higa A, Puad H. 2016. Komposisi koleksi plasma nutfah kacang tanah di Bank Gen BB Biogen. Hlm 405-413. Dalam: Rahmianna AA, Harnowo D, Nugrahaeni N, Taufiq A, *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2016*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.

Soybean Germplasms Performance to Soil Salinity

Abdullah Taufiq^{1*}, Novita Nugrahaeni¹, Nuning A. Subekti², Hasil Sembiring²

¹Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute, Malang, Indonesia

²Indonesian Center for Food Crops Research and Development, Bogor, Indonesia

*E-mail: taufiq.malang@gmail.com

NASKAH DITERIMA 4 MARET 2022 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 25 MEI 2022

ABSTRACT

Saline soil is a prospective land for expanding the soybean planting area in Indonesia, but no variety with the ability to adapt to this soil has currently been released. That objective of this research was to identify the salt-tolerant soybean germplasm accessions. The experiment consisted of two treatments and these were arranged in a randomized complete block design with three replications. The first factor was three soil salinity levels *i.e.* 1.44-1.72 dS/m (used as a check), 6.75 ± 0.40 dS/m, and 10.48 ± 0.30 dS/m. The second factor was 25 soybean accessions selected from previous salinity screening activity. Parameters observed were soil electrical conductivity (EC), plant height, yield and yield attributes, as well as K, Ca, and Na concentration in soil and plant. The results showed that salinity treatment increased the soil EC, Na concentrations in shoot and root, and reduced K, thereby causing a reduction in soybean growth, seed weight, and seed size. Meanwhile, MLGG 0169, MLGG 0640, MLGG 0767 (Lokon variety), MLGG 1109 (Dega 1 variety), and MLGG 1098 (Detam 2 variety) were identified as tolerant to salinity level up to 10.48 ± 0.30 dS/m. The tolerant genotypes were characterized by high ITC index, high seed yield, fewer reduction of seed yield, and mild leaf damage. The tolerances were likely determined by the ability to absorb more K and less Na, translocate more K from root to shoot, and higher K/Na ratio in shoot and root than Ca/Na ratio. It means the K/Na ratio is more important in determining salinity tolerance than Ca/Na ratio. Therefore, accessions can be used as gene source for salt-tolerant breeding, and Lokon, Dega 1, and Detam 2 varieties were recommended for saline soil.

Keywords: Ca/Na ratio, K/Na ratio, K absorption, Na absorption, salt-tolerant

ABSTRAK

Tanah salin merupakan lahan potensial untuk perluasan areal kedelai di Indonesia, namun belum ada varietas yang sudah dilepas yang mampu beradaptasi dengan tanah tersebut. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi aksesori plasma nutfah kedelai terhadap salinitas. Percobaan terdiri atas dua perlakuan dan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap, tiga ulangan. Faktor pertama adalah tiga tingkat salinitas tanah yaitu 1,44-1,72 dS/m yang digunakan sebagai cek, salinitas $6,75 \pm 0,40$ dS/m, dan $10,48 \pm 0,30$ dS/m. Faktor kedua adalah 25 aksesori kedelai yang dipilih dari kegiatan penapisan untuk salinitas tahun

sebelumnya. Parameter yang diamati adalah daya hantar listrik tanah (EC), tinggi tanaman, komponen hasil dan hasil, serta konsentrasi K, Ca, dan Na dalam tanah dan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan salinitas meningkatkan EC tanah, konsentrasi Na pada trubus (bagian tanaman di atas tanah) dan akar, serta menurunkan K sehingga menyebabkan penurunan pertumbuhan kedelai, bobot biji, dan ukuran biji. Aksesori MLGG 0169, MLGG 0640, MLGG 0767 (varietas Lokon), MLGG 1109 (varietas Dega 1), dan MLGG 1098 (varietas Detam 2) teridentifikasi toleran hingga salinitas $10,48 \pm 0,30$ dS/m. Yang dicirikan oleh indeks ITC tinggi, hasil biji tinggi, penurunan hasil biji rendah, dan kerusakan daun ringan. Toleransi tersebut kemungkinan ditentukan oleh kemampuan tanaman menyerap K lebih banyak dan Na lebih sedikit, mentranslokasi lebih banyak K dari akar ke trubus, dan nisbah K/Na yang lebih tinggi dibandingkan nisbah Ca/Na pada trubus dan akar. Hal ini berarti nisbah K/Na lebih penting dibandingkan Ca/Na dalam menentukan toleransi terhadap salinitas. Oleh karena itu, aksesori-aksesori toleran tersebut dapat digunakan sebagai sumber gen untuk pemuliaan kedelai toleran salinitas, dan varietas Lokon, Dega 1, dan Detam 2 yang direkomendasikan untuk tanah salin.

Kata kunci: Nisbah Ca/Na, nisbah K/Na, penyerapan K, penyerapan Na, toleran salin

INTRODUCTION

Salinity stress is a complex form of stress comprising of osmotic stress, nutrient imbalance, ion toxicity, and oxidative stress. The stress inhibits and delays germination and crop establishment growth (Agarwal *et al.* 2015; Putri *et al.* 2017; Hapsari and Trustinah 2018), reduces seedling vigor (Cokkizgin 2012), and reduces the amount of chlorophyll a and b (Wibowo and Armaniar 2018; Mervat *et al.* 2020). The growth and yield suppression under salinity stress are mainly due to the accumulation of Cl (Bustingorri and Lavado 2011). Meanwhile Yasuta and Kokubun (2014) reported that those suppression because of the excessive accumulation of Na and Cl that resulted in different toxic effects on plant growth. Moreover, a high Cl content reduces photosynthesis and yield through chlorophyll degradation, while Na^+ affects

K⁺ and Ca²⁺ absorption and also disturbs stomata regulation that causing suppression in photosynthesis rate and plant growth (Tavakkoli *et al.* 2010). Le *et al.* (2021) showed that salt toxicity in soybean is predominantly due to Na rather than Cl. It can be informed that Cl is an essential micronutrient, while Na is a functional nutrient for soybean (Gorham 2007). A threshold value of Na and Cl concentration in leaf is 0.65 mg/g and 23.9 mg/g, respectively (Onodera *et al.* 2019).

It is possible to assess the salinity stress tolerance using different parameters including yield difference between stress and non-stress conditions (Oyebowale *et al.* 2021), the reduction of shoot dry weight, chlorophyll a and b contents (Mervat *et al.* 2020), survival rate and growth parameters (Hapsari and Trustinah 2018), stress tolerance index (Naghavi *et al.* 2013), and leaf scorch score (Ladesma *et al.* 2016). Plants allocate more energy to cope with stress than for its growth, and the ability of tolerant plants to use this energy efficiently usually leads to higher biomass production (Munns and Gilliham 2015).

The mechanism of salinity stress tolerance varies among genotypes, for example, a certain genotype can maintain high N absorption to form dense nodulation in super nodulating genotype and exhibit higher salinity tolerance with lower yield reduction (Yasuta and Kokubun 2014). Salinity tolerance of Anjasmoro variety is caused by its ability to absorb more K, while the tolerance in the elite line of Karat 13 is caused by the inhibition of Na absorption (Taufiq *et al.* 2016). It means that the tolerant genotype can confine Na and Cl absorption and translocation (Quach *et al.* 2019), the ability to sustain CO₂ assimilation in mesophyll tissues, and the ability to reduce Na and Cl content (Onodera *et al.* 2019).

Salinity stress affects soybean in all growth phases and this shows that planting a salinity tolerant cultivar is important to its successful cultivation in saline soil. Moreover, the availability of tolerant germplasm is essential to the selection of donor parents during the breeding process. This study was conducted to evaluate the salinity tolerance of soybean germplasms and to identify the best potential parents for breeding program.

MATERIALS AND METHODS

The pot experiment was conducted in the greenhouse of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute (ILETRI) from March to June 2018. The experiment consisted two treatments that were arranged in a completely

randomized block design, three replications (from sowing to 60 days after planting, DAP) and reduced to two replications (since 61 DAP up to harvesting time) due to destructive sampling for observation at 60 DAP. The first treatment was three soil salinity levels *i.e.* S0: 1.44-1.72 dS/m as control, S1: 4.76±0.28 dS/m, and S2: 5.50±1.10 dS/m. These concentration were applied from planting up to 20 DAP. The salinity levels then was increased 6.75±0.40 dS/m and 10.48±0.30 dS/m for S1 and S2 respectively since 21 DAP up to harvest. The second treatments was 25 soybean accessions of the ILETRI germplasm collection consisting of local and improved varieties as well as breeding and introduced lines (Table 1).

Table 1. List of the genotypes tested.

Code	Name of accession	Identity
G 1	MLGG 0718	G3507
G 2	MLGG 0767	Lokon variety
G 3	MLGG 0077	Borif/5-1
G 4	MLGG 0259	AVRDC
G 5	MLGG 1148	Karat 13
G 6	MLGG 0640	BRE/B1354
G 7	MLGG 1086	Ijen variety
G 8	MLGG 0020	Local Kurung, from Mejayan Pasuruan
G 9	MLGG 0500	Local Sliput, from Wonogiri
G 10	MLGG 0669	Shakti
G 11	MLGG 0795	Muria variety
G 12	MLGG 1075	Sinabung variety
G 13	MLGG 1106	Dena 1 variety
G 14	MLGG 0393	Local Kalianyar, from Kapas Bojonegoro
G 15	MLGG 0492	Local Ketek, from Gunung Kidul Jogja
G 16	MLGG 1109	Dega 1 variety
G 17	MLGG 0169	Local Bayemtaman, from Karangmojo Magetan
G 18	MLGG 1056	Dieng variety
G 19	MLGG 0275	Local Sukoantar, from Srono Banyuwangi
G 20	MLGG 0490	Local Gunung Kidul, from Jogja/Girut
G 21	MLGG 1098	Detam 2 variety
G 22	MLGG 0191	Local Sambisira, from Wonorejo Pasuruan
G 23	MLGG 1114	MD4
G 24	MLGG 1117	MD7
G 25	MLGG 0274	Local Kedayungan, from Kabat Banyuwangi

Table 2. Characteristics of topsoil from Muneng Exp. Farm.

Parameter	Unit	Methods	Value
pH-H ₂ O		Soil:water 1:5	7.5
Na-exch.	Cmol/kg	NH ₄ OAc pH 7	0.02
Ca-exch.	Cmol/kg	NH ₄ OAc pH 7	13.1
Mg-exch.	Cmol/kg	NH ₄ OAc pH 7	3.71
K-exch.	Cmol/kg	NH ₄ OAc pH 7	0.56
CEC	Cmol/kg	NH ₄ OAc pH 7	18.1
SO ₄	Mg/kg	NH ₄ OAc pH 4,8	8.23
Na saturation	%	(Na/CEC)*100	0.11
EC	dS/m	Soil:water 1:1	0.044

Each pot contains 7 kg of air-dried non-saline soil obtained from Muneng Research Farm, located at the District of Probolinggo, East Java with the characteristics as shown in Table 2. The soil salinity in S1 and S2 were adjusted using diluted natural salty water obtained from the sea of South Malang with EC 50 dS/m. The soil preparation was mainly applying and mixing the organic fertilizer (15 g/pot) and phosphate inorganic fertilizer (1.0 g SP36/pot with 36% P₂O₅) in to the soil. Whilst 0.8 g/pot of inorganic NPK compound fertilizer (15% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O) was applied at 14 and 40 DAP, and 0.6 g/pot of N inorganic fertilizer (Urea with 46% N) was applied at 40 DAP. Six seeds were sown in each pot and the emerged seedlings were thinned into two plants at 14 DAP. To achieve the three levels of soil EC treatment, there were several procedures undertaken and presented in detail in Table 3.

The parameters measured were plant height at 15, 30, 45, 60, 75 DAP and at harvest; leaf, shoot, and root dry weight at 60 DAP; number of filled pods; seed weight and 100-seed weight at harvest;

K, Na, and Ca concentration in the soil, shoot, and root at 60 DAP; and soil EC in every 7 days. The salinity tolerance of a genotype was measured base on the leaf scorch score (LSS) as reported by Ledesma *et al.* (2016). The score was defined by observing the visual symptoms (Table 4) that was undertaken every week starting at 21 up to 60 DAP. Based on the scores, the genotype was classified into four *i.e.* highly tolerant (LSS 1-2), tolerant (LSS 3-4), moderately tolerant (LSS 5-6), and sensitive (LSS >6). Variance analysis of the data was conducted using statistical software.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Soil Salinity

The soil salinity was significantly affected by the treatments as it was shown by different soil ECs recorded between 7-56 DAP. The salinity value of S0 was relatively stable at 1.54±0.10 dS/m, while those of S1 and S2 started to increase at 15 DAP (Figure 1) due to salt accumulation resulted from addition of low concentration (5%) of seawater. According to Jones (2002), the salinity levels of S0, S1, and S2 in the current experiment were exceptionally low, slightly high, and high, consecutively. Moreover, according to Yadav *et al.* (2011) that the soil EC in S1 and S2 were above the critical salinity threshold of 5 dS/m after 15 DAP. In terms the effect of salinity on soybean yield, Bustingorri and Lavado (2011) recorded a yield decrease of 12-80% at soil EC of 3.0-4.2 dS/m, while Purwaningrahayu *et al.* (2015) reported 26-57% of yield decrease at soil EC of 5.8 dS/m. The EC data resulted from the treatments in the current

Table 3. Procedures for achieving and maintaining salinity levels in the tested treatments

Details	Treatments		
	S0	S1	S2
Just after planting: obtaining field capacity (FC) of soil was done by adding ...	1,500 ml of tap water (EC 0.37 dS/m)	15% seawater solution (EC 8.78 dS/m)	15% seawater solution (EC 8.78 dS/m)
1-20 DAP: maintaining FC with evapotranspiration 250 ml/day was done by adding..... (every 2- day interval)	500 ml of tap water	500 ml of 5% seawater solution (EC 3.22 dS/m)	500 ml of 5% seawater solution (EC 3.22 dS/m)
21 DAP: adjusting the EC to the targeted treatment was done by adding....	500 ml of tap water	500 ml of 5% seawater solution (EC 19.33 dS/m)	500 ml of 35% seawater solution (EC 19.33 dS/m)
21-35 DAP: maintaining the EC was done by adding.... (every 2-day interval)	500 ml of tap water	500 ml of 2% seawater solution	500 ml of 5% seawater solution
35 DAP-physiological maturity: maintaining the EC was done by adding.... (every 2-day interval)	500 ml of tap water	500 ml of 2% seawater solution	500 ml of 2% seawater solution

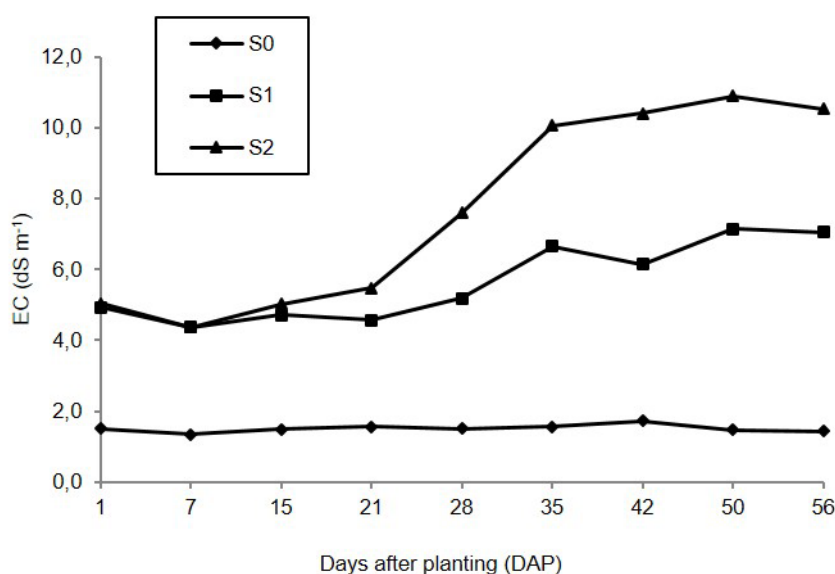


Figure 1. Soil EC (electrical conductivity) at three salinity treatments i.e. S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m

Table 4. Leaf scorch score (LSS) for soybean.

LSS	Visual symptom
1	Healthy dark green leaf, no chlorosis
2	Stunted dark green leaf, no chlorosis
3	Green yellowish leaf, smaller leaf size
4	Slight chlorosis leaf
5	Moderate chlorosis leaf
6	Severe chlorosis leaf, but no necrotic
7	Severe chlorosis leaf with some leaves edge partially necrotic
8	Necrotic leaf with small part shows no necrotic
9	Severe necrotic leaf

Source: Ledesma *et al.* (2016)

Table 5. Soil K, Na, and Ca concentration at 60 DAP

Salinity treatments	Exchangeable cations (cmol/kg)		
	K	Na	Ca
S0	0.66	0.15	38.23
S1	0.53	0.83	34.10
S2	0.56	1.29	38.65

Remarks: extraction with ammonium acetate pH 7

study showed that the tested accessions were more likely suffering from salinity stress since vegetative through to generative phases with the various responses.

This study also found out that the exchangeable Na (Na-exch) increased by 4.5 folds in S1 and 7.6 folds in S2, both were compared to Na-exch value in S0 (Table 5). The increasing Na was negatively correlated with shoot biomass reduction at 60 DAP ($r = -0.91^*$) and seed yield at harvest ($r = -0.93^*$)

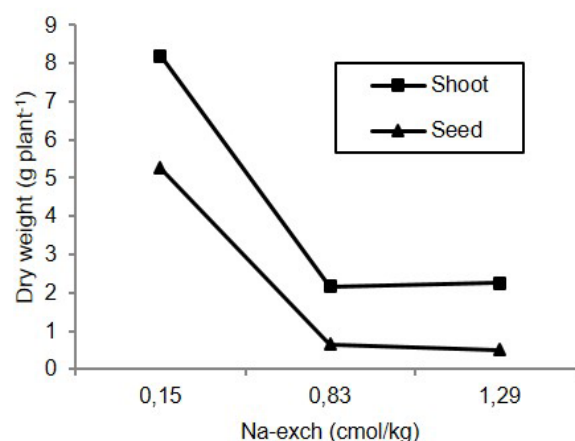


Figure 2. The effects of soil Na on shoot biomass at 60 DAP and seed weight at harvest.

(Figure 2). These negative correlations indicated that biomass and seed yield reduction in saline conditions are due to high Na concentration.

Salt Toxicity Score

The salt toxicity as indicated by leaf scorch score (LSS) were significantly different among the salinity levels and accessions for all observation times except at 42 and 60 DAP. These results indicated the variability of salinity tolerance among the accessions. The stable low LSS scores of S0 through out the times of observation proofed the absence of toxicity symptom in S0, while toxicity level and the symptoms observed in S1 and S2 were more severe as the salinity increased (Figure 3).

All accessions showed mild salt toxicity symptom with LSS of 1-2 in S1 and S2 except for G4, G7, G14, G15, G16, and G23 with LSS of 3 when observation was undertaken at 21 DAP. The LSS

Table 6. Leaf scorch score (LSS) of 25 soybean accessions at two salinity levels.

Accession	Leaf scorch score at treatment											
	S1 with salinity 6.75 ± 0.40 dS/m at...						S2 with salinity 10.48 ± 0.30 dS/m at...					
	21 DAP	28 DAP	42 DAP	50 DAP	56 DAP	60 DAP	21 DAP	28 DAP	42 DAP	50 DAP	56 DAP	60 DAP
G1	2	3	4	5	5	5	2	4	6	7	6	6
G2	2	2	2	3	4	3	2	2	2	4	6	6
G3	2	3	4	5	7	7	2	3	4	5	6	8
G4	3	3	6	6	5	6	2	3	4	6	6	6
G5	1	2	5	4	5	5	2	2	3	3	7	4
G6	2	2	2	3	4	3	2	2	2	3	4	4
G7	3	3	4	5	4	5	2	4	5	6	5	9
G8	2	4	5	5	5	7	2	4	5	7	5	8
G9	2	3	5	7	6	8	2	3	6	8	6	8
G10	2	3	4	4	5	6	2	3	5	7	6	9
G11	1	2	6	6	6	9	2	3	7	8	6	7
G12	2	3	4	4	5	8	2	4	6	5	7	9
G13	2	2	3	3	4	4	2	4	5	7	6	7
G14	2	4	7	8	9	9	3	4	6	8	9	9
G15	2	5	6	7	8	9	3	5	6	5	9	8
G16	2	2	2	3	4	4	3	2	2	4	5	4
G17	2	2	2	3	5	3	2	2	2	4	7	4
G18	2	2	4	4	6	5	2	2	4	6	7	7
G19	2	3	3	4	6	5	2	3	4	6	7	6
G20	2	2	3	4	4	7	2	2	4	5	7	6
G21	2	2	3	3	4	3	2	2	4	5	6	7
G22	2	3	4	5	5	8	2	3	4	6	7	7
G23	2	3	4	5	5	7	3	3	4	6	6	6
G24	2	2	3	4	5	4	1	2	4	7	5	5
G25	2	2	5	6	5	8	2	2	4	6	6	6

Note: 1=Healthy dark green leaf, no chlorosis, 2=Stunted dark green leaf, no chlorosis, 3=Green yellowish leaf, smaller leaf size, 4=Slight chlorosis leaf, 5=Moderate chlorosis leaf, 6=Severe chlorosis leaf, but no necrotic, 7=Severe chlorosis leaf with some leaves edge partially necrotic, 8=Necrotic leaf with small part shows no necrotic, 9=Severe necrotic leaf (Ledesma *et al.* 2016), DAP=days after planting

values, however, increased variably at 28 DAP and in the following observation dates depending on the accession and salinity level (Table 6). Meanwhile, four out of 25 tested accessions namely G5, G6, G16, and G17 consistently showed low-damage symptoms as indicated by LSS of 4 in S1 and LSS of 4.8 in S2 (Table 6). To distinguish tolerance variability among the accessions, therefore, it is possible to use LSS that was observed in the period of 21-28 DAP and at soil EC of at least 5.48 dS/m.

The soil EC positively correlated with LSS at four observation dates, but it negatively correlated with number of filled pods and seed weight (Table 7). The coefficient correlations increased by increasing the age of the plants from 28 to 60 DAP due to salinity and LSS increase. It means the LSS increased with increasing salinity, and conversely salinity reduced the number of filled pods and seed weight.

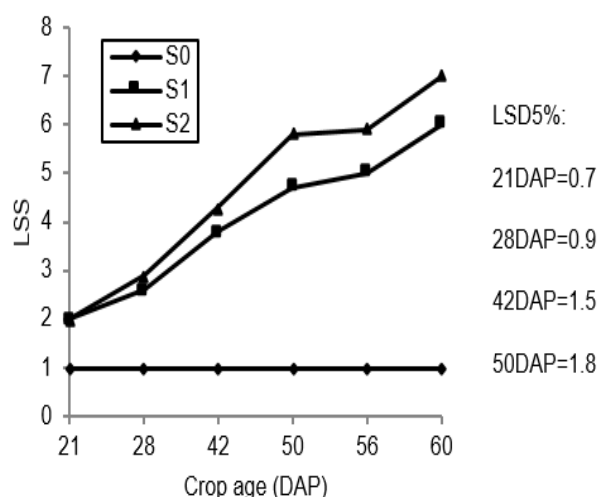


Figure 3. Leaf scorch score (LSS) of soybean accessions at three salinity levels (S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m, DAP =days after planting)

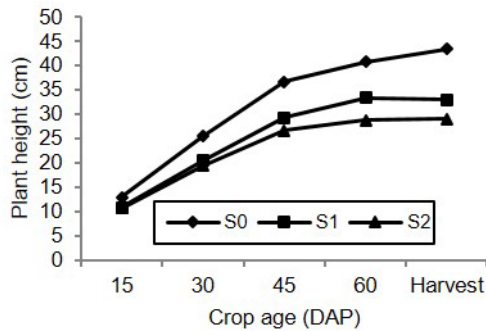


Figure 4. Average plant height of 25 soybean accessions at three salinity levels i.e. S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m.

Plant Growth

Plant height during the growth period was significantly affected by salinity and accessions, but the significant interaction between the two treatments was only observed at harvest. It indicates that the accessions responded differently to salinity. The plant height reduced as the salinity increased through out the crop age, but the reduction was found to be different depending on plant growth stage. The effect of salinity on plant height can be shown by growth reduction as many as 16-24% and 17-33% in S1 and S2 compared to those of S0, respectively (Figure 4).

Nine accessions in S1 namely G1, G2, G3, G4, G6, G9, G11, G13, and G19, and four genotypes in S2 namely G3, G13, G15, and G23 exhibited slight reduction of <20% (Figure 5). Despite the plant height reduction of G3, G9, G11, G15, and G23 in S1 and G3, G13, and G14 in S2 was <20%, these genotypes had LSS >6 and the plants were dead at 60 DAP as indicated by LSS 7. Therefore, the percentage of plant height reduction at harvest did not reflect the difference on salinity tolerance among the accessions at the salinity levels tested.

