

B U L E T I N Palawija

Volume 19, Nomor 2, Oktober 2021

Korelasi antara Karakter Pertumbuhan dan Hasil Sepuluh Genotipe Talas Jepang pada Tiga Agroekologi Berbeda

Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin (Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban)

The Effect of Steaming Time on the Textural Characteristics of Two Sweet Potatoes with Different Flesh Colors

Keragaan Fisiologis dan Morfologis Dua Varietas Kedelai Asal Subtropis dan Tropis akibat Cekaman Kekeringan

Genetic Variability, Heritability, and Genotypic Correlation of Soybean Agronomic Characters

Adaptasi Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Tanaman Sawit Muda

Buletin Palawija	Vol. 19 No. 2	hlm. 82-133	Malang, Oktober 2021	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 19 Nomor 2 Oktober 2021

Korelasi Antara Karakter Pertumbuhan dan Hasil Sepuluh Genotipe Talas Jepang pada Tiga Agroekologi Berbeda

Delvi Maretta, Sobir Sobir, Is Helianti, Purwono Purwono,
Edi Santosa 82-92

Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin (Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban)

Dian Adi Anggraeni Elisabeth, Sutrisno Sutrisno,
Salam Agus Riyanto, Henny Kuntastyuti,
Fachrur Rozi 93-102

The Effect of Steaming Time on the Textural Characteristics of Two Sweet Potatoes with Different Flesh Colors

Joko Susilo Utomo, Erliana Ginting 103-110

Keragaan Fisiologis dan Morfologis Dua Kultivar Kedelai Asal Subtropis dan Tropis akibat Cekaman Kekeringan

Mochamad Arief Soleh, Ranu Manggala,
Muhamad Kadapi 111-116

Genetic Variability, Heritability, and Genotypic Correlation of Soybean Agronomic Characters

Heru Kuswantoro, Moch Muchlish Adie, Pratanti
Haksiwi Putri 117-125

Adaptasi Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Tanaman Sawit Muda

Zainudin Zainudin, Eries Dyah Mustikarini,
Sitti Nurul Aini 126-133

Indeks Buletin Palawija Volume 19 Nomor 2

Tahun 2021 134

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa, karena dengan izin-Nya Buletin Palawija Volume 19 Nomor 2 ini berhasil terbit pada waktunya. Terbitnya Buletin Palawija tidak terlepas dari kesediaan para penulis/peneliti yang telah mengirimkan naskahnya untuk diterbitkan pada Buletin Palawija yang terakreditasi Sinta 2, serta kerja keras Tim Redaksi dan Mitra Bestari Buletin Palawija.

Buletin Palawija Volume 19 Nomor 2 ini memuat lima judul naskah primer, dan satu naskah review. Dari enam judul naskah ini, tiga naskah tentang komoditas kedelai (aspek budi daya dan pengendalian hama), satu komoditas kacang hijau (aspek sosial ekonomi), satu komoditas ubijalar (aspek pasca panen), dan satu komoditas talas (aspek agronomi). Dari enam judul naskah ini, dua naskah berbahasa Inggris. Semoga enam naskah tersebut di atas bermanfaat, baik bagi peneliti, pengambil kebijakan, dan praktisi dalam rangka mendukung pengembangan pertanian (khususnya komoditas palawija) di Indonesia.

Redaksi

Korelasi antara Karakter Pertumbuhan dan Hasil Sepuluh Genotipe Talas Jepang pada Tiga Agroekologi Berbeda

Correlation between Growth and Yield Characters
of Ten Japanese Taro Genotypes Grown in Different Agroecologies

Delvi Maretta^{1,2*}, Sobir^{1,3}, Is Helianti², Purwono¹, Edi Santosa^{1}**

¹Sekolah Pascasarjana, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Jl Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Indonesia.

²Pusat Teknologi Produksi Pertanian, Kedeputan Teknologi Industri Agro dan Biomedika,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Gedung 614, LAPTIAB- Kawasan PUSPIPTEK,
Tangerang Selatan 15314 Indonesia

³Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor,
Jl Raya Pajajaran Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16680 Indonesia

*E-mail: delvi.maretta@bppt.go.id

NASKAH DITERIMA 13 SEPTEMBER 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 28 OKTOBER 2021

ABSTRAK

Talas eddoe (*Colocasia esculenta* var *antiquorum*) atau talas Jepang merupakan tanaman yang prospektif dikembangkan di Indonesia. Informasi karakter tanaman talas pada berbagai agroekologi sangat penting sebagai dasar seleksi dan pemilihan lokasi dalam program pemuliaan tanaman. Penelitian bertujuan untuk mengetahui korelasi antara karakter pertumbuhan dan hasil tanaman talas Jepang yang ditanam pada tiga agroekologi yang berbeda. Percobaan dilaksanakan pada tahun 2018 sampai 2019 di Tangerang Selatan, Bogor dan Subang menggunakan sepuluh genotipe talas eddoe. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang daun, panjang petiol, dan panjang pelepah antargenotipe memiliki perbedaan yang nyata. Lokasi penanaman juga berpengaruh nyata terhadap semua karakter pertumbuhan dan hasil. Genotipe dan lokasi berinteraksi nyata terhadap panjang daun, petiol total, rentang tanaman, tinggi tanaman, panjang dan bobot kormus. Karakter pertumbuhan dan hasil selalu berkorelasi erat di tiga lokasi, sedangkan korelasi karakter pertumbuhan dengan karakter hasil talas berbeda di tiap agroekologi ($r=0,05$). Perbedaan lingkungan tumbuh sangat berpengaruh terhadap nilai dan keeratan korelasi karakter pertumbuhan dengan hasil, sehingga upaya peningkatan hasil perlu memperhatikan agroekologi yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman talas.

Kata kunci: agroekologi, hasil, karakter pertumbuhan, talas eddoe

ABSTRACT

Eddoe taro (*Colocasia esculenta* var *antiquorum*) is known as a Japanese taro and prospectively developed in Indonesia. Information about plant characters grown in different agro-ecological conditions is important for selection and determination of growing location in plant breeding program. The aim of this study was to investigate the correlation between the growth and yield characters of Japanese taro grown in three different agro-ecological conditions. The experiments were conducted in South Tangerang, Bogor and Subang in the period of 2018 to

2019 using ten eddoe taro genotypes. The results showed that the genotypes had significant differences in leaf length, petiol length and sheath length. Location significantly affected all growth and yield parameters. Significant interactions between genotypes and locations were observed for leaf length, petiole length, plant width and height, cormus length and weight characters. Strong positive correlations were also constantly found for growth and yield characters in three locations, while the correlation between growth and yield characters varied for each location with $r = 0.05$. This reflects that growing environments significantly influence the coefficient correlation between the growth and yield characters. Therefore, it is suggested to select suitable growing environment for taro yield improvement.

Keywords: agro ecology, eddoe taro, growth characters, yield

PENDAHULUAN

Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) merupakan salah satu pangan penting di dunia terutama di negara-negara Afrika, Asia dan Oceania. Bagian tanaman yang banyak dikonsumsi adalah umbi sebagai makanan pokok sumber karbohidrat, petiol dan daun sebagai sayuran. Berdasarkan morfologi umbi, terdapat dua tipe talas yaitu dasheen (*C. esculenta* var *esculenta*) dan eddoe (*C. esculenta* var *antiquorum*), keduanya dapat ditemukan di wilayah tropis maupun subtropis (Grimaldi dan van Andel 2018). Di Indonesia talas tipe dasheen disebut dengan nama lokal "talas mentega" di Bogor, "talas pratama" di Sumedang, dan "talas hitam" di Kalimantan. Talas lokal tipe eddoe diantaranya adalah talas matalaya di Kuningan dan keladi salak di Bali, namun lebih populer di kalangan masyarakat Indonesia sebagai talas Jepang atau satoimo. Talas eddoe diintroduksi berpuluh-puluh tahun silam (sekitar tahun 1940-an) dari Jepang dan mulai

intensif dibudidayakan pada tahun 2000an setelah terbentuk konsorsium satoimo Indonesia-Jepang. Tujuan konsorsium untuk mendorong produksi dan ekspor talas Jepang dengan daerah pengembangan di Sulawesi Selatan (Kallo *et al.* 2019, Mareta *et al.* 2020).

Talas adalah salah satu produk ekspor Indonesia dengan pertumbuhan 15,1% di tahun 2019. Indonesia merupakan negara pemasok talas terbesar keenam untuk negara Jepang terutama jenis talas eddoe. Sebesar 0,43% dari total ekspor talas Indonesia adalah untuk memenuhi permintaan negara tersebut, namun hanya dapat memenuhi 0,03% dari pangsa pasar Jepang (ITPC 2020). Kendala yang dihadapi petani dalam budidaya talas eddoe adalah ketersediaan bibit berkualitas (Mareta *et al.* 2016, Ilham *et al.* 2019), dan produktivitas rendah (Suminarti dan Nagano 2015). Beberapa tahun terakhir, jenis talas eddoe yang dibudidayakan petani secara intensif adalah varietas introduksi dari Jepang dan China, salah satunya varietas Oshikawa. Faktor geneologis dapat menjadi penyebab rendahnya produktivitas talas Jepang karena berasal dari daerah yang beriklim subtropis yang kemudian dikembangkan di daerah tropis Indonesia.

Kegiatan pemuliaan adalah salah satu cara yang ditempuh untuk memperoleh varietas unggul yang lebih adaptif terhadap agroklimat Indonesia sehingga mampu berproduksi lebih baik. Upaya pemuliaan tanaman talas di Indonesia masih sangat sedikit jika dibandingkan dengan tanaman palawija lainnya. Hasil studi Chair *et al.* (2016) melaporkan bahwa Indonesia merupakan pusat keragaman plasma nutfah talas dunia. Dengan demikian berpotensi besar melakukan perakitan varietas unggul talas karena memiliki keragaman genetik yang dibutuhkan dalam program pemuliaan.

Ketersediaan keragaman genetik merupakan persyaratan awal dalam pemuliaan tanaman sebagai bahan untuk melakukan seleksi. Serangkaian uji dan analisis diperlukan untuk mempelajari adaptabilitas suatu genotipe dengan memahami perilaku karakter pertumbuhan dan hasil serta hubungan keduanya. Hal tersebut penting dilakukan untuk memperoleh genotipe yang memiliki keunggulan yang diharapkan. Uji multilokasi pada berbagai agroekologi penanaman seringkali dilakukan oleh pemulia untuk mengetahui kemampuan adaptasi suatu genotipe karena penampilan tanaman selain dipengaruhi oleh faktor genetik dipengaruhi juga oleh lingkungan tumbuh serta interaksi keduanya (Suryani dan Nurmansyah 2013, Kuswanto *et al.* 2017). Di wilayah tropis Indonesia ketinggian tempat mempengaruhi iklim terutama terhadap komponen suhu

dan kelembaban; yang terbukti mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman stevia dan kencur (Damayanti 2013, Azkiyah dan Tohari 2019, Subaryanti *et al.* 2020). Hubungan antarkarakter tanaman dapat dipelajari melalui analisis korelasi. Menurut Kumar *et al.* (2020) koefisien korelasi sangat membantu dalam program pemuliaan tanaman untuk mengidentifikasi kekuatan hubungan antarkarakter pertumbuhan terutama terhadap karakter hasil dan sifat penting lainnya. Dalam tahapan seleksi suatu genotipe, karakter pertumbuhan banyak digunakan untuk menduga karakter hasil terutama karakter yang sulit diamati secara langsung, diantaranya pada tanaman tebu (Baffa *et al.* 2014), sorgum (Lombardi *et al.* 2015), dan padi (Kartina *et al.* 2016). Hingga saat ini, korelasi antarkarakter pada tanaman talas tipe eddoe masih jarang diteliti. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mengetahui korelasi antara karakter pertumbuhan dan hasil tanaman talas Jepang pada tiga agroekologi yang berbeda sebagai studi awal pemuliaan tanaman talas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di tiga lokasi yakni di Kebun Pusat Teknologi Produksi Pertanian, LAPTIAB-Puspiptek Serpong Tangerang; Kebun Percobaan Cikeumeuh, Balai Besar Biogen-Kota Bogor; dan Kebun swasta CV. Rojokoyo Agrofarm-Cirangkong, Kecamatan Cijambe Kabupaten Subang. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2018-2019 dengan karakteristik lahan dan agroklimat disajikan pada Tabel 1, Gambar 1 dan 2.

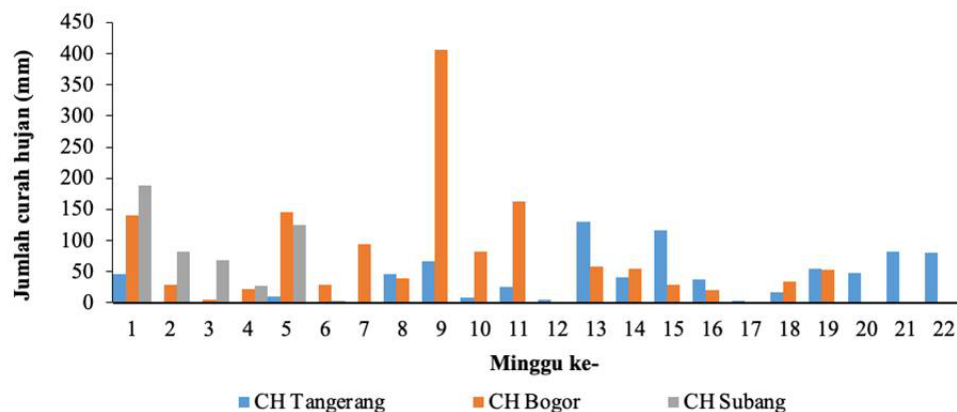
Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok yang tersarang dalam tiga lokasi dengan genotipe sebagai perlakuan dan diulang dua kali. Setiap ulangan terdiri atas 50 tanaman. Sebanyak 10 genotipe talas eddoe digunakan sebagai bahan tanam yakni S7 (satoimo, Bantaeng-Sulsel), S15 (talas Jepang, Aceh Besar), S17 (talas Dempel, Mojokerto-Jatim), S18 (Oshikawa, Kediri-Jatim), S24 (Oshikawa, Lamongan-Jatim), S28 (talas Bentul, Kediri-Jatim), S33 (talas Brentel, Mojokerto-Jatim), S34 (talas Jepang, Soppeng-Sulsel), S35 (talas Jepang, Pinrang-Sulsel), dan S36 (talas Ngariung Indung, Kuningan-Jabar). Penamaan masing-masing genotipe mengacu pada nama lokal diikuti asal kabupatennya.

Penanaman menggunakan satu umbi per lubang. Bobot umbi bibit berkisar 30-50 g dan diameter 2,5-3,5 cm. Setiap genotipe ditanam secara berbaris pada guludan yang berukuran 4 m × 1 m dengan jarak antartanaman adalah 60 cm, sedangkan jarak antarguludan 40 cm. Sebelum tanam, lahan diolah

Tabel 1. Karakteristik tiga lahan percobaan

Karakteristik	Tangerang	Bogor	Subang
Waktu penelitian	Sept 2018-Jan 2019	Mar-Juli 2019	April-Agus 2019
Musim tanam	Musim hujan	Musim hujan	Musim kering
Ketinggian tempat (m dpl)	60	222	582
Tekstur tanah*	Liat	Liat berdebu	Liat
pH (H ₂ O) tanah	6,1	4,8	4,4
C-N rasio	13 (sedang)	13 (sedang)	10 (rendah)
Total curah hujan (mm)**	819,6 (0-84/hari)	1404 (0-134,2/hari)	493,3 (0-77,6/hari)
RH rata-rata (%)**	75,81	81,81	73,33
Suhu siang rata-rata (°C)**	32,98	32,38	33,74
Penyinaran (jam/hari)**	4,51	6,66	7,50

Keterangan: *mengacu pada standar USDA; ** Data harian dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (<http://dataonline.bmkg.go.id/home>)

**Gambar 1.** Distribusi curah hujan mingguan di Tangerang, Bogor dan Subang selama kegiatan penelitian.

sempurna dan diaplikasikan kapur sebanyak 2 t/ha. Saat tanam, setiap tanaman diberi pupuk kandang 1 kg. Pupuk N,P,K diberikan 2 kali dengan dosis total 120 kg/ha Urea, 50 kg/ha SP36 dan 150 kg/ha KCl. Pemupukan pertama 1/3 dosis dilakukan 4 minggu setelah tanam (MST) dan 2/3 dosis pada 12 MST. Irigasi mengandalkan air hujan. Pengendalian gulma dan hama-penyakit dilakukan sesuai kebutuhan.

Karakter pertumbuhan diamati pada 14 MST saat pertumbuhan maksimum, meliputi panjang daun, panjang petiol, panjang petiol total, panjang pelepah, lebar kanopi dan tinggi tanaman. Karakter hasil diamati saat panen yaitu 5 bulan setelah tanam meliputi panjang, diameter dan bobot kormus, dan jumlah dan bobot kormel. Data dianalisis ragam gabungan menggunakan perangkat lunak SAS 9.4. Kedekatan hubungan antarkarakter diketahui dengan analisis korelasi dan visualisasi dua dimensi dilakukan dengan analisis biplot. Kedua analisis tersebut menggunakan perangkat lunak SPSS 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapulasi Sidik Ragam

Perbedaan genotipe hanya ditemui pada empat karakter pertumbuhan yakni panjang daun, panjang petiol, panjang petiol total, dan panjang pelepah (Tabel 2). Agroekologi berpengaruh nyata pada penampilan seluruh peubah pertumbuhan dan hasil tanaman talas eddoe. Dari sebelas karakter pertumbuhan dan hasil, tujuh karakter dipengaruhi interaksi genotipe dan lokasi tanam yakni panjang daun, panjang petiol, panjang petiol total, rentang tanaman, tinggi tanaman, panjang, dan bobot kormus. Faktor lingkungan secara tunggal berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil yang semuanya merupakan karakter kuantitatif. Karakter kuantitatif pada berbagai tanaman cenderung dikendalikan oleh banyak gen (Nugroho *et al.* 2013, Ritonga *et al.* 2017) dan fenotipe karakter kuantitatif sangat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh (Abdelrahman *et al.* 2017).

Tabel 2. Rekapitulasi sidik ragam gabungan

Karakter	Genotipe	Lokasi	Genotipe × Lokasi	KK (%)
Panjang daun	*	**	*	23,21
Panjang petiol	*	**	*	24,63
Panjang petiol total	**	**	**	22,50
Panjang pelepah	*	**	tn	24,27
Rentang tanaman	tn	**	**	19,43
Tinggi tanaman	tn	**	**	19,44
Panjang cormus	tn	**	**	14,18
Diameter cormus	tn	**	tn	13,93
Bobot cormus***	tn	**	*	15,94
Jumlah cormel***	tn	**	tn	21,80
Berat cormel***	tn	**	tn	27,77

Keterangan: * = berpengaruh nyata pada $\alpha = 5\%$, ** = berpengaruh nyata pada $\alpha = 1\%$, tn = tidak nyata, *** = data transformasi ($\sqrt{x}$)

Karakter Pertumbuhan

Secara umum, genotipe talas eddoe yang ditanam di Tangerang memiliki panjang daun, panjang petiol, panjang petiol total, rentang dan tinggi tanaman nyata lebih tinggi dibanding di kedua lokasi lainnya (Tabel 3). Perbedaan agroekologi yang mencolok antara Tangerang dengan dua lokasi yang lain adalah ketinggian tempat, pH tanah, dan lama penyinaran (Tabel 1). Lama penyinaran yang lebih rendah/pendek dari kedua lokasi yang lain diduga menyebabkan pertumbuhan tajuk lebih tinggi. Tanaman talas yang tumbuh dengan intensitas cahaya rendah memiliki daun yang lebih besar (Gondim *et al.* 2018). Sudomo dan Hani (2014) melaporkan bahwa pertumbuhan dan produktivitas tanaman talas lebih baik di bawah naungan dibandingkan pada kondisi terbuka. Lokasi penanaman di Tangerang merupakan tempat yang paling rendah di antara ketiga lokasi percobaan. Kondisi tersebut turut mempengaruhi terbentuknya ukuran daun yang lebih luas, seperti halnya pada pertumbuhan dan luas daun tanaman kencur lebih tinggi ketika ditanam di lahan dengan ketinggian yang lebih rendah (Subaryanti *et al.* 2020).

Di lokasi Tangerang, panjang daun, petiol dan petiol total genotipe S28, S33, dan S36 memiliki ukuran lebih tinggi dan berbeda nyata dengan tujuh genotipe lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan lokasi penanaman di Bogor dan Subang. Hal tersebut menunjukkan terdapat pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap ketiga parameter pertumbuhan tersebut. Perbedaan pada tiap genotipe juga mengindikasikan adanya keragaman karakter antargenotipe, sependapat dengan Pitoyo *et al.* (2018)

Karakter Hasil

Panjang dan bobot kormus nyata dipengaruhi oleh interaksi genotipe × lingkungan (Tabel 2). Di

lokasi Tangerang, panjang dan bobot kormus semua genotipe lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang lain (Tabel 4). Bobot kormus tertinggi terdapat pada genotipe S28 dan tidak berbeda nyata dengan genotipe S15 maupun S17. Karakter hasil lainnya seperti diameter kormus, jumlah dan bobot kormel hanya dipengaruhi oleh lokasi penanaman (Tabel 2), dan di Tangerang ketiga karakter tersebut memberikan nilai nyata lebih tinggi (Tabel 6).

Pada saat pertumbuhan kanopi tanaman, talas membutuhkan ketersediaan air yang cukup, kekurangan air pada periode tersebut akan mempengaruhi perkembangan umbi. Defisit air pada media menyebabkan pertumbuhan tajuk terhambat yang berakibat pada penurunan biomasa umbi yang dipanen (Mabhaudhi *et al.* 2013). Menurut Sunitha *et al.* (2013), inisiasi pertumbuhan, perkembangan dan lama pembentukan umbi talas dipengaruhi oleh kultivar dan agroklimat, terutama kelembaban tanah, sedangkan pembentukan umbi merupakan periode paling sensitif terhadap defisit air. Selama penelitian berlangsung, jumlah dan pola sebaran curah hujan di tiap lokasi menunjukkan perbedaan (Tabel 1, Gambar 1). Total curah hujan di Bogor (1404 mm) mencapai 1,7 kali dari curah hujan di Tangerang (819,6 mm) dan 2,8 kali dari curah hujan di Subang (493,3 mm). Namun demikian, curah hujan di ketiga lokasi tersebut belum mencukupi kebutuhan optimal bagi pertumbuhan tanaman talas, karena selain jumlah hujan yang kurang memadai, hujan tidak terdistribusi merata pada setiap minggu (Gambar 1). Sunitha *et al.* (2013) menyatakan bahwa curah hujan optimum untuk pertumbuhan tanaman talas yaitu 250 cm/tahun atau 175 cm/tahun jika ditanam di dataran tinggi yang terdistribusi merata selama musim tanam.

Ukuran dan bobot kormus, bobot dan jumlah kormel di Tangerang lebih tinggi dan berbeda nyata dibanding dengan dua lokasi percobaan yang lain

Tabel 3. Panjang daun (PD), panjang petiol (PP), panjang petiol total (PPT), rentang (RT), tinggi tanaman (TT) 10 genotipe talas Jepang pada 14MST di tiga lokasi penelitian

Karakter Lokasi		Genotipe									
		S7	S15	S17	S18	S24	S28	S33	S34	S35	S36
PD (cm)	TG	25,3 c-h	35,9 bc	33,3 b-d	25,8 c-g	27,4c -f	47,0 a	41,6 ab	36,3 ab	31,8 b-e	42,4 ab
	BG	16,5 f-l	17,8 f-l	9,1 j-m	14,0 h-m	11,8 i-m	12,9 i-m	19,0 f-j	18,1 f-l	12,0 i-m	13,0 i-m
	SB	17,2 f-k	14,4 g-m	7,4 j-m	6,5 lm	4,5 m	22,1 d-i	21,3 e-i	6,9 k-m	18,7 f-m	15,9 f-l
PP (cm)	TG	17,5 de	26,1 c	27,7 c	17,5 de	26,1 cd	42,5 a	38,1 ab	27,4 c	25,9 cd	31,2 bc
	BG	11,5 e-g	10,1 e-g	4,2 g	9,3 e-g	6,4 fg	8,9 e-g	15,7 ef	12,7 e-g	7,4 fg	8,6 e-g
	SB	11,0 e-g	8,9 e-g	4,8 g	4,6 g	3,8 g	17,8 de	17,3 de	3,9 g	12,1 e-g	12,2 e-g
PPT (cm)	TG	4,4 f-j	59,3 c	51,6 c-e	34,9 g-i	46,7 c-f	96,3 a	82,6 ab	54,9 cd	49,6 c-f	77,1 b
	BG	20,8 h-m	19,9 i-m	8,9 lm	17,3 j-m	11,9 lm	16,5 k-m	32,9 f-k	20,5 h-m	13,3 lm	17,5 j-m
	SB	21,1 h-m	15,7 k-m	9,5 lm	6,8 m	6,0 m	39,6 d-g	37,4 e-h	9,5 l-m	22,6 h-m	24,5 g-l
RT (cm)	TG	62,2 f-h	101,3 a-d	91,3 b-d	64,8 d-f	81,2 a	118,8 ab	112,5 ab	85,3 c-e	84,7 c-e	105,5 a-c
	BG	31,7 i-m	22,3 j-m	13,3 lm	21,8 j-m	12,2 m	19,8 k-m	42,7 g-k	37,0 i-l	21,0 k-m	22,3 j-m
	SB	38,7 i-k	35,5 i-m	33,0 i-m	14,2 lm	31,8 i-m	52,3 g-i	45,3 g-j	26,3 j-m	39,3 i-k	42,0 h-k
TT (cm)	TG	47,0 d-f	77,3 c	69,8 c	49,3 d-f	63,2 cd	122,0 a	105,5 ab	71,2 c	70,8 c	101,5 b
	BG	22,2 h-j	27,0 g-j	10,2 j	25,3 g-j	13,5 ij	18,4 ij	38,5 e-h	30,7 e-i	17,3 ij	17,2 ij
	SB	32,3 e-i	25,7 g-j	24,2 g-j	10,0 j	21,3 h-j	50,2 de	42,2 e-g	18,2 ij	30,0 f-j	31,2 e-i

Keterangan: Pada karakter yang sama angka yang diikuti huruf sama menyatakan tidak berbeda nyata berdasar DMRT pada tingkat kepercayaan 95%. Notasi huruf a-c berarti abc pada analisis statistik, d-h berarti defgh, begitu seterusnya. TG: Tangerang, BG: Bogor, SB: Subang.

Tabel 4. Interaksi genotipe dan lokasi tanam terhadap rata-rata panjang dan bobot kormus

Genotipe	Panjang kormus (mm)			Bobot kormus (g)		
	TG	BG	SB	TG	BG	SB
S7	46,6 c-h	49,5 c-g	27,5 j	65,9 c-f	43,5 e-j	26,4 f-j
S15	60,3 b-c	49,6 c-g	30,4 j	110,6 a-b	58,2 c-i	30,0 f-j
S17	52,5 c-e	37,3 f-j	27,3 j	106,7 a-b	21,3 h-j	16,3 j
S18	45,9 c-i	37,2 f-j	35,4 g-j	52,0 d-j	36,7 f-j	38,2 f-j
S24	53,0 c-d	37,2 f-j	36,9 f-j	79,7 b-e	29,2 f-j	22,6 h-j
S28	84,9 a	49,9 c-g	33,0 h-j	140,4 a	24,7 j-g	19,5 i-j
S33	70,2 b	40,1 d-j	31,5 i-j	93,9 b-c	26,8 f-j	20,3 i-j
S34	51,7 c-f	51,2 c-f	25,1 j	61,2 c-h	63,2 c-g	20,0 i-j
S35	56,4 c	39,8 d-j	30,4 j	93,6 b-c	42,8 e-j	38,2 f-j
S36	60,5 b-c	37,8 e-j	30,7 j	90,5 b-d	25,7 f-j	21,7 h-j

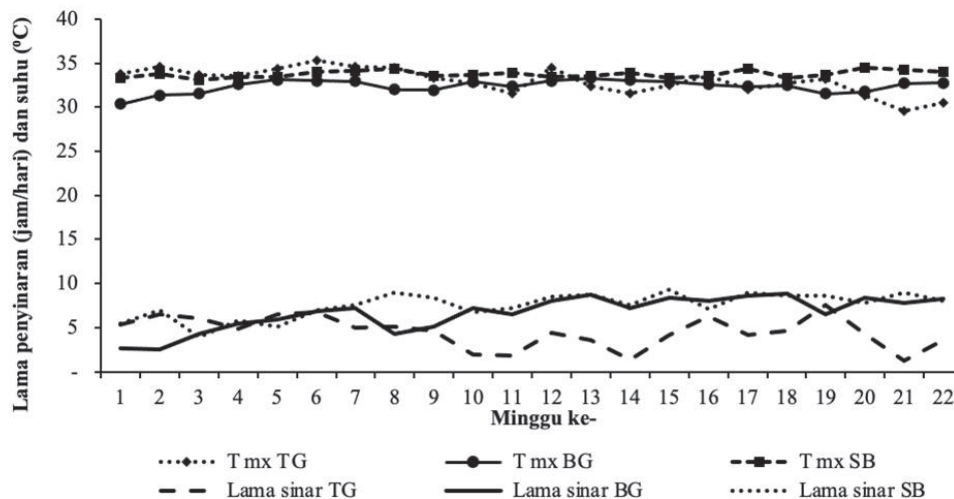
Keterangan: Pada karakter yang sama angka yang diikuti huruf sama menyatakan tidak berbeda nyata berdasar DMRT pada tingkat kepercayaan 95%. Notasi huruf a-g berarti abcdefg pada analisis statistik, notasi huruf a-c berarti abc, begitu seterusnya. TG: Tangerang, BG: Bogor, SB: Subang

(Tabel 4 dan 5). Hal ini diduga karena kelembaban media tanam yang memadai. Selama percobaan berlangsung, lama penyinaran di Tangerang rata-rata 4,56 jam/hari, lebih rendah bila dibandingkan dengan Bogor yaitu 6,6 jam/hari dan di Subang yaitu 7,5 jam/hari (Tabel 1 dan Gambar 2). Kehilangan air permukaan akibat evapotranspirasi dapat diminimalisir dengan durasi penyinaran yang lebih sedikit. Isikwue *et al.* (2015) mengemukakan bahwa lama penyinaran berkorelasi positif dengan evapotranspirasi dan tingkat keeratannya tergantung pada profil iklim setempat. Dengan demikian, produksi talas sangat tergantung pada agroekologi khususnya ketersediaan air untuk mempertahankan kelembaban tanah. Selaras dengan Suminarti (2015) dan Mabhaudhi dan Modi (2015) bahwa tanaman talas membutuhkan media lembab untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitasnya.

Kecukupan air juga menjadi faktor lingkungan yang harus diperhatikan dalam pemuliaan talas. Kemampuan dalam mengelola lingkungan tumbuh merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan suatu program pemuliaan tanaman (Cooper *et al.* 2014).

Korelasi Antarkarakter

Jumlah karakter yang berkorelasi dan keeratan korelasi antarkarakter pertumbuhan dan hasil dipengaruhi oleh agroekologi (Tabel 6). Semua karakter pertumbuhan berkorelasi dengan karakter pertumbuhan yang lain di semua lokasi, kecuali di Bogor karakter tinggi tanaman tidak berkorelasi dengan karakter lain. Lima dari enam karakter pertumbuhan berkorelasi dengan karakter hasil di Tangerang, tetapi tidak satupun karakter per-



Gambar 2. Suhu maksimum harian (T max) dan lama penyinaran di Tangerang (TG), Bogor (BG), dan Subang (SB) selama kegiatan penelitian

Tabel 5. Diameter kormus, bobot dan jumlah kormel rata-rata genotipe pada 5 bulan setelah tanam pada agroekologi berbeda

Agroekologi	Diameter kormus (mm)	Bobot kormel (g)	Jumlah kormel
Tangerang	55,7 a	454,6 a	24,4 a
Bogor	38,4 b	78,3 b	7,5 b
Subang	36,1 b	77,5 b	6,1 b

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf sama menyatakan tidak berbeda nyata berdasar DMRT pada tingkat kepercayaan 95%

tumbuhan yang berkorelasi dengan karakter hasil di Subang. Karakter hasil berkorelasi dengan karakter hasil yang lain di Bogor, tetapi hanya karakter PC dan DC di Tangerang dan DC, BC, dan BCR yang saling berkorelasi di Subang.

Antarkarakter pertumbuhan yaitu panjang daun, panjang pelepah, panjang petiol, panjang petiol total, rentang dan tinggi tanaman memiliki korelasi positif pada semua lokasi sedangkan korelasi positif juga terjadi antarkarakter hasil (Tabel 7), seperti halnya laporan Paul *et al.* (2014). Di Tangerang, komponen hasil yang berkorelasi adalah bobot dengan diameter kormus, di Bogor adalah bobot kormus dengan panjang dan diameter kormus serta jumlah kormel dengan diameter kormus, bobot kormus dan bobot kormel di Bogor. Di Subang, komponen hasil yang berkorelasi positif adalah diameter kormus dengan bobot kormus, bobot dan jumlah kormel. Dengan demikian, korelasi positif antarkomponen pertumbuhan terjadi di semua agroekologi, sedangkan korelasi antarkarakter hasil bergantung pada kondisi agroekologi lokasi penanaman. Perubahan hubungan korelasi antarkarakter per-

Tabel 6. Korelasi antara karakter pertumbuhan dan hasil tanaman talas di Tangerang, Bogor dan Subang

Karakter	Korelasi karakter pertumbuhan			Korelasi karakter hasil		
	TG	BG	SB	TG	BG	SB
PD	+	+	+	+	+	tn
PP	+	+	+	+	tn	tn
PL	+	+	+	tn	tn	tn
PPT	+	+	+	+	tn	tn
RT	+	+	+	+	tn	tn
TT	+	tn	+	+	+	tn
PC				+	+	tn
DC				tn	+	+
BC				+	+	+
JCr				tn	+	tn
BCR				tn	+	+
Persentase ^z	100	83,3	100	63,6	63,6	27,3

Keterangan: + : berkorelasi nyata $\alpha=5\%$, tn: tidak berkorelasi nyata; PD=panjang daun, PP=panjang petiol, PL=panjang pelepah, PPT=panjang petiol total, RT=rentang tanaman, TT=tinggi tanaman, PC=panjang kormus, DC=diameter kormus, BC=bobot kormus, JCr=jumlah kormus, BCR=bobot kormus; TG-Tangerang, BG-Bogor, SB-Subang; ^zPersentase dihitung dari jumlah karakter yang berkorelasi dibagi dengan jumlah total karakter.

tumbuhan, karakter hasil, maupun pertumbuhan dengan hasil seringkali ditemui pada tanaman akibat perubahan lingkungan tanam, diantaranya ditemui pada tanaman jagung (Singode *et al.* 2014), kacang tanah (Kiranmai *et al.* 2016), dan bawang (Visalakshi *et al.* 2018). Fenomena tersebut terkait dengan perbedaan iklim keseluruhan antarlokasi tanam dan adanya respons yang berbeda dari tiap genotipe terhadap perubahan lingkungan tumbuh (Gonzalez *et al.* 2012, Kiranmai *et al.* 2016).

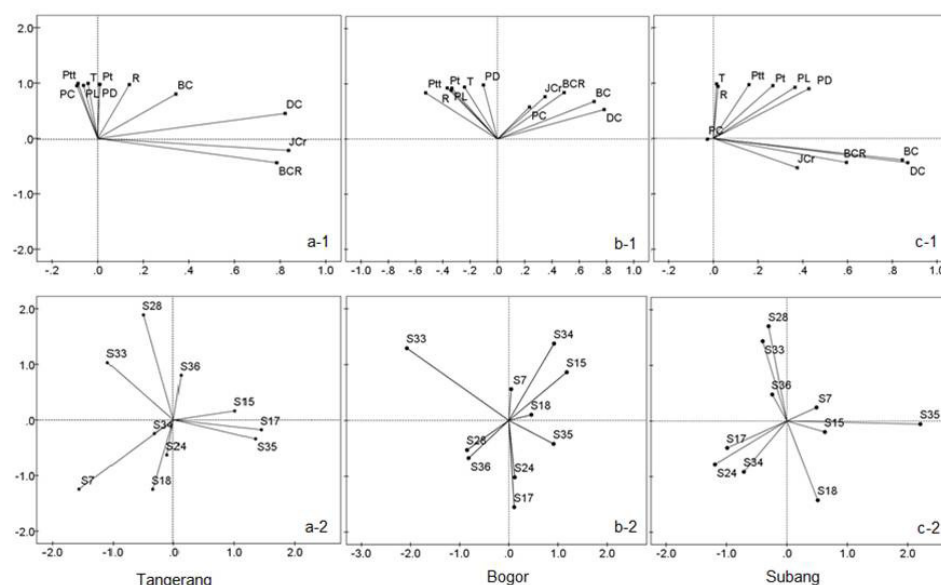
Tabel 7. Korelasi antarkarakter tanaman talas pada tiap lokasi percobaan

	PD	PP	PL	PPT	RT	TT	PC	DC	BC	JCr
Tangerang										
PP	0,931**	-								
PL	0,994**	0,911**	-							
PPT	0,974**	0,968**	0,966**	-						
RT	0,949**	0,968**	0,927**	0,959**	-					
TT	0,972**	0,964**	0,961**	0,997**	0,960**	-				
PC	0,877**	0,947**	0,849**	0,943**	0,897**	0,940**	-			
DC	0,469	0,395	0,408	0,388	0,529	0,434	0,304	-		
BC	0,705*	0,797**	0,629	0,738*	0,811**	0,748*	0,830**	0,592	-	
JCr	-0,170	-0,191	-0,202	-0,276	-0,111	-0,234	-0,292	0,555	-0,019	-
BCR	-0,446	-0,388	-0,508	-0,515	-0,276	-0,491	-0,462	0,386	0,009	0,586
Bogor										
PP	0,940**	-								
PL	0,968**	0,969**	-							
PPT	0,880**	0,964**	0,950**	-						
RT	0,865**	0,954**	0,880**	0,904**	-					
TT	0,928**	0,949**	0,932**	0,925**	0,891**	-				
PC	0,578	0,450	0,529	0,294	0,409	0,360	-			
DC	0,454	0,202	0,229	0,076	0,214	0,334	0,313	-		
BC	0,605	0,373	0,407	0,186	0,372	0,438	0,639*	0,910**	-	
JCr	0,657*	0,581	0,533	0,442	0,546	0,734*	0,303	0,655*	0,705*	-
BCR	0,761*	0,598	0,588	0,459	0,590	0,681*	0,548	0,845**	0,886**	0,819**
Subang										
PP	0,973**	-								
PL	0,996**	0,984**	-							
PPT	0,945**	0,990**	0,968**	-						
RT	0,840**	0,861**	0,847**	0,871**	-					
TT	0,882**	0,926**	0,905**	0,946**	0,963**	-				
PC	-0,087	0,047	-0,088	0,004	-0,084	-0,029	-			
DC	-0,026	-0,192	-0,103	-0,314	-0,368	-0,421	0,087	-		
BC	0,004	-0,107	-0,055	-0,218	-0,421	-0,393	0,310	0,930**	-	
JCr	-0,282	-0,386	-0,304	-0,388	-0,507	-0,511	-0,264	0,434	0,465	-
BCR	-0,153	-0,326	-0,204	-0,389	-0,265	-0,362	-0,366	0,696*	0,482	0,256

Keterangan: PD=panjang daun, PT=panjang petiol; PL=panjang pelepah; PPT=panjang petiol total; RT=rentang tanaman; TT=tinggi tanaman; PC=panjang kormus; DC=diameter kormus; BC=bobot kormus; JCr=jumlah kormel; BCR=bobot kormel; *berkorelasi nyata pada $\alpha=5\%$, **berkorelasi nyata pada $\alpha=1\%$;

Bagian tanaman talas eddoe yang secara ekonomi penting adalah kormel (Suja *et al.* 2017). Pertumbuhan awal tanaman sebagian besar dialokasikan untuk meningkatkan biomassa organ daun dan petiol, kemudian terjadi penurunan karena pada tahap selanjutnya sebagian besar fotosintat dialihkan untuk organ umbi dan pembentukan anakan (Fa'amatuainu dan Amosa 2016). Secara umum, karakter pertumbuhan dan hasil pada tanaman *Colocasia esculenta* memiliki korelasi yang erat dan positif (Paul *et al.* 2014, Eze dan Nwofia 2016), begitu juga halnya pada tanaman *Xanthosoma sagittifolium* L (Paul dan Bari 2015). Hal ini menginterpretasikan bahwa tajuk yang berkembang

baik dapat memproduksi kormus yang besar dengan banyak kormel. Tajuk dengan indeks luas daun tinggi berkorelasi positif dengan produksi umbi pada tanaman famili Araceae; *Amorphophallus campanulatus* Bl (Paul dan Bari 2013), *Alocasia macrorrhiza* L. (Paul *et al.* 2015) dan *Colocasia esculenta* (Eze dan Nwofia 2016). Pada percobaan ini tidak sepenuhnya berlaku karena adanya perbedaan lingkungan tumbuh yang mempengaruhi penampilan tanaman. Perbedaan agroekologi mempengaruhi korelasi parameter pertumbuhan dan hasil. Di lokasi Tangerang, pertumbuhan tanaman lebih baik, yang ditandai dengan panjang daun, panjang petiol, panjang petiol total, rentang dan tinggi tanaman



Gambar 3. Analisis biplot hubungan antara karakter pertumbuhan dan hasil di Tangerang (a-1), Bogor (b-1), dan Subang (c-1) serta kemiripan antargenotipe di Tangerang (a-2), Bogor (b-2) dan Subang (c-2). PD=panjang daun, Pt=panjang petiol; PL=panjang pelepah; Ptt=panjang petiol total; R=rentang tanaman; T=tinggi tanaman; PC=panjang kormus; DC=diameter kormus; BC=bobot kormus; JCr=jumlah kormel; BCR=bobot kormel

yang paling tinggi di antara ketiga lokasi (Tabel 3). Dengan pertumbuhan yang lebih baik, karakter hasil juga menunjukkan nilai yang lebih tinggi (Tabel 4 dan 5) dan diperkuat dengan korelasi positif nyata beberapa karakter pertumbuhan terhadap karakter hasil yaitu bobot kormus (Tabel 7). Fenomena tersebut tidak ditemukan di dua lokasi percobaan lain. Oleh karena itu, kegiatan pemuliaan tanaman talas eddoe khususnya untuk perbaikan karakter hasil sebaiknya dilakukan pada agroekologi yang sesuai terutama ketersediaan air yang cukup sehingga dapat mempelajari potensi hasil optimal dari tiap genotipe.