Another important finding is that there was a reduction in plant biomass at 60 DAP as the salinity

level increased (Figure 6A). The biomass of stem, leaf, and root decreased by $67.3\% \pm 14.0\%$, $66.8\% \pm 17.3\%$, and $75.8\% \pm 10.8\%$, respectively as the salinity level increased from S0 to S1. The biomass of stem, leaf, and root furtherly reduced by $71.0\% \pm 11.2\%$, $71.4\% \pm 15.0\%$, and $78.6\% \pm 12.6\%$, respectively by the increase of salinity level from S0 to S2. Moreover, the soil EC at the period of 35-60 DAP in S1 and S2 were 6.14-7.15 dS/m and 10.06-10.90 dS/m, respectively, and all accessions had been experienced to severe salinity stress at 6.14-7.15 dS/m.

The effect of salinity stress was greater on root rather than on shoot as indicated by the shoot/root ratio at S0 was lower than that at S1 and S2 (Figure 6A). It was also proven the higher biomass reduction was recorded for the root than for the stem and leaves. However, the relationship between root and shoot biomass tended to be linear in S1 and S2 (Figure 6B). It indicates that the shoot growth adjusted to the root growth under saline stress conditions.

Seed Yield and Yield Attributes

Salinity and accession treatments as well as their interaction significantly affected the number of filled pods, seed weight, and seed size. It indicates that the effect of salinity on these attributes varied among the accessions. An increase of salinity to 6.75 ± 0.40 dS/m (S1) and 10.48 ± 0.30 dS/m (S2) largely decreased seed yield per plant (Table 8) and yield attributes (Figures 7 and 8) such as the reduction in number of filled pods by 83% in S1 and 89% in S2 in average. In addition, G2 had the highest amount of filled pods and conversely G15 and G18 had no pod at S1 treatment. At S2, the accessions performed differently as G14 had the highest amount of filled pods while G3, G7, G8, G9, G11, G15, and G18 failed to set any pod. The failure could be due to severe salt injury as indicated by LSS score of 7-9 at 60 DAP for all the accessions except G18

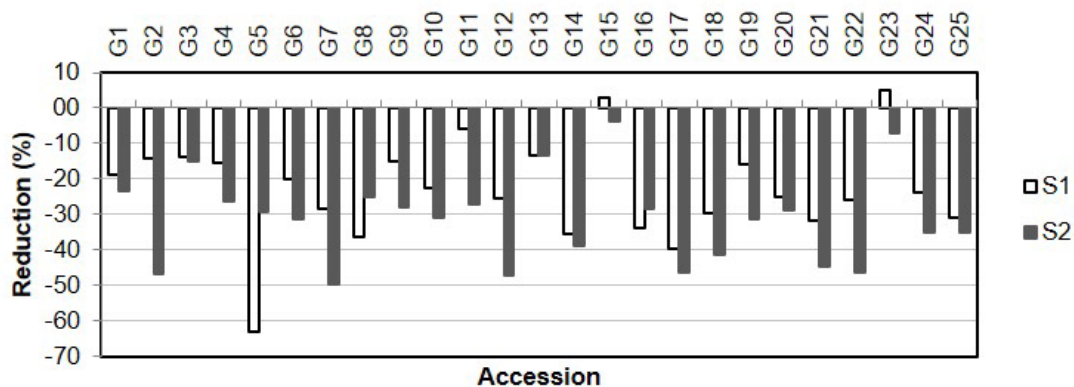


Figure 5. Percentage reduction in plant height at harvest due to salinity S1 (6.75 ± 0.40 dS/m) and S2 (10.48 ± 0.30 dS/m).

Table 7. Correlation between soil EC with LSS, number of filled pods, and seed weight.

Observation dates	Correlation coefficient					Filled pods /plant	Seed weight (g/plant)
	LSS at 28 DAP	LSS at 42 DAP	LSS at 50 DAP	LSS at 60 DAP			
21 DAP	0.63**	0.64**	0.73**	0.84**		-0.60**	-0.63**
28 DAP		0.62**	0.74**	0.78**		-0.64**	-0.65**
35 DAP		0.65**	0.73**	0.82**			
42 DAP			0.73**	0.79**		-0.67**	-0.66**
50 DAP						-0.73**	-0.76**
60 DAP						-0.80**	-0.83**

Remarks: ** significant at 1%, EC: electrical conductivity, LSS: leaf scorch score, DAP:days after planting

Table 8. Salinity tolerant accessions based on the stress-tolerant index (STI).

Acc. code	Seed weight (g/plant) ¹⁾			STI	
	S0	S1	S2	S1	S2
G1	5.26 a-e	0.29 mn	0.38 k-n	0.06	0.08
G2	6.47 abc	1.98 hij	1.33 i-n	0.45	0.31
G3	4.19 fg	0.05 mn	0.00 n	0.01	0.00
G4	6.25 a-d	0.23 mn	0.01 n	0.05	0.00
G5	6.11 abc	0.87 i-n	0.74 i-n	0.20	0.17
G6	5.83 a-e	1.72 h-l	1.12 i-n	0.37	0.24
G7	5.36 b-e	0.11 mn	0.00 n	0.02	0.00
G8	5.20 b-e	0.16 mn	0.00 n	0.03	0.00
G9	5.92 a-e	0.10 mn	0.00 n	0.02	0.00
G10	5.53 a-e	0.43 k-n	0.03 mn	0.09	0.01
G11	0.06 mn	0.01 mn	0.00 n	0.00	0.00
G12	4.36 fg	0.34 lmn	0.11 gh	0.04	0.01
G13	6.43 ab	0.38 k-n	0.06 mn	0.09	0.01
G14	5.26 cde	0.57 j-n	0.91 i-n	0.11	0.17
G15	5.55 b-e	0.00 n	0.00 n	0.00	0.00
G16	5.05 b-e	1.77 h-k	1.30 i-n	0.33	0.25
G17	5.63 a-e	1.43 i-m	1.05 i-n	0.29	0.21
G18	5.31 b-e	0.04 mn	0.00 n	0.01	0.00
G19	5.72 a-e	0.67 i-n	0.12 mn	0.14	0.02
G20	5.19 ef	0.92 i-n	0.38 k-n	0.16	0.06
G21	4.61 def	2.03 hi	1.03 i-n	0.35	0.18
G22	5.02 def	0.69 i-n	0.12 mn	0.12	0.02
G23	7.06 a	0.53 k-n	0.05 mn	0.13	0.01
G24	5.72 b-e	0.40 k-n	0.38 k-n	0.08	0.07
G25	5.39 a-e	0.41 k-n	0.22 mn	0.08	0.05

¹⁾EC S0 = 1.34-1.72 dS/m, S1 = 6.75±0.40 dS/m, S2 = 10.48±0.30 dS/m; numbers in columns with the same letter means have no significant different according to LSD 5%

with LSS of 6. The number of filled pods, in fact, had a positive correlation with seed yield ($r=0.92^{**}$).

Seed size of the tested accessions varied from very small to large in S0, and the size decreased by 47% in S1 and 59% in S2 (Figure 8) with the higher decline was found in the accessions with larger seed size, 12-14 g/100 seeds, compared to smaller ones.

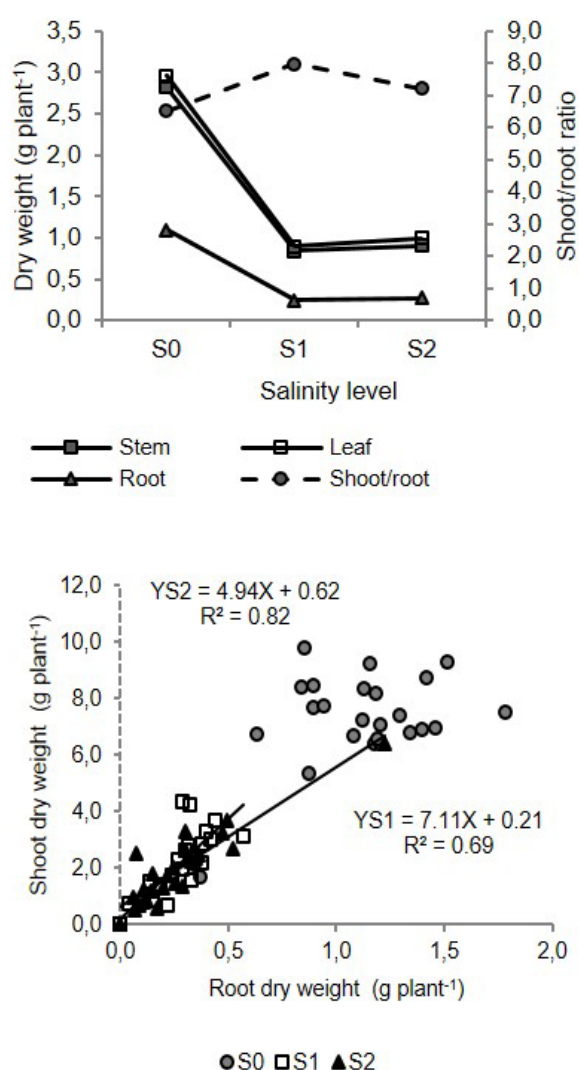


Figure 6. Plant biomass and shoot/root ratio (A), root-shoot relationship (B) of soybean accession at 60 DAP at three salinity levels (S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, and S2=10.48±0.30 dS/m).

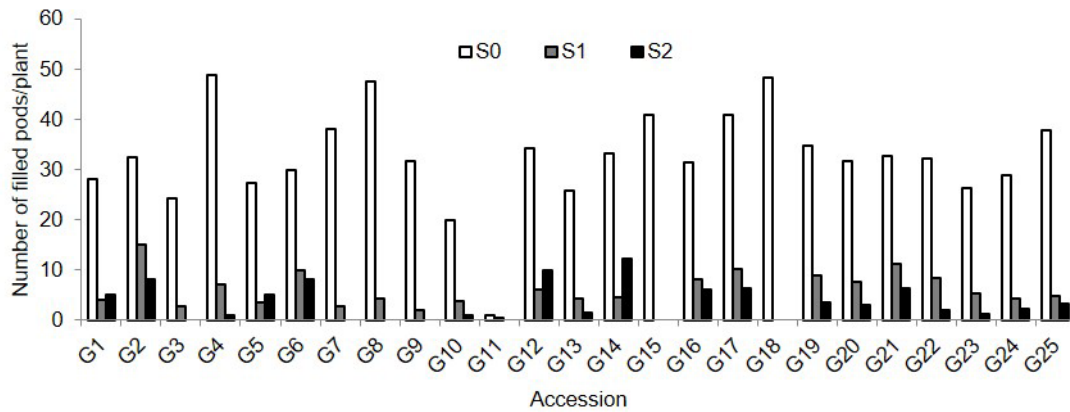


Figure 7. The number of filled pods per plant of soybean accessions in three salinities (S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m).

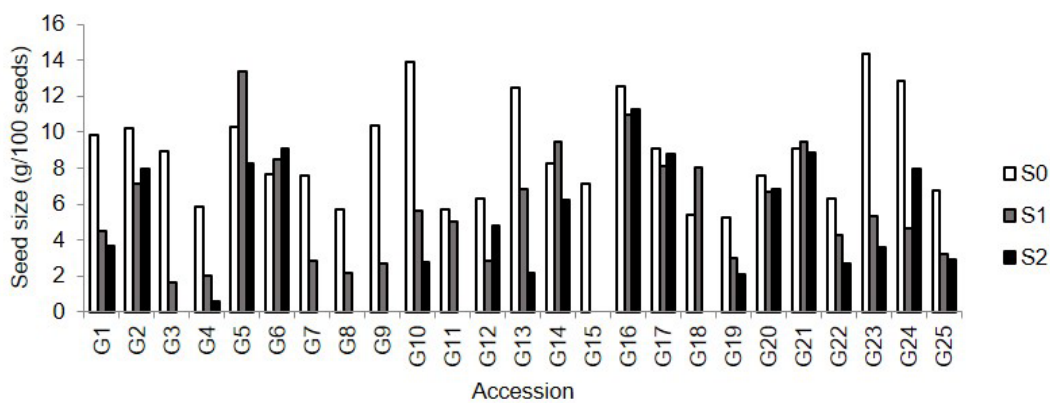


Figure 8. Seed size of 25 soybean accessions on three salinities (S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m).

Seed size positively correlated with seed yield ($r=0.67^{**}$). Therefore, the number of filled pods and seed size significantly influenced seed yield.

The results also showed that seed weight of most accessions reduced by more than 80% in S1 and S2. However, three accessions had <70% reduction in S1 (G2, G16, and G21 with 57%, 66%, and 69% reductions), and also other three accessions had <80% reduction in S2 (G16, G21, and G2 with 75%, 78%, and 79% reductions). Meanwhile, eight accessions in S1 (G3, G4, G7, G8, G9, G11, G15, and G18) and six accessions in S2 (G10, G12, G13, G19, G22, and G23) produced no or less seed and had LSS of 6-9 at 60 DAP, except for G7 and G18 with LSS of 5. The performance of these two accessions indicated that they were less sensitive to salinity. Moreover, those accessions with high LSS (6-9) had been failed to set flowers, or they were able to produce flowers but those flowers were unable to develop into pods, or they produced flowers that successfully developed into pods but failed to produce normal seeds. Other researchers reported different yield reductions at different salinity levels such as 80% at 4 dS/m (Bustingorri and

Lavado 2011), 29% at 3 dS/m, and 59% at 6 dS/m (Ghassemi-Golezani and Taifeh-Noori 2011), 52-99% at 8.58 dS/m (Aini *et al.* 2014), and 26-57% at 5.8 dS/m (Purwaningrahyu *et al.* 2015). These variations could be due to the differences in genotypes. High yield reduction in high salinity treatments is caused by low photosynthesis due to lower photosynthetic pigments and stomata disruption (El-Sabagh *et al.* 2015; Mervat *et al.* 2020), and lower CO₂ assimilation (Onodera *et al.* 2019).

The stress tolerance index (STI) is a parameter proposed by Fernandez (1992) to measure a plant response to stress and this index has been widely used for other crops such as rapeseed (Abbaszadeh 2012), rice (Krishnamurthy *et al.* 2016), and lentil (Kumawat *et al.* 2017). The current study informed that the higher the STI value the higher the seed yield was. Based on STI, five accessions (G2, G6, G16, G17, and G21) were selected for tolerant both to S1 and S2 or tolerant up to salinity 10.06-10.90 dS/m (Table 8). The results showed that tolerant accessions produced higher yield, larger seed size, lower seed yield reduction, and lower LSS compared

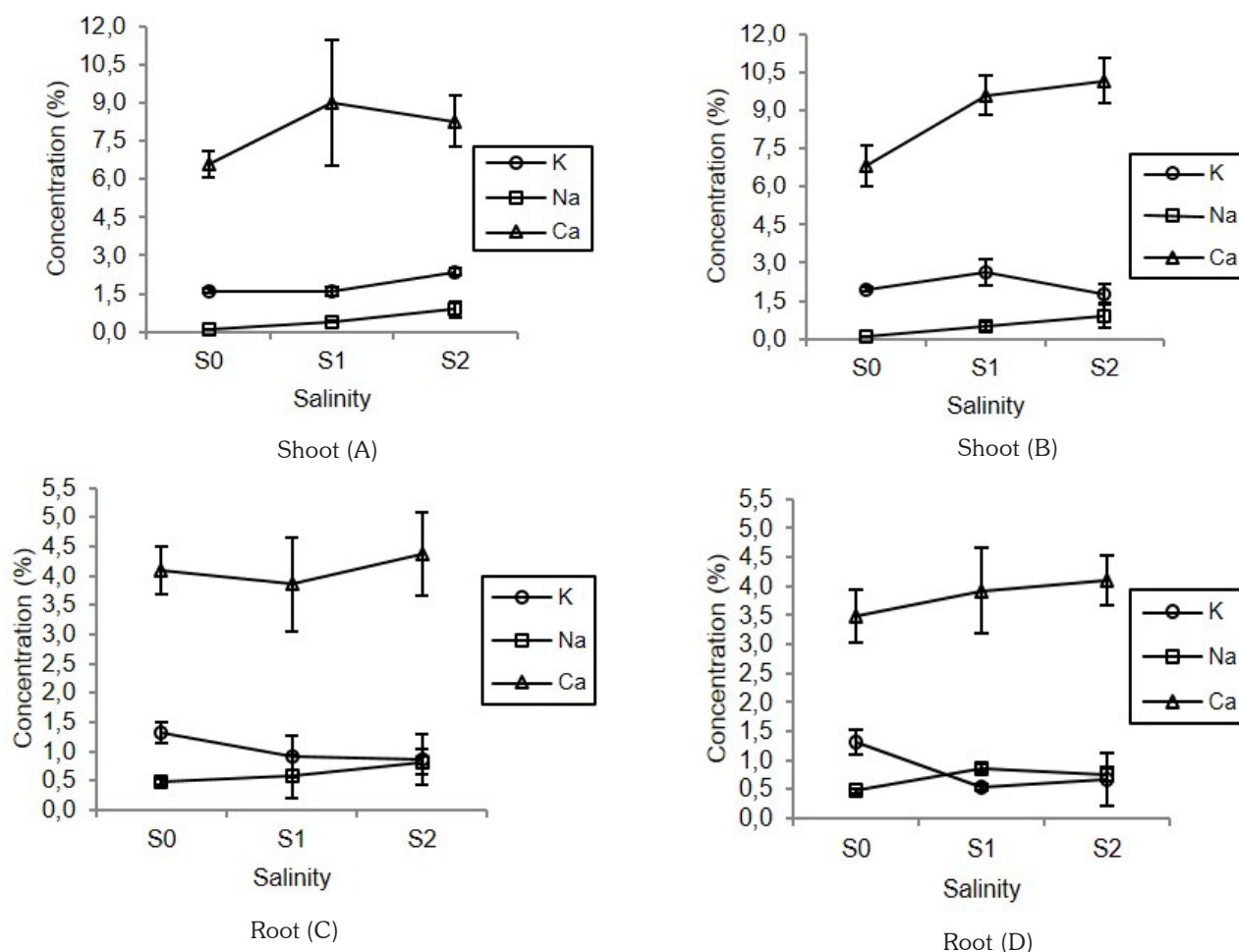


Figure 10. K, Na, and Ca concentration in shoot and root of tolerant accession (A and C) and sensitive accession (B and D) at 60 DAP at three salinities (S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m)

to moderately tolerant or sensitive accessions. The moderately tolerant indeed, were able to survive until the harvesting time and produced seeds.

K, Na, and Ca Content in Shoot and Root

The current experiment pointed out that sodium (Na) concentration in the soil increased inline with salinity increase, which then directed to Na-concentration increase in the shoot ($r=0.98^{**}$) and root ($r=0.94^{**}$) as shown in Figure 9. Sodium (Na) in the soil was absorbed by the root and translocated to the shoot. Therefore, as the plant is exposed longer to salinity, the accumulation of Na in the shoot increase that usually leads to plant toxicity. In this experiment, the soybean accessions did not show any toxicity symptom at Na concentration of 0.08% in shoot and 0.48% in root for S0. Salt toxicity happens in tolerant accessions with LSS 3-4 and in sensitive accessions with LSS 4-6 at concentrations of 0.42% in shoot and 0.73% in root for S1.

The study revealed the different absorption patterns of Na, K, and Ca between tolerant accessions (G6, G16, and G17) and sensitive accessions (G4, G8, G10, G18, G19, and G24). The concentration of Na in shoot of sensitive and tolerant accessions was similar in treatment S0, but it increased by 4.6 and 11 folds in S1 and in S2, respectively. Meanwhile, K concentration in tolerant accessions was lower than that in sensitive accessions at S1. At higher salinity treatment of S2, however, the K concentration increased in tolerant accessions and it reduced in sensitive accessions. The Ca concentration in shoot of tolerant accessions was similar to that in sensitive accessions at S0. At S1 and S2 treatments, however, the concentration Ca was lower in tolerant accessions compared to that in sensitive accessions (Figures 10A and 10B).

The K/Na and Ca/Na ratios in soybean shoot of tolerant and sensitive accessions at S0 were both high and the ratios drastically reduced as salinity increased to S1 and S2, with K/Na ratio was lower than that of Ca/Na ratio. This means that Na was

Table 9. K/Na and Ca/Na ratio in soybean shoot and root of tolerant and sensitive accessions at 60 DAP at three salinities.

Salinity	Tolerant				Sensitive			
	Shoot		Root		Shoot		Root	
	K/Na	Ca/Na	K/Na	Ca/Na	K/Na	Ca/Na	K/Na	Ca/Na
S0	22.05	90.51	2.80	8.74	23.89	83.80	2.79	7.43
S1	3.96	22.00	4.14	11.79	5.75	21.84	0.63	4.54
S2	3.05	10.82	1.05	6.10	2.52	15.11	0.96	5.66

Remarks: S0=1.34-1.72 dS/m, S1=6.75±0.40 dS/m, S2=10.48±0.30 dS/m

slowing down the absorption of K more than Ca. The shoot K/Na ratio in S1 and S2 had little variation in tolerant accessions by 3.96 and 3.05, respectively. In sensitive accessions, there were huge variations of shoot K/Na ratios in S1 and S2 by 5.75 and 2.52, consecutively (Table 9).

The Na concentration in the root of tolerant accessions was relatively similar to that of tolerant accessions at S0. Meanwhile, that K/Na ratio in sensitive accession was 51% higher than that in tolerant accession at S1. This means increasing salinity reduced K concentration in both tolerant and sensitive accessions, but the reduction was higher in sensitive accessions. Therefore, K concentration was higher within tolerant than within sensitive accessions at salinity S1 and S2, while Na showed contrasting results (Figures 10C and 10D). The root K/Na ratio at salinity S0 in tolerant was as high as in sensitive accessions at about 2.8, while tolerant accessions had higher values in both S1 and S2 (Table 9).

The results of experiment showed that tolerant accessions adapted to salinity by increasing K and reducing Na absorptions, and maintaining K/Na ratio to minimize the toxic effects of Na element. Meanwhile, the absorption of K element and its translocation from root to shoot was inhibited by Na in sensitive accessions, thereby leading to the inability in maintaining the K/Na ratio and minimize toxic effects of Na. The K/Na ratio seems more important in determining tolerance to salinity than the Ca/Na ratio. This finding is in accordance to the results of El-Sabagh *et al.* (2015) and Taufiq *et al.* (2016).

CONCLUSION

The results showed an increase in salinity from 1.34-1.72 dS/m to 10.48±0.30 dS/m led to an increase in soil EC and Na concentration in soil and shoot and these reduced the growth, seed weight, and seed size of soybean plant. At 6.75±0.40 dS/m salinity, the soybean accessions exhibited salt injury in different scales as well as a reduction in plant

height, shoot and root biomass, number of filled pods, seed weight, and seed size. However, accessions of MLGG 0169 (G 17), MLGG 0640 (G 6), MLGG 0767 (G 2), MLGG 1109 (G 16), and MLGG 1098 (G 21) were tolerant to salinity up to 10.48±0.30 dS/m with high ITC index, high seed yield, low seed reduction, and mild leaf damage. The salinity tolerance was probably determined by the ability of the accessions to absorb more K and less Na, translocate more K from root to shoot, and the presence of a higher K/Na ratio than Ca/Na both in shoot and root. Therefore, the K/Na ratio is more important in determining salinity tolerance of soybean accessions than Ca/Na ratio.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by the Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) through DIPA 2018. The authors are grateful to Widosendiko for providing technical assistance during the trial, and the ILETRI Germplasm Unit for providing the materials.

REFERENCES

- Abbaszadeh F. 2012. Salinity stress indices of seed yield and nutrient compositions in rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Biology* 4(1): 154-162.
- Agarwal N, Kumar A, Agarwal S, Singh A. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(2): 123-134.
- Aini N, Syekhfani, Yamika WSD, Runik DP, Setiawan A. 2014. Growth and physiological characteristics of soybean genotypes (*Glycine max* L.) toward salinity stress. *AGRIVITA* 36(3): 201-209.
- Bustingorri C, Lavado RS. 2011. Soybean growth under stable versus peak salinity. *Sciencia Agricola* (Piracicaba, Brazil) 68(1): 102-108.
- Cokkizgin A. 2012. Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 40(1): 177-182.