Korelasi antarkarakter pertumbuhan dan hasil selaras dengan tampilan analisis biplot (Gambar 3). Garis vektor antarparameter pertumbuhan di ketiga lokasi percobaan selalu berdekatan membentuk sudut lancip begitu juga halnya dengan antargaris vektor parameter hasil (Gambar 3. a-1, b-1, c-1). Semakin lancip sudut yang dibentuk maka nilai korelasinya akan semakin tinggi (Ariawan *et al.* 2013). Gambar 3 menunjukkan bahwa vektor karakter pertumbuhan dan karakter hasil membentuk sudut dan arah yang bervariasi. Di Tangerang, vektor karakter bobot kormus membentuk sudut yang paling kecil dengan garis vektor parameter pertumbuhan rentang tanaman, tinggi tanaman, panjang petiol, panjang petiol total, panjang daun, dan panjang pelepah (Gambar 3. a-1). Garis vektor komponen pertumbuhan dan hasil yang membentuk sudut paling lancip adalah tinggi tanaman dan panjang daun dengan jumlah dan bobot kormel di

Bogor (Gambar 3. b-1). Di Subang, garis vektor komponen pertumbuhan dan hasil membentuk sudut lebih besar dibanding di kedua lokasi lain (Gambar 3. c-1). Fakta ini menunjukkan interaksi genotipe x lingkungan pada talas eddoe sangat kuat (Tabel 2), yang berpengaruh terhadap perubahan nilai korelasi karakter pertumbuhan dan hasil (Tabel 7).

Analisis biplot pada genotipe menunjukkan adanya peran genotipe dalam merespons perbedaan agroekologi lokasi penanaman. Garis-garis vektor yang berada di kuadran yang sama menunjukkan kemiripan dan vektor searah menunjukkan nilai di atas rata-rata (Leleury dan Wokanubun 2015). Genotipe S15 cenderung memiliki ukuran kormus yang besar di tiga lokasi percobaan yang ditunjukkan oleh vektor genotipe S15 selalu searah (Gambar 3. a-2, b-2, c-2), dan berada di kuadran yang sama dengan garis vektor bobot dan diameter kormus (Gambar 3. a-1, b-1, c-1). Di Tangerang, jumlah dan bobot kormel yang tinggi terdapat pada genotipe S17 dan S35 (Gambar 3. a-1, a-2), genotipe S7 dan S34 di Bogor dan genotipe S15 di Subang (Gambar 3. c1, c-2). Penampilan pertumbuhan genotipe S24 mirip dengan S34 sedangkan S33 mirip dengan S28 ketika ditanam di Tangerang (Gambar 3. a-2) dan Subang (Gambar 3. c-2), namun S24 mirip dengan S17 sedangkan S33 tidak menampilkan kemiripan dengan genotipe lain ketika ditanam di Bogor (Gambar 3. b-2). Perubahan penampilan dari tiap genotipe merupakan karakter-karakter kuantitatif yang dievaluasi.

Karakter kuantitatif pada tanaman dikendalikan oleh banyak gen yang responsif terhadap perubahan lingkungan tumbuh (Crossa *et al.* 2017, Kumar *et al.* 2018)

KESIMPULAN

Lingkungan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman talas. Penampilan dan korelasi karakter pertumbuhan dan hasil talas eddoe sangat dipengaruhi oleh agroekologi. Terdapat korelasi positif antara karakter pertumbuhan dan karakter hasil tanaman talas di lokasi yang berbeda. Keeratan hubungan korelasi komponen pertumbuhan dengan komponen hasil berubah tergantung pada lokasi tumbuh. Dari ketiga lokasi percobaan, kondisi agroklimate Tangerang lebih memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman talas. Berdasarkan hal tersebut, dalam program pemuliaan untuk perbaikan karakter kuantitatif terutama komponen hasil disarankan pada lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman talas sehingga dapat dipelajari dengan baik potensi hasil yang dapat dicapai oleh tiap genotipe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset Inovasi Nasional yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Beasiswa Saintek. Terima kasih juga kepada Pusat Teknologi Produksi Pertanian, Kedeputan Bidang Teknologi Agroindustri dan Bioteknologi, BPPT-Tangerang Selatan yang membantu fasilitasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman M, Burritt DJ, Tran LSP. 2017. The use of metabolomic quantitative trait locus mapping and osmotic adjustment traits for the improvement of crop yields under environmental stresses. *Seminars in Cell and Developmental Biology* 83:86–94.
- Ariawan IMA, Kencana IPEN, Suciptawati NLP. 2013. Komparasi analisis gerombol (cluster) dan biplot dalam pengelompokan. *e-Jurnal Matematika* 2(4): 17-22.
- Azkiyah DR, Tohari. 2019. Pengaruh ketinggian tempat terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan steviol glikosida pada tanaman stevia (*Stevia rebaudiana*). *Vegetalika* 8(1):1–12.
- Baffa DCF, Costa PM d. A, da Silveira G, Lopes FJF, Barbosa MHP, Loureiro ME, Cruz CD, Peternelli LA. 2014. Path analysis for selection of saccharification-efficient sugarcane genotypes through agronomic traits. *Agronomy Journal* 106(5):1643–1650.
- Chair H, Traore RE, Duval MF, Rivallan R, Mukherjee A, Aboagye LM, Van Rensburg WJ, Andrianavalona V, De Pinheiro Carvalho MAA, Saborio F, Prana MS, Komolung B, Lawac F, Lebot V. 2016. Genetic diversification and dispersal of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *PLoS ONE* 11(6): e0157712.
- Cooper M, Messina CD, Podlich D, Totir LR, Baumgarten A, Hausmann NJ, Wright D, Graham G. 2014. Predicting the future of plant breeding: Complementing empirical evaluation with genetic prediction. *Crop and Pasture Science* 65(4):311–336.
- Crossa J, Perez-Rodriguez P, Cuevas J, Montesinos-Lopez O, Jarquin D, de los Campos G, Burgueno J, Gonzalez-Camacho JM, Perez-Elizalde S, Beyene Y, Dreisigacker S, Singh R, Zhang X, Gowda M, Roorkiwal M, Rutkoski J, Varshney RK. 2017. Genomic selection in plant breeding: methods, models, and perspectives. *Trends in Plant Science* 22(11):961–975.
- Damayanti A. 2013. Analisis zone agroekologi untuk strategi pengolahan DAS berkelanjutan. *Jurnal Geografi* 5(1):1–16.
- Eze CE, Nwofia GE. 2016. Variability and inter-relationships between yield and associated traits in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Journal of Experimental Agriculture International* 14(2):1–13.
- Fa'amatua W, Amosa F. 2016. Dry matter accumulation and partitioning of two taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) cultivars under inceptisol soils in Samoa. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences* 34(2):40-43.
- Gondim AR de O, Puiatti M, Finger FL, Cecon PR. 2018. Artificial shading promotes growth of taro plants. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 48(2):83–89.
- Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoy M, Prado FE. 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(6):1222–1229.
- Grimaldi IM, van Andel TR. 2018. Food and medicine by what name? Ethnobotanical and linguistic diversity of taro in Africa. *Economic Botany* XX(X):1–12.
- Ilham M, Sugiyono, Prayoga L. 2019. Pengaruh interaksi BAP dan IAA terhadap multiplikasi tunas talas satoimo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) var antiquorum secara in vitro. *BioEksakta*. 1(2):48–55.
- Isikwue B, Audu M, Eweh E. 2015. Correlation of evapotranspiration with climatic parameters in some selected cities in Nigeria. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering* 5(4):103–115.
- ITPC. 2020. Umbi-Umbian HS 0714; Laporan Informasi Intelijen Bisnis 2020. Osaka.

- Kallo R, Satna A, Nappu M. 2019. Prospek pengembangan talas Jepang satoimo di Sulawesi Selatan. *Buletin Diseminasi Teknologi Pertanian* 1(1):1-6.
- Kartina N, Wibowo BP, Widyastuti Y, Rumanti IA, Satoto S. 2016. Correlation and path analysis for agronomic traits in hybrid rice. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 21(2):76-83.
- Kiranmai MS, Venkataravana P, Pushpa HD. 2016. Correlation and path analysis studies in groundnut under different environment. *Legume Research* 39(6):1048-1050.
- Kumar J, Saripalli G, Gahlaut V, Goel N, Meher PK, Mishra KK, Mishra PC, Sehgal D, Vikram P, Sansaloni C, Singh S, Sharma PK, Gupta PK. 2018. Genetics of Fe, Zn, α -carotene, GPC and yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using multi-locus and multi-traits GWAS. *Euphytica*. 214(219): 1-17.
- Kumar M, Rani K, Ajay BC, Patel MS, Mungra KD, Patel MP. 2020. Multivariate diversity analysis for grain micronutrients concentration, yield and agromorphological traits in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(2): 1402-1409.
- Kuswanto H, Sutrisno, Supeno DA. 2017. Keragaan agronomi galur-galur kedelai potensial pada dua agroekologi lahan kering masam. *Jurnal Agronomi Indonesia* 45(1):23-29.
- Leleury ZA, Wokanubun AE. 2015. Analisis biplot pemetaan karakteristik kemiskinan di Provinsi Maluku. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan* 9(1):21-31.
- Lombardi GMR, Nunes JAR, Parrella RAC, Teixeira DHL, Bruzi AT, Duraes NNL, Fagundes TG. 2015. Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum. *Genetics and Molecular Research* 14 (4): 16392-16402.
- Mabhaudhi T, Modi AT. 2015. Drought tolerance of selected South African Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) landraces. *Experimental Agriculture* 51(3):451-466.
- Mabhaudhi T, Modi AT, Beletse YG. 2013. Response of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) landraces to varying water regimes under a rainshelter. *Agricultural Water Management* 121:102- 112.
- Maretta D, Handayani DP, Rosdayanti H, Tanjung A. 2016. Multiplikasi tunas dan induksi umbi mikro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) pada beberapa konsentrasi sukrosa dan benzilaminopurin. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia* 3(2):81-88.
- Maretta D, Sobir, Helianti I, Purwono, Santosa E. 2020. Genetic diversity in eddoe taro (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) from Indonesia based on morphological and nutritional characteristics. *Biodiversitas*. 21(8):3525-3533.
- Nugroho WP, Barmawi M, Sa'diyah N. 2013. Pola segregasi karakter agronomi tanaman kedelai (*Glycine max* [L] Merrill) generasi F2 hasil persilangan yellow bean dan taichung. *Jurnal Agrotek Tropika* 1(1):38-44.
- Paul K, Bari M, Islam S, Debnath S. 2014. Short communication genotypic and phenotypic correlation coefficient studies for taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.). *Bangladesh Journal Botany* 43(1):113-117.
- Paul KK, Bari MA. 2013. Genetic variability, correlation and path coefficient studies in elephant foot yam (*Amorphophallus campanulatus* Bl.). *Journal of Scientific Research* 5(2):371-381.
- Paul KK, Bari MA. 2015. Correlation and path coefficient studies of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L.). *Bangladesh Journal of Scientific Industrial Research* 50(1):47-52.
- Paul KK, Bari MA, Debnath SC. 2015. Correlation and path coefficient analysis in giant taro (*Alocasia macrorrhiza* L.). *Bangladesh Journal of Scientific Industrial Research* 50(2):117-122.
- Pitoyo ARI, Prameta AA, Marsusi, Suratman, Suranto. 2018. Morphological, anatomical and isozyme variability among taro (*Colocasia esculenta*) accessions from southeastern part of Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* 19(5):1811-1819.
- Ritonga AW, Syukur M, Yunianti R, Sobir D. 2017. Pewarisan sifat karakter kualitatif dan kuantitatif pada hipokotil dan kotiledon cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia*. 45(1):49-55.
- Singode A, Singh KP, Srivastava E, Guleria SK, Devlash R, Dar ZA, Lone AA, Ahmad B, Mahajan V. 2014. Heterosis and correlation deviations in maize under different agroecologies. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 74(4):438-443.
- Subaryanti, Sulistyaningsih YC, Iswantini D, Triadiati T. 2020. Pertumbuhan dan produksi rimpang kencur (*Kaempferia galanga* L.) pada ketinggian tempat yang berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 25(2):167-177.
- Sudomo A, Hani A. 2014. Produktivitas talas (*Colocasia esculenta* L. Schott) di bawah tiga jenis tegakan dengan sistem agroforestri di lahan hutan rakyat. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 8(2):100-107.
- Suja G, Byju G, Jyothi AN, Veena SS, Sreekumar J. 2017. Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming in taro. *Scientia Horticulturae* 218: 334-343.
- Suminarti NE. 2015. Pengaruh tingkat ketebalan mulsa jerami pada pertumbuhan dan hasil tanaman talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *Antiquorum*). *Jurnal Agro* 2(2):1-13.

- Suminarti NE, Nagano N. 2015. The effect of urban waste compost on growth and yield of taro (*Colocasia esculenta* (L .) Schott var *Antiquorum*) in dry land. *Research Journal of Life Science* 2(2):101–109.
- Sunitha S, Ravi V, George J, Suja G. 2013. Aroids and water relations/ : An Overview. *Journal of Root Crops* 39(1):10-21.
- Suryani E, Nurmansyah. 2013. Penampilan beberapa klon unggul serai wangi pada dua agroekologi berbeda di Sumatera Barat. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 24(2):73–78.
- Visalakshi M, Porpavai C, Pandiyan M. 2018. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield associated traits in small onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(7):3065–3072.
-

Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin (Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban)

*Competitiveness of Mung Bean Farming in Saline Soil
(A Case Study in Gesik Harjo Village, Palang Sub-district, Tuban Regency)*

**Dian Adi Anggraeni Elisabeth*, Sutrisno, Salam Agus Riyanto,
Henny Kuntastyuti, Fachrur Rozi**

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang 65162

*E-mail: dian.elisabeth21@gmail.com

NASKAH DITERIMA 5 MARET 2021 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 28 OKTOBER 2021

ABSTRAK

Di Indonesia, kacang hijau umumnya dibudidayakan setelah kedelai atau kacang tanah. Kacang hijau memiliki peran strategis karena memiliki keunggulan agronomis dan ekonomis. Budidaya kacang hijau di lahan salin dengan karakteristik salinitas tinggi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan produksi kacang hijau serta pendapatan usahatani. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan daya saing dan dampak ekonomi usahatani kacang hijau di lahan salin. Penelitian dilaksanakan di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban pada bulan Maret 2020. Data yang dikumpulkan meliputi deskripsi usahatani kacang hijau, pendapatan, serta daya saing usahatani kacang hijau dan tanaman pangan lain di lokasi penelitian. Salinitas lahan di Desa Gesik Harjo berdampak pada produktivitas lahan dan menyebabkan penurunan hasil panen kacang hijau sebesar 55-61%. Hal ini berakibat pada penurunan pendapatan usahatani kacang hijau sampai 50% bila dibandingkan dengan usahatani kacang tanah, dengan *B/C ratio* 0,9 dan daya saing lebih rendah. Namun, dengan *B/C ratio* mendekati 1 dan harga kacang hijau di pasaran cukup tinggi, daya saing kacang hijau di Gesik Harjo berpeluang untuk ditingkatkan apabila produksinya meningkat. Beberapa upaya yang dapat dilakukan, antara lain peningkatan kapasitas petani dalam pengelolaan lahan salin, penggunaan varietas unggul toleran salin, dan penerapan perbaikan teknik budidaya kacang hijau.

Kata kunci: daya saing, kacang hijau, lahan salin, usahatani

ABSTRACT

Mung bean is normally cultivated in Indonesia after soybean or peanut. Mung bean has a strategic role regarding its agronomic and economic advantages. Cultivation of mung bean in high salinity soil may affect the growth and productivity of the crops and ultimately the farming income. This study aimed to evaluate the competitiveness of mung bean and its economic impact at farm level in saline soil. The research activity was conducted at Gesik Harjo Village, Palang Sub-district,

Tuban Regency in March 2020. Data regarding the description of mung bean farming, income, and competitiveness with other food crops farming in the research location were collected. Salinity condition decreased soil productivity, resulting in mung bean yield decrease by 55-61%. This consequently decreased the mung bean farming income to be half compared to that of groundnut farming with a *B/C ratio* of 0.9 and had lower competitiveness relative to groundnut. Nevertheless, with a *B/C ratio* approaching 1 and high price of mung bean in the market, the competitiveness of mung bean in Gesik Harjo Village has the opportunity to be increased through increasing the production. The efforts include improvement of farmer capacity on saline soil management, use of improved salt-tolerant varieties, and application of improved cultivation techniques.

Keywords: competitiveness, farming, mung bean, saline soil

PENDAHULUAN

Kacang hijau merupakan komoditas kacang-kacangan yang banyak dibudidayakan di Indonesia setelah kedelai dan kacang tanah. Kacang hijau memiliki peran strategis karena keunggulan sifat agronomis dan ekonomis-nya. Meskipun dari segi produktivitas di tingkat petani masih relatif rendah, kacang hijau relatif tahan terhadap kekeringan, berumur genjah, sesuai untuk daerah dengan curah hujan rendah, tingkat serangan hama dan penyakit relatif sedikit, potensial dikembangkan di lahan sub-optimal dan tanah dengan drainase kurang baik, dapat memperbaiki kesuburan tanah, serta cara budidayanya mudah dengan risiko kegagalan panen yang rendah. Nilai strategis kacang hijau semakin diperkuat dengan kemampuannya menjadi tanaman penyelamat apabila terjadi gagal panen pada pertanaman sebelumnya seperti padi dan jagung (Hastuti *et al.* 2018; Rusdi 2019).

Nilai kompetitif kacang hijau secara ekonomis terletak pada harga jual yang cenderung stabil, bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kacang lainnya (Rusdi 2019). Kacang hijau juga berperan sebagai bahan baku industri dan komoditas ekspor (Santosa 2020). Lebih lanjut, Rukmana (1997) dalam Tetik dan Fallo (2016) menyebutkan bahwa kacang hijau memiliki manfaat yang besar sebagai bahan baku beragam olahan pangan seperti bubur, sayur, dan aneka kue, juga untuk industri minuman, bahan baku soun dan tepung hunkwe. Kandungan gizi yang terdapat dalam kacang hijau mempunyai berbagai manfaat kesehatan sehingga kacang hijau dapat berperan sebagai pangan fungsional (Yusuf 2014). Sebagai contoh, kacang hijau dapat menjadi komplementer beras, dimana beras yang miskin asam amino lisin, dapat diperkaya nilai gizinya dengan kacang hijau yang kaya lisin.

Dengan keunggulan-keunggulan kompetitif yang dimiliki, permintaan terhadap komoditas kacang hijau meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan kesadaran masyarakat untuk perbaikan gizi dan kesehatan (Tetik dan Fallo 2016). Pada semester pertama tahun 2019, ekspor kacang hijau nasional mencapai 3.489 ton terdiri atas 3.378 ton bentuk segar dan 111 ton olahan. Nilai ini naik hampir dua kali lipat dari ekspor pada tahun 2018 yaitu sebesar 1.625 ton (Balitkabi 2019). Harga ekspor kacang hijau pada semester pertama tahun 2019 tercatat berkisar Rp12.000-13.000/kg (Balitkabi 2020).

Produksi kacang hijau di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 234.718 ton, dengan luas panen 197.508 ha dan produktivitas sebesar 1,188 t/ha (BPS 2018). BPS (2018) mencatat bahwa tiga provinsi penghasil kacang hijau nasional terbesar adalah Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Barat. Produksi kacang hijau pada tahun 2018 menurun sebesar 2,7% dari tahun 2017 dan belum dapat memenuhi kebutuhan nasional yang mencapai 350.000 t/th untuk berbagai keperluan seperti bahan pangan, benih, dan pakan (Alfandi 2015). Oleh karena itu, dalam upaya peningkatan produksi kacang hijau nasional, pemanfaatan lahan sub-optimal perlu dikembangkan, salah satunya adalah lahan salin.

Kabupaten Tuban menjadi produsen kacang hijau urutan keenam di Jawa Timur setelah Sumenep, Lamongan, Bojonegoro, Sampang, dan Bangkalan, dengan produksi sebesar 2.506 ton atau 4,8% produksi total Jawa Timur dan luas panen 2.032,2 ha pada tahun 2017. Produktivitas kacang hijau di Tuban pada tahun 2017 merupakan yang tertinggi di Jawa Timur, mencapai 1,233 t/ha, di

atas rata-rata produktivitas kacang hijau di Jawa Timur yaitu 1,156 t/ha (BPS Provinsi Jawa Timur 2019). Kabupaten Tuban terletak di wilayah pesisir pantai utara Jawa Timur dimana lahan pertaniannya rawan terhadap pengaruh salinitas (Taufiq *et al.* 2020). Tingkat salinitas tanah dan air sumur di lokasi tersebut tergolong tinggi dan menjadi cekaman abiotik tersendiri bagi pertumbuhan tanaman pangan termasuk kacang hijau (Trustinah dan Kasno 2017; Taufiq *et al.* 2018).

Salinitas menjadi salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Sebagian besar tanaman budidaya sensitif terhadap salinitas yang disebabkan tingginya kandungan garam dalam tanah (Dogar *et al.* 2012). Salinitas mempengaruhi hampir semua tahap pertumbuhan tanaman, mulai perkecambahan, pertumbuhan kecambah (*seedling*), pertumbuhan vegetatif hingga pertumbuhan generatif tanaman (Nawaz *et al.* 2010). Salinitas dapat menimbulkan masalah bagi tanaman, baik berupa cekaman kekeringan karena tekanan osmotik tinggi, keracunan ion Na^+ dan Cl^- karena konsentrasi berlebihan, maupun ketidakseimbangan unsur hara karena penghambatan penyerapan (Purwaningrahyu dan Taufiq 2017). Penelitian Kristiono *et al.* (2013) menunjukkan bahwa salinitas mempengaruhi komponen-komponen agronomis dan pertumbuhan tanaman kacang hijau, kacang tanah dan kedelai, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi produksi dan pendapatan usahatani.

Tanaman kacang hijau termasuk dalam kelompok tanaman glikofita (*sweet plants*) yang peka terhadap salinitas, dimana pertumbuhannya akan mulai terganggu pada kadar garam lebih dari 0,01% (Anugrahtama *et al.* 2020). Taufiq *et al.* (2020) menunjukkan bahwa lahan salin di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban termasuk tanah subur namun dengan pembatas utama salinitas tanah yang tinggi sehingga berdampak pada produktivitas tanah dan tanaman. Implikasi dari hal ini adalah bahwa lahan salin sebenarnya merupakan sumberdaya berharga yang tidak dapat diabaikan begitu saja, namun perlu diperhatikan peluang pengelolaan lahannya sehingga tidak berdampak pada penurunan hasil tanaman pangan.

Perkembangan permintaan pasar dan tingkat harga komoditas kacang hijau sangat menarik. Namun terjadi paradoks di tingkat usahatani di Kabupaten Tuban sebagai salah satu produsen kacang hijau akibat kondisi salinitas lahan sehingga terjadi penurunan produksi dan ketimpangan suplai kacang hijau untuk memenuhi permintaan tersebut. Oleh karena itu, informasi terkait kemampuan daya saing komoditas kacang hijau di tingkat usahatani

pada lahan salin di Kabupaten Tuban perlu diangkat untuk dapat ditindaklanjuti sebagai langkah antisipasi mengatasi adanya *gap* antara pasokan dan permintaan komoditas kacang hijau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban pada bulan Maret 2020. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil wawancara menggunakan panduan pertanyaan kepada petani (3 orang) dan penyuluh lapangan (1 orang) sebagai narasumber kunci (*key informan*) yang ditentukan secara sengaja (*purposive*) melalui kegiatan *Participatory Rural Appraisal* (PRA). Data yang digali dari *informan* dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif serta lebih menekankan pada kedalaman informasi yang diberikan. Data yang dikumpulkan meliputi 1) deskripsi usahatani kacang hijau di lokasi penelitian, 2) analisis pendapatan usahatani kacang hijau dan tanaman pangan lain, serta 3) analisis daya saing kacang hijau terhadap tanaman pangan lain pada tingkat usahatani. Selain itu, dilengkapi dengan data sekunder yang diperoleh dari studi literatur yang terkait. Selain wawancara, dilakukan juga pengukuran tingkat salinitas tanah di lokasi penelitian (sebanyak 2 lokasi dengan total 12 petak) dengan mengukur daya hantar listrik (DHL) lahan sawah petani menggunakan *portable EC meter*.

Analisis deskriptif kualitatif terhadap data usahatani kacang hijau digunakan untuk mengetahui gambaran teknologi budidaya eksisting kacang hijau yang diterapkan oleh petani di lahan salin. Analisis deskriptif kuantitatif terhadap pendapatan usahatani kacang hijau dan tanaman pangan lain meliputi analisis biaya produksi (Amar *et al.* 2018), analisis penerimaan dan pendapatan (Amar *et al.* 2018), analisis kelayakan usahatani menggunakan *B/C ratio* (Armiahy 2013), serta analisis daya saing kacang hijau terhadap tanaman pangan lain pada tingkat usahatani (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Usaha Tani Kacang Hijau di Lokasi Penelitian

Data Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Tuban *dalam* Pemerintah Kabupaten Tuban (2016) menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 2011-2016, komoditas kacang hijau di Kabupaten Tuban terus mengalami penurunan produktivitas. Total penurunan produksi kacang hijau di Kabupaten Tuban selama kurun waktu tahun 2011-2019 cukup jauh mencapai ribuan ton setiap tahunnya. Oleh karena itu, di tahun 2019 produksi kacang hijau turun menjadi 11,1% dari produksi tahun 2011 yang sebesar 7.829 ton, dengan penurunan luas panen kacang hijau pada tahun 2019 sampai 9,2% dari luas panen tahun 2011 sebesar 7.825 ha. Selain itu, petani juga banyak melakukan peralihan ke komoditas tanaman pangan yang lebih menguntungkan seperti komoditas kacang tanah. Peningkatan produktivitas di Kabupaten Tuban mulai terjadi pada tahun 2017 sebesar 1,233 t/ha (BPS Provinsi Jawa Timur 2019). Peningkatan produktivitas tersebut kemungkinan terjadi karena kontribusi dari lahan sawah di luar lokasi penelitian yang tidak terdampak salinitas (Trustinah *et al.* 2014).

Secara umum, di lokasi penelitian di Desa Gesik Harjo, usahatani tanaman pangan merupakan usahatani turun-temurun yang telah ditekuni oleh petani selama lebih dari 10 tahun. Anggota keluarga sudah biasa dilibatkan sebagai tenaga kerja dalam usahatani tanaman pangan. Kondisi lahan sawah milik petani beragam, mulai dari non-salin, salin rendah hingga salin tinggi. Namun, petani belum pernah mengetahui secara pasti tingkat salinitas lahan mereka sehingga lahan dimanfaatkan sesuai dengan kondisi yang ada dan belum pernah dilakukan langkah-langkah khusus untuk mengurangi tingkat salinitas lahan sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas hasil tanaman pangan. Hasil penelitian Taufiq *et al.* (2020) menunjukkan

Tabel 1. Analisis daya saing komoditas kacang hijau terhadap tanaman pangan lain pada skala usahatani

Komoditas	Produksi (kg)	Harga (Rp/kg)	Biaya (Rp)	Keuntungan (Rp)
Kacang hijau	Ykh	Pkh	Ckh	Bkh
Tanaman pangan pesaing	Ytpn	Ptpn	Ctpn	Btpn
Daya saing kacang hijau terhadap tanaman pangan pesaing	$(Btpn + Ckh) / Pkh$		$(Btpn + Ckh) / Ykh$	

Sumber: Saraswati *et al.* (2011)

Keterangan: Ykh = produksi kacang hijau; Ytpn = produksi tanaman pangan pesaing; Pkh = harga jual aktual kacang hijau; Ptpn = harga jual aktual tanaman pangan pesaing; Ckh = biaya usahatani kacang hijau; Ctpn = biaya usahatani tanaman pangan pesaing; Bkh = keuntungan usahatani kacang hijau; Btpn = keuntungan usahatani tanaman pangan pesaing

bahwa Desa Gesik Harjo terletak 4 m di atas permukaan laut (m dpl), tanah memiliki tingkat salinitas tinggi (DHL 14,54 dS/m), pH tinggi (7,9), kandungan C-organik sangat rendah (0,86%), dan P tersedia tinggi (89,74 ppm). Hasil tersebut sesuai dengan hasil pengukuran DHL di lahan sawah petani, yaitu 10-19 dS/m, dengan mayoritas pengukuran 15-17 dS/m sehingga termasuk dalam tanah dengan salinitas tinggi.

Usahatani tanaman pangan yang banyak diterapkan oleh petani di lahan sawah bereaksi salin adalah usahatani padi dan kacang tanah monokultur dengan pola tanam yang beragam tergantung kondisi lahan masing-masing petani, seperti padi-padi-kacang tanah, padi-kacang tanah-bera, dan padi-bera-bera. Kacang hijau ditanam secara monokultur pada bulan Juli-Agustus setelah panen kacang tanah. Tahapan budidaya kacang hijau yang diterapkan petani di Desa Gesik Harjo disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan informasi petani, kacang hijau masih diusahakan oleh petani namun sudah tidak seintensif pada 6-7 tahun yang lalu karena petani merasa tidak mendapatkan keuntungan secara ekonomi dari usahatani kacang hijau. Pertumbuhan dan penampilan fisik tanaman kacang hijau nampak bagus dan tinggi, namun ternyata tidak selalu ada biji di dalam polong sehingga hasil kacang hijau yang dipanen tidak pernah bisa optimal. Benih kacang hijau yang

digunakan oleh petani sebagai bahan tanam biasanya benih seadanya yang tersedia di pasar tradisional, yang tidak dijual secara khusus sebagai benih dan sebenarnya adalah kacang hijau konsumsi. Dari 1 kg benih asalan tersebut diperoleh sekitar 35-40 kg kacang hijau sehingga produksi kacang hijau yang diperoleh sekitar 1,05 t/ha (Tabel 2). Hasil ini masih jauh di bawah hasil di lahan sawah tadah hujan di Kabupaten Demak, Jawa Tengah dimana hasil biji mencapai 1,72-1,92 t/ha dari 25 kg benih atau 1 kg benih menghasilkan 77 kg biji kacang hijau (Prasetyaswati dan Radjit 2010); namun masih lebih tinggi dibandingkan produksi kacang hijau di lahan rawa pasang surut di Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Jambi yaitu sebesar 0,89 t/ha (Bustami *et al.* 2014).

Dampak Salinitas pada Usahatani Kacang Hijau

Penurunan produktivitas lahan dan kehilangan hasil kacang hijau

Penurunan produktivitas lahan akibat salinitas ditunjukkan dengan penurunan produksi kacang hijau eksisting petani sebesar 1,05 t/ha (Tabel 2). Hasil ini 55-61% lebih rendah dibandingkan dengan hasil panen di lahan sawah tadah hujan di Kabupaten Demak, Jawa Tengah yang mencapai 1,72-1,92 t/ha (Prasetyaswati dan Radjit 2010). Qadir

Tabel 2. Tahapan budidaya kacang hijau yang dilakukan oleh petani di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban, MT Juli-Agustus 2020

No	Tahapan budidaya	Waktu pelaksanaan	Jumlah tenaga kerja (HOK) untuk usaha tani 1 ha	Keterangan
1	Pengolahan tanah			Tidak dilakukan
2	Pembuatan parit	1 hari sebelum tanam	10 TKLK pria	Lebar parit 30 cm, jarak antarparit 3-4 m
3	Tanam		50 TKLK (20 pria dan 30 wanita)	Tugal, jarak tanam 25×30 cm; 2 benih/lubang; Jumlah benih 30 kg; Benih kualitas asalan dari pasar tradisional; Beberapa petani tanam dgn cara sebar tergantung ketersediaan tenaga kerja; Jika tanah kelihatan kering, petani melakukan pengairan terlebih dahulu, dilanjutkan dengan pengurugan tanah
5	Pemupukan ke-1	20-25 HST	2 TKDK pria	50 kg/ha Urea dan 50 kg/ha Phonska
6	Penyiangan ke-1	30-35 HST	2 TKDK pria	Dilakukan saat tanaman mulai berbunga
7	Penyemprotan ke-1		2 TKDK pria	Gandasil, Reagen cair
8	Pemupukan ke-2	35-40 HST	2 TKDK pria	50 kg/ha Urea dan 50 kg/ha Phonska
9	Penyiangan ke-2	40-45 HST	2 TKDK pria	
10	Penyemprotan ke-2		2 TKDK pria	Gandasil, Reagen cair
11	Panen	50 HST	2 tahap @ 6 TKLK wanita	Bertahap (2 kali); Tahap 1: hasil 600 kg biji, tahap 2: hasil 450 kg biji

Sumber: Hasil wawancara dengan petani (Maret 2020)

Keterangan: HST = hari setelah tanam; TKDK = tenaga kerja dalam keluarga; TKLK = tenaga kerja luar keluarga

et al. (2014) menunjukkan terjadinya penurunan nilai ekonomi yang cukup besar akibat penurunan produktivitas lahan karena salinitas. Hal ini dicerminkan dengan biaya tahunan global mencapai US\$ 27,3 M karena hilangnya 15-69% produksi tanaman.

Penurunan produksi hasil pertanian ini hanya merupakan salah satu contoh dampak penurunan produktivitas lahan akibat salinitas. Tingkat salinitas lahan yang tinggi juga menyebabkan penurunan kesesuaian lahan bagi komoditas pertanian. Kristiono *et al.* (2013) mencatat beberapa contoh dampak penurunan produktivitas lahan akibat salinitas diantaranya tsunami di Aceh pada tahun 2004 yang membawa air laut masuk ke daratan menyebabkan lebih dari 120.000 ha lahan pertanian rusak. Contoh lain, air Sungai Cikijing di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat mengandung Na 583 mg/liter dan mengairi 1.200 ha sawah menyebabkan penurunan hasil padi, serta peningkatan intrusi air laut di beberapa wilayah di Indonesia, terutama daerah pesisir pantai di Pulau Jawa dalam 20 tahun terakhir akibat meningkatnya permukaan air laut dan eksploitasi air tanah yang berlebihan.

Hasil panen kacang hijau petani Desa Gesik Harjo biasanya langsung dijual oleh petani ke pedagang perantara di pasar tradisional dengan harga Rp15.000/kg (per Maret 2020). Harga pasar rata-rata di Kabupaten Tuban pada bulan Maret 2020 tersebut adalah Rp19.000-20.000/kg (Disperindag Jatim 2021). Secara umum, rantai pasok kacang hijau yang terbentuk di Gesik Harjo diuraikan pada Gambar 1. Dalam hukum ekonomi, tingkat harga merupakan perpaduan dari kekuatan permintaan (*demand*) dari sisi konsumen dan penawaran (*supply*) dari sisi produsen sehingga membentuk mekanisme pasar (Mursal 2018); demikian juga yang terjadi dengan komoditas kacang hijau. Ketika terjadi penurunan hasil panen kacang hijau maka akan timbul ketidakseimbangan pasar sehingga harga akan mengalami kenaikan. Dengan tingkat harga kacang hijau yang tinggi tersebut, terjadi penyebaran pemanfaatan lahan sekitar lokasi lahan sawah yang tidak bereaksi salin untuk pertanaman kacang hijau. Trustinah *et al.* (2014) mencatat kacang hijau di Kabupaten Tuban banyak ditanam di lahan sawah tadah hujan seperti di Kecamatan Tambakboyo, Parengan, Senori, Soko, Bangilan, dan Kerek.

Produksi kacang hijau di Kabupaten Tuban semakin menurun, sehingga memberi dampak pada perubahan rantai pasok dan pergeseran pasokan kacang hijau (Gambar 1). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan pasar, diperlukan juga tambahan pasokan kacang hijau dari luar Tuban.

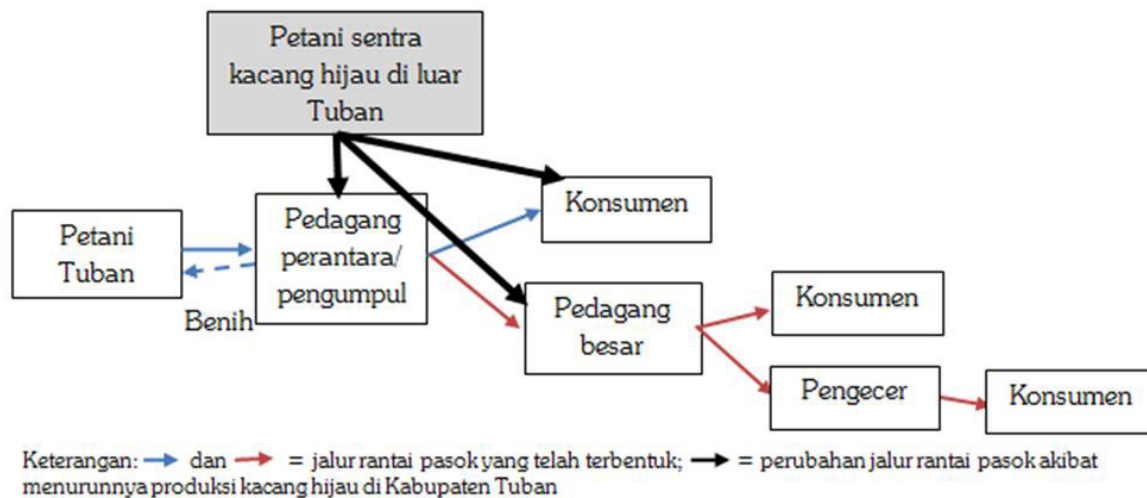
Pasokan dapat berasal dari sentra-sentra produksi kacang hijau di Jawa Timur seperti Madura Sampang dan Sumenep) Bojonegoro, Lamongan, dan Gresik (Trustinah *et al.* 2014) yang pada tahun 2017 produksinya lebih tinggi dari produksi di Kabupaten Tuban yaitu 6.473 ton (Sampang), 10.396 ton (Sumenep), 7.140 kg (Bojonegoro), 8.550 kg (Lamongan), dan 2.432 kg (Gresik) (BPS Provinsi Jawa Timur 2019).