- El-Sabagh A, Sorour S, Ueda A, Saneoka H, Barutçular C. 2015. Evaluation of salinity stress effects on seed yield and quality of three soybean cultivars. *Azarian Journal of Agriculture* 2(5): 138-141.
- Fernandez GCJ. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. p. 257-270. *Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress"*, Taiwan.
- Ghassemi-Golezani K, Taifeh-Noori M. 2011. Soybean Performance under Salinity Stress. In: Tzi-Bun Ng (ed). *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology*. IntechOpen.
- Gorham J. 2007. Sodium. In: Allen VB, David JP (ed). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press. NY.
- Hapsari RT, Trustinah. 2018. Salinity tolerance of mungbean genotypes at seedling stage. *Biosaintifika* 10(2): 408-415.
- Jones JB. 2002. *Agronomic Handbook. Management of Crops, Soils and Their Fertility*. CRC Press, USA.
- Krishnamurthy SL, Sharma SK, Gautam RK. 2016. Effect of different salt stresses on agro-morphological traits and utilization of salt stress indices for reproductive stage salt tolerance in rice. *Field Crops Research* 190: 26-33.
- Kumawat KR, Gothwal DK, Singh D. 2017. Salinity tolerance of lentil genotypes based on stress tolerance indices. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(4):1368-1372.
- Le LTT, Kotula L, Siddique KHM, Colmer TD. 2021. Na⁺ and/or Cl⁻ toxicities determine salt sensitivity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), mungbean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal Molecular Science* 22(4): 1909.
- Ledesma F, Lopez C, Ortiz D, Chen P, Korth KL, Ishibashi T, Zeng A, Orazaly M, Florez-Palacios L. 2016. A simple greenhouse method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Science* 56: 585-594.
- Munns R, Gilliam M. 2015. Salinity tolerance of crops – what is the cost?. *New Phytologist* 208: 668-673.
- Naghavi MR, Pour A, Khalili M. 2013. Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions. *Notulae Scientia Biologicae* 5(3): 388-393.
- Onodera M, Nakajima T, Nanzyo M, Takahashi T, Xu D, Homma K, Kokubun M. 2019. Regulation of root-to-leaf Na and Cl transport and its association with photosynthetic activity in salt-tolerant soybean genotypes. *Plant Production Science* 22(2): 262-274.
- Purwaningrahyu RD, Sebayang HT, Syekhfani, Aini N. 2015. Resistance level of some soybean (*Glycine max* L.Merr) genotypes toward salt stress. *Journal of Biological Researches* 20: 7-14.
- Putri PH, Susanto GWH, Artari R. 2017. Response of soybean genotypes to salinity in germination stage. *Nusantara Bioscience* 9(2): 133-137.
- Quach TN, Nguyen LT, Nguyen NT, Nguyen CT. 2019. Soybean PI 675847 A as a new source of salt tolerance. *Plant Genetic Resources* 17(1): 33-44.
- Sadak MS, El-Hameid A, Asmaa R, Zaki FS, Dawood MG, El-Awadi ME. 2020. Physiological and biochemical responses of soybean (*Glycine max* L.) to cysteine application under sea salt stress. *Bulletin of the National Research Centre* 44(1): 1-10.
- Taufiq A, Wijanarko A, Kristiono A. 2016. Pengaruh genotipe dan ameliorasi terhadap pertumbuhan and hasil kedelai pada tanah salin. *Buletin Palawija* 14(1): 1-8.
- Tavakkoli E, Rengasamy P, McDonald GK. 2010. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany* 61(15): 4449-4459.
- Wibowo F, Armaniar. 2018. Physiological performance of the soybean crosses in salinity stress. *Earth and Environmental Science* 122: 1-6.
- Yadav S, Mohammad I, Aqil A, Shamsul H. 2011. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *Journal of Environmental Biology* 32: 667-685.
- Yasuta Y, Kokubun M. 2014. Salinity tolerance of super-nodulating soybean genotype En-b0-1. *Plant Production Science* 17(1): 32-40.

Soybean Breeding for Drought Tolerance During The Reproductive Stage

Suhartina*, M. Muchlish Adie, Made J. Mejaya

Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute, Malang, Indonesia
Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang, East Java, Indonesia, 65101

*E-mail: suhartina.ina2020@gmail.com

NASKAH DITERIMA 4 MARET 2022 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 25 MEI 2022

ABSTRACT

One of the strategies to increase soybean production in Indonesia is maximizing the use of rainfed lowland and dryland, particularly during the dry season (June/July - September/October) by planting varieties having characters of drought tolerant, high yielding, early maturity and resistant to biotic stress. The Indonesian Ministry of Agriculture has released four soybean varieties that are tolerant to drought during the reproductive stage, namely Dering 1, Dering 2, Dering 3, and Detam 4 and two varieties that have medium tolerance, namely Detam 2 and Detam 3. Detam 2, 3, and 4 varieties belong to black-seeded soybeans, while Dering 1, 2, and 3 are yellow-seeded. Dering 2 variety showed the highest yield potential of 3.32 tons/ha. Dering 1 and Dering 3 varieties are resistant to pod borer attacks. Dering 3 also showed a resistant response to pod sucking. However, no variety seems to be resistant to pod armyworm pest. In terms of Asian soybean rust (ASR) disease, only Dering 1 gave a resistant response. This study suggests that Dering 1, Dering 2, Dering 3, and Detam 4 varieties are suitable to be planted in the rainfed lowland and dry land during the dry season with limited rainfall.

Keywords: drought tolerant, reproductive stage, soybean, stress, variety

ABSTRAK

Salah satu strategi untuk meningkatkan produksi kedelai di Indonesia adalah dengan memaksimalkan pemanfaatan lahan sawah tadah hujan atau lahan kering dengan menggunakan varietas yang bersifat toleran kekeringan, hasil tinggi, berumur genjah, dan tahan cekaman biotik. Kementerian Pertanian Republik Indonesia telah melepas enam varietas kedelai toleran kekeringan selama fase reproduktif, yaitu varietas Dering 1, Dering 2, dan Dering 3 yang berbiji kuning, sedangkan varietas Detam 2, Detam 3, dan Detam 4 berwarna biji hitam. Diantara keenam varietas tersebut, varietas Dering 1, Dering 2, Dering 3, dan Detam 4 menunjukkan respons toleran terhadap kekeringan, sedangkan Detam 2 dan Detam 3 menunjukkan respons medium terhadap kekeringan. Varietas Dering 2 menunjukkan potensi hasil tertinggi yaitu 3,32 t/ha. Varietas Dering 1 dan Dering 3 menunjukkan respon tahan terhadap hama penggerek polong. Tidak ada varietas yang menunjukkan respons tahan terhadap hama ulat grayak. Varietas Dering 3 menunjukkan respon tahan terhadap penggerek polong dan pengisap polong. Varietas Dering 1 menunjukkan respons tahan terhadap penggerek polong dan karat

daun. Varietas Dering 1, Dering 2, Dering 3, dan Detam 4 dapat direkomendasikan untuk ditanam di lahan sawah tadah hujan atau lahan kering pada musim kemarau yang curah hujannya terbatas.

Kata kunci: cekaman, fase reproduktif, kedelai, toleran kekeringan, varietas

INTRODUCTION

In Indonesia, soybean (*Glycine max* L.) is the third strategic food crops after rice and maize due to nutritionally and economically important. The existing obstacle on increasing soybean production in Indonesia is a limited land available for the expansion of planting area by which the existing area of soybean tends to decrease every year. The shifting of productive agricultural land area and the changes of global climate lead on decreasing of soybean production in Indonesia. Expanding soybean area to solve that problem, usually, moves to suboptimal lands such as dryland, by maximizing the use of rainfed lowland or by planting improved soybean varieties tolerant to abiotic stress and wide adaptability. Soybean yield and yield components were significantly affected by interaction of genotype and environment suggesting that there was a different response of the genotypes across wide testing locations (Krisnawati and Adie 2018).

On land that tends to experience drought at the end of the rainy season, namely the Dry Season (DS)-1 or DS-2 drought tolerant varieties can increase soybean production nationally. In rainfed lowland agroecosystems of Indonesia, soybeans are generally planted after rice in DS-1 and DS-2 in the rice-rice-soybean or rice-soybean-soybean cropping patterns. In such conditions soybean cultivation often faces the risk of crop failure due to experiencing drought stress in the reproductive stage. With the global climate change, the drought stress in soybean plants will increase, especially in soybean crop in rainfed lowland which is the main agroecosystem of soybeans in Indonesia. Developing of soybean superior variety that tolerant to drought is one of the determinant factors of the area expanding accomplishment (Suhartina 2011).

Some processes occur in the plants are highly sensitive to drought and heat, due to involvement of array of diverse enzymes and transporters, located in the leaves and seeds. Seed filling is influenced by various metabolic processes occurring in the leaves, especially production and translocation of photoassimilates, importing precursors for biosynthesis of seed reserves, minerals and other functional constituents. Drought and heat stress substantially affect the seed yields by reducing seed size and number, eventually affecting the commercial trait '100-seed weight' and seed quality (Sehgal et al. 2018). Soybean adapts to drought stress by accumulating proline to protect cells from damage. The level of water availability affect the content of proline and growth. The lowest water availability had the highest proline content (Wahono et al. 2014).

The risk of decreasing yield can be reduced through manipulating environmental and cultivating drought tolerant soybean varieties. Drought stress in 50% of available water reduced the yield of Cikuray, Panderman, Burangrang, Tidar, and Wilis varieties of 62.6%, 52.8%, 41.7%, 64.0%, and 47.6%, respectively (Suhartina 2007). Drought stress by irrigation every 14 days decreased the yield of Tidar, Pangrango, Krakatau, Burangrang, and Panderman varieties respectively 28.8%, 33.9%, 28.9%, 13.9%, and 50.7% (Hamim et al. 2008). Variety of Dering 1 showed a character of more tolerant to drought (up to 30% water available) than Tidar, Wilis, and Anjasmoro varieties (Taufiq et al. 2012).

If the irrigation water could not be met, the soybean plants are vulnerable to crop failure or significant yield loss. The pod filling stage is a critical period for soybean plants to drought stress which can cause yield reduction of more than 40% (Suhartina et al. 2002). Therefore, drought-tolerant soybean varieties needs to be developed sustainably to increase national soybean productivity and production. This paper discusses the technology of breeding improved varieties of soybean tolerant to drought and resistant to major diseases in Indonesia.

BREEDING METHOD

Due to the adverse effects of drought stress on soybean production, breeding for drought stress tolerance in soybean has become a high priority in Indonesia. In developing of soybean superior variety tolerant to drought, soybean tolerance mechanism to drought has an important role, because it relates to characters that support the tolerance. Usually, the characters that associate directly to drought

tolerance are physiological and morphological characters. However, in soybean breeding, seed yield is the most important character. Therefore, developing soybean superior variety that tolerant to drought should be conducted by combining physiological, morphological and agronomical characters; because these three characters usually are not genetically linkage. By combining these three characters, decreasing yield due to drought stress can be repressed (Suhartina 2011).

Selection of local varieties planted over long period of time is likely to cause genetic diversity (heterogeneous populations). Line selection of individual plant can be conducted if within a variety, local population or introduction are available of individual genotype which have the characteristic performance as desired. Soybean breeding in Indonesia was carried out through selection of local varieties and introduced varieties that had genetic diversity (differences) among individuals in the existing germplasm collections. The formation of breeding population as material to be selected can be done through artificial crosses between individuals of different character. Drought tolerance line was developed and tested for grain yield through adaptation tests in several generations in two growing environments (Figure 1).

The selection method used in the breeding of drought tolerant varieties was the pedigree method. Yield selections were carried out to obtain the selected lines followed by a multi-location test. Evaluation of the adaptability and yield stability of soybean promising lines tolerant to drought stress were evaluated at eight locations during dry season of 2009 and 2010. No irrigation was added during reproductive phase of the crop. Soil moisture content at 0-20 cm soil depth during the generative phase was equivalent to pF values of 3.0-4.2. Analysis of variance over locations and planting seasons showed that there was a significant interaction between genotypes and environments. Among the tested-lines, DV/2984-330 was the only line that showed average stability with high grain yield, averaging of 1.95 t/ha out of its yield potential of 2.83 t/ha. This line showed good adaptability over locations with water shortage (20-30% field capacity) during generative phase. Grain yield of this promising line was 14% higher compared to that of Tidar and 16% higher to that of Wilis. This line is prospective to be released as a new variety, possessing drought stress during generative phase (Suhartina et al. 2014a)

There were six high yielding and drought tolerant soybean varieties that have been developed by the ILETRI and released by the Ministry of

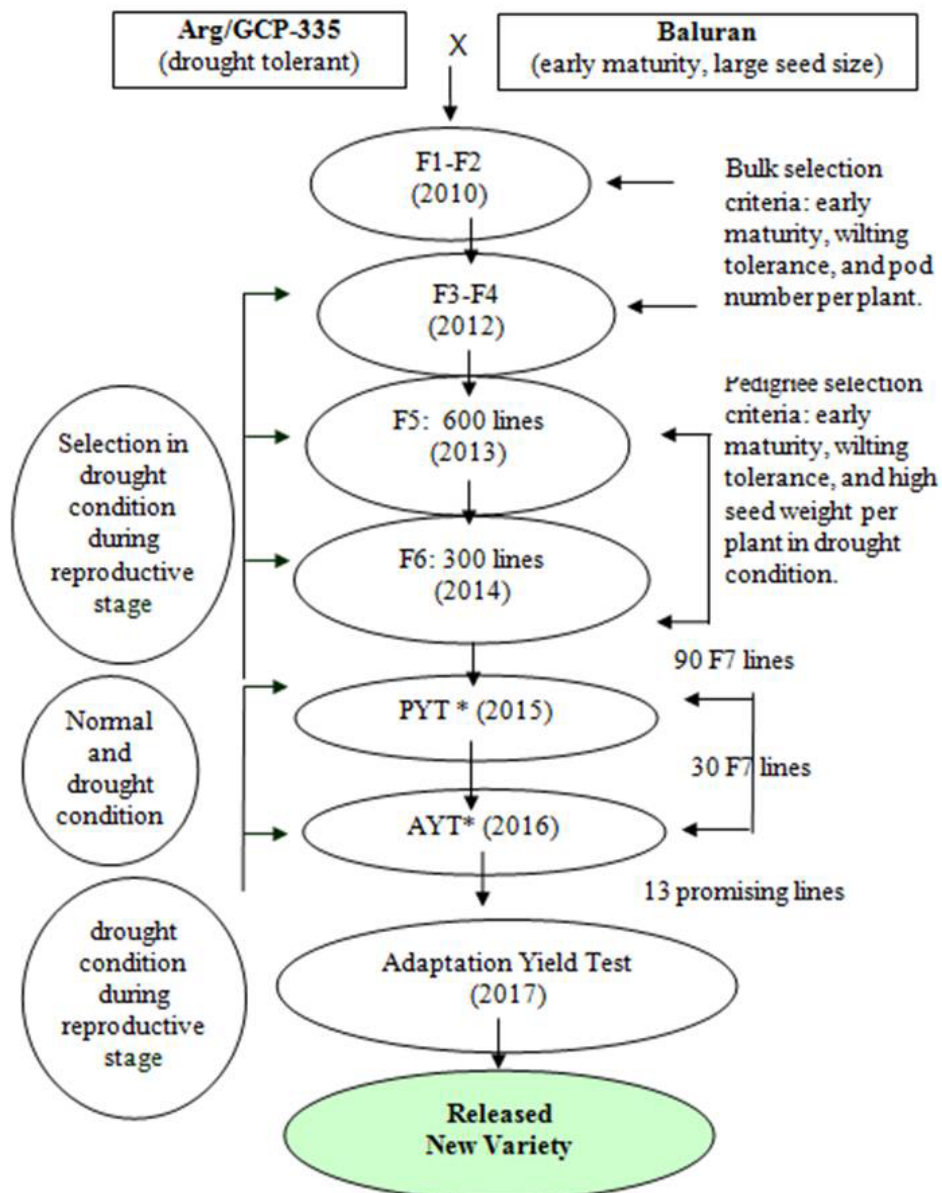


Figure 1. Drought promising line of AB-157-41-22 (Dering 2) during 2010-2017. *PYT = preliminary yield test; AYT = advance yield test.

Agriculture of the Republic of Indonesia from 2008 to 2020, namely Dering 1, Dering 2, Dering 3, Detam 2, Detam 3 and Detam 4. The original parents of the three these Derings and the three Detams varieties are presented in Table 1.

The Dering 1 variety was derived from a single cross between Davros variety and MLG 2984 (drought tolerant variety). Dering 2 variety was derived from a single cross between variety Baluran with Arg/GCP-335 line. Dering 3 variety was derived from a single cross between Dering 1 variety and Malabar variety (Suhartina *et al.* 2014a; 2014b; 2019). Detam 2, Detam 3, and Detam 4 varieties were derived from a single cross between the 9837 introduced line with Wilis variety, Cikuray variety, and G100H line respectively (Adie *et al.* 2009).

The selection of Dering 1 to Dering 3 varieties, was carried out in a drought stress environment during the reproductive stage from the F3 generation selection to the adaptation test (Suhartina *et al.* 2014a; 2014b; 2019). Whereas the drought tolerant selection of Detam 2, Detam 3, Detam 4 varieties, was carried out in the Advanced Yield Test (Adie *et al.* 2009). The drought stress environment was obtained by not applying irrigation water since the plant entered the flowering stage until harvest. The status of groundwater concentration during the reproductive stage was monitored through observations of soil water content (gravimetric method) every week.

Selection of F3 through to F4 generations was conducted at the ILETRI Experiment Station in

Table 1. Cross breeding parents of soybean drought tolerant varieties

Varieties of release	Parents of the Varieties	Year
Dering 1	Davros variety x MLG 2984	2012
Dering 2	Arg/GCP-335 x Baluran variety	2020
Dering 3	Dering 1 variety x Malabar variety	2020
Detam 2	Wilis variety x line 9837	2008
Detam 3 Prida	Cikuray variety x line 9837	2013
Detam 4 Prida	G100 H x line 9837	2013

Source: Harnowo *et al.* (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

early dry season (DS 1) and mid dry season (DS 2). The selection of F3 and F4 families was based on early maturity, crop performance (plant withered level, large number of pods, determinant growth type, and not falling pods) under drought stress conditions. Selection criteria were equal or more drought tolerant and more mature age than comparative varieties, namely Dering 1 for Dering 2 and Dering 3. From the F3 population, selection was conducted in F5, F6, and F7 generations with the criteria for drought tolerance, good crop performance (plant withered level, large number of pods, determinant growing type, not falling pods), and high yield.

SOYBEAN DROUGHT TOLERANCE AND OTHER CHARACTERS

Soybeans can be planted in rainfed lowland rice fields after rice or in dry land, so that the tolerant character to drought of a variety is highly needed. Among the six improved varieties of soybean tolerant to drought that have been released, Dering 1, Dering 2, Dering 3, and Detam 4 varieties showed a tolerant response to drought, while Detam 2 and Detam 3 showed moderately tolerant response to drought (Table 2). These six varieties are potential source for the development of more drought tolerant

varieties by conducting polycross among varieties for the sustainable soybean production.

Water use efficiency that results in greater yield per unit rainfall is an important parameter in determining crop yields in many production systems, and is often related with crop drought tolerance. The high yielding genotypes mostly possessed high water use efficiency and had increased root penetrability of hardpans (Fried *et al.* 2019).

In addition to the drought-tolerant character, certain variety is also required to have characteristics of tolerant to lodging and tolerant to pods shattering to avoid yield loss due to fragile plants and breakable pods. Dering 1, Dering 2, and Dering 3 varieties showed a resistant response to drought, while Detam 3 and Detam 4 showed a moderately tolerant response to drought. Dering 2 and Dering 3 varieties showed a moderately resistant response to pod bursts, while Detam 3 and Detam 4 showed a moderately tolerant response to pod bursts (Table 2). In the drought-tolerant cultivar, there was a healthier plant growth due to increased of enzymatic activity, photosynthetic efficiency, rubisco activity and total soluble protein upon high polyethylene glycol application (Iqbal *et al.* 2019).

YIELD POTENTIAL AND YIELD COMPONENTS

Most of soybean breeding efforts is largely focus on identifying genotypes with high seed yield and drought tolerant. In soybean drought tolerant varieties, the mechanism of tolerance to drought stress plays an important role, because it is related to the characters that support such tolerance. In general, the characters that are directly related to the tolerance to drought are physiological and morphological characters. However, in soybean breeding, seed yield is the most important character. Thus, the breeding of soybean varieties tolerant to drought should be carried out by combining the

Table 2. Responses to drought, plant lodging, and pod shattering of improved soybeans varieties selected to drought tolerance

Varieties	Response to		
	Drought	Plant lodging	Pod shattering
Dering 1	Tolerant	Resistant	-
Dering 2	Tolerant	Resistant	Moderately resistant
Dering 3	Tolerant	Resistant	Moderately resistant
Detam 3 Prida	Moderately tolerant	-	-
Detam 3 Prida	Moderately tolerant	Moderately tolerant	Moderately tolerant
Detam 4 Prida	Tolerant	Moderately tolerant	Moderately tolerant

Source: Harnowo *et al.* (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

Table 3. Seed yield potential, productivity, and yield components of improved soybean varieties tolerant to drought

Varieties	Seed yield potential (t/ha)	Productivity (t/ha)	Number of pods/plants	100 seed weight (g)
Dering 1	2.80	2.00	38	10.8
Dering 2	3.32	2.49	37	14.8
Dering 3	2.99	2.42	37	13.9
Detam 2	2.96	2.46	-	13.5
Detam 3 Prida	3.20	2.90	51	11.8
Detam 4 Prida	2.90	2.50	55	11.0

Sumber: Harnowo et al. (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

characters of physiology, morphology, and agronomy; because generally these three characters are not genetically linked. By combining these three characters, the decline in yield due to stress drought can be suppressed (Suhartina and Kuswantoro 2011). Drought stress reduced almost all of the yield components, such as number of pod, number of seed per pod and total grain weight by 39.00%, 2.7% and 52.00%, respectively (Heriyanto et al. 2019).

Seed yield potential, productivity, and yield components (number of pods/plants and weight of 100 seeds) of six drought tolerant soybean varieties are presented in Table 3. Yield potentials of Dering 1, Dering 2, and Dering 3 varieties were 2.80, 3.32 and 2.99 t/ha, respectively with yield productivity of 2.00, 2.42 and 2.49 t/ha, respectively. While yield potentials of Detam 2, Detam 3 and Detam 4 varieties were 2.96, 3.20 and 2.90 t/ha, respectively, with their yield productivity of 2.46, 2.90 and 2.50 t/ha, respectively (Table 3). Analysis of soybean farming on dry land in Papua, Indonesia showed that Dering 1 variety gave the highest yield of 2.52 t/ha, Anjasmoro 1.18 t/ha, Kaba 1.03 t/ha, Galunggung 0.90 t/ha, and the lowest yielding varieties were Burangrang 0.61 t/ha and Tanggamus 0.60 t/ha. Based on financial analysis, the Dering 1 variety earned a very high profit with R /C 2.29 and B/C 1.92 (Beding et al. 2020).

The number of pods/plant for Dering 1, Dering 2 and Dering 3 was 38, 37, and 37 pods/plant, respectively, while Detam 3 and Detam 4 were 51 and 55 pods/plant, respectively. Weight of 100 seeds from the six varieties ranged between 11.0 (Detam 4) and 14.8 g (Dering 2). Drought stress occurs during the flowering stage causes an increase in flower loss. If the drought stress continues into the pod formation and pod filling stages, it will result in a decrease in seed yield as a result of a decrease in the number of pods per plant because of many aborted pods, increased empty pods and stunted plant growth (Thalen et al. 2003). Dering 3 is an improvement of Dering 1 variety to produce a larger

seed size by making a cross between Dering 1 variety with an variety of Malabar having early maturity and larger seed size. Crossing was also carried out between the drought tolerant line of Arg/GCP-335 and variety Baluran which were early maturity and larger seed size (Suhartina et al. 2019). Number of seeds per plant of Dering 1 variety was 179% higher than those four other lines of soybean in conditions of water available of 50%, 75% and 100% of field capacity. The 50% field capacity reduced number of seeds per plant by 27% compared to that of 100% field capacity (Kurniasari and Ariffin 2019).

Drought stress is one of the most important factors that limits N fixation, growth and yield of soybean. Water stress decreased bacterial activity, number of pods per plant, number of seeds per pod, seed weight and seed yield in drought susceptible genotypes (Sadeghipour and Abbasi. 2012). While, genotypes identified as relatively drought tolerant mostly showed less reduction for number of pods per plant, seed yield and hundred seed weight under induced drought conditions (Sreenivasa et al. 2019). The most prominent effects of drought stress are reduced germination, stunted growth, serious damage to the photosynthetic apparatus, decrease in net photosynthesis, and a reduction in nutrient uptake. The integration of several approaches such as agronomic and biotechnological strategies as well as advanced genome editing tools is needed to develop drought-tolerant legume cultivars (Nadeem et al. 2019).