Penurunan pendapatan usahatani kacang hijau

Dibandingkan komoditas kacang tanah, penerimaan dan keuntungan usahatani kacang hijau di Desa Gesik Harjo jauh lebih rendah (Tabel 3). Apabila dilihat dari segi biaya saprodi dan biaya tenaga kerja, usahatani kacang hijau memerlukan biaya paling sedikit dibandingkan dengan kacang tanah dan padi. Dengan asumsi umur panen 50 hari dan harga jual di pasar mencapai Rp15.000/kg, rata-rata keuntungan usahatani kacang hijau adalah Rp1.881.000/bulan. Keuntungan kacang hijau ini hanya separuh dari keuntungan usahatani kacang tanah yang sebesar Rp3.427.000/bulan (dengan asumsi umur panen 85-90 hari dan harga jual polong basah Rp 6.000/kg). Namun, keuntungan usahatani kacang hijau empat kali lipat keuntungan usahatani padi yang sebesar Rp492.500/bulan (umur panen 120 hari dan harga jual gabah kering panen Rp4.000-4.500/kg).

Secara umum, pada usahatani tanaman pangan di Desa Gesik Harjo, kontribusi biaya tenaga kerja mencapai 67,37-85,23% dari total biaya produksi, dan lebih tinggi dibandingkan dengan biaya sarana produksi (saprodi) (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan penelitian Andri (2014), Tetik dan Fallo (2016), dan Burhansyah *et al.* (2017). Biaya tunai dari tenaga kerja pada usahatani kacang hijau adalah pada proses tanam dan panen; selebihnya tenaga kerja berasal dari dalam keluarga. Persentase biaya tunai untuk tenaga kerja usahatani kacang hijau mencapai 85,1%.

Rendahnya penerimaan dan pendapatan dari usahatani tanaman pangan, tampaknya tidak mengurangi kebutuhan petani dalam menggunakan tenaga kerja luar keluarga. Bahkan untuk usahatani padi, tingginya biaya tenaga kerja luar keluarga ini berkontribusi pada rendahnya keuntungan usahatani padi yang diterima petani. Namun menurut pengakuan petani saat wawancara, kerugian tersebut bukan merupakan masalah karena bertanam padi sudah merupakan aktivitas turun-temurun dan sebagian hasil panen akan disimpan sebagai cadangan pangan keluarga. Apalagi pada saat ini, hasil usahatani kacang tanah pada musim tanam setelah padi dinilai sudah sangat menguntungkan



Gambar 1. Rantai pasok komoditas kacang hijau di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban, 2020

Tabel 3. Biaya produksi, penerimaan dan pendapatan, serta kelayakan finansial usahatani kacang hijau dan tanaman pangan lain per hektar usahatani di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban, 2020

Komoditas tanaman pangan	Biaya produksi (Rp)			Penerimaan (Rp)	Keuntungan (Rp)	B/C ratio
	Saprodi	Tenaga kerja	Total			
Padi	2.105.000	6.550.000	8.655.000	10.625.000	1.970.000	0,23
Kacang tanah	2.845.000	5.875.000 (4.475.000)	8.720.000 (7.320.000)	19.000.000	10.280.000 (11.680.000)	1,18 (1,60)
Kacang hijau	700.000	4.040.000 (3.440.000)	4.740.000 (4.140.000)	7.875.000	3.135.000 (3.735.000)	0,66 (0,90)

Sumber: Data primer diolah (2020)

Keterangan: Angka tanpa tanda kurang merupakan hasil penghitungan atas biaya total; Angka dalam kurung merupakan hasil penghitungan atas biaya tunai

sehingga kerugian yang dihasilkan dari usahatani padi, termasuk rendahnya pendapatan dari usahatani kacang hijau, dapat ditutup dengan keuntungan dari usahatani kacang tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Aminah (2015) bahwa produksi tanaman pangan di Indonesia masih dilakukan secara tradisional dan subsisten sehingga petani kurang memperhatikan hasil dan produktivitas.

Penurunan Daya Saing Kacang Hijau terhadap Tanaman Pangan Lain

Hasil analisis daya saing usahatani kacang hijau di Desa Gesik Harjo mengindikasikan bahwa kacang hijau belum mampu bersaing dengan kacang tanah. Komoditas kacang hijau mampu bersaing dengan kacang tanah jika harga jual aktual Rp15.000/kg dan produksi 2 ton, atau pada tingkat produksi aktual 1.050 kg dapat dijual dengan harga minimum Rp28.610/kg; dengan selisih persentase terhadap produksi atau harga jual aktual di tingkat petani mencapai 190,7% (Tabel 4).

Hasil wawancara dengan petani Desa Gesik Harjo menginformasikan bahwa, usahatani kacang hijau tidak menguntungkan karena produksi yang dicapai

tidak pernah bisa optimal akibat kendala salinitas lahan. Pendapatan dan daya saing kacang hijau memang masih di bawah pendapatan dari usahatani kacang tanah dan belum mampu bersaing dengan komoditas pangan tersebut (Tabel 3 dan 4). Namun, dengan nilai B/C rasio berdasarkan perhitungan atas biaya tunai mendekati 1 (Tabel 4) dan melihat tingginya harga kacang hijau di pasaran, pendapatan dan daya saing komoditas tersebut dibandingkan komoditas tanaman pangan lain sebenarnya dapat lebih ditingkatkan apabila diimbangi dengan peningkatan produksi sehingga usahatani ini menjadi layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Peluang dalam Upaya Peningkatan Produksi dan Daya Saing Kacang Hijau

Seperti disebutkan sebelumnya, dampak salinitas terhadap degradasi lahan telah menyebabkan penurunan nilai ekonomi secara global akibat hilangnya produksi tanaman sampai lebih dari 60%. Namun, dengan investasi pengelolaan lahan yang berkelanjutan, biaya yang dikeluarkan oleh negara-negara yang menghadapi degradasi lahan akibat salinitas dapat diminimalisir (Qadir *et al.* 2014). Lebih lanjut Qadir *et al.* (2014) memberikan contoh

Tabel 4. Daya saing usahatani kacang hijau terhadap tanaman kacang tanah dan padi di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban, 2020

Komoditas	Produksi minimal (kg)	Harga minimal (Rp/kg)	Persentase (%) selisih terhadap produksi/harga aktual
Kacang hijau (aktual)	1.050	15.000	-
Keunggulan kacang hijau terhadap:			
Padi	894	12.781	85,2
Kacang tanah	2.002	28.610	190,7

Sumber: Data primer diolah (2020)

bentuk-bentuk pengelolaan lahan berkelanjutan berdasarkan pengelompokan lahan salin. Untuk lahan salin dengan produktivitas rendah, perbaikan diantaranya pada: 1) akses pasar terhadap input produksi seperti penyediaan saprodi dan alat pertanian, bahan pembenah tanah, serta benih tanaman varietas unggul tahan salinitas; 2) infrastruktur irigasi dan drainase; 3) mekanisme pembiayaan untuk penyediaan input produksi seperti pinjaman; dan 4) penyiapan pasar yang telah ada untuk dapat menyerap hasil peningkatan produksi pertanian dari lahan yang telah dipulihkan. Sementara, untuk lahan salin yang terlantar tanpa produksi tanaman, akan diperlukan investasi sebagai berikut: 1) pembentukan akses pasar terhadap input produksi seperti saprodi dan alat pertanian, bahan pembenah tanah, serta benih varietas unggul tahan salinitas; 2) perbaikan jaringan irigasi dan drainase yang terbengkalai; 3) perbaikan kondisi mekanisme pembiayaan untuk penyediaan input produksi; dan 4) pembentukan pasar baru atau menghubungkan dengan pasar yang telah ada di daerah tersebut untuk memasarkan produk pertanian.

Upaya perbaikan/investasi pengelolaan lahan berkelanjutan untuk peningkatan produktivitas dan pendapatan usahatani di lahan salin tetap perlu memperhatikan kondisi agroekologi masing-masing lahan. Praktik pengelolaan spesifik lokasi dan berkelanjutan juga mempertimbangkan beberapa hal berikut: 1) kebijakan *stakeholder* untuk memfasilitasi ketersediaan input produksi, sarana transportasi, dan pengalokasian tambahan pasokan air untuk mengurangi kadar garam di lahan salin bersama dengan pengaplikasian pembenah tanah, serta kebijakan pengendalian harga; 2) keterlibatan institusi pendukung dan sumber daya manusia yang kompeten untuk melakukan pengujian dan pemetaan kondisi tanah dan air di daerah lahan salin yang terdegradasi sehingga didapatkan rekomendasi pengelolaan lahan salin yang sesuai; 3) penyediaan sarana dan prasarana pembuangan garam dari lahan salin selama proses restorasi; 4) pengembangan kapasitas petani untuk menindaklanjuti pendekatan pengelolaan lahan salin yang

direkomendasikan; serta 5) pemanfaatan sumber daya lokal yang telah tersedia dan kearifan lokal dalam mengatasi dampak degradasi lahan akibat salinitas.

Rekomendasi Qadir *et al.* (2014) tersebut dapat diterapkan di Desa Gesik Harjo sebagai upaya peningkatan produksi dan pendapatan dari komoditas kacang hijau, diantaranya: 1) peningkatan pemahaman petani tentang salinitas dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman sehingga dapat menentukan langkah pengelolaan lahan yang tepat (Kristiono *et al.* 2013); 2), pemilihan varietas unggul yang sesuai untuk lingkungan yang tercekam salinitas (Anugrahtama *et al.* 2020); dan 3) perbaikan teknik budidaya kacang hijau di lahan salin diantaranya dengan mengaplikasikan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dan mikoriza (Lintang *et al.* 2018), serta menambahkan amelioran untuk memperbaiki sifat tanah (Wahyuningsih *et al.* 2017), dan menambahkan hormon seperti giberelin untuk mengendalikan pembungaan tanaman kacang hijau (Atika *et al.* 2018).

Lebih lanjut, hasil studi Iswi dan Santoso (2015) mengenai pewilayahan komoditas unggulan tanaman pangan menunjukkan bahwa meskipun komoditas unggulan yang sangat sesuai diusahakan di Kecamatan Palang adalah kacang tanah; namun dari segi kesesuaian lahan, Kecamatan Palang sangat potensial untuk tanaman padi, jagung dan kacang hijau. Merujuk dari hasil studi tersebut, maka masih ada peluang bagi komoditas kacang hijau untuk dikembangkan di lahan salin Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang; apalagi waktu tanam kacang hijau di Desa Gesik Harjo juga sudah tepat yaitu setelah panen kacang tanah dan saat lahan bera sebelum masuk ke musim tanam padi berikutnya.

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbaikan teknik budidaya mampu meningkatkan keuntungan usahatani kacang hijau dan membuat usahatani tersebut layak untuk diusahakan oleh petani dengan nilai *B/C ratio* > 1, yaitu 1,43 di Nusa Tenggara Barat (Arsyad dan Sembiring 2003); 5,73 di Sambas, Kalimantan Barat (Burhansyah *et al.* 2017); 1,73 di Gresik, Jawa Timur

(Prasetyaswati *et al.* 2017); dan 2,22 di Ponorogo, Jawa Timur (Rahayu dan Srimayanti 2018). Model pengembangan kawasan usahatani kacang hijau berbasis korporasi dengan pengelolaan intensif menggunakan varietas unggul baru (VUB) dan perbaikan teknik budidaya juga menjadi saran pengembangan komoditas kacang hijau di lahan kering iklim kering di Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur (Rozi *et al.* 2020).

KESIMPULAN

Salinitas lahan di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban telah menyebabkan degradasi lahan yang berdampak pada penurunan produktivitas lahan rendahnya pendapatan usahatani kacang hijau, dan rendahnya daya saing kacang hijau dibandingkan tanaman kacang tanah. Pada lahan salin, usahatani kacang hijau dinilai belum layak (*B/C ratio* 0,9) dan keuntungan yang diperoleh (Rp1.881.000/bulan) separuh dari keuntungan usahatani kacang tanah (Rp3.427.000/bulan). Ketika nilai *B/C ratio* mendekati 1 dan harga kacang hijau cukup tinggi di pasaran, maka daya saing kacang hijau berpeluang ditingkatkan melalui peningkatan produksi. Hal ini antara lain dicapai dengan peningkatan kapasitas petani dalam pengelolaan lahan salin, penggunaan varietas unggul tahan salin, dan perbaikan teknik budidaya di lahan salin.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfandi. 2015. Kajian pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) akibat pemberian pupuk P dan inokulasi cendawan mikoriza arbuskula (CMA). *Jurnal Agrijati* 28(1): 158 – 171.
- Amar, Lolowang T, Waney NFL. 2018. Nilai tambah dari usaha pengolahan tepung terigu menjadi martabak markobar Kota Manado. *Agri-Sosioekonomi Unsrat* 14(2): 35-44.
- Aminah S. 2015. Pengembangan kapasitas petani kecil lahan kering untuk mewujudkan ketahanan pangan. *Jurnal Bina Praja* 7(3): 197-210.
- Andri K. 2014. Profil dan karakter sosial ekonomi petani tanaman pangan di Bojonegoro. *Agriekonomika* 3(2): 167-179.
- Anugrahtama PA, Supriyanta, Taryono. 2020. Pembentukan bintil akar dan ketahanan beberapa aksesori kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada kondisi salin. *Agrinova: Journal of Agriculture Innovation* 3(1): 001-005.
- Armiahy. 2013. Karakteristik dan kelayakan finansial usahatani jeruk keprok selayar. Hlm. 473-486. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*.
- Arsyad DM, Sembiring H. 2003. Pengembangan tanaman kacang-kacangan di Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Litbang Pertanian* 22(1): 9-15.
- Atika R, Bayu ES, Kardhinata EH. 2018. Respons pertumbuhan dan produksi beberapa varietas kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dengan pemberian giberelin di lahan salin. *Jurnal Pertanian Tropik* 5(3): 384-390.
- Balitkabi. 2019. Kacang hijau Indonesia mendunia, Kementan lepas ekspor kacang hijau ke China dan Philipina. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/berita/kacang-hijau-indonesia-mendunia-kementan-lepas-ekspor-kacang-hijau-ke-china-dan-philipina/>. [7 Januari 2020].
- Balitkabi. 2020. Liputan media [technology Indonesia] Vima 5, kacang hijau genjah berkualitas ekspor. <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/liputan-media/technology-indonesia-vima-5-kacang-hijau-genjah-berkualitas-ekspor/>. [26 Februari 2020].
- BPS. 2018. Data lima tahun terakhir. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>. [5 Januari 2021].
- BPS Provinsi Jawa Timur. 2019. Luas panen, produksi, dan produktivitas kacang tanah dan kacang hijau menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur, 2017. <https://jatim.bps.go.id/statistable/2019/10/11/1834/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-kacang-tanah-dan-kacang-hijau-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-timur-2017-.html>. [5 Januari 2021].
- Burhansyah R, Nurhakim Y, Prasetyaswati N. 2017. Keragaan usahatani kacang hijau di lahan suboptimal Kabupaten Sambas. Hlm. 481-487. Dalam: Rahmianna AA *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi* 2016. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Bustami, Bobihoe J, Jumakir. 2014. Pertumbuhan dan produktivitas kacang hijau sebagai tanaman sela di antara kelapa pada lahan rawa pasang surut Provinsi Jambi. Hlm. 141-146. Dalam: Karmawati E *et al.* (eds). *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa VIII "Pengembangan Bioindustri Kelapa Berkelanjutan Berbasis Inovasi Teknologi Ramah Lingkungan"* 2014, Jambi.
- Disperindag Jatim. 2021. Peta harga rata-rata untuk komoditas: kacang hijau/kg. <https://siskaperbapo.jatimprov.go.id/>. [25 Agustus 2021].
- Dogar UF, Naila N, Maira A, Iqra A, Maryam I, Khalid H, Khalid N, Ejaz HS, Khizar HB. 2012. Noxious effects of NaCl salinity on plants. *Botany Res. Inter.* 5(1): 20–23.
- Iswi A, Santoso EB. 2015. Perwilayahan komoditas unggulan tanaman pangan berdasarkan kesesuaian lahan Kabupaten Tuban. *Jurnal Teknik ITS* 4(1): 1-6.

- Hastuti DP, Supriyono, Hartati S. 2018. Pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada beberapa dosis pupuk organik dan kerapatan tanam. *Journal of Sustainable Agriculture* 33(2): 89-95.
- Kristiono A, Purwaningrahayu RD, Taufiq A. 2013. Respons tanaman kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau terhadap cekaman salinitas. *Buletin Palawija* 26: 45-60.
- Lintang CW, Roviq M, Nihayati E. 2018. Upaya peningkatan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR) dan mikoriza. *Jurnal Produksi Tanaman* 6(6): 1134-1139.
- Mursal. 2018. Signifikansi masalah dalam supply and demand: analisis makna sejahtera perspektif ekonomi Syariah. *Jurnal Kajian Pengembangan Umat* 1(1): 14-24.
- Nawaz K, Khalid H, Abdul M, Farah K, Shahid A, Kazim A. 2010. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. Review. *African J. of Biotech.* 9(34): 5475-5480.
- Pemerintah Kabupaten Tuban. 2016. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Tuban Tahun 2016-2021. 280 hlm.
- Prasetyaswati N, Adie MM, Harnowo D. 2017. Evaluasi kelayakan teknologi dan analisis usahatani kacang hijau di lahan kering Gresik Jawa Timur. Hlm 463-472. Dalam: Rahmianna AA (eds). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2016*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Prasetyaswati N, Radjit BS. 2010. Kelayakan ekonomi dan respon petani terhadap pengembangan teknologi produksi kacang hijau di lahan sawah tadah hujan. *Iptek Tanaman Pangan* 5(2): 184-196.
- Purwaningrahayu RD, Taufiq A. 2017. Respon morfologi empat genotip kedelai terhadap cekaman salinitas. *Jurnal Biologi Indonesia* 13(2):175-188.
- Qadir M, Quillerou E, Nangia V, Murtaza G, Singh M, Thomas RJ, Drechsel P, Noble AD. 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38(2014): 282-295.
- Rahayu SP, Srimayanti TR. 2018. Perbaikan teknologi budi daya kacang hijau dan analisis usaha tani di Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur. Hlm. 183-188. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 3(2) Mei 2017. DOI: 10.13057/psnmbi/m030203.
- Rozi F, Wijanarko A, Kuntastyuti H. 2020. Prospek pengembangan kacang hijau berdasarkan peta bisnis di Kabupaten Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. *Buletin Palawija* 18(1): 33-42.
- Rusdi. 2019. Analisis kelayakan usahatani kacang hijau pada lahan kering di Desa Bonto Ujung Kecamatan Tarawang Kabupaten Jeneponto. Skripsi. Program Studi Agribisnis. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah, Makassar.
- Santosa R. 2020. Analisis daya saing kacang hijau di Kecamatan Saronggi Kabupaten Sumenep. *Cemara* 17(2).
- Saraswati R, Sutrisno S, Adisarwanto T. 2011. Analisis daya saing kedelai terhadap tanaman padi dan jagung. *Buana Sains* 11(1): 97-102.
- Taufiq A, Kristiono A, Wijanarko A, Rahmianna AA, Iswanto R, Riyanto SA. 2020. Adaptabilitas varietas unggul kacang tanah pada tanah salin. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 4(1): 43-51.
- Taufiq A, Wijanarko A, Kristiono A. 2018. Nitrogen and phosphorus fertilization for groundnut in saline soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 5(4): 1307-1318.
- Tetik AH, Fallo YM. 2016. Analisis pendapatan usahatani kacang hijau di Kecamatan Wewiku Kabupaten Malaka. *Agrimor Jurnal Agribisnis Lahan Kering* 1(3): 53-54.
- Trustinah, Kasno A. 2017. Toleransi genotipe kacang tanah terhadap salinitas. Hlm. 354-363. Dalam: Sundari T *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Trustinah, Radjit BS, Prasetyaswati N, Harnowo D. 2014. Adopsi varietas unggul kacang hijau di sentra produksi. *Iptek Tanaman Pangan* 9(1): 24-38.
- Wahyuningsih S, Kristiono A, Taufiq A. 2017. Pengaruh jenis amelioran terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau di tanah salin. *Buletin Palawija* 15(2): 69-77.
- Yusuf. 2014. Pemanfaatan kacang hijau sebagai pangan fungsional mendukung diversifikasi pangan di Nusa Tenggara Timur. Hlm. 741-746. Dalam: Kasno A *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

The Effect of Steaming Time on the Textural Characteristics of Two Sweet Potatoes with Different Flesh Colors

*Pengaruh Waktu Pengukusan terhadap Karakteristik Tekstur
Dua Ubi jalar Berbeda Warna Daging Ubi*

Joko Susilo Utomo, Erliana Ginting

Indonesian Legume and Tuber crops Research Institute
Jl. Raya Kendalpayak, Po Box 66 Malang 65101, East Java, Indonesia.
*E-mail: jokosut@yahoo.com

NASKAH DITERIMA 06 AGUSTUS 2021 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 28 OKTOBER 2021

ABSTRACT

Sweet potatoes have various physical characteristics based on their flesh colors. Two selected sweet potato (SP) with white (WF) and yellow-fleshed (YF) colors were collected from local market and analyzed their textural characteristics using an Uniaxial compression and Texture Profile Analysis (TPA) test. The study was conducted at the Food Processing Technology Laboratory, Faculty of Food Science Technology, University of Putra Malaysia. All textural attributes were collected from the samples treated with steaming for 5, 10, 15 and 20 min. The moisture content of the samples were determined before and after steaming. The results showed that the moisture content of WF was lower than YF both before and after steaming, which could be declared as a typical moisture content for each flesh color. This resulted in a greater peak deformation or firmness of the fresh tuber found in WF relative to YF. Steaming SP for 5 min exhibited the “raw” properties tissue, whereas steaming for more than 10 min would generate the “cooked” tissue that significantly affected the textural characteristics. The hardness level decreased considerably along with the time of steaming and was similar for both flesh colors after 15-min steaming. The WF was less adhesive and less elastic; however, it had less chewiness than that of YF. This suggests that the use of WF as a raw material for mashed products would have advantages, such as easiness to mash, less tendency to stick with the cooking tools, and less elastic.

Keywords: flesh color, steaming, sweet potato, TPA

ABSTRAK

Ubijalar memiliki sifat fisik yang berbeda berdasarkan warna daging umbinya. Dua jenis ubijalar masing-masing mempunyai daging umbi berwarna putih dan kuning yang diperoleh dari pasar lokal, dianalisis karakteristik teksturnya menggunakan uji kompresi Uniaksial (*Uniaxial compression test*) dan Analisis Profil Tekstur (*Texture Profile Analysis* TPA). Penelitian dilakukan di Laboratorium Prosesing dan Teknologi Pangan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Putra Malaysia. Sampel dikukus selama 5, 10, 15 dan 20 menit dan selanjutnya diuji karakteristik teksturnya. Kadar air umbi segar dan umbi kukus juga diamati. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa kadar air umbi putih lebih rendah dibandingkan umbi kuning baik pada umbi segar maupun umbi setelah dikukus. Hal ini menunjukkan tipikal kadar air alami atau genetis dari masing-masing kultivar yang diuji. Perbedaan kadar air tersebut menyebabkan nilai deformasi puncak ataupun kekompakan (*firmness*) umbi segar dari ubijalar yang berwarna putih lebih besar dibandingkan dengan umbi kuning. Pengukusan umbi selama 5 menit menunjukkan karakteristik jaringan umbi yang “mentah”, sedangkan pengukusan lebih dari 10 menit menghasilkan jaringan “matang” yang berpengaruh nyata terhadap karakteristik tekstur umbi kukusnya. Tingkat kekerasan umbi menurun secara signifikan seiring dengan lama waktu pengukusan dan nilai keduanya relatif sama setelah pengukusan selama 15 menit. Umbi kukus dari kultivar ubijalar putih memiliki daya rekat dan nilai kekenyalan lebih rendah dibandingkan dengan ubijalar kuning, juga kurang elastis. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ubijalar putih sebagai bahan baku produk pasta memiliki keunggulan, antara lain mudah dihaluskan, tidak mudah lengket pada peralatan masak yang digunakan, dan elastisitasnya rendah.

Kata kunci: daging ubi, pengukusan, tekstur, ubi jalar

INTRODUCTION

Cooking is a generic term for all hydrothermal treatments. Cooked products present a large diversity of structural, sensory and functional properties according to the methods and intensity of cooking. Such effects were reported on sweet potato tubers (Bahado-Singh *et al.* 2011; Ellong *et al.* 2014; Owusu-Mensah *et al.* 2016; Ogliari *et al.* 2020), in relation to a wide characteristic variation of the flesh colors. Different heat treatment methods, such as open cooking, pressure cooking, and baking, gave different profiles of sweet potato texture (Nwosisi *et al.* 2019). Blanching sweet potato at 62°C for 30-45 min before canning was beneficial in improving sensory acceptability, and retaining firmness and wholeness of canned sweet potato (Truong *et al.* 1998). On baking, the texture profile

parameters were influenced by the storage period of tubers (Ando *et al.* 2018), whereas roots baked at 180, 200, and 230 °C were significantly less resistant to compression than at 150 °C (Losh *et al.* 1981). Controlling the pH of sweet potato strips prior to frying using acid and base treatments were reported as an attempt to increase the firmness of cooked sweet potato sticks and chips (Utomo 2009, Fadhil 2018).

The texture is an essential factor of the food quality attribute of many foods, including tuber crops. It is an important factor in consumers' perception of quality and acceptability (Tunick 2011; Sajeev *et al.* 2012; Lillford 2018). A great deal of research has been conducted on potato to explain the causes of textural differences among varieties and processed products (Fauster *et al.* 2018; Park *et al.* 2020; Halim 2020). Similar studies were also performed for sweet potato (Nafeesa *et al.* 2012; Sajeev *et al.* 2012; Laryea *et al.* 2019; Nwosisi 2019), as well as the effect of cooking, such as steaming and boiling on the texture of sweet potato (Rosanna *et al.* 2015).

Uniaxial test and Texture Profile Analysis (TPA) were employed to determine textural properties of most solid foods and to establish a correlation between instrumental and sensory measurements (Goldner *et al.* 2012; Brenner and Nishinari 2014; Li *et al.* 2020). The parameters of TPA were correlated with sensory texture attributes of restructured products from sweet potato puree (Utomo and Rahman 2015). Different cooking times may result in different texture profile characteristics of sweet potato tubers (Shaliha *et al.* 2018). The textural properties of cooked tubers also significantly vary between white, cream, and orange sweet potato (Sajeev *et al.* 2012). Therefore, this study was performed to determine the texture profile characteristics of sweet potato having yellow-fleshed and white-fleshed colors treated with different steaming times. This information would be useful for food processing industries, particularly those which use steamed and mashed sweet potato tubers as ingredients for the products.

MATERIALS AND METHODS

The yellow-fleshed (YF) and white-fleshed (WF) sweet potatoes were purchased from Pasar Borong Selangor, Malaysia. These cultivars are usually available throughout the year. The research activity was conducted at the Food Processing Technology Laboratory, Faculty of Food Science Technology, University Putra Malaysia.

A middle portion of each raw tuber was cut transversely to the long axis into 3.5 cm thick slab.

Using a cork borer with 1.35 cm diameter (No. 10, Cork borer, Ambala, India) cylindrical samples were taken from each slab. Samples were taken at the inner tissue of the tubers at an approximately 1 cm distance from the tuber skin. The cylinders were then steamed at 100 °C for 5, 10, 15, and 20 min using a universal steamer (CPC 61, Rational, Germany). The steamed cylindrical specimens were trimmed to 2.2 cm height before texture measurement.

The moisture content of both raw and cooked samples was determined using an oven method (AOAC 2005). Approximately 4 g of samples were dried at 105 °C in an aluminum cup overnight or until a constant weight was achieved. The percentage of weight loss was calculated as the moisture content. The determination was repeated three times for each individual sample.

An uniaxial compression test was performed using a Texture Analyzer TA.TX2i (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, United Kingdom). The steamed cylindrical pieces were compressed longitudinally. A cylindrical flat-end probe with 50 mm diameter (P/50 probe) was used. The constant test speed was 1 mm/s, and the compression traveled 75% of its initial height. The peak force-deformation curves were obtained for 15 replicates per sample.

Texture profile analysis (TPA) was performed using a Texture Analyzer TA.TX2i (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, United Kingdom). The instrument was fitted with a TA-50 probe (50 mm diameter cylinder). The specimens were compressed longitudinally for two cycles. The test conditions were: pre-test speed 2 mm/s, test speed 1 mm/s, post-test speed 2 mm/s, the time between two cycles 5 seconds, and degree of compression 35% of its initial height. TPA parameters were then calculated (Nishinari *et al.* 2013).

Data collection and analysis were accomplished by the EXTRAD Dimension Software that was supplied with the Texture Analyzer. For the Uniaxial compression test, the data of peak force or firmness, was obtained from the force deformation curves. Hardness, adhesiveness, springiness, and chewiness were measured by the Texture Profile Analysis (TPA) method (Nishinari *et al.* 2013).

The study was performed using the factorial completely randomized design with two factors, the first factor was the sweet potato flesh color (white and yellow), while the second factor was steaming time of 5, 10, 15, and 20 min and the study was repeated 15 times. The data collected were analyzed using an analysis of variance (ANOVA), and

significant differences among means were determined by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) using MSTAT-C statistical software.

RESULTS AND DISCUSSION

Force Deformation of Fresh Tubers

The force-deformation curve of the uniaxial compression test for two fresh sweet potato flesh colors is shown in Fig. 1. Regarding the uniaxial test, the data obtained is the peak force-deformation when the sample breaks. This value shows the force required for deforming the sample and expressed in Newton (N). The fresh sweet potato generated curves with a steep slope and a sharp peak force at fracture. The peak force-deformation of WF was found to be higher than that of YF. The maximum force needed to deform the specimen of WF was 349.36 N, whereas it was 298.15 N for YF. Sajeev *et al.* (2012) also noted a higher firmness of white-fleshed varieties (90.19-106.01 N) relative to cream-fleshed varieties (88.47-89.76 N). The differences in peak force-deformation values might be affected by moisture content or the structure of internal cell of sweet potato flesh tissue.

Fig. 1 exhibits a typical deformation pattern of rigid plant materials under loading. The fracture was the shear-type along 45° rupture plane (Truong *et al.* 1997). It has been recognized that in raw plant tissue, cell turgor pressure and cell wall strength account for tissue stiffness and the mode of failure (Singh *et al.* 2014, Nwosisi *et al.* 2019). Similar force-deformation curves and fracture type under uniaxial compression have been reported in fresh apples and potatoes (Khan and Vincent 1993). In raw sweet potato, the thickness of cell walls is about 838 nm, and it is approximately half of carrot cell walls thickness (Zhang *et al.* 2018). The cell walls show extensive

folding, and the primary cell wall consists of fibrous substructure, probably cellulose fibrils, which are loosely woven together in a pattern and embedded in an amorphous matrix (Harris and Smith 2006).

Numerous intercellular spaces were observed, and the lower the number of intercellular spaces, the lower the water filling the space, and the firmer the tissue. Sweet potatoes with high dry matter content or low moisture content (both are negatively correlated) normally have a firmer and harder texture than those with higher moisture content (Nwosisi *et al.* 2019). This fact probably supported the consequence that WF generated a higher peak force-deformation than YF due to its lower moisture content. Based on the laboratory analysis, the moisture content of WF and YF fresh tubers was 73.35% and 78.04%, respectively. Lower moisture contents in the white-fleshed varieties (70.16-73.02%) were also recorded by Sajeev *et al.* (2012) than those of the cream-fleshed varieties (76.47-76.77%), suggesting the typical moisture content of sweet potato based on the flesh color.

Moisture Content of Steamed Sweet Potato

Changes in moisture contents of both sweet potatoes treated with different steaming times are presented in Table 1.

The moisture content showed a significant difference ($P < 0.05$) between WF and YF. WF had lower moisture contents both for the fresh and steamed tubers than those of YF. Even though there was a tendency for the moisture content to increase along with the steaming time, however, the effects were not significant ($P > 0.05$) within each flesh color.

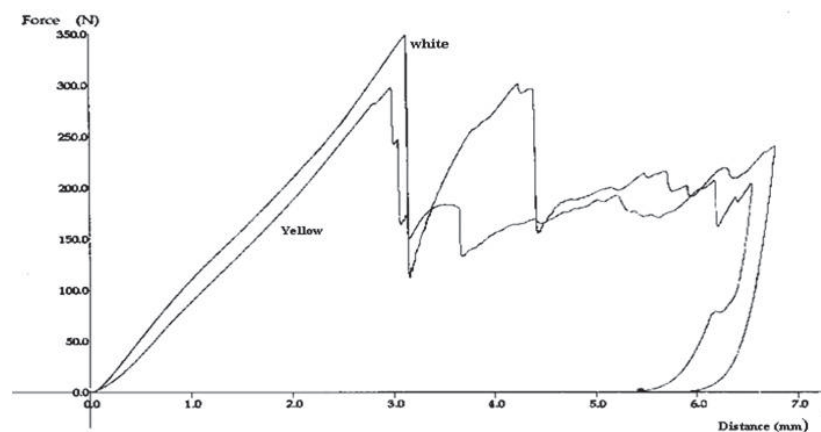


Figure 1. Force-deformation curve of uniaxial compression test for fresh sweet potato derived from two flesh colors.

Table 1. Interaction between flesh color and steaming time on moisture content and peak force deformation of steamed sweet potato

Flesh color	Steaming time (min)	Moisture (%)	Peak force deformation (N)
White (WF)	5	72.82 ^c	19.81 ^a
	10	73.59 ^c	6.98 ^c
	15	73.43 ^c	6.28 ^c
	20	74.84 ^b	5.07 ^c
Yellow (YF)	5	75.97 ^a	12.94 ^b
	10	76.95 ^a	5.09 ^c
	15	76.87 ^a	5.08 ^c
	20	76.31 ^a	4.71 ^c
CV (%)		0.77	35.67
DMRT		1.00	5.59

Means within a column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$, N = Newton

A similar pattern of moisture content during steaming was observed for both flesh colors, except after 15 min of steaming. A slight decrease in moisture content occurred during the first 5 min of steaming that might be due to evaporation, especially in the surface of the specimen that took place immediately when it was subjected to steaming. The moisture content of WF decreased from 73.35% to 72.82%, whereas it was 78.04% to 75.97% for YF. This case was in agreement with the previous study proofing that water evaporation occur during steaming, resulting in a slight increase in dry matter content of cooked sweet potato (Truong *et al.* 1997).

The increase in moisture content after 5 to 10 min of steaming indicated that hydration and gelatinization were undergoing, even though it was not significantly different ($P > 0.05$). The moisture content slightly increased, suggesting that the starch molecules continued to swell by absorbing water, and the gelatinization process was initialized (Li *et al.* 2013). The moisture content was increased by 0.77% and 0.99% for WF and YF, respectively. Steaming the sweet potato specimens for another 5 min might result in continued swelling and gelatinization of the starch granules. At the end of 15-min steaming, the moisture content was found to decrease slightly for both flesh colors. However, at the end of steaming (20 min), WF showed a significant ($P < 0.05$) change of moisture content. This condition might be due to a higher dry matter/starch or amylose content of WF than YF, thus it required more external water throughout the gelatinization process. Absorption of external water would be stopped once the cellular water was sufficient for the gelatinization process (Li *et al.* 2013).

The previous study also noted an increase in moisture content of sweet potato tuber from 75.95% to 79.65% after steaming for 10 min and becoming 83.10% after boiling for 15 min (Eke-Ejiofor and Onyeso 2019).

Peak Force-deformation of Steamed Tubers

Texture attributes of samples were evaluated by two methods of measurement *i.e.* uniaxial compression test and TPA test. Uniaxial compression test was conducted to identify the hardness of the specimens when it was compressed until completely deformed. TPA was a non-destructive compression test producing rheological characteristics of solid samples (Nishinari *et al.* 2013; Nishinari and Fang 2018). Table 1 shows the changes of peak force-deformation in the samples during steaming. The decreasing of peak force-deformation occurred after the first 5-min of the heating process, however, prolonged the steaming time to 10 min up to 20 min did not significantly ($P > 0.05$) affect the peak force-deformation for both flesh colors. WF generated a higher peak force deformation value in the first 5 min of steaming than YF. The peak force-deformation values of WF samples steamed for 10, 15, and 20 min were 3-fold lower relative to 5-min steaming, whereas it was 2.5-fold lower for YF. Incomplete gelatinization process until 5 min of steaming might be attributed to such differences; thereby, the texture of the tubers was yet firm.

The force-deformation graphs of the steamed tubers are shown in Fig. 2 and Fig. 3. The curve was dissimilar compared with that of the fresh tuber (Fig. 1). Unsharp peak force-deformation indicated that no fracture was detected, and modification of cell and tissue occurred. The heat treatment on the specimens disrupted cell integrity and cell adhesion, resulting in a decrease in tissue rigidity. Steaming for 5 min remarkably decreased the peak force-deformation, indicating that physical changes occurred. Furthermore, the peak force-deformation continuously declined until 10 min of steaming due to major changes in texture for both flesh colors. The decline in textural attributes is composed of two first-order mechanisms, a quick and a slow softening (Farahnaky *et al.* 2012, Aamir *et al.* 2013, Dekker *et al.* 2014) that is caused by a decrease in cell stiffness as starch gelatinized and the cell wall bonding is weakened due to swelling pressure. Complete deformation of cell structure is accompanied by a considerable cellular collapse and disorganization of interface cells (Sajeev *et al.* 2012; Wang and Copeland 2013; Ai and Jane 2015). The proportion of amylopectin and amylose in the tuber

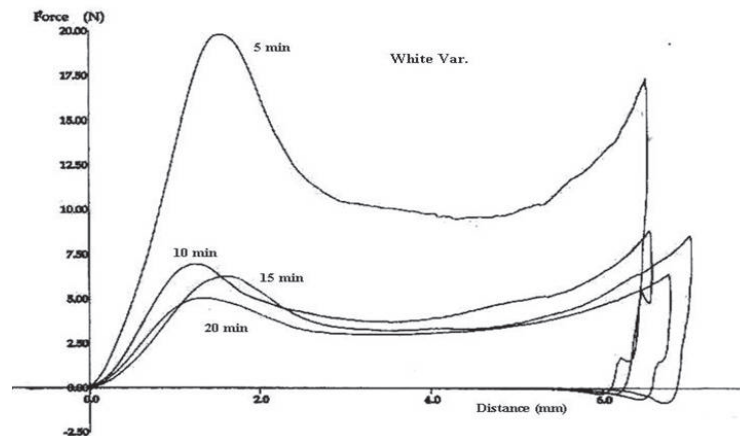


Figure 2. Force deformation curves of uniaxial compression test of WF (white flesh color) at different steaming time.

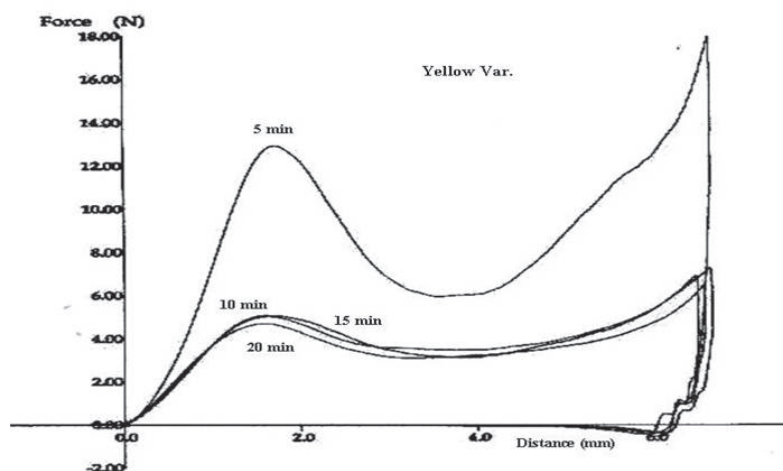


Figure 3. Force deformation curves of uniaxial compression test of YF (yellow flesh color) at different steaming time.

starch may thus account for the texture attributes in food products, including stickiness, resistance against shear stress, swelling of starch granules due to heat, solubility, tackiness, stability of gel, cold swelling, and retrogradation (Satin, 1998). Besides, the structure of starch granules is a major determinant of textural traits in the tuber and root crops (Charoenkul *et al.* 2011).

Texture Profile Analysis (TPA)

The TPA values, including hardness, adhesiveness, springiness, and chewiness of steamed tubers for 5 min up to 20 min are listed in Table 2. The interaction effects of flesh color and steaming time were significant, suggesting that both factors are essential in dictating the texture profiles of steamed sweet potato.