Drought stress during the reproductive stage affected the number of empty pod, seed weight per plant, and seed yield. The agronomic characters of genotype having a low percentage of yield reduction, identified as drought-tolerant due to the slow wilting, high plant character, a slow vegetative phase, and high yields. The drought-tolerant genotypes could be released as varieties or used as gene donors for soybean improvement to drought stress at the reproductive stage of popular existing varieties (Adie and Krisnawati 2019). Twenty

genotypes of black grain soybean were evaluated under 100% (optimum) and 50% of field capacity (drought stress). The results showed that soybean genotypes that had high transpiration rates under drought condition were more tolerant to drought. Drought stress reduced transpiration rates and seed yield by 40% and 32-60%, respectively. Drought stress affected plant height, shoot and root dry weight, root volume, number of branches, number of fertile nodes, and number of filled pods. The highest reduction was on shoot dry weight (70%) and number of filled pods (43%). The tolerance genotypes was mainly because roots were able to absorb more water under the drought stress conditions and had high water use efficiencies (Taufiq and Adie 2013).

The severity of the drought effect on soybean is highly dependent on prevailing temperature. The highest average of seed yield was observed at 30/22 °C, which was significantly reduced by 19%, 42% and 64% at 34/24, 38/24 and 42/28 °C, respectively. Compared to unstressed plants, there was 28% and 74% yield reduction in plants stressed at vegetative and reproductive stage. Both temperature and water stress affected the growth and yield, by which the effect was more severe when water stress was imposed at higher temperatures (Jumrani and Bhatia 2018).

RESISTANCE TO PESTS AND DISEASE

The main constraint to increase soybean production is pests and diseases that have the potential to reduce the quantity and quality of crop yields. Specific pest and disease attack need to be identified so that the cause can be identified precisely to determine how to efficiently and effectively control the constraints. Soybean pod borer (*Etiella zinckenella* Treitschke) is an important pest and reported from all of soybean planting areas in Indonesia which widely causing severe damage to soybean seeds up to 80% yield losses. Damage by pod borer is resulted from the larvae boring into pods and seeds. Pod sucking pest, *Riptortus linearis*

(Hemiptera: Alydidae) is one of the pests on soybean that can decrease harvest up to 79%. Pod sucking pest causes soybean seed deflected, wrinkled, and therefore cannot be consumed. Armyworm (*Spodoptera litura*, F.) is also one of the important pests of soybean in Indonesia which causes severe damage to soybean seeds up to 100% yield losses. Therefore, soybean genotype resistance to these three major pests is necessary in the integrated pest management (IPM) of soybean control (Baliadi *et al.* 2008; Sari and Suharsono 2011; Marwoto *et al.* 2017).

Six improved varieties of soybean tolerant to drought showed different responses to major pests and diseases (Table 4). Dering 1 and Dering 3 varieties showed a resistant response to pod borer, while Dering 2 showed a moderately resistant response. Dering 2, Dering 3, Detam 2 and Detam 4 varieties showed a moderately resistant response to pod sucking, while Detam-3 shows a susceptible response. Dering 1 variety showed a resistant response to both pod borer and leaf rust. Dering 3 variety showed a resistant response to both pod borer and armyworm.

In term to the resistance to leaf rust disease, only Dering 1 showed a resistant response, whereas Dering 2, Dering 3 and Detam 4 showed a moderately resistant response (Table 4). Dering 1 tested for leaf rust in ILETRI in 2011 was better than SHR/Wil-60 and Wilis variety. Dering 1 reacted resistant, while Wilis as a comparison of susceptible rust reacted moderately susceptible to leaf rust (Hardaningsih in Subandi *et al.* 2012). The variety Dering 1 tolerant to water shortage up to 30% of field capacity with resistant to pod borer *Etiella zinckenella* and resistant to leaf rust disease *Phakopsora pachyrizi*. Dering 1 was adaptive in paddy fields with limited irrigation during the dry season (July-October), rainfed areas during early dry season of March-June, and dry land during late rainy season of February-April (Suhartina 2019).

Table 4. Response to resistance to major pests and diseases of soybean drought tolerant improved varieties

Varieties	Response to			
	Pod borer	Pod sucking	Armyworm	Leaf rust
Dering 1	Resistant	-	Susceptible	Resistant
Dering 2	Moderately resistant	Moderately resistant	Moderately resistant	Moderately resistant
Dering 3	Resistant	Moderately resistant	Resistant	Moderately resistant
Detam 2	-	Moderately resistant	Susceptible	-
Detam 3 Prida	-	Susceptible	-	Susceptible
Detam 4 Prida	-	Moderately resistant	Susceptible	Moderately resistant

Sumber: Hamowo *et al.* (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

Table 5. Protein and lipid content, as well as seed coat color of drought tolerant soybean varieties

Varieties	Content of		Seed coat color
	protein(%)	lipid(%)	
Dering 1	34.2	17.1	Yellow
Dering 2	35.9	19.7	Yellow
Dering 3	40.5	17.5	Yellow
Detam 2	45.6	14.8	Black
Detam 3 Prida	36.4	18.7	Black
Detam 4 Prida	40.3	19.7	Black

Sumber: Hamowo *et al.* (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

Drought tolerant soybean lines against the brown ladybug (*Riptortus linearis*) showed the criteria for highly resistant to highly susceptible, ranging from 6.1% - 43.4%. The resistance mechanism possessed by these lines is non-preferential, meaning that the brown ladybug imago is not selected for attack. It is suspected that the lines that are classified as very resistant, resistant, and moderately resistant to the attack of the brown ladybug contain chemical compounds that causing insects or the imago of the brown ladybug refuse the plant. The refusal was also thought to be due to the morphological character of the plant which caused insects to avoid the plant either as food or as a place to perch and shelter (Yib and Tengkanono 2013).

THE PROTEIN AND FAT CONTENT

Dering and Detam varieties had protein content ranging between 34.2% to 45.6% while lipid content ranged from 14.8%—19.7%. Dering 1, Dering 2, and Dering 3 varieties had yellow seed coat, while Detam 2, Detam 3 and Detam 4 had black seed coat (Table 5). The protein content is a determinant of tofu quality because it is positively correlated with weight (yield) and texture of tofu, while seed size has no effect on tofu quality. Generally, the protein content of soybean varieties that have been released by the Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) is higher than imported

soybeans which protein content is only 35-37%. The yield and texture of tofu produced from some of the improved varieties, especially Kaba, Gema, Gepak Kuning and Anjasmoro, appear to be higher when compared to imported soybeans. For raw materials for soy milk, soybean seeds are yellow in color, high in protein and low in intensity (Ginting *et al.* 2009).

Environmental conditions under which soybeans are grown have a great impact on chemical compositions and nutrient quality. Differences in crude protein, amino acid, and lipid concentrations of soybeans were detected both within and among countries. Soybeans from China had a greater crude protein content of 42.1% than those from Brazil of 40.8%. Soybeans from China had a lower lipid content of 17.2% than those from either Brazil of 18.6% or the United States of 18.7% (Grieshop and Fahey Jr 2001).

The drought stress is linked by the fact that it decreases the availability of water to plant cells and quantified as a decrease in water potential. Modification of water uptake and loss to avoid low water potential, accumulating solutes and modifying the properties of cell walls to avoid the dehydration induced by low water potential and using protective proteins and mechanisms to tolerate reduced water content by preventing or repairing cell damage (Verslues *et al.* 2006).

AGRONOMIC CHARACTERS

Plant height, days of harvesting, and days of flowering of soybean varieties tolerant to drought are presented in Table 6. Plant height ranged from 53—60 cm, where Dering 2 showed the highest plant (60 cm). Harvesting days ranged between 75 and 82 days after planting, while flowering days ranged between 31 and 36 days after planting (Table 6). High yield potential and tolerance to drought are associated with tall plant posture, large number of leaves and large area, large roots and high water

Table 6. Plant height, days of harvest, and days of flowering of soybean varieties tolerant to drought

Varieties	Plant height (cm)	Days of harvesting (days after planting)	Days of flowering (days after planting)
Dering 1	57	81	35
Dering 2	60	76	33
Dering 3	58	70	31
Detam 2	57	82	34
Detam 3 Prida	57	75	34
Detam 4 Prida	53	76	36

Sumber: Hamowo *et al.* (2017); Musadad (2016); Suhartina (2019)

absorption ability. Water deficiency at full blooming (R2) stage has a noticeable influence on soybean physiology and yield reduction as a result of water deficiency. Some important physiological traits such as plant height, were significantly decreased under water deficiency conditions. Different time of maturity of soybean genotypes acted differently in response to water deficiency. This could be caused by different length of full blooming stage for every cultivar under water deficiency, by which each cultivar may increase or decrease certain growth stage's length as a method of coping with this abiotic water stress (Basal and Szabó 2018).

Plant height, number of branches, number of productive nodes, and number of pods give strong influence on seed weight per plant with simultaneous correlation value (R simultan) of 0.784. The number of branches was an agronomic factor that gave the biggest contribution to seed weight per plant with a constant of 0.925. The addition of one branch potentially increased 2.46 g grain weight per plant (Muzaiyanah dan Santoso 2016).

CONCLUSION

Among the six improved soybean varieties tolerant to drought that have been released, Dering 1, Dering 2, Dering 3, and Detam 4 varieties showed a tolerant response to drought, while Detam 2 and Detam 3 showed a moderately tolerant response. Dering 2 variety showed the highest seed yield potential of 3.32 t/ha. Dering 1 and Dering 3 varieties showed a resistant response to pod borer. Dering 3 variety showed a resistant response to both pod borer and armyworm pests. Dering 1 variety showed a resistant response to both pod borer pest and leaf rust disease. Dering 1, Dering 2, and Dering 3 varieties have yellow seed coat color, while Detam 2, Detam 3 and Detam 4 varieties have black seed coat color.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Ministry of Agriculture of the Republic of Indonesia through the Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) which had facilitated this series of research activities, the technicians of the Agricultural Technology Research and Assessment Installations within the Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute (ILETRI), and all those who have helped the implementation of the research into the breeding of new varieties of soybean drought tolerant.

REFERENCES

- Adie MM, Suharsono and Sudaryono H. 2009. Prospect of black soybean varieties Detam-1 and Detam-2. [Prospek kedelai hitam varietas Detam-1 dan Detam-2]. Buletin Palawija, 18: 66–72.
- Adie MM, Santi MYIB, and Krisnawati A. 2015. Soybean resistance to armyworm. [Ragam ketahanan kedelai terhadap hama ulat grayak]. Prosiding Seminar 66 Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. PP 66-72.
- Adie MM and Krisnawati A. 2019. Agronomic Characters of Drought-Tolerant Soybean at the reproductive stage. Berita Biologi 18(3): 339-345. DOI: 10.14203/beritabiologi.v18i3.3365.
- Baliadi Y, W. Tengkano, dan Marwoto. 2008. Soybean pod borer, *Etiella zinckenella* Treitschke (Lepidoptera: Pyralidae), and its control strategy in Indonesia. [Penggerek polong kedelai, *Etiella zinckenella* Treitschke (Lepidoptera: Pyralidae), dan strategi pengendaliannya di Indonesia]. Jurnal Litbang Pertanian, 27(4): 113-123.
- Basal O and Szabó A. 2018. Physiology and Yield of Three Soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill) Cultivars different in Maturity Timing as Affected by Water Deficiency. LIFE: International Journal of Health and Life-Sciences, 4(3): 46-59. DOI-<https://dx.doi.org/10.20319/ijhls.2018.43.4659>.
- Beding PA, Palobo F, and Tiro BMW. 2020. Feasibility of New Superior Varieties in Sub-optimal Dry Land in Sarmi Regency, Papua. Journal of Agricultural Studies, 8(1):276-286. <https://doi.org/doi:10.5296/jas.v8i1.15382>.
- Fried HG, Narayanan S, and Fallen B. 2019. Evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] genotypes for yield, water use efficiency, and root traits. PLoS ONE 14(2): e0212700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212700>.
- Ginting E, Antarlina SS, and Widowati S. 2009. Superior soybean varieties for raw materials for the food industry [Varietas kedelai unggul untuk bahan baku industri pangan]. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 28(3):79-87.
- Grieshop CM and Fahey Jr GC. 2001. Comparison of Quality Characteristics of Soybeans from Brazil, China, and the United States. J. Agric. Food Chem., 49:2669-2673
- Hamim, Khairul Ashri, Miftahudin, dan Triadiati. 2008. Analysis of water status, proline, and antioxidant enzyme activity of some tolerant and drought sensitive soybeans and wild soybeans [Analisis status air, prolin, dan aktivitas enzim antioxidant beberapa kedelai toleran dan peka kekeringan serta kedelai liar]. Agrivita 30(3):201-210.
- Harnowo D and Utomo JS. 2017. History, Main Duties, and Performance of Akabi's UPBS Agro Innovation. Research Institute for Various Nuts and Tubers [Sejarah, Tugas Pokok, dan Kinerja UPBS Agro

- Inovasi Akabi]. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 130 hlm.
- Heriyanto N, Rogomulyo R, and Indradewa D. 2019. Effects of Drought Stress on Yield and Yield Components of Five Soybean Cultivars (*Glycine max* L.). [Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Hasil dan Komponen Hasil Lima Kultivar Kedelai (*Glycine max* L.)]. *Vegetalika*. 8(4): 227-236.
- Iqbal N, Hussain S, Raza MA, Yang C-Q, Safdar ME, Brestic M, Aziz A, Hayyat MS, Asghar MA, Wang XC, Zhang J, Yang W and Liu J. 2019. Drought Tolerance of Soybean (*Glycine max* L. Merr.) by Improved Photosynthetic Characteristics and an Efficient Antioxidant Enzyme Activities Under a Split-Root System. *Front. Physiol.* 10:786. doi: 10.3389/fphys.2019.00786.
- Jumrani K and Bhatia VS. 2018. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. *Physiol Mol Biol Plants*, 24(1):37–50. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0480-5>.
- Krisnawati A and Adie MM. 2018. Yield Stability of Soybean Genotypes in Tropical Environments based on Genotype and Genotype-by-Environment. *J. Agron. Indonesia* 46(3):231-239.
- Kurniasari SF and Ariffin. 2019. Test of Some Soybean (*Glycine max* L. Merr) Lines Towards Drought Stress. [Uji Galur Harapan Kedelai (*Glycine max* L. Merr) terhadap Cekaman Kekeringan]. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(8): 1467–1473.
- Marwoto, S Hardaningsih, and A Taufiq. 2017. Soybean plant pests and diseases, identification and control [Hama dan Penyakit Tanaman Kedelai Identifikasi dan Pengendaliannya]. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 68 hlmn.
- Musadad A. 2016. Production Technology of Soybeans, Peanuts, Mung Beans, Cassava, and Sweet Potatoes [Teknologi Produksi Kedelai, Kacang Tanah, Kacang Hijau, Ubi kayu, dan Ubi jalar]. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 28 hlm.
- Muzaiyanah S dan Santoso GWA. 2016. Hubungan Beberapa Karakter Agronomi terhadap Hasil Kedelai Toleran Kekeringan. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang, pp. 235-242.
- Nadeem M, Li J, Yahya M, Sher A, Ma C, Wang X, and Qiu L. 2019. Research Progress and Perspective on Drought Stress in Legumes: A Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 2541; doi:10.3390/ijms20102541.
- Sadeghipour O., Abbasi S. Soybean response to drought and seed inoculation. *World Applied Sciences Journal* 2012;17(1) 55-60.
- Sari KP and Suharsono. 2011. The status of the pod sucking pest on soybean, regional distribution area and control method. [Status hama pengisap polong pada kedelai, daerah penyebarannya dan cara pengendalian]. *Bul. Palawija*, 22: 79–85.
- Sehgal A, Sita K, Siddique KHM, Kumar R, Bhogireddy S, Varshney RK, Hanumantha Rao B, Nair RM, Prasad PVV and Nayyar H. 2018. Drought or/and Heat-Stress Effects on Seed Filling in Food Crops: Impacts on Functional Biochemistry, Seed Yields, and Nutritional Quality. *Front. Plant Sci.* 9:1705. doi: 10.3389/fpls.2018.01705
- Sreenivasa, V., S.K. Lal, A. Talukdar, P. Kiran Babu, H.K. Mahadeva Swamy, Darsing R. Rathod, Raju R. Yadav, Shatakshi Poonia, K.V. Bhat and Viswanathan, C. 2019. Evaluation of Soybean Germplasm Lines for Agro-Morphological Traits and Terminal Drought Tolerance. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(04): 105-127. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.804.013>.
- Subandi, H Kuswantoro, T Sundari, Suhartina, Kisman, Sudaryono, Wedanambi Tengkano, dan Suyono. 2012. Development of high yielding tropical varieties that are acid-tolerant, drought tolerant, shade-tolerant, and soybean seed technology. [Perakitan varietas unggul kedelai tropis toleran lahan masam, varietas toleran kekeringan, varietas toleran naungan, dan teknologi perbenihan kedelai]. Laporan Akhir Tahun 2011. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Suhartina. 2007. Evaluation of high yield and drought tolerant of back soybean lines [Evaluasi galur harapan kedelai hitam toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi]. Hlm 153-161. Dalam D. Harnowo *et al.* (peny.) Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. 628 hlm.
- Suhartina and Kuswantoro H. 2011. Soybean breeding genotype for drought tolerance. [Pemuliaan tanaman kedelai toleran terhadap cekaman kekeringan]. *Buletin Palawija*, 21: 26–38.
- Suhartina, Purwantoro, N. Nugrahaeni, dan A. Taufiq. 2014a. Yield Stability of Drought Stress Tolerance Soybean Lines. [Stabilitas hasil galur kedelai toleran cekaman kekeringan]. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(1): 54-60.
- Suhartina, Purwantoro, N. Nugrahaeni, dan A. Taufiq. 2014b. Dering 1: the new soybean variety tolerant to drought with high yield potential. [Dering 1: varietas unggul kedelai potensi hasil tinggi toleran kekeringan]. Hlm 28-36. Dalam Saleh, N *et al.* (eds). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi Tahun 2013. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Suhartina. 2019. Proposal for the release of new superior varieties AB-157-41-22 and DM-122-35-17 drought

- tolerant soybean lines during the reproductive phase [Proposal Pelepasan Varietas Unggul Baru AB-157-41-22 dan DM-122-35-17 galur Harapan Kedelai Toleran Kekeringan Selama Fase Reproduksi]. Balai Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi. Malang.
- Somantri RU, Syahri, Thamrin T. 2019. Potential yield of several new high yielding varieties (VUB) of soybeans in dry land of South Sumatra. [Potensi hasil beberapa varietas unggul baru (VUB) kedelai di lahan kering Sumatera Selatan]. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018, Palembang. pp. 473-481.
- Taufiq A and Adie MM. 2013. Effect of Water Shortage on Agronomic and Physiologic Characteristics of Black Grain Soybean. [Pengaruh Kekurangan Air terhadap Karakter Agronomis dan Fisiologis Genotipe Kedelai Hitam]. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan, 32(1): 25-35.
- Verslues PE, Agarwal M, Agarwal SK, Zhu J, and Zhu JK. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. The Plant Journal, 45 : 523-539. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x
- Wahono E, Izzati M, and Parman S. 2014. Interaction between Water Availability Levels and Varieties, Against Prolin Content and Growth Soybean Crops (*Glycine max* L. Merr). [Interaksi antara Tingkat Ketersediaan Air dan Varietas, Terhadap Kandungan Prolin serta Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr)]. Jurnal Biologi, 3(3): 65-74.
- YIB MS and Tengkan W. 2013. Evaluasi ketahanan galur-galur harapan kedelai toleran lahan masam dan kekeringan terhadap kepik coklat. Prosiding Seminar Nasional 3 in ONE Malang, 21 Agustus 2013. pp. 322-327.

Identifikasi Morfologi Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang dan Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)

*Morphological Identification of Stem and Corm Rot Pathogen on Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)*

Emerensiana Uge, Alfi Inayati, Eriyanto Yusnawan

Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute, Malang, Indonesia
Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang, East Java, Indonesia, 65101

*E-mail: rensi.uge23@gmail.com

NASKAH DITERIMA 4 MARET 2022 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 25 MEI 2022

ABSTRAK

Porang merupakan tanaman pangan penting karena kandungan glukomanannya yang tinggi. Glukomanan dimanfaatkan sebagai bahan baku industri makanan dan industri lainnya. Budidaya tanaman porang tidak terlepas dari berbagai kendala, salah satunya adalah infeksi patogen busuk pangkal batang dan umbi yang perlu dikendalikan dengan teknologi yang tepat dan aman bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang dan umbi pada tanaman porang. Penelitian meliputi identifikasi patogen dan uji postulat Koch. Pengamatan terhadap gejala penyakit pada tanaman maupun umbi dilakukan di lapang, sedangkan pertumbuhan hifa, karakteristik hifa secara makroskopik dan mikroskopik, dan uji postulat Koch dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyakit busuk pangkal batang dan umbi porang disebabkan oleh jamur dengan karakteristik miselium berwarna hialin, hifa bersepta, bercabang dan berdinding tebal dengan atau tanpa klem penghubung, mampu membentuk sklerosis bulat beraturan berwarna cokelat tua yang merupakan ciri spesifik dari *Sclerotium rolfsii*. Uji postulat Koch pada umbi dan tanaman porang menggunakan isolat dari kultur murni menunjukkan adanya gejala yang sama dengan gejala di lapang, yakni permukaan umbi tertutup miselia putih dan umbi membusuk. Reisolasi penyebab penyakit dari umbi dan tanaman hasil uji patogenitas menunjukkan pertumbuhan kultur murni yang sama dengan kultur hasil isolasi awal. Hal ini mengkonfirmasi bahwa gejala busuk batang dan umbi porang yang terjadi merupakan hasil infeksi dari *Sclerotium rolfsii*.

Kata kunci: busuk pangkal batang dan umbi, patogen, *Amorphophallus muelleri*, postulat Koch

ABSTRACT

Konjac is an important food crop due to its high glucomannan content. Glucomannan is primarily used as raw materials for food industries as well as other commercial industries. Konjac cultivation has been facing various obstacles, which one of them is stem and corm rot pathogen infection. This disease needs to be controlled with proper and environmentally safe technology. Therefore, this current study aimed to identify the

pathogen that causes root and corm rot disease on konjac. The activity consisted of pathogen identification and the Koch's postulate assessment. Observations of disease symptoms, both infected plants and corms were done in the field, while the hyphal growth, macroscopic and microscopic hyphal characterization, and Koch's postulates were conducted in the laboratory. The results showed that konjac stem rot disease was caused by a fungus with hyaline mycelia, septae hyphae, branched and thick walls with or without clamp connections, and had capability to form dark brown regular round sclerotia. These specific characters normally belong to *Sclerotium rolfsii*. The Koch's postulate test on plants and corms using the pure culture of pathogen isolate showed the same symptoms with those observed in the field. The surface of the corms were covered with white mycelia and get rotten. Re-isolation of the pathogen from the infected plants and corms showed the same pure culture growth as the initial isolated culture. This confirmed that the symptom was the result of *S. rolfsii* infection.

Keywords: *Amorphophallus muelleri*, Koch postulate, pathogen, stem rot disease

PENDAHULUAN

Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan salah satu tanaman Famili Araceae dan merupakan tanaman asli Indonesia. Tanaman ini hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan memiliki spesies endemik di beberapa wilayah, salah satunya di Jawa Timur (Santosa *et al.* 2003). Umbi porang mengandung Glukomanan hingga 80% (Widjanarko *et al.* 2011), yang digunakan sebagai bahan tambahan makanan, suplemen makanan sehat, dan obat, sehingga bahan baku porang banyak mendapat permintaan ekspor. Permintaan bahan baku porang yang terus meningkat, menyebabkan budidaya porang berkembang pesat di Indonesia saat ini.

Di habitat alami, organisme pengganggu tanaman porang tidak banyak dilaporkan. Hal ini terjadi salah satunya disebabkan oleh porang hidup di habitat hutan dengan keseimbangan alam yang masih

terjaga. Salah satu penyakit yang dilaporkan merugikan adalah penyakit busuk umbi. Cooke dan Young (2014) melaporkan bahwa infeksi jamur patogen menyebabkan umbi busuk, yang ditandai dengan warna kecokelatan dan berbau seperti etanol. Patogen ini bersifat menular jika umbi bersinggungan langsung dan terdapat luka pada umbi, terutama pada periode pasca panen. Beberapa jamur yang telah diidentifikasi sebagai penyebab penyakit pada tanaman porang adalah *Sclerotium rolfsii*, *Colletotrichum* sp, *C. gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, dan *Fusarium* sp (Hikmah *et al.* 2017; Fajarini *et al.* 2020). Aini *et al.* (2020) juga mengidentifikasi penyebab penyakit pada porang yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus altitudinis* dan *Pseudomonas stutzeri*.

Pengamatan lapangan oleh tim peneliti porang Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) pada hamparan pertanaman porang di Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun dan koleksi plasma nutfah di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) Kendalpayak, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang pada bulan November sampai Desember 2020, ditemukan adanya gejala busuk pada pangkal batang. Hal ini menyebabkan batang patah dan akhirnya tanaman mati. Busuk disertai dengan munculnya miselia patogen berwarna putih seperti kapas juga ditemukan pada umbi porang bergejala busuk di lahan maupun di penyimpanan.