The hardness of both sweet potato flesh colors sharply declined during steaming. The hardness of WF was significantly ($P < 0.05$) greater than YF for the first five and 10-min steaming, however afterward no significant difference was observed. Also, steaming for 5 min showed a significant hardness

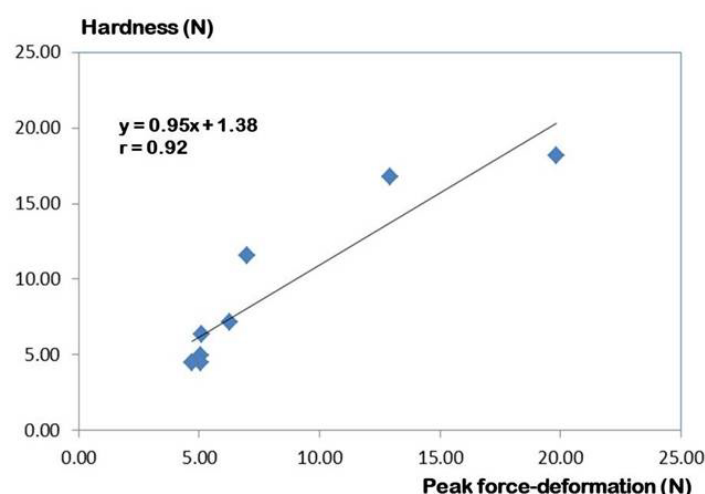
($P < 0.05$) compared to other steaming times within flesh color. The decrease in hardness was parallel with the increase in moisture content (Table 1); the lower the moisture content, the higher the hardness/firmness (Nwosisi *et al.* 2019). Nicoletto *et al.* 2018 recorded 40% decrease in firmness/hardness after steaming the fresh tubers for 30-35 min. Greater hardness values relative to this study finding were noted for white and cream flesh colors originated from Kerala, India, c.a. 17.23-26.84 N and 9.36-16.06 N, respectively after 20 min-steaming (Sajeev *et al.* 2012). In the present study, a positive correlation ($r = 0.92$) between hardness and peak force-deformation was obtained, suggesting considerable textural changes of the tubers during the steaming process (Fig. 4). Yoon *et al.* 2018 revealed a positive correlation between the hardness of the cooked sweet potato tubers with the starch content ($r = 0.64$).

The adhesiveness changes were affected by different steaming times for both flesh colors. YF showed significantly greater adhesiveness ($P < 0.05$) than that of WF, particularly after 10 min and 20-

Table 2. Interaction between flesh color and steaming time on texture profile of steamed sweet potato

Flesh color	Steaming time (min)	Hardness (N)	Adhesiveness (Ns)	Springiness (%)	Chewiness (N)
White (WF)	5	18.17 ^a	0.073 ^d	91 ^a	294.01 ^b
	10	11.55 ^b	0.104 ^d	83 ^{cd}	201.65 ^c
	15	7.18 ^c	0.143 ^{cd}	82 ^{cd}	120.47 ^{cd}
	20	4.96 ^c	0.129 ^{cd}	80 ^d	69.22 ^d
Yellow (YF)	5	16.78 ^a	0.136 ^{cd}	86 ^{ab}	321.30 ^a
	10	6.35 ^c	0.201 ^{bc}	90 ^a	155.91 ^c
	15	4.48 ^c	0.264 ^{ab}	88 ^a	114.25 ^{cd}
	20	4.48 ^c	0.287 ^a	86 ^{ab}	115.38 ^{cd}
CV (%)		33.67	16.70	50.08	54.24
DMRT		2.78	0.09	7.45	60.77

Mean within a column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$. N = Newton, Ns = Newton second

**Figure 4.** Correlation between hardness and peak force-deformation of two sweet potato flesh colors at different steaming time.

min steaming, while it was similar for 5 and 10-min steaming. The adhesiveness of YF increased significantly ($P < 0.05$) during steaming. In contrast, it was not significant for WF, even though the values tended to increase when steamed for 10 min and 15 min and decreased at 20 min (Table 2). Adhesiveness was defined as “the work necessary to overcome the attractive forces between the surface of the samples and the surface of other materials with which the sample comes in contact” (Nishinari *et al.* 2019). In terms of sweet potato, adhesiveness relates with the stickiness of the tuber surface after cooking as a result of starch gelatinization. The level of adhesiveness might be linked to the dry matter content (Nicolette *et al.* 2018), which is associated with the components of starch (amylose and amylopectin). This may group sweet potato as dry or mealy, intermediate, and moist after cooking (Truong *et al.* 1997). The increase in adhesiveness was in line with the steaming time following the step of the gelatinization process. Negative adhesiveness values were reported by Sajeev *et al.* (2012) for white and cream flesh colors that ranged from

-0.23 Ns up to -0.63 Ns and -0.33 Ns up to -0.47 Ns, respectively, suggesting that multiple breaks or fractures occurred, and no inherent stickiness was detected, thus giving a negative value of adhesiveness (Nishinari *et al.* 2019). The negative adhesive value written in this case may be due to the TPA adhesiveness image, which is depicted at the bottom of the X axis. However, the adhesiveness value is an absolute power required to remove the sample from the probe surface; thus the negative sign can be ignored.

Springiness relates to “how well a product springs back after it has been deformed or to its undeformed condition after the deforming force is removed”, which indicates the elasticity of the product (Razavi and Karazhiyan 2012; Zhu and Sun 2019). Steaming for 5 min up to 20 min obviously had no significant effect ($P > 0.05$) on springiness, particularly for the YF, while the effect was only seen at 5 min-steaming for WF (Table 2). Springiness did not differ for each flesh color when steamed for 10 min up to 20 min. This may relate to the gelatinization

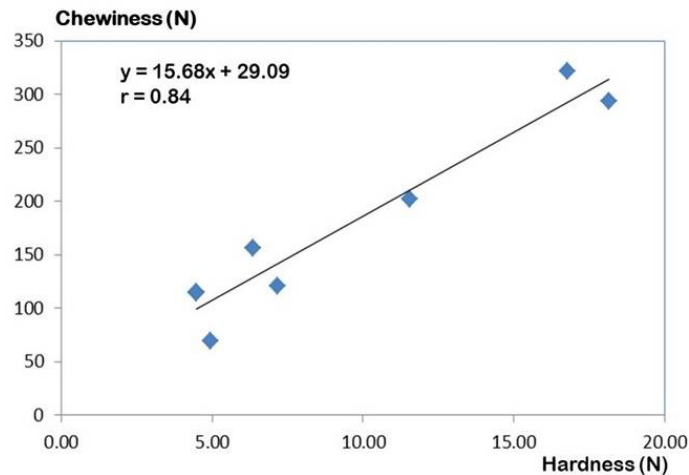


Figure 5. Correlation between chewiness and hardness of two sweet potato flesh colors at different steaming time.

process that occurred after 5 min of steaming. Furthermore, prolonged steaming time caused no significant change in moisture content, except it slightly increased at 20 min-steaming for WF (Table 1). This resulted in no significant differences noted in springiness (Table 2). Sajeev *et al.* (2012) also reported a similar springiness for both white and cream sweet potato varieties that ranged from 91.9-96.4%, slightly greater than the values obtained at the present study.

The chewiness was measured as the energy required masticating a solid food involving compressing, shearing, piercing, grinding, tearing, and cutting (Sajeev *et al.* 2012). The chewiness of both WF and YF was significantly ($P < 0.05$) affected by the time of steaming (Table 2). Table 2 shows that the chewiness of WF decreased almost linearly during steaming, while it declined sharply for the first of 10 min for YF and slightly went down thereafter. Chewiness is a mathematical calculation of hardness, cohesiveness and springiness. In this study, chewiness was highly affected by hardness ($r = 0.84$), as presented in Fig 5, and hardness is closely related to moisture content of the steamed tubers as discussed previously. Smaller values of chewiness were previously reported in white and cream flesh colors, c.a. 4.56-5.89 and 1.80-4.21, respectively (Sajeev *et al.* 2012).

CONCLUSIONS

Both white (WF) and yellow (YF) sweet potato flesh colors exhibited different textural characteristics. The moisture content of WF was lower than YF, which could be declared as typical moisture content for both flesh colors. Steaming of the tubers for 5 min performed the “raw” properties tissue, whereas steaming for more than 10 min would generate “cooked” tissue that significantly affected the textural

characteristics. The level of hardness decreased considerably along with the time of steaming and was similar for both flesh colors after 15-min steaming. The WF was less adhesive and less elastic but was less chewiness than YF. The use of WF as a raw material for mashed products would give several advantages, such as easiness to mash, less tendency to stick with the cooking tools, and low elasticity.

REFERENCES

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. Vol. I. Agricultural Chemicals, Contaminants, Drugs. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Aamir M, Ovissipour M, Sablani SS, Rasco B. 2013. Predicting the quality of pasteurized vegetables using kinetic models: a review. International Journal of Food Science article ID 271271, 29 pp.
- Ai Y, Jane JL. 2015. Gelatinization and rheological properties of starch. Starch/Stärke 67(3-4):213-224.
- Ando T, Yasuda M, Hisaka H. 2018. Effect of storage period on free sugar and starch contents of six sweet potato varieties with different taste on baking, and quantification of sweetness and texture. Horticultural Research (Japan) 17(4):449-457.
- Bahado-Singh PS, Riley CK, Wheatley AO, Lowe HI. 2011. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars commonly consumed in Jamaica. Journal of Nutrition and Metabolism 2011, Article ID 584832, 6 pp. doi:10.1155/2011/584832
- Brenner T, Nishinari K. 2014. A note on instrumental measures of adhesiveness and their correlation with sensory perception. Journal of Texture Studies 45(1):74-79.
- Charoenkul N, Uttapap D, Pathipanawat W, Takeda Y. 2011. Physicochemical characteristics of starches and

- flours from cassava varieties having different cooked root textures. *LWT -Food Science and Technology* 44(8): 1774–1781.
- Dekker M, Dekkers E, Jasper A, Baár C, Verkerk R. 2014. Predictive modelling of vegetable firmness after thermal pre-treatments and steaming. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 25:14-18. doi: 10.1016/j.ifset.2013.10.015
- Eke-Ejiofor J, Onyeso BU. 2019. Effect of processing methods on the physicochemical, mineral and carotene content of orange fleshed sweet potato (OFSP). *Journal of Food Research* 8(3):50-58.
- Ellong EN, Billard C, Adenet S. 2014. Comparison of physicochemical, organoleptic and nutritional abilities of eight sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food and Nutrition Sciences* 5(2):196-211.
- Fadhil R., Nurba D. 2018. Penilaian organoleptik keripik ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) pasca penggorengan menggunakan metode non-numeric MP-MCDM. *Jurnal Keteknik Pertanian* 6(2):165-170.
- Farahnaky A., Azizi R, Gavahian M. 2012. Accelerated texture softening of some root vegetables by Ohmic heating. *Journal of Food Engineering* 113(2):275-280.
- Fauster T, Schlossnikl D, Rath F, Ostermeier R, Teufel F, Toepfl S, Jaeger H. 2018. Impact of pulsed electric field (PEF) pretreatment on process performance of industrial French fries production. *Journal of Food Engineering* 235:16-22. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.04.023
- Goldner MC., Pérez OE, Pilosof AM, Armada M. 2012. Comparative study of sensory and instrumental characteristics of texture and color of boiled under-exploited Andean tubers. *LWT -Food Science and Technology* 47(1):83-90.
- Halim L. 2020. Aplikasi *pre-heating* dan *edible coating* untuk peningkatan kualitas keripik kentang varietas Granola. [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang.
- Harris PJ, Smith BG. 2006. Plant cell walls and cell wall polysaccharides: structures, properties and uses in food products. *International Journal of Food Science and Technology* 41:129-143.
- Khan AA, Vincent JFV. 1993. Compressive stiffness and fracture properties of apple and potato parenchyma. *Journal of Texture Studies* 24(4):423-435.
- Laryea D, Koomson D, Oduro I, Carey E. 2019. Evaluation of 10 genotypes of sweet potato for fries. *Food Science and Nutrition* 7(2):589-598.
- Li Q, Xie Q, Yu S, Gao Q. 2013. New approach to study starch gelatinization applying a combination of hot-stage light microscopy and differential scanning calorimetry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(6):1212-1218.
- Li P, Wu G, Yang D, Zhang H, Qi X, Jin Q, Wang X. 2020. Applying sensory and instrumental techniques to evaluate the texture of French fries from fast food restaurant. *Journal of Texture Studies* 51(3):521-531.
- Lillford P 2018. Texture and breakdown in the mouth: An industrial research approach. *Journal of Texture Studies* 49(2):213-218.
- Losh JM, Phillips JA, Axelson JM, Schulman RS. 1981. Sweet potato quality after baking. *Journal of Food Science* 46(1):283-290.
- Nafeesa A, Kolawole OF, John OA. 2012. Effect of cultivar on quality attributes of sweet potato fries and crisps. *Food and Nutrition Sciences* 3(2), Article ID: 17523, 9 pp. doi: 10.4236/fns.2012.32033
- Nicoletto C, Vianello F, Sambo P. 2018. Effect of different home cooking methods on textural and nutritional properties of sweet potato genotypes grown in temperate climate conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(2):574-581.
- Nishinari K, Kohyama K, Kumagai H, Funami T, Bourne MC. 2013. Parameters of texture profile analysis. *Food Science and Technology Research* 19(3):519-521.
- Nishinari K, Fang Y. 2018. Perception and measurement of food texture: Solid foods. *Journal of Texture Studies* 49(2):160-201.
- Nishinari K, Fang Y, Rosenthal A. 2019. Human oral processing and texture profile analysis parameters: Bridging the gap between the sensory evaluation and the instrumental measurements. *Journal of Texture Studies* 50(5):369-380.
- Nwosisi S, Nandwani D, Ramasamy RAVY. 2019. Texture profile analysis of organic sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars as affected by different thermal processing methods. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences* 3(2):93-100.
- Ogliari R, Soares JM, Teixeira F, Schwarz K, da Silva KA, Schiessel DL, Novello D. 2020. Chemical, nutritional and sensory characterization of sweet potato submitted to different cooking methods. *International Journal of Research-GRANTHAALAYAH* 8(10):147-156.
- Owusu-Mensah E, Carey EE, Oduro I, Ellis WO. 2016. Cooking treatment effects on sugar profile and sweetness of eleven-released sweet potato varieties. *Journal of Food Processing and Technology* 7(4), Article ID 1000580, 6 pp. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7110>.
- Park EY, Moon JH, Park HY, Lee HJ, Kim JY. 2020. Effect of thermal shock cycling on storage stability and quality of fresh-cut potato. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Food Science and Technology* 121, 108972, 8 pp. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108972

- Razavi SM, Karazhiyan H. 2012. Rheological and textural characteristics of date paste. *International Journal of Food Properties* 15(2):281-291.
- Rosanna, Oktora Y, Ahza AB, Syah D. 2015. Preheating improve the crispness of cassava and sweet potato chips. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 26(1):72-79.
- Sajeev MS, Sreekumar J, Vimala B, Moorthy SN, Jyothi AN. 2012. Textural and gelatinization characteristics of white, cream, and orange fleshed sweet potato tubers (*Ipomoea batatas* L.). *International Journal of Food Properties* 15(4):912-931.
- Satin M. 1998. Functional properties of starches. In *Spotlight tropical starch misses market*. AGSI report, Agriculture 21: 1-9. *FAO-Magazine* p.11.
- Shaliha LA, Abduh SBM, Hintono A. 2018. Aktivitas antioksidan, tekstur dan kecerahan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) yang dikukus pada berbagai lama waktu pemanasan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6(4):141-144.
- Singh OF, Katiyar VK, Singh BP. 2014. Analytical study of turgor pressure in apple and potato tissues. *Postharvest Biology and Technology* 89:44-48. doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.11.007
- Truong VD, Hamman DD, Walter Jr WM. 1997. Relationship between instrument and sensory parameters of cooked sweet potato texture. *Journal of Texture Studies*. 28(2):163-185.
- Truong VD, Walter Jr WM, Bett KL. 1998. Textural properties and sensory quality of processed sweetpotatoes as affected by low temperature blanching. *Journal of Food Science* 63(4):739-743.
- Tunick MH. 2011. Food texture analysis in the 21st century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(5):1477-1480.
- Utomo JS. 2009. Sweet potato as a food crop. *Buletin Palawija* No. 17:19-28.
- Utomo JS, Rahman RA. 2015. Physical and chemical properties of restructured sweet potato stick from three sweetpotato cultivars. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology* 5(1):16-22.
- Wang S, Copeland L. 2013. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. *Food and Function* 4(11):1564-1580.
- Yoon H, No J, Kim W, Shin M. 2018. Textural character of sweet potato root of Korean cultivars in relation to chemical constituents and their properties. *Food Science and Biotechnology* 27(6):1627-1637.
- Zhang Z, Wei Q, Nie M, Jiang N, Liu C, Liu C, Liu C, Li D, Xu L. 2018. Microstructure and bioaccessibility of different carotenoid species as affected by hot air drying: Study on carrot, sweet potato, yellow bell pepper and broccoli. *LWT -Food Science and Technology* 96:357-363.
- Zhu F, Sun J. 2019. Physicochemical and sensory properties of steamed bread fortified with purple sweet potato flour. *Food Bioscience* 30, Article ID 100411, 38 pp. doi: 10.1016/j.fbio.2019.04.012

Keragaan Fisiologis dan Morfologis Dua Varietas Kedelai Asal Subtropis dan Tropis akibat Cekaman Kekeringan

Physiological and Morphological Performance of Two Soybean Cultivars with Subtropical and Tropical Origins under Drought Treatment Grown In Tropical Zone

Mochamad Arief Soleh*, Ranu Manggala, Muhamad Kadapi

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran,
Jalan Raya Bandung-Sumedang km 21, Jatinangor 45363, Indonesia

*E-mail: m.arief@unpad.ac.id

NASKAH DITERIMA 24 FEBRUARI 2021 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 30 OKTOBER 2021

ABSTRAK

Strategi untuk memperbaiki sifat pertumbuhan tanaman adalah dengan melakukan penelusuran sifat tumbuh tanaman baik secara morfologi dan fisiologi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keragaan pertumbuhan varietas kedelai asal subtropis yaitu Tambaguro dengan kedelai asal tropis yaitu Anjasmoro pada kondisi tercekam kekeringan. Percobaan pot dilakukan di daerah tropis di Kelurahan Pasirwangi, Ujung Berung, Bandung. Tinggi tanaman kedelai varietas Tambaguro berkisar 12 cm pada umur 2 minggu setelah tanam (MST) sampai 29 cm pada umur 6 MST, sedangkan tinggi tanaman varietas Anjasmoro berkisar 10 cm pada 2 MST sampai 32 cm pada 6 MST. Tampilan konduktansi stomata untuk kedua varietas mengalami penurunan seiring dengan umur tanaman (2-6 MST) yaitu berkisar 1042-1094 mmol/m²-s untuk Tambaguro dan 892-1319 mmol/m²-s untuk Anjasmoro. Varietas Tambaguro tumbuh lebih tinggi daripada Anjasmoro pada awal masa pertumbuhan, varietas Anjasmoro sebaliknya tumbuh lebih tinggi pada umur lanjut. Respons konduktansi stomata dan fluoresensi klorofil pada varietas Tambaguro lebih baik dibandingkan dengan Anjasmoro pada semua umur pengamatan. Pada kondisi tercekam kekeringan, tampilan fisiologis kedua varietas cenderung sama. Hal ini menunjukkan adanya potensi genetik varietas Tambaguro untuk dibudidayakan di daerah tropis dan juga memiliki keunggulan berbiji besar.

Kata kunci: fisiologi, kedelai subtropis, kedelai tropis, kekeringan, morfologi

ABSTRACT

In terms of improving the crop growth, it is essential to morphologically and physiologically evaluate the growth traits. This study aimed to observe two soybean cultivars originated from subtropical and tropical regions, namely Tambaguro and Anjasmoro, respectively which was grown under drought stress. The experiment was conducted in the tropical area i.e., Pasirwangi Village, Ujung Berung Bandung using plastic pots. The plant height of Tambaguro ranged from 12 cm at 2 weeks after sowing (WAS) to 29 cm at 6 WAS, meanwhile the plant height of Anjasmoro ranged from 10 cm at 2 WAS to 32 cm

at 6 WAS. The stomatal conductance performances of both cultivars tended to decrease along with the plant age (2-6 WAS) that was around 1042 to 1094 mmol/m²-s for Tambaguro and 892 to 1319 mmol/m²-s for Anjasmoro. Tambaguro grew higher than that of Anjasmoro at early growth stages, however it gave lower growth at the later stage. The response of stomatal conductance and chlorophyll fluorescence as the representative of physiological performances of Tambaguro cultivar were better than those of Anjasmoro at all growth stages observed, while they were similar under drought stress condition. This suggests that Tambaguro cultivar has genetic potential to be cultivated in tropical region with an advantage of large-seeded.