Identifikasi patogen penyebab busuk pangkal batang dan umbi ini penting dilakukan sebagai informasi dalam penentuan cara pengendalian penyakit. Teknologi pengendalian yang tepat juga dapat mempertahankan kualitas dan produksi serta keberlanjutan dari sistem budidaya di lahan. Oleh karena itu, pemilihan metode pengendalian yang efektif menekan infeksi dan minim risiko terhadap pencemaran lingkungan sangat dibutuhkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi secara morfologi patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman porang. Hasil identifikasi dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengelolaan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman porang.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanaman porang dengan gejala busuk pangkal batang dan umbi diambil dari tanaman porang yang tumbuh di dua agroekosistem yang berbeda yaitu 1) tanaman yang tumbuh dibawah tegakan hutan dengan naungan pohon jati di Desa

Klangon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun (7°28' 43" S, 111°47' 54" E; 432,1 m dpl) dan 2) tanaman yang tumbuh dibawah naungan buatan menggunakan paranet (tingkat naungan 50%) dilahan sawah IP2TP Kendalpayak, Kabupaten Malang (8°2' 52" S, 112°37'31"E; 436 m dpl), media *potato dextrose agarose* (PDA), dan *compound microscope* Olympus BX43. Penelitian yang dilakukan meliputi identifikasi jamur secara makroskopis dan mikroskopis serta pengujian patogenesitas (postulat Koch) patogen penyebab busuk pangkal batang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2020 hingga Februari 2021.

Isolasi dan Identifikasi Jamur Penyebab Busuk Pangkal Batang dan Umbi

Isolasi penyebab penyakit pada pangkal batang

Pangkal batang yang terinfeksi patogen penyebab penyakit busuk dari lapang dicuci dengan air mengalir kemudian dibilas aquades. Setelah kering angin, bagian pangkal batang pada perbatasan antara yang sehat dan sakit didisinfeksi menggunakan etanol 70%, dibilas dengan aquades steril dan diletakkan di atas kertas saring steril di dalam *laminair*. Setelah mengering, potongan pangkal batang dibiakkan pada media PDA selama 3-7 hari (Pusat Karantina Tumbuhan 2007; Latifah *et al.* 2014). Biakan murni diidentifikasi secara makroskopis maupun mikroskopis menggunakan *microscope* Olympus BX43 untuk mengetahui genus atau spesies yang menginfeksi tanaman porang. Variabel yang diamati yaitu pertumbuhan koloni jamur, gejala pada inang (umbi dan tanaman).

Isolasi penyebab penyakit pada umbi

Umbi dengan gejala penyakit busuk mirip pada pangkal batang, yaitu adanya pertumbuhan miselium putih seperti kapas dan ditemukan sklerosis pada gejala lanjut, dicuci dengan air mengalir dan dibilas aquades. Umbi bergejala penyakit diperoleh dari lapang maupun selama penyimpanan. Bagian umbi bergejala maupun miselia atau sklerosis diisolasi dan ditumbuhkan pada media PDA. Cara isolasi bagian umbi bergejala sama dengan cara isolasi pangkal batang. Miselia dan sklerosis diisolasi secara langsung dengan cara ditumbuhkan pada media PDA.

Uji postulat Koch

Uji postulat Koch dan re-isolasi jamur patogen dilaksanakan menggunakan metode menurut Cooke (2006); Al-saidi *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi penulis dengan teknik perbanyakan pada media organik. Biakan murni hasil isolasi diperbanyak dalam

media organik dan selanjutnya digunakan dalam percobaan inokulasi ke tanaman dan umbi sehat.

Inokulasi pada tanaman sehat dengan isolat patogen

Tanaman dewasa diinokulasi dengan biakan patogen pada pangkal batang. Kondisi tanah dan di sekitar pangkal batang dibuat lembab dengan cara disiram untuk membuat iklim mikro yang kondusif bagi perkembangan patogen. Pengamatan meliputi gejala yang dihasilkan dan patogen yang menginfeksi. Patogen yang mampu menginfeksi kemudian dibiakkan kembali untuk diidentifikasi dan disesuaikan dengan biakan murni awal hasil isolasi dari pangkal batang terinfeksi.

Inokulasi pada umbi sehat dengan isolat patogen

Umbi sehat didisinfeksi menggunakan alkohol 70%, kemudian dibilas dengan aquades steril. Umbi diinokulasi dengan biakan murni patogen dan dilembabkan dalam botol biakan yang dilapisi kertas saring basah. Pengamatan gejala dan re-isolasi dilakukan sama dengan pengamatan pada pangkal batang.

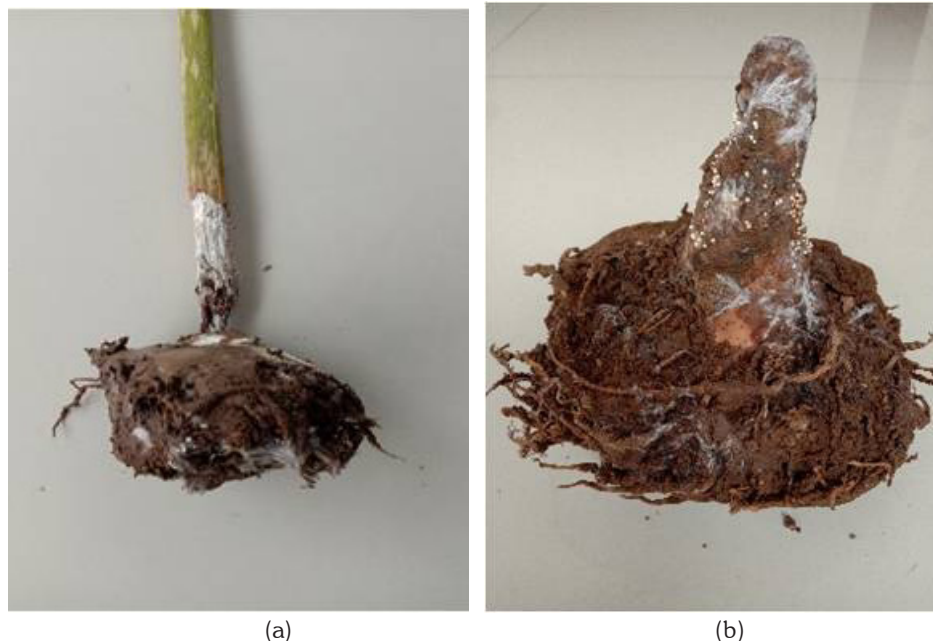
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala tanaman sakit di lapang berupa daun menguning, layu, pangkal batang mengkerut, nekrosis dan tanaman mudah roboh. Gejala lanjut pada pangkal batang dan umbi ditemukan adanya pertumbuhan miselium jamur berwarna putih

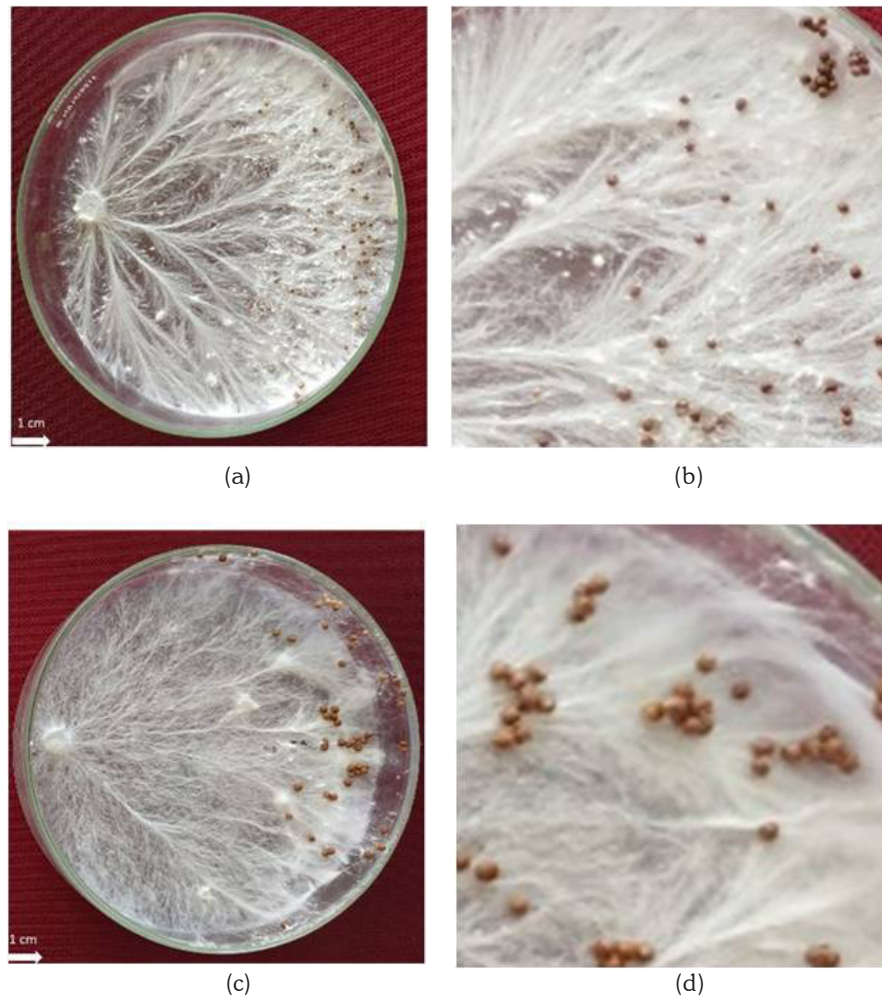
(Gambar 1a). Infeksi lanjut dapat menyebabkan pangkal batang membusuk dan patogen mengkoloni umbi (Gambar 1b). Infeksi umbi lebih parah terjadi apabila terdapat luka pada umbi. Hal ini akan memudahkan patogen untuk masuk ke dalam jaringan umbi, berkembang dan menggunakan substrat umbi sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan (Savatin *et al.* 2014).

Identifikasi dan karakterisasi jamur penyebab busuk pangkal batang dan umbi porang

Kedua sampel dari Desa Kalngon dan IP2TP Kendalpayak yang ditumbuhkan pada media PDA menunjukkan adanya pertumbuhan miselium berwarna putih pada awal pertumbuhan dan mampu memenuhi cawan yang berdiameter 9 cm pada umur 5 hari setelah inokulasi (HSI). Hasil isolasi umbi bergejala dari sampel IP2TP Kendalpayak (MI-1) ditemukan isolat jamur dengan karakteristik hifa berwarna putih, struktur hifa kasar/berserat dan tebal dengan pertumbuhan yang cepat di hari pertama hingga hari ketiga. Ditemukan juga adanya butiran-butiran berwarna cokelat gelap dengan diameter 0,54 mm yang diduga merupakan struktur tahan jamur (Gambar 2a dan 2b). Pengamatan selama lima hari menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan pertumbuhan miselia 1,26 cm/hari (Tabel 1). Sedangkan dari sampel umbi yang berasal dari Desa Klangon (Md-1) diperoleh isolat jamur berwarna putih dengan karakteristik struktur hifa yang lebih halus dan tipis



Gambar 1. Patogen yang menyebabkan gejala busuk pangkal batang (a) dan gejala lebih lanjut patogen menginfeksi umbi menyebabkan busuk umbi (b).



Gambar 2. Pertumbuhan miselium isolat MI-1 (2a) dengan struktur tahan berwarna cokelat dari isolat MI-1 (2b); pertumbuhan miselium isolat Md-1 (2c) dengan struktur tahan berwarna cokelat dari isolat Md-1 (2d).

dengan pertumbuhan yang lebih lambat di hari pertama hingga hari ketiga, dibandingkan isolat asal IP2TP Kendalpayak (MI-1). Perkembangan jamur lebih lanjut adalah terbentuknya struktur tahan berwarna cokelat dengan bentuk teratur berdiameter 0,78 mm (Gambar 2c, 2d). Rata-rata kecepatan pertumbuhan miselium 1,33 cm/hari (Tabel 1).

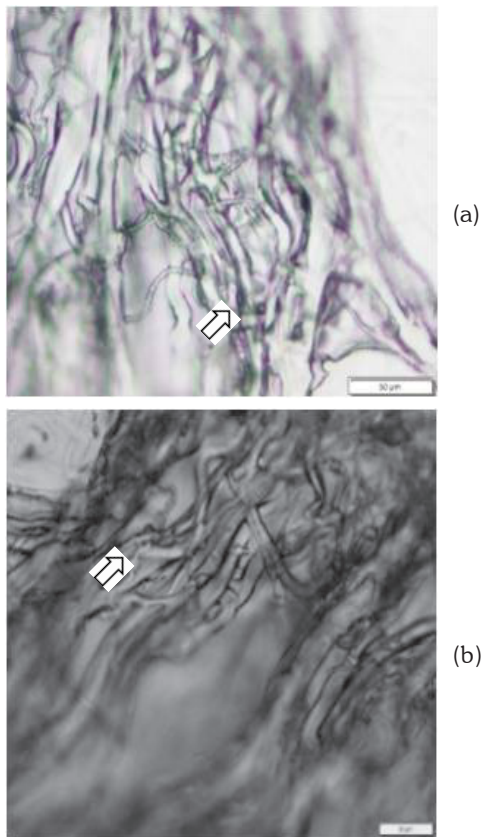
Hasil pengamatan pada kedua isolat ini menunjukkan bahwa pertumbuhan miselium menyerupai kapas dengan laju pertumbuhan cepat dan mampu membentuk sklerosis. Adanya sklerosis merupakan salah satu ciri khas *Sclerotium rolfsii* Sacc.

Tabel 1. Kecepatan pertumbuhan miselium isolat MI-1 dan Md-1

Hari ke-	Isolat MI-1 (cm)	Isolat Md-1 (cm)
1	1,20	1,30
2	1,45	1,54
3	1,62	2,36
4	0,78	0,12
Rata-rata	1,26	1,33

[Teleomorf: *Athelia rolfsii* (Curzi) Tu and Kimbrough]. Patogen membentuk sklerosis bulat beraturan yang tidak dimiliki oleh sklerosis genus lain (Thiessen dan Woodward 2012). Pengamatan mikroskopis menunjukkan warna hifa hialin, pertumbuhan hifa bercabang dan beberapa hifa membentuk klam penghubung (*clamp connection*) (Gambar 3a dan 3b). Sukanto dan Wahyuno (2013) juga melaporkan bahwa *S. rolfsii* memiliki ciri miselia berwarna putih, hifa memiliki *clamp connection* dan membentuk sklerosis berwarna cokelat. Ciri lain juga dijelaskan Najera *et al.* (2018) dan Sektiono *et al.* (2019) yakni miselium hialin, hifa bersepta, bercabang dan berdinding tebal. Hasil penelitian juga menunjukkan patogen mampu membentuk sklerosis bulat beraturan berwarna cokelat hingga hitam pada perkembangan lebih lanjut (Gambar 2b dan 2d).

Sklerosis berbentuk bulatan kecil, yang merupakan hasil pemampatan kumpulan miselia. Sklerosis muda berwarna putih, kemudian berkembang menjadi cokelat tua dengan permukaan



Gambar 3. hifa dengan pertumbuhan bercabang (a) dan pembentukan klem penghubung (b) yang ditunjukkan dengan anak panah

mengkilap. Rivera *et al.* (2017) melaporkan sklerosis *S. rolfii* memiliki diameter 0,7-1,5 mm, sedangkan Sektiono *et al.* (2019) melaporkan bahwa diameter sklerosis *S. rolfii* yang menginfeksi Tanaman Lili (*Hippeastrum* sp) berkisar 0,5-1 mm. Keragaman diameter sklerosis *S. rolfii* juga dilaporkan Stutz *et al.* (2019) yakni 0,25-1,3 mm pada tanaman *Zamioculcas zamiifolia*.

Postulat Koch

Hasil pengujian dengan prosedur postulat Koch menunjukkan bahwa gejala penyakit yang

ditimbulkan sama dengan umbi yang terinfeksi di lapang (Gambar 4a). Pada awal pertumbuhan, sklerosis berkembang membentuk hifa seperti kapas dan dalam waktu tiga hingga lima hari hifa mengkoloni inang. Postulat Koch pada tanaman sehat menunjukkan gejala yang sama dengan perkembangan gejala lebih lambat. Tanaman menunjukkan gejala pada saat menjelang *ripah* (dorman) yang ditandai dengan batang mulai berkerut (Gambar 4b). Umbi yang dipanen dari tanaman sakit menunjukkan adanya pertumbuhan miselia putih yang selanjutnya mengkoloni umbi (Gambar 4c). Umbi cepat membusuk terutama jika terdapat luka dan kadar air masih tinggi di atas 10% (Dwiyono *et al.* 2012).

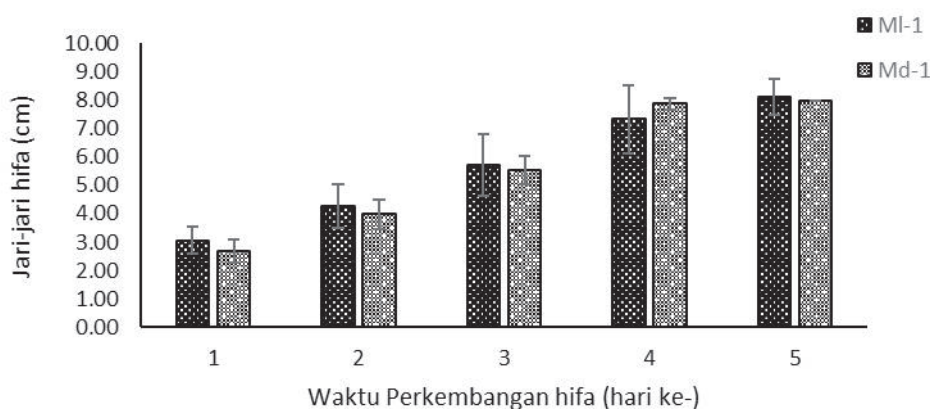
Re-isolasi penyebab penyakit dari tanaman maupun umbi terinfeksi dari postulat Koch didapatkan biakan patogen yang sama dengan isolat murni untuk inokulasi. Pertumbuhan awal berupa miselia putih seperti kapas dengan percabangan khas *S. rolfii*. Pada umur 3 HSI, patogen tumbuh mencapai 5 cm atau lebih dari setengah diameter cawan Petri (Gambar 5a). Perkembangan lebih lanjut isolat mampu membentuk struktur tahan yang awalnya berwarna putih kekelatan dan berubah warna menjadi cokelat gelap seiring dengan bertambahnya umur isolat (Gambar 5b). Sklerosis berbentuk bulat beraturan yang membedakan dengan sklerosis *Rhizoctonia solani*. Sklerotia *R. solani* berbentuk pipih dan tidak beraturan (Sumartini 2011). Hasil penelitian ini didukung dengan laporan Le *et al.* (2012), Xie *et al.* (2014), dan Paparu *et al.* (2020) yang mengindikasikan bahwa biakan miselium *S. rolfii* berwarna putih halus, berserat, seragam, berwarna sklerosis cokelat terang atau gelap dan bentuk bulat kecil. *S. rolfii* juga telah dilaporkan menginfeksi kelompok Famili Amorphophallus yakni *Amorphophallus campanulatus* di India (Mondal dan Khatua 2013).



Gambar 4. inokulasi buatan pada umbi kecil (a) dan tanaman (b) menggunakan isolat yang dibiakan pada media organik. Umbi yang dihasilkan dari tanaman terinfeksi menunjukkan inisiasi infeksi yang kemudian umbi membusuk (c)



Gambar 5. Reisolasi penyebab penyakit (sklerosia) dari umbi dan tanaman sakit (a) dan biakan murni penyebab penyakit (b)



Gambar 6. Pertumbuhan isolat *Sclerotium rolfsii* MI-1 dan *S. rolfsii* Md-1 pada media PDA 1-5 hsi. Keterangan: Bar menunjukkan standar deviasi, dimana bar yang bersinggungan menunjukkan tidak berbeda nyata antar isolat.

Perkembangan hifa jamur *S. rolfsii* isolat Malang (*S. rolfsii* MI-1) dan Madiun (*S. rolfsii* Md-1) diamati hingga hari ke-5 dimana perkembangan hifa sudah memenuhi hampir seluruh permukaan media pada cawan petri. Isolat *S. rolfsii* MI-1 dan *S. rolfsii* Md-1 memiliki laju pertumbuhan yang hampir sama di hari pertama hingga ketiga. Pada hari ke empat pertumbuhan *S. rolfsii* Md-1 lebih cepat, namun pada pengamatan di hari kelima kedua isolat memiliki rata-rata diameter hifa yang sama (Gambar 6).

KESIMPULAN

Penyakit busuk pangkal batang dan umbi porang disebabkan jamur patogen dengan karakteristik miselium berwarna hialin, hifa bersepta, bercabang dan berdinding tebal dengan atau tanpa klem penghubung, mampu membentuk struktur tahan berbentuk bulat beraturan berwarna coklat tua yang merupakan ciri spesifik dari *Sclerotium rolfsii*. Uji postulat Koch menunjukkan adanya gejala busuk

pangkal batang dan umbi yang sama dengan gejala di lapang. Reisolasi penyebab penyakit dari pangkal batang dan umbi pada media PDA menunjukkan bahwa pertumbuhan kultur murni sama dengan kultur hasil isolasi awal. Disarankan untuk dilakukan konfirmasi dari hasil identifikasi secara molekuler untuk memastikan dan melihat keragaman kedua isolat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini AN, Azrianingsih R, Mustofa I. 2019. Identification of potential bacteria causing tuber rot in Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Journal of Tropical Life Science* 10(2):99-104.
- Al-Sadi AM, Al-Jabri AH, Al-Mazroui SS, Al-Mahmooli IH. 2012. Characterization and pathogenicity of fungi and oomycetes associated with root diseases of date palms in Oman. *Crop Protection* 37: 1-6

- Cooke BM. 2006. Disease assessment and yield loss. In *The Epidemiology of Plant Diseases*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 43–80.
- Cooke L, Young G. 2014. Identifying and controlling potato storage disease. *Agri-food and Bioscience Institute*, Newforce.
- Dwiyono K, Sunarti TC, Suparno O, Haditjaroko L. 2012. Patchouli alcohol enrichment from patchouli oil using molecular distillation unit. *Journal of Agroindustrial Technology*, 24 (3): 179-188.
- Fajarini NN, Azrianingsih R, Suharjono. 2020. The potency of *Trichoderma* sp as biocontrol agent against *Fusarium* sp pathogen of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) tuber. *Journal of Tropical Life Science* 10(1):35-42.
- Hikmah I, Subandiyah S, Widiastuti A. 2017. Identifikasi molekuler jamur patogen penyebab penyakit pada porang (*Amorphophallus muelleri*). [Tesis]. Bioteknologi. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Latifah, Hendrival, Mihram. 2014. Asosiasi cendawan antagonis *Trichoderma harzianum* Rifai dan cendawan *Mikoriza arbuscular* untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada kedelai. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 14(2):160-169.
- Le CN, Mendes R, Kruijt M, Raaijmakers JM. 2012. Genetic and phenotypic diversity of *Sclerotium rolfsii* in groundnut fields in central Vietnam. *Plant Disease* 96:389-397.
- Mondal B, Khatua DC. 2013. Evaluation of plaster of paris and some fungicides for management of foot rot of *Amorphophallus campanulatus* Blume caused by *Sclerotium rolfsii* Sacc. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology* 6(4):585-589.
- Nájera JFD, Castellanos JS, Hernández MV, Serna SA, Gómez OGA, Verduzco CV, Ramos MA. 2018. Diagnosis and integrated management of fruit rot in *Cucurbita argyrosperma*, caused by *Sclerotium rolfsii*. *The Plant Pathology Journal* 34(3):171-181.
- Paparu P, Acur A, Kato F, Acam C, Nakibuule J, Nkuboye, A, Musoke S, Mukankusi C. 2020. Morphological and pathogenic characterization of *Sclerotium rolfsii* the causal agent of southern blight disease on common bean in Uganda. *Plant Disease* 104(8):2130-2137
- Pusat Karantina Tumbuhan. 2007. Pedoman Diagnosis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina Golongan Cendawan. Jakarta.
- Rivera MC, Wright ER, Silvestro L, Stenglein S, Kato A. 2018. New host record of *Sclerotium rolfsii* causing crown and root rot on *Pseudogynoxis benthamii*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 950-953.
- Santosa E, Sugiyama N, Hikosaka S, Kawabata S. 2003. Cultivation of *Amorphophallus muelleri* Blume in Timber Forests of East Java Indonesia. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 47 (3); 190-197.
- Savatin DV, Gramegna G, Modesti V, Cervone F. 2014. Wounding in the plant tissue: the defense of a dangerous passage. *Frontiers in Plant Science* 5(470):1-11.
- Sektiono AW, Djauhari S, Pertiwi PD. 2019. *Sclerotium rolfsii*, a causal agent of stem rot disease on *Hippeastrum* sp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 15(2):53-58
- Stutz MC, Filho RC, Rocha GA, Dianese EC, da Cunha MG. 2019. Soft rot on the stems of *Zamioculcas zamiifolia* caused by *Sclerotium rolfsii*. *Ornamentan Horticulture* 25 (4):402-406.
- Sukanto, Wahyuno D. 2013. Identifikasi dan karakterisasi *Sclerotium rolfsii* Sacc penyebab penyakit busuk batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 24(1):35-41.
- Sumartini. 2011. Penyakit tular tanah (*Sclerotium rolfsii* dan *Rhizoctonia solani*) pada tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian serta pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian* 31(1): 27-34
- Thiessen LD, Woodward JE. 2012. Diseases of peanut caused by soilborne pathogens in the Southwestern United States. *International Scholarly Research Network* 2012:1-9
- Widjanarko SB, Faridah A, Sutrisno A. 2011. Effect of multilevel ethanol leaching on physico-chemical properties on konjac flour (*Amorphophallus oncophyllus*). In *The 12th Asean Food Conference* 4: 16-18.
- Xie C, Huang CH, Vallad GE. 2014. Mycelial compatibility and pathogenic diversity among *Sclerotium rolfsii* isolates in the Southern United States. *Plant Disease* 98:1685-1694.

Respons Kacang Nasi [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] terhadap Salinitas pada Fase Perkecambahan

Response of Rice Bean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] to Salinity at Germination Stage

Pratanti Haksiwi Putri*, Rina Artari, Ratri Tri Hapsari

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang, East Java, Indonesia, 65101

*E-mail: pratantihaksiwi@pertanian.go.id

NASKAH DITERIMA 4 MARET 2022 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 25 MEI 2022

ABSTRAK

Kacang nasi [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan. Salah satu keunggulan kacang nasi adalah potensi ketahanannya terhadap cekaman kekeringan. Kondisi kekeringan umumnya berkaitan dengan cekaman abiotik lain, salah satunya adalah salinitas. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi respons pertumbuhan kacang nasi terhadap salinitas pada fase perkecambahan. Konsentrasi NaCl dan genotipe kacang nasi digunakan sebagai dua perlakuan dalam rancangan acak kelompok lengkap yang diulang sebanyak 4 kali pada penelitian ini. Salinitas berpengaruh sangat nyata terhadap seluruh parameter yang diamati. Setiap genotipe menunjukkan respons yang berbeda pada setiap parameter terhadap salinitas, kecuali pada kecepatan tumbuh, panjang akar, dan jumlah akar lateral. Terdapat interaksi antara genotipe dengan konsentrasi NaCl pada parameter bobot kering akar dan tajuk kecambah kacang nasi. Genotipe G1 menunjukkan bobot kering akar dan tajuk kecambah yang tinggi pada konsentrasi 100 mM NaCl. Genotipe G1 juga memiliki keunggulan pada variabel daya berkecambah, kemunculan radikula, dan panjang hipokotil yang tinggi pada kondisi salin. Konsentrasi 100 mM NaCl cukup efektif untuk menyeleksi genotipe kacang nasi dalam jumlah besar pada fase perkecambahan.

Kata kunci: genotipe, kacang nasi, NaCl, perkecambahan, salinitas

ABSTRACT

Rice beans [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] are potential to be developed as food. One of the beneficial of rice beans is their potential resistance to drought. Drought conditions generally associated with the other abiotic stress, that is salinity. This study was aims to evaluate the response of rice beans growth to salinity at germination stage. NaCl concentration and rice beans genotype were two treatments that was arranged in randomized block design with four replications. Salinity had a very significant effect on all observed variables. Each genotype showed different response on each variable to salinity, except on growth rate, root length, and number of lateral roots. There was an interaction between genotype and NaCl concentration on root and shoot dry weight of rice

beans sprout. Genotype G1 showed high root and shoot dry weight at 100 mM NaCl concentration. The G1 genotype also had superiority in germination, radicle emergence, and hypocotyl length under saline conditions. The concentration of 100 mM NaCl was effective to be used for selecting the resistances to salinity of large number of rice bean genotype at germination stage.

Keywords: genotype, rice bean, NaCl, germination, salinity

PENDAHULUAN

Kacang nasi [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi] termasuk dalam Genus *Vigna*, dengan wilayah persebaran di Asia bagian selatan, tenggara dan timur. Studi keragaman genetik terhadap 472 aksesi kacang nasi dari 16 negara Asia yang terletak di bagian selatan, tenggara dan timur, menggunakan penanda SSR menunjukkan kacang nasi yang di budidayakan di Indonesia memiliki karakter genetik yang sangat berbeda dan lebih dekat dengan aksesi liar (Tomooka *et al.* 2002; Bisht *et al.* 2005; Seehalak *et al.* 2006; Tian *et al.* 2013). Kacang nasi merupakan tanaman *perennial legume* berumur pendek dengan tipe pertumbuhan merambat dan berbunga terus menerus (*indeterminate*). Biji kacang nasi memiliki beragam warna dan berukuran kecil. Masyarakat Indonesia bagian timur biasa mengonsumsi biji kacang nasi sebagai makanan rebus atau sebagai campuran nasi.

Kacang nasi termasuk dalam kelompok *under-utilized legume* tetapi memiliki potensi keunggulan dan manfaat. Kandungan protein cerna kacang nasi sebesar 51,23–55,57%, asam askorbat 15,33–28,23 mg (per 100 g), niasin 3,48–4,26 mg (per 100 g), dan triptofan 1,23–2,00 mM. Senyawa antioksidan yaitu asam fenolat dan flavonoid terkarakterisasi dalam kadar yang beragam pada kacang nasi (Katoch 2012; Yao *et al.* 2012). Potensi ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik pada kacang nasi menjadi salah satu karakter unggul.

Kacang nasi dilaporkan memiliki ketahanan yang baik terhadap MYMV (*mungbean yellow mosaic virus*), bercak daun *Cercospora*, bercak daun bakteri dan hama gudang, sehingga dilaporkan dapat digunakan sebagai sumber gen dalam persilangan dengan Genus *Vigna* (Singh *et al.* 2013). Fan *et al.* (2014) melaporkan bahwa kacang nasi dapat beradaptasi pada tanah masam dan termasuk tanaman yang tahan terhadap cekaman aluminium.

Salinitas merupakan salah satu cekaman pada lahan marginal. Salinitas diketahui dapat menghambat pertumbuhan tanaman sejak fase perkecambahan. Respons tanaman terhadap salinitas dipengaruhi oleh level salinitas, jenis, dan usia tanaman (Kondetti *et al.* 2012; Agarwal *et al.* 2015). Atta *et al.* (2021) melaporkan dampak negatif salinitas pada perkecambahan kacang nasi terutama terhadap kecepatan tumbuh benih dan pemanjangan akar. Pada penelitian lain, Atta *et al.* (2020) melaporkan bobot basah kecambah, kandungan klorofil, pati, gula, protein dan fenol kacang nasi menurun pada perlakuan 50, 100, 200 mM *Natrium Chloride* (NaCl), tetapi peroksida lipid meningkat. Pada Genus *Vigna* lainnya seperti kacang hijau dan kacang tunggak, salinitas berdampak pada penurunan vigor benih. Peningkatan salinitas menyebabkan penurunan vigor benih kacang hijau, dan laju perkecambahan pada genotipe kacang tunggak (Jasmi 2016; Kouam *et al.* 2017; Ravelombola *et al.* 2017; Hapsari & Trustinah 2018). Kemampuan hidup kacang tunggak Varietas Yacine menurun dari 50% menjadi 0% pada perlakuan 100 mM NaCl, umur 8 HST — 16 HST. Konsentrasi NaCl 100 mM dan 200 mM menyebabkan pengurangan panjang aerial dan akar, menurunkan bobot kering akar dan kandungan klorofil pada kacang tunggak. Pada kacang hijau, konsentrasi NaCl 160 mM/L menyebabkan penurunan kapasitas perkecambahan, panjang aerial dan akar, bobot kering, serta indeks vigor kecambah (Thiam *et al.* 2013; Zahedi *et al.* 2013; Tsague *et al.* 2017; Podder *et al.* 2020). Sehwat *et al.* (2014) melaporkan respons genotipe kacang hijau terhadap salinitas beragam, delapan dari 39 genotipe toleran terhadap salinitas pada konsentrasi 75 mM NaCl.

Respons kacang nasi terhadap salinitas masih jarang diteliti di Indonesia. Toleransi kacang nasi diduga beragam antargenotipe, fase pertumbuhan dan tingkat salinitas. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi awal respons kacang nasi terhadap salinitas pada fase perkecambahan dan genotipe kacang nasi yang berpotensi toleran terhadap cekaman garam pada fase perkecambahan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Juni hingga Juli tahun 2020 di Laboratorium Uji Mutu Benih Balitkabi berdasarkan metode *International Seed Testing Association* (2020) dengan modifikasi. Materi uji adalah lima genotipe kacang nasi (G1–G5) koleksi Balitkabi yang dirinci pada Tabel 1. Dua faktor yaitu konsentrasi NaCl dan genotipe kacang nasi diulang empat kali dalam rancangan acak kelompok. Konsentrasi NaCl yang digunakan adalah 0 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM, dan 200 mM. Larutan NaCl dibuat dengan melarutkan sejumlah massa kristal NaCl ke dalam akuades, mengikuti rumus:

$$m = M \times V \times (\text{Mr Na} + \text{Mr Cl})$$

Keterangan:

m = massa kristal NaCl (g)

M = konsentrasi NaCl yang diinginkan (M)

V = volume larutan NaCl yang diinginkan (L)

Mr = massa molekul relatif ($\text{Mr Na} = 23$; $\text{Mr Cl} = 35,5$; satuan g/mol)

Lima puluh biji dari setiap genotipe kacang nasi direndam dalam larutan berbahan aktif Natrium hipoklorit (NaOCl) selama 2 menit kemudian dibilas dengan aquades dan ditiriskan. Perkecambahan dilakukan pada media kertas yang terdiri atas empat lapis kertas CD. Media ini dimasukkan ke dalam kotak plastik dan dibasahi dengan 20 ml larutan NaCl sesuai konsentrasi. Media berisi 20 biji kacang nasi yang telah disusun rapi, dimasukkan ke dalam germinator pada suhu 25 °C dengan cahaya selama tujuh hari.

Pengamatan jumlah biji berkecambah dan biji yang busuk dilakukan setiap hari hingga panen (7 HST). Jumlah akar lateral, panjang akar, panjang hipokotil, bobot kering akar dan tajuk diukur pada sepuluh kecambah sampel pada saat panen. Total jumlah kecambah normal per hari hingga hari ke-7 dihitung sebagai kecepatan tumbuh (KCT). Satuan waktu yang digunakan adalah etmal (1 etmal = 24 jam). Persentase jumlah kecambah normal pada hari ke-7 dibagi dengan total biji yang dikecambahkan dihitung sebagai daya berkecambah (DB). Standar

Tabel 1. Genotipe kacang nasi yang digunakan dalam penelitian

Genotipe	Asal
G1	Sumba Barat, NTT
G2	Ponjong, Gunung kidul, DI Yogyakarta
G3	Wonomerto, Probolinggo, Jawa Timur
G4	Wolowaru, Ende, NTT
G5	Talango, Sumenep, Jawa Timur

Tabel 2. Analisis ragam pengaruh konsentrasi NaCl terhadap perkecambahan lima genotipe kacang nasi, tahun 2020

Sumber varian	Kecepatan tumbuh	Daya berkecambah	Kemunculan radikula	Jml kecambah busuk	Jml akar lateral	Panjang akar	Panjang hipokotil	Bobot kering akar	Bobot kering tajuk
Kons. (K)	10182,1**	23149,3**	12512,3**	72,3**	87,2**	266,7**	367,1**	0,2**	0,9**
Gen. (G)	56,2 ^{ns}	891,4**	1898,4**	5,6*	18,6 ^{ns}	4,9 ^{ns}	9,3**	0,05**	0,08**
K x G	47,0 ^{ns}	147,2 ^{ns}	166,7 ^{ns}	2,5 ^{ns}	13,2 ^{ns}	3,2 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,01**	0,02**

Keterangan: KCT = kecepatan tumbuh, DB = daya berkecambah, KR = kemunculan radikula, ns = *not significant*; * = nyata pada taraf 5%; ** = sangat nyata pada taraf 5%

yang digunakan *International Seed Testing Association* (ISTA) (2020) pada perhitungan kecambah normal adalah biji yang berkecambah hingga membentuk daun pertama. Sedangkan kemunculan radikula (KR) ialah persentase jumlah benih yang muncul radikula minimal 2 mm dibagi jumlah biji yang dikecambahkan (Sulistianingrum 2019). Data dianalisis ragam, dilanjutkan uji beda nyata terkecil ($\alpha = 0,05$) menggunakan perangkat lunak MSTAT versi 1.4 (Michigan State University 1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi sangat nyata antara konsentrasi NaCl dengan genotipe yang diuji pada variabel bobot kering akar dan bobot kering tajuk. Konsentrasi NaCl berpengaruh sangat nyata terhadap seluruh variabel yang diamati. Genotipe berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah kecambah busuk, berpengaruh sangat nyata terhadap daya berkecambah, kemunculan radikula, panjang hipokotil, bobot kering akar, dan bobot kering tajuk, tetapi tidak berpengaruh terhadap kecepatan tumbuh, jumlah akar lateral dan panjang akar (Tabel 2).

Interaksi genotipe dan konsentrasi NaCl pada variabel bobot kering akar dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl akan mengurangi bobot akar kecambah kacang nasi. Peningkatan konsentrasi hingga 200mM membuat tekanan seleksi menjadi sangat tinggi dan mengurangi bobot akar hingga 100% pada genotipe G3 dan G5. Oleh karena itu, seleksi hingga konsentrasi 100 mM cukup mampu untuk membedakan genotipe yang tergolong toleran dan rentan berdasarkan bobot kering akar. Pada konsentrasi 100 mM, genotipe G1 memiliki bobot kering akar tertinggi dan berbeda nyata dengan genotipe G5. Berdasarkan hal tersebut, genotipe G1 terindikasi toleran sedangkan genotipe G5 tergolong rentan pada konsentrasi 100 mM.

Respons genotipe G1 terhadap NaCl berbeda nyata pada konsentrasi 0 mM hingga 200 mM. Genotipe G3 dan G5 memiliki pola sama yaitu belum memberi respons yang berbeda pada konsentrasi 50 mM dibandingkan kontrol. Perbedaan bobot kering akar nyata terlihat mulai konsentrasi 100 mM hingga 200 mM meskipun tidak ada perbedaan antara keduanya. Konsentrasi 200 mM mengakibatkan tidak terdapat perbedaan nyata bobot kering akar antargenotipe. Genotipe G4 memiliki bobot kering akar tertinggi pada konsentrasi 50 mM. Pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 100 mM, genotipe G1 memiliki bobot kering akar tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan G2. Sedangkan, genotipe G5 konsisten memiliki bobot kering akar paling rendah (Tabel 3).

Genotipe G1 dan G4 memiliki bobot kering tajuk tertinggi pada konsentrasi 0-50 mM. Ketika konsentrasi dinaikkan menjadi 100 mM, G1 konsisten memiliki nilai tertinggi, meskipun pada konsentrasi 150 mM, G3 memiliki nilai yang lebih tinggi. Pada konsentrasi 200 mM, seluruh genotipe yang diuji memiliki penampilan yang sama. Konsentrasi 100 mM mengakibatkan bobot kering tajuk menurun secara nyata dibandingkan kontrol pada genotipe G1, G2, G3, dan G4. Serupa dengan variabel bobot kering akar, konsentrasi 100 mM dapat digunakan sebagai pembeda genotipe rentan

Tabel 3. Interaksi genotipe dan konsentrasi NaCl pada variabel bobot kering akar (g) lima genotipe kacang nasi, tahun 2020

Genotipe	Konsentrasi NaCl				
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM
G1	0,62 a	0,43 c	0,18 de	0,09 f-h	0,01 i
G2	0,52 b	0,43 c	0,15 ef	0,09 f-h	0,03 hi
G3	0,42 c	0,38 c	0,17 d-f	0,05 g-i	0,00 i
G4	0,63 a	0,51 b	0,17 d-f	0,05 g-i	0,02 hi
G5	0,24 d	0,23 d	0,11 fg	0,02 hi	0,00 i

Keterangan: nilai diikuti huruf sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%

Tabel 4. Interaksi genotipe dan konsentrasi NaCl pada variabel bobot kering tajuk (g) lima genotipe kacang nasi, tahun 2020

Genotipe	Konsentrasi NaCl				
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM
G1	0,35a	0,28ab	0,18c-f	0,07h-m	0,02lm
G2	0,29ab	0,23bc	0,15d-h	0,08h-m	0,03lm
G3	0,19cd	0,19c-e	0,12e-j	0,16c-g	0,02lm
G4	0,35a	0,33ab	0,14d-i	0,06j-m	0,02lm
G5	0,11f-k	0,09g-l	0,07i-m	0,04k-m	0,01m

Keterangan: nilai diikuti huruf sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%

dan toleran. Kombinasi G1 pada konsentrasi 100 mM mampu menghasilkan bobot tajuk tertinggi, sedangkan genotipe G5 konsisten memiliki bobot tajuk terendah, baik pada perlakuan kontrol dan seluruh konsentrasi NaCl (Tabel 4). Dengan demikian bobot kering tajuk serupa dengan bobot kering akar, yaitu, genotipe G1 dikategorikan toleran dan genotipe G5 rentan terhadap cekaman salinitas pada fase perkecambahan.

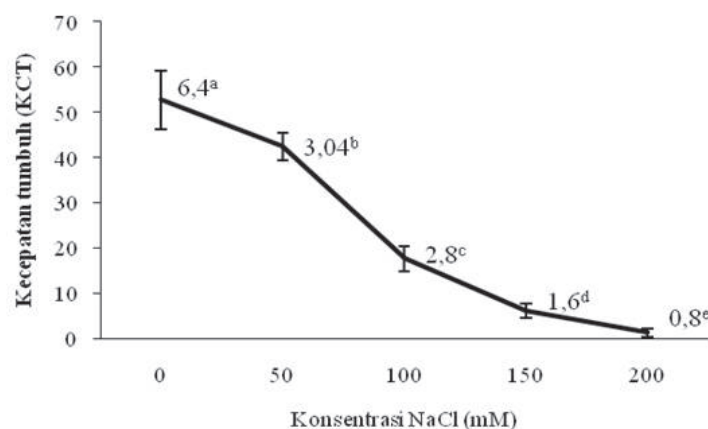
Rata-rata berkurangnya bobot kering tajuk pada setiap level konsentrasi NaCl lebih tinggi dibandingkan berkurangnya bobot kering akar yaitu 16,4%, 65,9%, 87,7%, dan 97,7% dibandingkan 11,8%, 46,8%, 63,7%, dan 92,3%. Win dan Oo (2017) melaporkan kemunduran pertumbuhan tajuk *Vigna mungo* (L.) lebih besar dibandingkan pertumbuhan akar pada kondisi salin. Hal ini menunjukkan adanya hambatan translokasi asimilat dari akar ke tajuk akibat cekaman salinitas. Pada pertumbuhan lanjut hingga fase generatif, salinitas berpengaruh terhadap produktivitas melalui hambatan translokasi asimilat (Bashandy dan El-Shaieny 2016). Acikbas *et al.* (2021) mengemukakan bahwa perubahan yang

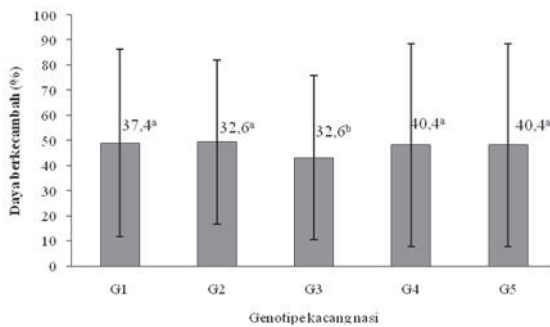
terjadi pada akar akibat salinitas juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tajuk kacang ercis. Salinitas menghambat pembelahan dan pembentangan sel di bagian akar, luas permukaan atau bidang serap akar pun menurun sehingga penyerapan air dan nutrisi untuk pertumbuhan menjadi berkurang.

Perlakuan salinitas (konsentrasi NaCl) berpengaruh sangat nyata terhadap kecepatan tumbuh kacang nasi. Konsentrasi NaCl 50 mM hingga 200 mM mengakibatkan kecepatan tumbuh kacang nasi menurun. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan Atta *et al.* (2021) bahwa nilai kecepatan tumbuh kacang nasi berkurang seiring peningkatan konsentrasi NaCl. Gambar 1 menunjukkan penurunan nilai KCT yang tajam dari konsentrasi 50 mM ke 100 mM. Kecepatan tumbuh benih pada kondisi suboptimum seperti tanah salin menjadi indikator vigor atau kekuatan benih (Hapsari dan Trustinah 2018).

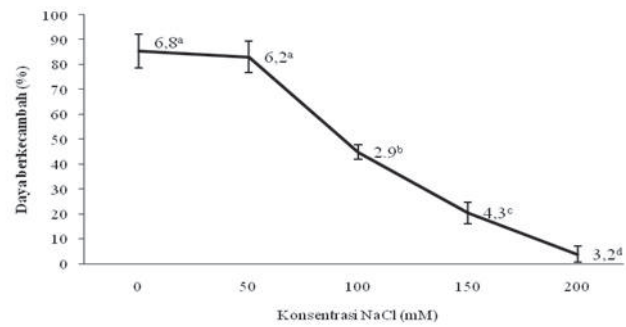
Genotipe G2 merupakan genotipe yang memiliki nilai DB tertinggi (49,4%) meskipun tidak berbeda nyata dengan genotipe G1, G4, dan G5. Genotipe G3 paling rendah dibandingkan keempat genotipe lain pada kondisi tercekam salinitas yaitu 43,2% (Gambar 2a). Daya berkecambah merupakan salah satu indikator viabilitas benih yang menunjukkan mutu fisiologis benih. Genotipe G5 menunjukkan kemunduran pada variabel daya berkecambah.

Daya berkecambah (DB) kacang nasi menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi NaCl. Konsentrasi NaCl 100 mM mengakibatkan penurunan DB kacang nasi nyata dibandingkan kontrol (Gambar 2b). Penelitian mengenai respons kacang nasi terhadap salinitas belum banyak dilakukan. Namun, pada genus *Vigna* lain, peningkatan konsentrasi NaCl mengakibatkan parameter perkecambahan menurun, contohnya pada kacang

**Gambar 1.** Rata-rata kecepatan tumbuh kacang nasi pada lima konsentrasi NaCl yang berbeda, tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan standar deviasi; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%



(a)



(b)

Gambar 2. Rata-rata daya berkecambah kacang nasi pada lima genotipe (a) dan konsentrasi NaCl (b), tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan deviasi standar; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan taraf 5%

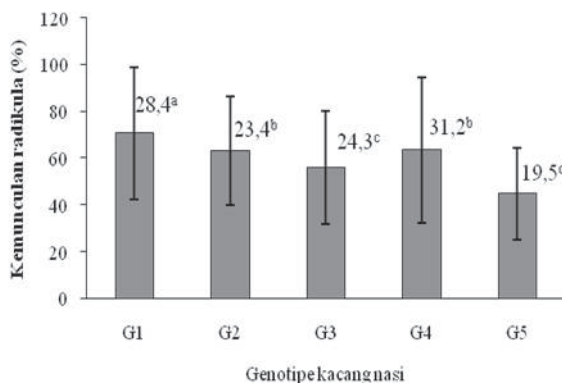
hijau (Jasmi 2016; Hapsari dan Trustinah 2018), dan kacang tunggak (Ravelombola *et al.* 2017). Cekaman salinitas pada fase perkecambahan mengakibatkan gangguan tekanan osmosis di daerah kulit biji sehingga proses imbibisi terganggu (Cokkizgin 2012; Kondetti *et al.* 2012). Biji yang tidak optimal dalam menyerap air pada proses imbibisi mengalami hambatan dalam mengaktifkan hormon giberelin yang membantu proses perkecambahan. Hormon giberelin berperan mengaktifkan enzim pengurai cadangan makanan pada endosperm menjadi energi yang dapat digunakan untuk proses pembentukan akar dan tajuk dalam perkecambahan (Kandil *et al.* 2012; Jasmi 2016).

Kemunculan radikula merupakan pengujian vigor benih berdasarkan kemunculan radikula minimal 2 mm pada benih. Metode ini telah divalidasi oleh ISTA untuk pengujian vigor benih. Berdasarkan Gambar 3a, genotipe G1 memiliki nilai kemunculan radikula tertinggi sedangkan genotipe G5 paling rendah diantara genotipe uji. Jumlah benih kacang nasi dengan kemunculan radikula menurun pada setiap peningkatan konsentrasi NaCl (Gambar

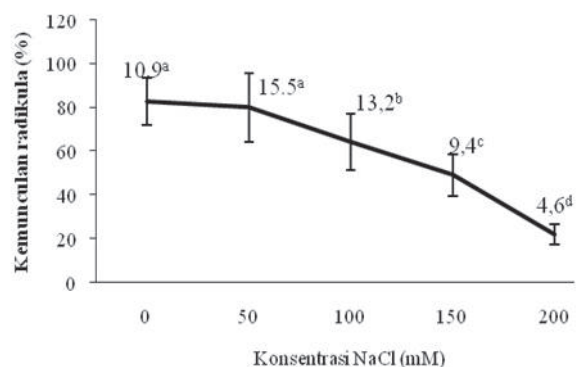
3b). Hal ini juga berarti bahwa salinitas menyebabkan vigor benih kacang nasi menurun.

Bentuk grafik pada Gambar 2b dan 3b sedikit berbeda, namun berdasarkan uji beda nyata terkecil, kedua grafik tersebut memiliki kecenderungan dan notasi nilai yang sama. Hal ini disebabkan indikator kecambah normal yang digunakan berbeda. Kecambah normal pada variabel daya berkecambah dihitung berdasarkan jumlah benih yang berhasil membentuk daun pertama. Sedangkan, kecambah normal pada variabel kemunculan radikula dihitung berdasarkan jumlah benih yang berhasil membentuk radikula berukuran minimal 2 mm.

Jumlah biji yang busuk pada genotipe G5 paling sedikit dibandingkan genotipe lain (Gambar 4a). Namun, genotipe G5 memiliki daya berkecambah paling rendah. Hal ini berarti bahwa genotipe G5 mengalami hambatan perkecambahan pada kondisi salin. Konsentrasi NaCl 50 mM mengakibatkan jumlah biji busuk mulai meningkat dan terus meningkat sejalan dengan peningkatan level konsentrasi NaCl (Gambar 4b). Cekaman lingkungan seperti salinitas dapat menyebabkan terbentuknya



(a)



(b)

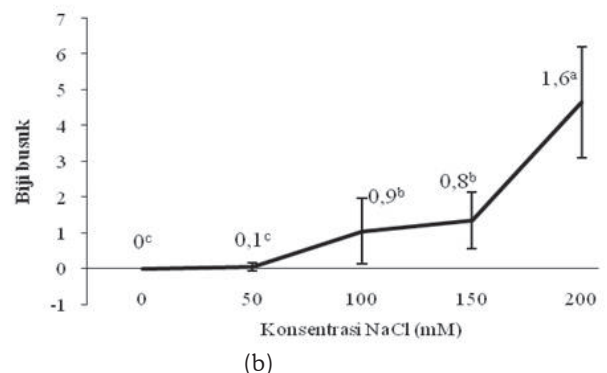
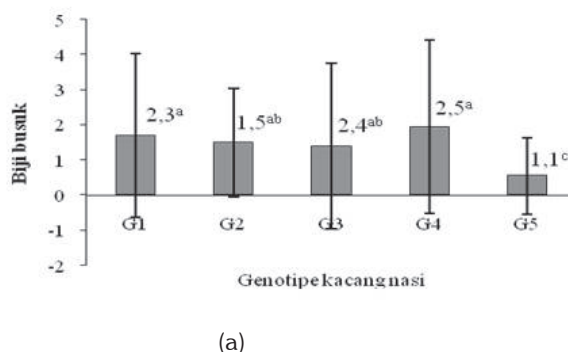
Gambar 3. Daya berkecambah kacang nasi berdasarkan kemunculan radikula pada lima genotipe (a) dan konsentrasi NaCl (b), tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan standar deviasi; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%

Reactive Oxygen Species (ROS) yang akan mempengaruhi mekanisme biokimia di dalam sel dan berakhir pada kematian sel (Sharma *et al.* 2012; Atta *et al.* 2019). Kematian sel tanaman akan mempengaruhi tahapan pertumbuhan tanaman termasuk kemungkinan gagal berkecambah secara normal. Perkecambahan biji abnormal dan tidak sehat umum terjadi pada kondisi tercekam salinitas. Hal ini disebabkan oleh penyerapan air yang terganggu, ketidakseimbangan hara dalam tubuh tanaman, dan efek keracunan ion (HanumanthaRao *et al.* 2016; Putri *et al.* 2017). Selain itu, Maharshi *et al.* (2021) melaporkan bahwa konsentrasi NaCl yang tinggi dapat memicu pertumbuhan *Fusarium oxysporum* sp. *ciceris* pada *chickpea* yang juga menjadi penyebab busuk kecambah pada kacang hijau (Rahayu 2016)

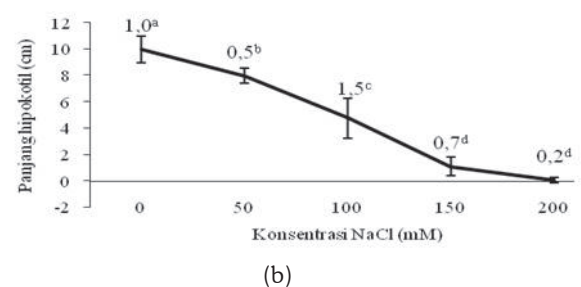
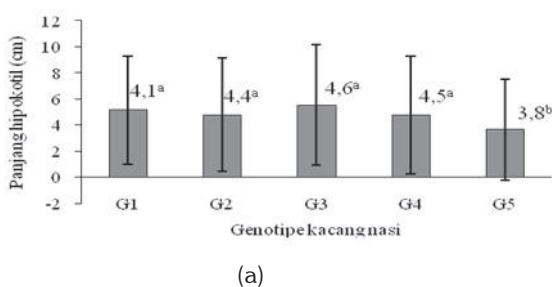
Rata-rata panjang hipokotil genotipe yang diuji berkisar antara 3,64-5,43 cm pada semua konsentrasi yang diuji. Berdasarkan Gambar 5a, genotipe G3 memiliki hipokotil terpanjang (5,43 cm), meskipun tidak berbeda nyata dengan genotipe G1, G2, dan G4. Sedangkan, G5 memiliki hipokotil terpendek (3,64 cm). Taufiq dan Purwaningrahyu (2013) melaporkan bahwa panjang hipokotil dan akar terindikasi sebagai variabel yang lebih dipengaruhi oleh peningkatan salinitas pada kacang hijau. Hal

ini juga berlaku pada kacang nasi, dimana semakin tinggi konsentrasi NaCl menyebabkan hipokotil memendek (Gambar 5b). Perlakuan NaCl 200 mM mengakibatkan biji tidak berkembang secara normal. Selain itu, pertumbuhan kecambah terhambat akibat salinitas sehingga hipokotil lebih pendek dibandingkan kontrol. Selain mengganggu penyerapan nutrisi di daerah akar, cekaman salinitas juga menyebabkan gangguan metabolisme karena ketidakseimbangan hara, keracunan ion toksik, serta hambatan aktivasi enzim-enzim metabolisme. Kouam *et al.* (2017) melaporkan terjadi penurunan jumlah ion K^+ dan rasio Na^+/K^+ pada daun kacang tunggak akibat cekaman salinitas. Selain berperan sebagai kofaktor enzim, ion K^+ juga berperan sebagai stabilisator struktur dan fungsi ribosom yang berperan dalam sintesis protein (Munns *et al.* 2006; Rozov *et al.* 2019). Keempat faktor tersebut mengakibatkan pertumbuhan kacang nasi terhambat sejak fase perkecambahan. Pada gandum, fase perkecambahan yang terhambat terlihat pada penurunan nilai variabel komponen pertumbuhan dan perkembangan yaitu jumlah akar lateral, panjang akar, hipokotil dan epikotil (Raza *et al.* 2014).

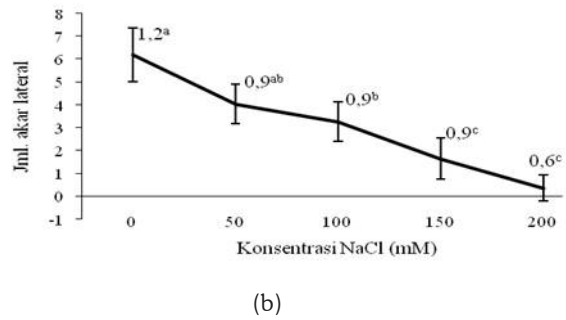
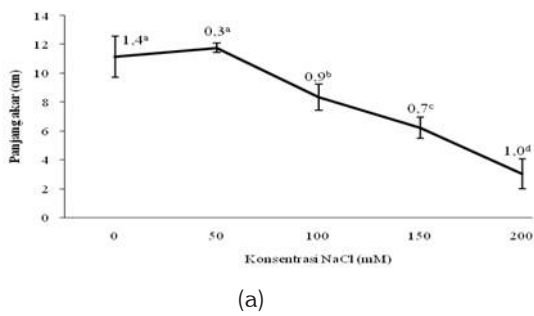
Panjang akar dan jumlah akar lateral kacang nasi semakin berkurang seiring peningkatan konsentrasi NaCl (Gambar 6a dan 6b). Akar lateral berfungsi



Gambar 4. Jumlah kecambah busuk kacang nasi pada lima genotipe (a) dan konsentrasi NaCl (b), tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan standar deviasi; huruf yang sama tidak menunjukkan berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%



Gambar 5. Panjang hipokotil kacang nasi pada lima genotipe (a) dan konsentrasi NaCl (b), tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan standar deviasi; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%



Gambar 6. Panjang akar (a) dan jumlah akar lateral (b) kacang nasi pada lima konsentrasi NaCl, tahun 2020. Keterangan: nilai merupakan standar deviasi; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil taraf 5%

untuk memperluas jangkauan akar dalam menyerap nutrisi. Tekanan osmosis akibat cekaman salinitas mengganggu penyerapan nutrisi pada benih dan kecambah kacang nasi. Selain itu, garam terlarut yang memberi efek toksik meningkat pada kondisi salin sehingga proses pembelahan sel dalam pertumbuhan tanaman termasuk pembentukan akar lateral terhambat (Acikbas *et al.* 2021).

Panjang akar dan jumlah akar lateral yang berkurang dapat juga diakibatkan oleh respons kacang nasi untuk mengurangi unsur-unsur toksik yang terserap. Akar lateral dan serabut akar berperan dalam memperluas jangkauan dan bidang penyerapan nutrisi oleh akar. Berkurangnya akar lateral diharapkan dapat mengurangi jumlah unsur toksik yang terserap bersama masuknya air dan unsur hara ke dalam tubuh tanaman. Yoshida *et al.* (2016) menambahkan salah satu respon penghindaran *Vigna nakashimae* terhadap salinitas adalah mengurangi penyerapan Na^+ agar tidak ditranslokasikan ke daun.

KESIMPULAN

Cekaman salinitas pada kacang nasi mengakibatkan perkecambahan benih tertunda, vigor benih menurun, jumlah biji yang busuk meningkat, panjang akar dan jumlah akar lateral berkurang, hipokotil lebih pendek, serta bobot kering akar dan tajuk menurun. Terdapat interaksi antara genotipe dengan konsentrasi NaCl pada parameter bobot kering akar dan tajuk kecambah kacang nasi. Genotipe G1 menunjukkan bobot kering akar dan tajuk kecambah yang tinggi pada konsentrasi 100 mM NaCl. Konsentrasi 100 mM NaCl efektif untuk menyeleksi genotipe kacang nasi dalam jumlah besar pada fase perkecambahan. Genotipe G1 memiliki keunggulan pada variabel daya berkecambah, kemunculan radikula, dan panjang hipokotil. Genotipe G1 dapat digunakan sebagai sumber gen kacang nasi toleran salinitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dwi Marisa Fatma atas keterlibatannya dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Acikbas S, Ozyazici MA, Bektas H. 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *Arvense* L.). *Legume Research* 44(4): 407-412
- Agarwal N, Kumar A, Agarwal S, Singh A. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 4(2): 123-134
- Atta K, Karmakar S, Dutta D, Pal AK, and Jana K. 2019. Comparative physiology of salinity, drought and heavy metal stress during seed germination in ricebean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi]. *Journal of Crop and Weed* 15(3): 145-149
- Atta K, Chettri P, Pal AK. 2020. Physiological and biochemical changes under salinity and drought stress in Ricebean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi] seedlings. *International Journal of Environment and Climate Change* 10(8): 58-64
- Atta K, Pal AK, Jana K. 2021. Effects of salinity, drought and heavy metal stress during seed germination stage in ricebean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi]. *Plant Physiology Reports* 26: 109-115. <https://doi.org/10.1007/s40502-020-00542-4>
- Bisht IS, Bhat KV, Lakhanpaul S, Latha M, Jayan PK, Biswas BK, Singh AK. 2005. Diversity and genetic resources of wild *Vigna* species in India. *Genetic Resource, Crop, and Evolution* 52: 53-68
- Bashandy T, El-Shaieny AAH. 2016. Screening of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes for salinity tolerance using field evaluation and molecular analysis. *Journal of Agriculture, Chemical, and Biotechnology* 7(9): 249-255

- Cokkizgin A. 2012. Salinity stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 40(1): 177-182. doi: 10.15835/nbha4017493
- Fan W, Lou HQ, Gong YL, Liu MY, Wang ZQ, Yang JL, Zheng SJ. 2014. Identification of early Al-responsive genes in rice bean (*Vigna umbellata*) roots provides new clues to molecular mechanisms of Al toxicity and tolerance. *Plant, Cell and Environment* (2014)37: 1586-1597
- HanumanthaRao B, Nair RM, Nayyar H. 2016. Salinity and high temperature tolerance in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] from a physiological perspective. *Frontiers in Plant Science* 7: 957. DOI: 10.3389/fpls.2016.00957
- Hapsari RT, Trustinah. 2018. Salinity tolerance of mungbean genotypes at seedling stage. *Biosaintifika* 10(2): 408-415
- International Seed Testing Association. 2020. International Rules for Seed Testing. seedtest.org (diakses 2 Juni 2020)
- Jasmi. 2016. Pengaruh konsentrasi NaCl dan varietas terhadap vigor dan pertumbuhan vegetatif benih kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Agrotek Lestari* 2(1): 11-22
- Kandil AA, Arafa AA, Sharief AE, Ramadan AN. 2012. Genotypic difference between two mungbean varieties in response to salt stress at seedling stage. *International Journal of Agriculture Science* 4(7): 278-283
- Katoch R. 2012. Nutritional potential of Rice Bean (*Vigna umbellata*): An underutilized legume. *Journal of Food Science*: 78. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02989.x.
- Kondetti P, Jawali N, Apte SK, Shitole MG. 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties at germination and early seedling growth. *Annual Biology Research* 3(3): 1489-1498
- Kouam EB, Tague EL, Mandou MS. 2017. Effects of salinity stress (NaCl) on growth attributes and some nutrient accumulation in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Current Botany* 8: 164-170. Doi: 10.19071/cb.2017.v8.3282
- Podder S, J Ray, D Das, BC Sarke. 2020. Effect of salinity (NaCl) on germination and seedling growth of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 24(02): 2012-2019. Crossref: <https://doi.org/10.18801/jbar.240220.246>
- Maharshi A, Rashid MdM, Teli B, Yadav SK, Singh DP, Sarma BK. 2021. Salt stress alters pathogenic behaviour of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* and contributes to severity in chickpea wilt incidence. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 113(2021): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101602>
- Michigan State University. 1990. MSTAT-C, A Microcomputer Program for The Design, Management, and Analysis of Agronomic Research Experiments. Michigan State University
- Munns R, James RA, Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of Wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 2006(57): 1025-1043
- Putri PH, Susanto GWA, Artari R. 2017. Response of soybean genotypes to salinity in germination stage. *Nusantara Bioscience* 9(2): 133-137
- Rahayu M. 2016. Patologi dan teknis pengujian kesehatan benih tanaman aneka kacang. *Buletin Palawija* 14(2): 78-88
- Raza MAS, Saleem MF, Jamil M, Khan IH. 2014. Impact of foliar applied Glycine betaine on growth and physiology of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 51: 327-334
- Ravelombola WA, A Shi, Y Weng, J Clark. 2017. Evaluation of Salt Tolerance at Germination Stage in Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *HortScience* 52(9):1168-1176. doi: 10.21273/HORTSCI12195-17
- Rozov A, Khusainov I, El Omari K, Duman R, Mykhaylyk V, Yusupov M, Westhof E, Wagner A, Yusupova G. 2019. Importance of potassium ions for ribosome structure and function revealed by long-wavelength X-ray diffraction. *Nature Communications* (2019)10: 12 pp. doi:10.1038/s41467-019-10409-4
- Seehalak W, Tomooka N, Waranyuwat A, Thipyapong P, Laosuwan P, Kaga A *et al.* 2006. Genetic diversity of the *Vigna* germplasm from Thailand and neighbouring regions revealed by AFLP analysis. *Genetic Resource, Crop, and Evolution* 53: 1043-1059
- Sehrawat N, Yadav M, Bhat KV, Sairam RK, Jaiwal PK. 2014. Evaluation of mungbean genotypes for salt tolerance at early seedling growth stage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 3: 108-113
- Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M. 2012. Review: Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defence mechanism in plants under stressful condition. *Journal of Botany Volume* 12, 26pp.. DOI:10.1155/2021/217037
- Singh I, Sandhu JS, Gupta SK, Singh S. 2013. Introgression of productivity and other desirable traits from ricebean (*Vigna umbellata*) into black gram (*Vigna mungo*). *Plant Breeding* 132(4): 401-406
- Sulistianingrum B. 2019. Pendugaan vigor benih dan bibit dengan uji pemunculan radikula (*Radicle emergence*) pada benih cabai. [SKRIPSI] Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian

Bogor

- Taufiq A, Purwaningrahyu RD. 2013. Tanggap varietas kacang hijau terhadap cekaman salinitas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 32(3): 159-170
- Tian J, Isemura T, Kaga A, Vaughan DA, Tomooka N. 2013. Genetic diversity of the rice bean (*Vigna umbellata*) gene pool as assessed by SSR markers. *Genome* 56(12): 717-727
- Tomooka N, Maxted N, Thavarasook C, Jayasuriya AHM. 2002. Two new species, new species combinations and sectional designations in *Vigna* subgenus *Ceratotropis* (Piper) Verdcourt (Leguminosae, Phaseoleae). *Kew Bull.* 57: 613-624
- Thiam M, A Champion, D Diouf, M Qureye SY. 2013. NaCl Effects on In Vitro Germination and Growth of Some Senegalese Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Cultivars. *ISRN Biotechnology*. Article ID 382417. <http://dx.doi.org/10.5402/2013/382417>
- Tsague EL, Kouam EB, Tankou CM. 2017. Salinity tolerance at germination of some main cultivated cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes from Western Cameroon. *Annals of Plant Sciences* 6(6): 1634-1639
- Win KT, Oo AZ. 2017. Salt-stress-induced changes in protein profiles in two Blackgram (*Vigna mungo* L.) varieties differing salinity tolerance. *Advances in Plants and Agriculture Research* 7(1): 00239. DOI: 10.15406/apar.2017.07.00239
- Yao Y, Cheng X, Wang L, Wang S, Ren G. 2012. Major phenolic compounds, antioxidant capacity and antidiabetic potential of rice bean (*Vigna umbellata* L.) in China. *International Journal of Molecular Sciences* 2012(13): 2707-2716. doi: 10.3390/ijms13032707
- Yoshida Y, Marubodee R, Ogiso-Tanaka E, Iseki K, Isemura T, Takahashi Y, Muto C, Naito K, Kaga A, Okuno K, Ehara H, Tomooka N. 2016. Salt tolerance in wild relatives of adzuki bean, *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi et Ohashi. *Genetic Resources of Crop and Evolution* 63: 627-637. DOI: 10.1007/s10722-015-0272-0
- Zahedi SM, Ansari NA, Ansari NA, Azizi M. 2012. The study of the effect of salinity stress on the germination and the initial growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Journal of Agricultural Technology* 8(7): 2353-2372

Teknik *Matriconditioning* dan Aplikasi Pupuk Hayati Untuk Peningkatan Mutu Benih dan Hasil Biji Kedelai

Matriconditioning techniques and application of biological fertilizers for increasing the seed quality and yield of soybean.

Didik Sucahyono dan Didik Harnowo

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang, East Java, Indonesia, 65101
*E-mail: d290269@gmail.com

NASKAH DITERIMA 4 MARET 2022 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 25 MEI 2022

ABSTRAK

Menanam kedelai dengan benih bermutu rendah dapat menyebabkan populasi tanaman di lapangan tidak optimal dan hasilnya rendah. Mutu benih tersebut dapat diperbaiki dengan *Matriconditioning*, yaitu teknik invigorasi untuk meningkatkan mutu benih yang sudah rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *matriconditioning* terhadap peningkatan daya tumbuh benih kedelai dan pengaruh perlakuan pupuk hayati yang diintegrasikan bersama *matriconditioning* terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil biji tiga varietas kedelai. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Balitkabi Malang dan di Ngawi Jawa Timur pada MK I tahun 2015 menggunakan rancangan petak terpisah tiga ulangan. Petak utama adalah varietas kedelai yang terdiri atas: 1) Grobogan, 2) Wilis, dan 3) Tanggamus. Anak petak adalah perlakuan *matriconditioning* benih, yang terdiri atas: 1) Tanpa *matriconditioning* dan tanpa pupuk hayati, 2) *Matriconditioning*, 3) Pupuk hayati *Iletriso*, 4) Pupuk hayati *Iletriso* + pelarut P, 5) *Matriconditioning* + *Iletriso* + pelarut P. Setiap perlakuan ditanam pada petak berukuran 4 m x 5 m, jarak tanam 40 x 15 cm, dua tanaman per lubang. *Matriconditioning* benih menggunakan serbuk arang lembab dengan perbandingan 9 benih : 6 serbuk arang : 7 air, selama 12 jam, baik dilakukan sendiri maupun bersamaan dengan pupuk hayati (*Iletriso*). Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi antara varietas dan teknik *matriconditioning* pada semua peubah yang diamati. *Matriconditioning* mampu meningkatkan daya tumbuh benih kedelai berukuran biji kecil, sedang, maupun besar dari 76% menjadi 84% bila disertai dengan penggunaan pupuk hayati *Iletriso* dan bakteri pelarut P. Pupuk hayati *Iletriso* yang dicampur dengan bakteri pelarut P dan diaplikasikan bersamaan dengan *matriconditioning* pada benih kedelai dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman di lapangan, tetapi belum mampu meningkatkan hasil kedelai dibanding tanpa *matriconditioning*. Pupuk hayati *Iletriso* dan bakteri pelarut P dapat diaplikasikan secara bersamaan dengan *matriconditioning*.

Kata kunci: *matriconditioning*, benih kedelai, pupuk hayati

ABSTRACT

Planting soybeans with low-quality seeds can result in low plant populations in the field and low yields. *Matriconditioning* is an invigoration technique to improve the deteriorated seeds (low germination percentage). The research was aimed to investigate the increase in germination percentage of soybean due to *matriconditioning* treatment and to know the effect of biofertilizer applied together with *matriconditioning* on growth and yield of three soybean varieties. This research was carried out at the Balitkabi Greenhouse in Malang and in Ngawi, East Java during early dry season of 2015, using a Split-Plot Design with three replications. The main plots were varieties consisting of: 1) Grobogan, 2) Wilis, and 3) Tanggamus. Sub-plots were *matriconditioning* treatments, which consisted of: 1) No *matriconditioning* and no biological fertilizer (*Iletriso*), 2) *Matriconditioning*, 3) *Iletriso*, 4) *Iletriso* + P solubilizing bacteria, 5) *Matriconditioning* + *Iletriso* + P solubilizing bacteria (*Iletriso* plus). Each treatment was planted in the experimental plot of 4 m x 5 m, with plant spacing of 40 x 15 cm, two plants per hole. Seed *matriconditioning* was applied using moist charcoal powder with a ratio of 9 seeds : 6 charcoal powder : 7 water, for 12 hours, either alone or in combination with *Iletriso*. The results showed that there was no interaction between varieties and *matriconditioning* techniques for all variables observed. *Matriconditioning* increased germination of soybean seeds in the greenhouse test. *Iletriso* biofertilizer mixed with phosphate (P) solubilizing bacteria and applied together with *matriconditioning* on soybean seeds was able to increase growth but did not significantly increase soybean yield compared to control (without *matriconditioning*). *Iletriso* biofertilizer and P solubilizing bacteria have the potential to be applied simultaneously with *matriconditioning*.

Keywords: biofertilizer, *matriconditioning*, soybean seed

LATAR BELAKANG

Produktivitas rata-rata kedelai petani di Indonesia masih rendah (1,54 t/ha) sementara produktivitas kedelai di tingkat penelitian sudah mencapai sekitar 2,5 t/ha (Wahyuningsih *et al.* 2021). Rendahnya

produktivitas kedelai di tingkat petani tersebut antara lain disebabkan oleh penggunaan benih yang berkualitas rendah. Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan tanaman di lapangan tidak seragam, populasi tanaman per satuan luas tidak optimal, dan pada akhirnya berdampak pada produktivitas tanaman yang tidak maksimal (Purwaningrahyu *et al.* 2022). Rendahnya mutu benih kedelai sebelum ditanam dapat disebabkan oleh penanganan panen dan pascapanen yang kurang tepat dan/atau penyimpanan benih yang cukup lama sehingga benih telah mengalami deteriorasi (kemunduran mutu fisiologis) cukup signifikan (Arifin dan Harnowo 2018; Harnowo 2018; Hayati dan Setiono 2021). Terkait dengan hal tersebut, Pemerintah terus berupaya melakukan sosialisasi dan mendorong tumbuh-kembangnya industri penangkaran benih dalam rangka penyediaan benih kedelai bagi petani yang memenuhi syarat 'enam tepat', yakni tepat varietas, jumlah, waktu, lokasi, mutu, dan tepat harga. Apabila hal tersebut dapat terealisasi, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas kedelai di tingkat petani. Meningkatnya produktivitas dan produksi kedelai secara nasional sangat diperlukan dalam rangka tercapainya swasembada kedelai.

Kemunduran mutu fisiologis benih pada dasarnya bersifat pasti terjadi (*inevitable*), tidak dapat balik (*irreversible*) dan bervariasi antarjenis/spesies dan bahkan antarindividu benih. Namun demikian, dalam batas-batas tertentu, benih yang telah mengalami deteriorasi (menurunnya mutu fisiologis benih) dapat ditingkatkan daya tumbuh dan vigor-nya melalui teknik invigorasi. Menurut Khan (1992), invigorasi adalah perlakuan benih sebelum tanam dengan cara menyeimbangkan potensial air benih untuk merangsang kegiatan metabolisme di dalam benih sehingga benih siap berkecambah, sebelum struktur penting embrio yakni radikula muncul. *Matriconditioning* dan *osmoconditioning* merupakan dua teknik invigorasi yang sering diteliti, antara lain *matriconditioning* pada benih terung ungu (Hasan *et al.* 2018), benih padi gogo lokal (Sutariati *et al.* 2015), benih jagung (Khan *et al.* 2017; Zakia *et al.* 2021), benih kedelai (Sucahyono *et al.* 2013; Priyanto 2017; Udi *et al.* 2021), dan benih hortikultura (Ilyas 2006). *Matriconditioning* adalah perlakuan hidrasi benih menggunakan bahan padatan lembab untuk menyeimbangkan potensial air benih, memperbaiki proses perkecambahan awal benih sebelum benih ditanam, sedangkan *osmoconditioning* atau priming adalah penambahan air pada benih secara terkontrol dengan larutan garam yang memiliki potensial osmotik rendah.

Penelitian teknik *matriconditioning* juga telah dipadukan (diintegrasikan) dengan aplikasi mikro-organisme tertentu seperti rizobakteri (Sutariati *et al.* 2014) atau rizobium penambat N (Sucahyono *et al.* 2013) dan secara umum memberikan hasil positif. Khusus untuk teknik *matriconditioning*, beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang tidak konsisten, sebagaimana dapat ditemukan pada benih terung ungu (Hasan *et al.* 2018), benih terigu (Amin *et al.* 2016), benih jagung (Zakia *et al.* 2021) dan bahkan pada benih kedelai (Mariani dan Wahditiya 2021). Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil perlakuan *matriconditioning* antara lain jenis bahan yang digunakan, lama waktu perlakuan dan komposisi antara air dan bahan padatan. Atas dasar hasil beberapa penelitian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh teknik *matriconditioning* menggunakan media arang sekam halus terhadap peningkatan mutu fisiologis benih kedelai dan pengaruh pupuk hayati yang diintegrasikan dengan *matriconditioning* terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil biji tiga varietas kedelai.

METODOLOGI PENELITIAN

Uji daya tumbuh benih dilakukan di rumah kaca Balitkabi Malang menggunakan media pasir steril, sedangkan penelitian lapang dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Ngawi, Jawa Timur pada awal musim kemarau tahun 2015. Penelitian lapang menggunakan rancangan petak terpisah tiga ulangan. Petak utama adalah varietas yang terdiri atas 1) Varietas berbiji besar (Grobogan), 2) Varietas berbiji sedang (Wilis), dan 3) Varietas berbiji kecil (Tanggamus). Anak petak adalah perlakuan *matriconditioning*, terdiri atas : 1) Tanpa *matriconditioning* dan tanpa pupuk hayati, 2) *Matriconditioning*, 3) Pupuk hayati Iletrisoy, 4) Pupuk hayati Iletrisoy + pelarut P (Iletrisoy plus), 5) *Matriconditioning* + Iletrisoy + pelarut P (*Matriconditioning* + Iletrisoy plus). Komposisi bahan *matriconditioning* yang digunakan (berdasarkan bobot) adalah benih : serbuk arang sekam : air = 9 : 6 : 7, dengan lama waktu perlakuan *matriconditioning* adalah 12 jam.

Di lapangan, setiap perlakuan ditanam pada petak berukuran 4 m x 5 m, dengan jarak tanam 40 x 15 cm, dua tanaman per lubang. Pemupukan (sebagai pupuk dasar) diberikan dengan dosis 50 kg Urea + 50 kg SP36 + 50 kg KCl/ha, diaplikasikan seluruhnya pada saat tanam dengan cara disebar merata. Pengairan dilaksanakan dua kali yakni pada umur 4 dan 8 minggu setelah tanam (MST). Penyiangan dilakukan secara manual pada 4 MST.

Peubah yang diamati adalah daya tumbuh kedelai di rumah kaca, tinggi tanaman (umur 22, 30, 37, dan 48 HST), jumlah bintil akar dan bobot brangkas tanaman umur 48 HST, serta komponen hasil (jumlah polong isi per tanaman dan bobot biji kering per petak panen). Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dan uji DRMT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tidak terdapat interaksi antara varietas kedelai dan perlakuan *matriconditioning* terhadap daya tumbuh kedelai di rumah kaca. Namun demikian, perlakuan *matriconditioning* baik tanpa diintegrasikan maupun diintegrasikan dengan pupuk hayati secara umum mampu meningkatkan daya tumbuh benih kedelai dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Pada Tabel 1 terlihat juga bahwa secara umum respons varietas terhadap *matriconditioning* berbeda. Perbedaan respons varietas tersebut belum dapat dijelaskan dengan penelitian ini. Kemungkinan hal tersebut adalah karakteristik varietas sebagai akibat daya tumbuh benih yang tidak diperlakukan dengan *matriconditioning* (perlakuan kontrol) berbeda. Fenomena yang serupa juga terjadi akibat perlakuan *matriconditioning* pada benih jagung (Khan *et al.* 2016; Khan *et al.* 2017; Zakia *et al.* 2021), terung ungu (Hasan *et al.* 2018) dan kedelai (Sucahyono *et al.* 2013; Prayitno 2017; Udi *et al.* 2021). Pada penelitian ini benih kedelai varietas Wilis memberikan peningkatan daya tumbuh tertinggi akibat *matriconditioning* dibandingkan dengan varietas Grobogan dan Tanggamus.

Perlakuan pupuk hayati yang dicampur benih sebelum tanam memberikan pengaruh positif terhadap daya tumbuh benih kedelai, kecuali Iletrisoy plus pada benih kedelai varietas Grobogan dan Tanggamus. Perbedaan respons tersebut juga belum dapat dijelaskan penyebabnya dengan penelitian ini. Demikian pula bahwa pupuk hayati Iletrisoy plus yang diaplikasikan pada benih sebelum tanam bersama-

sama bahan *matriconditioning* selama 12 jam belum berdampak positif terhadap peningkatan daya tumbuh benih kedelai dibandingkan kontrol (tanpa perlakuan *matriconditioning* ataupun pupuk hayati). Meskipun terjadi peningkatan daya tumbuh benih untuk varietas Grobogan, Wilis, dan Tanggamus masing-masing 11,2%, 6,9%, dan 6% (Tabel 1). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pada kedelai, aplikasi pupuk hayati dapat dilakukan pada benih bersamaan dengan penerapan *matriconditioning*. Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian sebelumnya (Sucahyono *et al.* 2013).

Hasil penelitian di lapangan menunjukkan tidak terdapat interaksi antara varietas kedelai dan teknik *matriconditioning* terhadap tinggi tanaman kedelai hingga umur 48 HST. Sampai dengan tanaman berumur 37 HST, tanaman kedelai varietas Grobogan dan Wilis tumbuh lebih tinggi. Namun demikian, pada 48 HST varietas Tanggamus adalah yang paling tinggi dibandingkan varietas Grobogan dan Wilis (Tabel 2). Pada umur 48 HST semua varietas sudah memasuki periode pembungaan maksimal dan bahkan mulai pengisian biji. Tinggi tanaman adalah sifat kuantitatif (banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan) sehingga tinggi tanaman kedelai pada suatu lokasi banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (terutama kesuburan tanah). Tipe pertumbuhan tanaman kedelai adalah determinit sehingga pada umur 48 HST, manakala sudah terjadi pembungaan penuh, pertambahan tinggi tanaman hingga saat panen umumnya tidak signifikan. Perbedaan tinggi tanaman ketiga varietas kedelai tersebut pada umur 48 HST tidak menyimpang terlalu jauh dengan yang tertera dalam deskripsi varietas (Balitkabi 2016).

Perlakuan *matriconditioning* ataupun pemberian pupuk hayati, baik secara sendiri (tunggal) maupun secara bersama-sama tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada setiap

Tabel 1. Pengaruh varietas dan teknik *matriconditioning* terhadap daya tumbuh benih kedelai. Rumah kaca Balitkabi, 2015.

Perlakuan <i>matriconditioning</i> dan pupuk hayati	Daya tumbuh benih (%)			Rata-rata
	Grobogan	Wilis	Tanggamus	
Kontrol*	71,9	77,2	80,2	76,4 b
<i>Matriconditioning</i>	75,2	83,7	81,9	80,3 ab
Iletrisoy	75,0	83,5	86,1	81,5 ab
Iletrisoy plus	67,4	84,1	77,9	76,4 b
<i>Matriconditioning</i> + Iletrisoy plus	83,1	84,1	86,2	84,4 a
Rata-rata	74,5 b	82,5 a	82,5 a	

Keterangan : *Tanpa perlakuan *matriconditioning* dan pupuk hayati. Angka sekolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji Duncan taraf 0,5%.

Tabel 2. Pengaruh varietas dan *matriconditioning* terhadap tinggi tanaman kedelai. KP Ngale, MK 1 2015.

Perlakuan	Tinggi tanaman kedelai (cm) pada umur (HST)			
	22	30	37	48
Varietas				
Grobogan	17,7 a	31,9 a	41,8 a	43,0 c
Wilis	15,8 b	27,2 b	40,0 a	50,6 b
Tanggamus	15,0 c	25,6 c	36,0 b	55,3 a
<i>Matriconditioning</i> dan pupuk hayati				
Kontrol*	16,5	28,0	38,7	48,2
<i>Matriconditioning</i>	16,0	28,7	40,0	50,1
Iletrisoy	16,2	28,0	39,8	49,4
Iletrisoy plus	15,6	28,1	38,8	51,2
<i>Matriconditioning</i> + Iletrisoy plus	16,5	28,2	39,0	49,2

Keterangan : *Tanpa perlakuan *matriconditioning* dan pupuk hayati. Angka sekolom pada setiap faktor perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 0,5%.

pengamatan hingga umur 48 HST (Tabel 2). Dengan kata lain, perbedaan tinggi tanaman dari setiap perlakuan pada setiap pengamatan sangat kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman kedelai, terutama dalam hal tinggi tanaman, pada penelitian ini kurang responsif terhadap perlakuan teknik *matriconditioning* yang dicobakan.

Tidak terdapat interaksi nyata antara varietas dan teknik *matriconditioning* terhadap jumlah bintil akar dan bobot brangkasan kering kedelai pada umur 48 HST. Jumlah bintil akar maupun bobot brangkasan tertinggi terdapat pada varietas Grobogan (Tabel 3). Hal tersebut mengindikasikan bahwa varietas Grobogan paling aktif dalam pembentukan bintil akar dan diduga dapat menyediakan unsur N bagi tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi sangat ideal, yang ditunjukkan oleh bahan kering tanaman tertinggi.

Aplikasi pupuk hayati Iletrisoy maupun Iletrisoy plus dengan perlakuan *matriconditioning* mampu menghasilkan jumlah bintil akar tertinggi, hal ini

mengindikasikan bahwa pupuk hayati yang digunakan efektif. Namun demikian, tidak serta-merta diikuti oleh peningkatan bobot kering brangkasan. Bobot brangkasan kering tertinggi terdapat pada tanaman yang benihnya diaplikasi Iletrisoy plus dengan perlakuan *matriconditioning* (Tabel 3). Penambahan bakteri pelarut P yang dipadukan dengan perlakuan *matriconditioning* mungkin berdampak positif terutama dalam penyerapan unsur P, sehingga mampu meningkatkan biomassa secara signifikan. Sedangkan perlakuan pupuk hayati plus menghasilkan biomassa bobot brangkasan kering lebih rendah (Tabel 3). Mekanisme tersebut belum dapat dijelaskan pada penelitian ini. Fenomena ini mengindikasikan bahwa perlakuan *matriconditioning* tidak berdampak negatif terhadap efektivitas bakteri rhizobium. Pupuk hayati Iletrisoy plus (Iletrisoy ditambah bakteri pelarut P) justru akan lebih tidak efektif jika aplikasinya bersamaan dengan perlakuan *matriconditioning*. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Sucahyono *et al.*

Tabel 3. Pengaruh varietas dan *matriconditioning* terhadap jumlah bintil akar per tanaman dan bobot kering brangkasan kedelai umur 48 hari. KP Ngale, MK 1 2015.

Perlakuan	Jumlah bintil akar/tanaman	Bobot brangkasan kering (g/tanaman)
Varietas		
Grobogan	32,8 a	10,4 a
Wilis	25,9 b	7,3 b
Tanggamus	26,3 b	6,9 b
<i>Matriconditioning</i> dan pupuk hayati		
Kontrol*	25,9 b	7,3 c
<i>Matriconditioning</i>	26,9 b	8,5 ab
Iletrisoy	31,4 a	8,1 abc
Iletrisoy plus	26,4 b	7,9 bc
<i>Matriconditioning</i> + Iletrisoy plus	31,1 a	9,2 a

Keterangan : *Tanpa perlakuan *matriconditioning* dan pupuk hayati. Angka sekolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji Duncan pada taraf 0,5%.

Tabel 4. Pengaruh varietas dan *matriconditioning* terhadap jumlah polong isi dan hasil biji kering kedelai saat panen. KP Ngale, MK 1 2015.

Perlakuan	Jumlah polong isi/tanaman	Hasil biji kering (t/ha)*
Varietas		
Grobogan	30,9 c	1,9
Wilis	37,4 b	1,9
Tanggamus	76,5 a	2,0
<i>Matriconditioning</i> dan pupuk hayati		
Kontrol*	42,5 b	1,8
<i>Matriconditioning</i>	48,5 a	1,9
Iletrisoy	49,2 a	1,9
Iletrisoy plus	50,6 a	2,0
<i>Matriconditioning</i> + Ilet plus	50,6 a	2,1

Keterangan : *Tanpa perlakuan *matriconditioning* dan pupuk hayati. Angka sekolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 0,5%. *)hasil konversi dari bobot biji kering per petak.

(2013).

Antara varietas dan *matriconditioning* yang diuji tidak menunjukkan interaksi nyata terhadap jumlah polong isi maupun hasil biji kedelai. Kedelai varietas Tanggamus (biji kecil) memiliki jumlah polong tertinggi, varietas Grobogan (biji besar) memiliki jumlah polong terendah sedangkan varietas Wilis (biji sedang) memiliki jumlah polong diantara kedua varietas yang lain (Tabel 4). Data juga menunjukkan bahwa semua perlakuan teknik *matriconditioning* meningkatkan jumlah polong isi per tanaman. Namun demikian, peningkatan jumlah polong per tanaman tidak selalu diikuti oleh peningkatan hasil biji (Tabel 4). Fenomena serupa juga dijumpai pada hasil penelitian Harsono *et al.* (2021) pada kedelai di lahan pasang surut.

Hasil biji varietas Grobogan pada penelitian ini lebih rendah dari rata-rata hasil maupun potensi hasil seperti yang tercantum pada deskripsi varietas (Balitkabi 2016). Penyebab perbedaan hasil tersebut belum dapat dijelaskan melalui penelitian ini. Pada penelitian di Malang, Wahyuningsih *et al.* (2021) mendapatkan data bahwa varietas Grobogan pada kondisi intensitas sinar matahari optimal (tanpa naungan) mampu menghasilkan biji 2,59 t/ha. Pada penelitian ini nampak varietas Tanggamus menunjukkan respons terbaik terhadap *matriconditioning* + Iletrosoy plus yakni menghasilkan jumlah polong per tanaman dan hasil biji tertinggi (Tabel 4). Secara umum hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya pada padi (Yukti 2009), kedelai (Ilyas *et al.* 2003; Suchayono *et al.* 2013), dan sorgum (Sutariati *et al.* 2011; Handayani *et al.* 2019). Hasil penelitian ini juga memperkuat pernyataan Harsono *et al.* (2012) bahwa formulasi pupuk hayati dan organik mampu meningkatkan produktivitas tanaman kedelai hingga 20%.

KESIMPULAN

Matriconditioning (arang sekam : benih : air = 9 : 6 : 7) belum terbukti mampu meningkatkan daya tumbuh benih tiga varietas kedelai di rumah kaca. Pupuk hayati Iletrisoy yang dicampur dengan bakteri pelarut fosfat (P) dan diaplikasikan bersamaan dengan teknik *matriconditioning* dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman kedelai di lapangan, tetapi belum mampu meningkatkan hasil kedelai secara nyata dibanding tanpa *matriconditioning*. Pupuk hayati Iletrisoy yang dicampur dengan bakteri pelatut P, dapat diaplikasikan secara bersamaan dengan *matriconditioning*.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai mekanisme *matriconditioning* dalam meningkatkan daya tumbuh kedelai. Selain itu juga penelitian mengenai bagaimana mekanisme pupuk hayati yang dicampur benih bersamaan dengan perlakuan *matriconditioning* yang memungkinkan daya tumbuh benih meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin R, Khan AZ, Muhammad A, Khalid SK, Gul H, Daraz G, Akbar H, & Ghoneim AM. 2016. Influence of seed hardening techniques on vigor, growth and yield of wheat under drought conditions. *Journal of Agricultural Studies* 4(3):121 -131.
- Arifin Z dan Harnowo D. 2018. Pengaruh teknologi produksi terhadap hasil benih, daya tumbuh, dan kelayakan usaha penangkaran benih kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 2(1):59-66.
- Balitkabi. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) Malang.
- Handayani F, Sutariati GAK, dan Madiki A. 2019. Seed biomatriconditioning with rhizobacteria to improve

- growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Agrotekma* 4(2):52-63.
- Harnowo D. 2018. Percepatan penyediaan benih bermutu mendukung program swasembada kedelai. *IpTek Tanaman Pangan* 13(1):33-43.
- Harsono A, Elisabeth DAA, Indiati S, Rozi F, Harnowo D, Sundari T, Widodo Y, Krisdiana R, and Mejaya MJ. 2021. Soybean cultivation technology package on tidal swamp lands in Indonesia. *ARRB* 36(7):47-57.
- Harsono A, Subandi, dan Suryantini. 2012. Formulasi pupuk hayati dan organik untuk meningkatkan produktivitas tanaman aneka kacang dan ubi 20% dan menghemat pupuk kimia 50%. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2011 (46 hlm.). Balitkabi Malang.
- Hasan A, Abdullah Y, dan Duka YA. 2018. Pengaruh berbagai jenis media *matriconditioning* terhadap perkecambahan benih terung ungu. *Jurnal Biotropikal Sains* 15(1):9-16.
- Hayati N dan Setiono. 2021. Pengaruh lama penyimpanan terhadap viabilitas benih kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) varietas Anjasmoro. *Jurnal Sains Agro* 6(2):66-76.
- Ilyas S, Surahman M, Saraswati R, Gunarto L, Adisarwanto T. 2003. Peningkatan mutu benih dan produktivitas kedelai dengan teknik invigorasi benih menggunakan *matri-conditioning* dan inokulan mikroba. Laporan Hasil Penelitian. LPPM IPB. Bogor. 61 hlm.
- Ilyas S. 2006. Seed treatments using matriconditioning to improve vegetable seed quality (Review). *Bul. Agron.* 34(2):124-132.
- Khalil SK, Rahman S, Rehman A, Wahab S, Khattak MK, Khalil IH, Khan AZ, & Amanullah. 2015. Osmoconditioning improve germination, assimilate partitioning and harvest index of wheat under drought. *Int. J. Biosci.* 6(7):44-57.
- Khan AZ, Imran, Muhammad A, Khalil A, Gul H, Akbar H & Wahab S. 2016. Impact of fertilizer priming on seed germination behavior and vigor of maize. *Pure Appl. Biol.* 5(4):744-751.
- Khan AZ, Shah T, Khan S, Rehman A, Akbar H, Muhammad A, & Khalil SK. 2017. Influence of seed invigoration techniques on germination and seedling vigor of maize (*Zea mays* L.). *Cercetary Agronomice in Moldova* 50(3):61-70.
- Khan AA. 1992. Preplant physiological seed conditioning. In Janick J (ed.). *Horticulture Review*. Willey and Sons Inc. p. 131-181.
- Mariani dan Wahditiya AA. 2021. Pengaruh perlakuan *matriconditioning* terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *J. Agrotan* 7(1) :55-67.
- Priyanto YA. 2017. Viabilitas benih kedelai (*Glycine max* L. Merril) dengan perlakuan invigorasi (*matricoditioning* dan *osmoconditioning*). *Jurnal Hexagro* 1(1):1-9.
- Purwaningrahayu RD, Taufiq A, Harsono A, Sundari T, Kuntastuti H, Susanto GWA, Harnowo D, and Mejaya MJ. 2021. Response of salt-tolerant soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes to phosphorus fertilizer on saline soils of Indonesia. *AEER : International Scientific Journal* 20(3):2639-2650.
- Saputri DA, Kamelia M, Almayra S, dan Fatayati S. 2019. Perubahan anatomi dan morfologi daun kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dan alang-alang (*Imperata cylindrica* L.) yang tumbuh di tempat terbuka dan ternaungi. *Jurnal Pendidikan Biologi BIOEDUKASI* 10(1):74-81.
- Sucahyono D, Sari M, Surahman M, Ilyas S. 2013. Pengaruh Perlakuan Invigorasi pada Benih Kedelai Hitam (*Glycine soja*) terhadap Vigor Benih, Pertumbuhan Tanaman, dan Hasil. *Jurnal Agronomi Indonesia* 41(2):126-132.
- Sutariati GAK, Khaeruni A, dan Madiki A. 2011. *Biomatriconditioning* benih dengan rizobakteri untuk meningkatkan mutu fisiologis benih sorgum (*Sorghum bicolor* L.). *Jurnal Agroteknos* 1(1):21-26.
- Sutariati GAK, Zul'aiza, Darsan S, Ali Kasra LDM, Wangadi S, dan Mudi L. 2014. Invigorasi benih padi gogo lokal untuk meningkatkan vigor dan mengatasi permasalahan dormansi fisiologis pascapanen. *Jurnal Agroteknos* 4(1):10-17.
- Sutopo A. 2019. Pengaruh naungan terhadap beberapa karakter morfologi dan fisiologi pada varietas kedelai Ceneng. *Jurnal Citra Widya Edukasi* 11(1):131-142.
- Taiz L. and Zeiger E. 1998. *Plant Physiology* (3rd ed.). Sinauer Associates Inc. Sunderland.
- Udi YM, Walingkas SAF, dan Lumingkewas AMW. 2021. Pengaruh *matriconditioning* terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai yang disimpan di ruang terbuka. *Cocos* 3(1):1-11.
- Wahyuningsih S, Sundari T, Sutrisno, Harnowo D, Harsono A, Soehendi R, and Mejaya MJ. 2021. Growth and productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes under shading. *AEER: International Scientific Journal* 19(5):3371-3392.
- Yukti AM. 2009. Efektivitas *matriconditioning* plus agens hayati dalam mengendalikan patogen terbawa benih, peningkatan vigor, dan hasil padi. [tesis] Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor. 71 hlm.
- Zakia A, Ulum MB, Iriany A, dan Zainudin A. 2021. Modifikasi teknik invigorasi untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih jagung manis (*Zea mays* Sacharata L.). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Science* 5(1):50-60.