Keywords: morphology, physiology, subtropical soybean, tropical soybean

PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai sebagai bahan pangan terus mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari volume impor kedelai pada tahun 2018 sebesar 2,58 juta ton meningkat menjadi 2,67 juta ton pada tahun 2019 (BPS 2020). Sementara itu produksi kedelai nasional pada tahun 2019 hanya mencapai 0,42 juta ton (Kementan 2020), dan masih sangat jauh dari kebutuhan nasional. Pada Rencana Strategis 2020-2024 Kementerian Pertanian Republik Indonesia, dicanangkan program peningkatan produksi kedelai sebesar 0,51 juta ton pada tahun 2021, dan 0,63 juta ton pada tahun 2024 (Kementan 2020). Berbagai upaya telah dilakukan, termasuk revitalisasi produktivitas kedelai lokal dengan cara ekstensifikasi dan intensifikasi budidaya tanaman kedelai. Menurut FAO produktivitas tanaman kedelai di Indonesia hanya berada di urutan ke-53 yakni berkisar 1,4 t/ha dan lebih kecil dari negara produsen kedelai seperti Amerika (2,8 t/ha), terlebih bila dibandingkan dengan negara Turki yang memiliki rata-rata produktivitas kedelai tertinggi di dunia yaitu 3,7 t/ha (Kementan 2013).

Salah satu masalah yang dihadapi dalam meningkatkan produktivitas kedelai di Indonesia adalah ketersediaan benih unggul (Kementan 2020). Benih unggul merupakan bahan tanam yang harus diperhatikan dalam praktek budidaya tanaman sehingga mampu memberikan kuantitas dan kualitas hasil panen yang baik. Kedelai dikenal sebagai tanaman pangan yang berasal dari daerah beriklim sedang (subtropik) dan pertama kali didomestikasi di daerah timur laut China (Sedivy *et al.* 2017). Melihat produktivitas kedelai yang awal mula berkembang di daerah iklim subtropik seperti Jepang misalnya, maka dapat dipastikan keunggulan genetik kedelai di daerah tersebut menjadi hal utama yang berkaitan dengan hasil. Saat ini produktivitas kedelai di Jepang mencapai 1,7 t/ha (Makita 2016), dan lebih tinggi dari produktivitas kedelai di Indonesia.

Perbedaan iklim di wilayah tropik dan subtropik pada musim tanam kedelai adalah dalam hal suhu dan panjang hari (*photo period*). Panjang hari di wilayah subtropik lebih lama dari pada panjang hari di wilayah tropik. Hal ini akan berpotensi menjadi hambatan untuk program introduksi secara langsung sumber daya genetik tanaman kedelai subtropik ke wilayah tropik, terlebih suhu ini akan berpotensi menurunkan hasil panen tanaman kedelai (Nakagawa *et al.* 2020 and Thomey *et al.* 2020).

Keunggulan genetik tanaman perlu diperbaiki dalam rangka menghadapi cekaman abiotik yang sering muncul di pertanaman khususnya kedelai sehingga mampu memperkecil kehilangan hasil panen. Keunggulan sifat tanaman dapat dilihat dari keragaan pertumbuhan morfologis dan fisiologisnya. Sifat pertumbuhan morfologi mencerminkan daya adaptasi tanaman terhadap lingkungan tumbuh sehingga dikenal istilah tanaman toleran dan rentan terhadap cekaman abiotik tertentu. Kondisi kekeringan pada tanaman akan mengubah sistem metabolisme dalam tubuh tanaman sebagai upaya mempertahankan diri dari kematian (*self-defense*). Penggunaan varietas unggul berpotensi untuk meningkatkan produktivitas, terutama untuk mengatasi kondisi lahan kering. Oleh karena itu, diperlukan penanaman varietas unggul yang adaptif terhadap cekaman kekeringan (Reynolds *et al.* 2011; Serraj *et al.* 2011; Chapman *et al.* 2012).

Salah satu respons tanaman menghadapi cekaman kekeringan adalah kemampuan membuka dan menutup stomata (konduktansi stomata) sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung dengan baik (Guerrieri *et al.* 2019). Tanaman yang memiliki tampilan fisiologis yang baik adalah yang memiliki nilai konduktansi stomata tinggi, baik dalam

keadaan normal atau tercekam yang menandakan tanaman berpotensi menjadi tanaman toleran terhadap cekaman. Salah satu respons tanaman bila mengalami cekaman kekeringan adalah dengan cara menutup stomata (Soleh *et al.* 2018).

Penutupan stomata dilakukan tanaman sebagai upaya untuk mengurangi transpirasi air yang berpengaruh pada proses fisiologis dan metabolisme seperti terjadinya penurunan laju fotosintesis akibat turunnya fiksasi CO₂ ke dalam daun (Kruse 2019). Peristiwa ini akan menurunkan aktivitas di fotosistem II yang disebut Fv/Fm yaitu perbandingan antara fluorensi maksimum dan fluorensi minimum dari daun yang diadaptasikan dalam kondisi gelap (tidak terpapar cahaya) (Ruban 2016). Nilai Fv/Fm menandakan tanaman tersebut dalam keadaan sehat atau tercekam, secara umum nilai Fv/Fm tanaman sehat adalah di atas 0,7 (Bolhàr-Nordenkamp *et al.* 1989). Hal ini menandakan tanaman dapat melangsungkan aktivitas fotosintesis dengan baik. Semakin rendah nilai Fv/Fm maka tanaman dalam kondisi tercekam atau sakit.

Untuk mendapatkan informasi yang akurat pertumbuhan kedelai subtropik yang ditanam di wilayah tropik, telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk membandingkan dan mengamati respons pertumbuhan dan fisiologis dua kedelai yang berasal dari tropik (Anjasmoro) dan subtropik (Tambaguro). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat perihal respons fisiologis kedua jenis kedelai tersebut untuk program pemuliaan tanaman kedelai di masa depan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian menggunakan kedelai nasional yaitu varietas Anjasmoro, dan kedelai subtropis asal Jepang yaitu Tambaguro. Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Pasirwangi Ujung Berung (6°54'5"S 107°42'11"E ketinggian 760 m dpl) pada bulan Juni-Agustus 2020. Suhu rata-rata harian selama penelitian adalah 22,1°C dengan kelembaban relatif harian sebesar 78%. Benih kedelai ditanam dalam pot plastik berukuran 20×15 cm. Tiap pot ditanam 3 benih kedelai, setelah tumbuh disisakan satu tanaman. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah Andosol dan pupuk organik padat dengan perbandingan 2:1. Pupuk dasar NPK dengan dosis 7 g per pot diberikan pada saat tanam.

Pengamatan respons fisiologis tanaman dilakukan menggunakan porometer (Decagon Devices Inc., USA) untuk mengukur konduktansi stomata, dan chlorophyll fluorescence meter (Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., UK) untuk mengukur Fv/Fm atau tingkat fluoresensi klorofil daun.

Pengamatan morfologis tanaman yaitu tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua perlakuan varietas. Tiap varietas ditanam sebanyak lima tanaman dan diulang tiga kali sehingga total per varietas adalah 15 tanaman. Perbedaan respons antara dua varietas diuji menggunakan uji t pada taraf nyata 5%. Pengukuran konduktansi stomata dan Fv/Fm dilakukan pada umur tanaman 4 – 6 minggu setelah tanam (MST) pada daun tengah trifoliolate ke-2 atau ke-3 dari atas. Pengukuran tinggi tanaman, jumlah daun trifoliolate dan jumlah ruas batang dilakukan pada umur 2-6 MST.

Pengamatan tingkat cekaman kekeringan yaitu dengan membiarkan tanaman contoh tidak disiram selama 3 hari kemudian diamati respons kurva Fv/Fm dengan pencahayaan mulai dari 0, 50, 500, 1000, dan 1500 PPFD (*Photosynthetically Photon Flux Density*). Sebelum diberi cahaya tersebut, daun diadaptasikan dalam kondisi gelap dengan memakai penjepit alat chlorophyll *fluorescence meter* selama 5 menit.

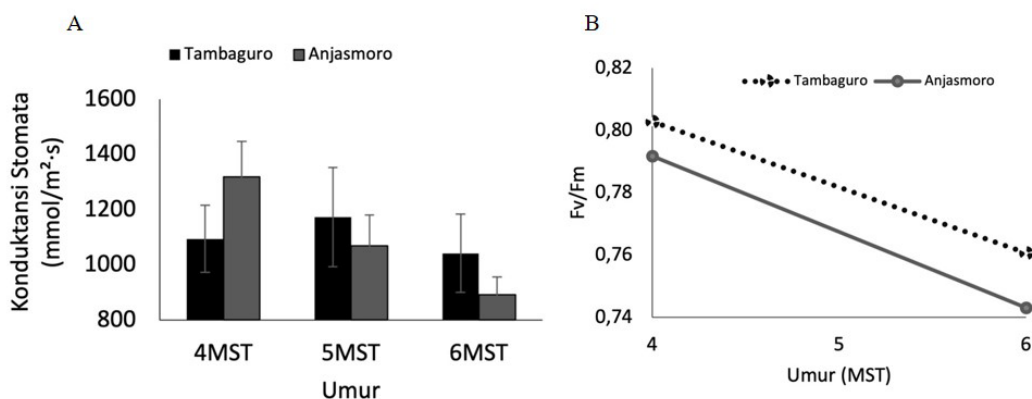
HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons Fisiologis Tanaman

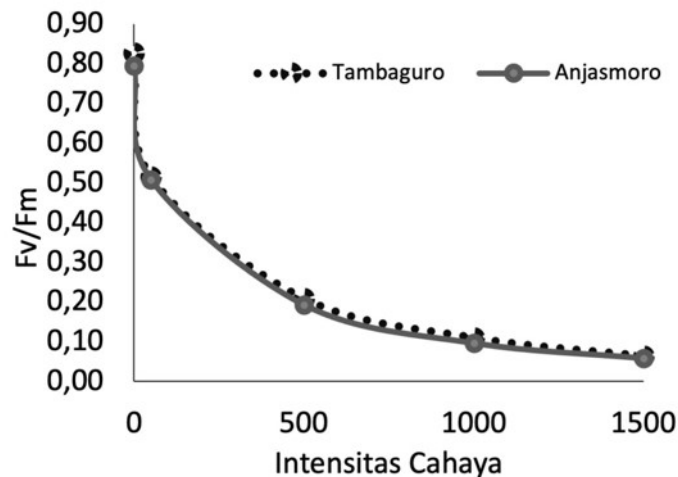
Hasil pengamatan respons fisiologis kedua varietas kedelai menunjukkan nilai konduktansi stomata pada 4, 5, dan 6 MST cenderung menurun yaitu, 1094, 1173, dan 1042 mmol/m²·s untuk varietas Tambaguro. Sedangkan untuk varietas Anjasmoro yaitu 1319, 1069, dan 892 mmol/m²·s (Gambar 1a). Nilai Fv/Fm pada 4 dan 6 MST adalah 0,80 dan 0,76 untuk varietas Tambaguro dan 0,79 dan 0,74 untuk varietas Anjasmoro. Nilai Fv/Fm varietas Tambaguro lebih tinggi dari varietas Anjasmoro (Gambar 1b).

Kurva respons Fv/Fm dalam kondisi tercekam kekeringan selama 3 hari pada umur 6 MST menunjukkan varietas Tambaguro memperlihatkan nilai Fv/Fm sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Anjasmoro ketika mendapatkan pencahayaan sebesar 0-1500 PPFD. Namun, secara umum nilai Fv/Fm ini menurun seiring dengan meningkatnya intensitas pencahayaan (Gambar 2).

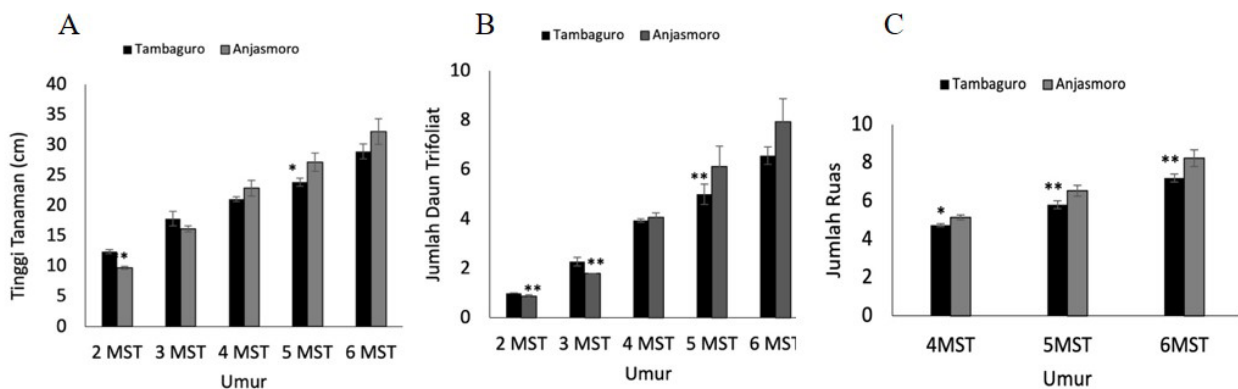
Respons fisiologi konduktansi stomata varietas Tambaguro lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Anjasmoro khususnya pada umur 5 dan 6 MST. Hal ini memperlihatkan kecenderungan respons fisiologi dari kedelai asal subtropik Tambaguro yang masih dapat memberikan nilai lebih tinggi dari varietas kedelai Anjasmoro. Respons konduktansi stomata yang cenderung menurun kemungkinan disebabkan aktivitas metabolisme tanaman semakin berkurang seiring umur tanaman, atau terdapat cekaman lingkungan yang tidak terduga seiring pertumbuhan akar tanaman yang memanjang mendekati dasar pot sehingga akar tanaman terpapar suhu lebih tinggi (>28 °C). Sifat konduktansi stomata ini merupakan sifat utama tanaman yang penting untuk diperhatikan mengingat stomata merupakan gerbang keluar-masuknya gas-gas seperti CO₂ yang sangat penting untuk proses fotosintesis. Nilai konduktansi stomata berhubungan erat dengan laju fotosintesis (Soleh *et al.* 2016; 2017). Aktivitas stomata bahkan berhubungan pula dengan kemampuan tanaman menghindari cekaman air sehingga efisiensi penggunaan air dapat diatur dengan baik (Lawson and Blatt 2014). Tanaman yang memiliki nilai konduktansi stomata relatif tinggi dalam keadaan normal dan atau cekaman menandakan potensi genetik tanaman yang mengarah pada sifat toleran terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan.



Gambar 1. Respons konduktansi stomata (A) dan Fv/Fm (B) dua kultivar kedelai yaitu Tambaguro dan Anjasmoro. Garis vertikal pada diagram batang merupakan standar error.



Gambar 2. Kurva Fv/Fm pada beberapa intensitas cahaya yang berbeda 0-1500 PPFD dari tanaman kedelai kultivar Tambaguro dan Anjasmoro pada kondisi cekaman kekeringan.



Gambar 3. Respons tinggi tanaman (A), jumlah daun trifoliolate (B), dan jumlah ruas (C) kedelai kultivar Tambaguro dan Anjasmoro. Garis vertikal di tengah diagram batang merupakan standar error. Tanda * dan ** merupakan signifikan pada taraf 5% dan 1% pada uji t.

Nilai Fv/Fm kedua varietas pada umur 4 dan 6 MST menunjukkan nilai yang baik yaitu $>0,7$ yang menandakan tanaman dalam keadaan sehat fisiologis (Bolh r-Nordenkampf *et al.* 1989), walaupun demikian nilai Fv/Fm varietas Tambaguro lebih tinggi dari varietas Anjasmoro. Nilai Fv/Fm merupakan parameter fisiologis tanaman yang sangat baik untuk mengukur tingkat cekaman abiotik. Kedua varietas menunjukkan kurva Fv/Fm sama baiknya, meskipun varietas Tambaguro sedikit lebih tinggi. Perbedaan lingkungan tumbuh kedelai antara subtropik dan tropik secara umum akan berdampak pada pertumbuhan dan aktivitas fisiologis tanaman. Di wilayah subtropik, panjang hari di musim tanam lebih panjang beberapa jam dibandingkan dengan wilayah tropik. Selain itu, wilayah subtropik cenderung memiliki suhu harian dan kelembababan lebih tinggi pada musim panas dibandingkan wilayah tropik. Perbedaan kondisi lingkungan ini nampaknya tidak terlalu ber-

pengaruh terhadap tampilan respons fisiologis kedelai Tambaguro. Hal ini menandakan potensi genetik yang baik untuk dijadikan referensi bagi perakitan tanaman kedelai.

Respons Morfologis Tanaman

Tinggi tanaman kedelai pada umur 2–6 MST berkisar antara 12,4–28,9 cm untuk varietas Tambaguro dan 9,7–32,2 cm untuk varietas Anjasmoro. Pada umur 2 MST atau fase pertumbuhan awal (V3), tinggi tanaman varietas Tambaguro nyata lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Anjasmoro. Sebaliknya, pada umur 5 MST atau vegetatif akhir tinggi tanaman varietas Anjasmoro lebih tinggi dari varietas Tambaguro (Gambar 3a). Respons tinggi tanaman ini sama dengan yang terjadi untuk parameter jumlah daun trifoliolate dimana jumlah daun trifoliolate varietas Tambaguro pada umur 2 MST lebih banyak dibandingkan varietas Anjasmoro, tetapi pada umur 5 MST respons jumlah daun

ini terjadi sebaliknya (Gambar 3b). Jumlah ruas pada umur 4 dan 5 MST untuk varietas Tambaguro lebih sedikit dibandingkan dengan varietas Anjasmoro (Gambar 3c).

Tampilan morfologis berupa tinggi tanaman, jumlah daun dan ruas tanaman kedelai varietas Tambaguro secara umum memperlihatkan respons lebih rendah dari varietas Anjasmoro pada umur 4-6 MST, sedangkan pada awal tumbuh (2-4 MST) respons tinggi dan jumlah daun trifoliat varietas Tambaguro secara nyata sedikit lebih tinggi dari varietas Anjasmoro khususnya pada 2 dan 3 MST. Pada awal tumbuh varietas Tambaguro mengalami akselerasi pertumbuhan yang baik sehingga kecepatan tumbuh terlihat lebih baik dari Anjasmoro. Namun melihat asalnya Tambaguro yaitu daerah subtropik, maka pada umur lanjut yaitu pengamatan 4-6 MST kondisi lingkungan mungkin mempengaruhi kecepatan tumbuh varietas Tambaguro, sehingga respons pertumbuhan melambat dibandingkan dengan varietas Anjasmoro yang merupakan jenis kedelai tropik dan sudah beradaptasi dengan lingkungan tumbuh.

KESIMPULAN

Respons fisiologis tanaman kedelai varietas Tambaguro terhadap cekaman kekeringan lebih baik dari varietas Anjasmoro, sehingga varietas ini berpotensi untuk dijadikan referensi genetik dalam merakit varietas unggul di masa depan. Penelitian ke depan perlu dilakukan untuk menguji hasil panen tanaman kedelai Tambaguro, sehingga dapat menyimpulkan yang lebih jelas kaitan sifat fisiologis dengan komponen hasil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih banyak kepada Prof. Tatsuhiko Shiraiwa dari Kyoto University yang telah memberikan benih kedelai Tambaguro untuk dijadikan bahan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Nakagawa AC, Ario N, Tomita Y, Tanaka S, Murayama N, Mizuta C, Iwaya-Inoue M, Ishibashi Y. 2020. High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Production Science* 23(4): 504-512

Bolh r-Nordenkamp HR, Long SP, Baker NR,  quist G, Schreider UL, Lechner EG. 1989. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. *Functional Ecol.* 3:497- 514.

BPS. 2020. Import kedelai menurut negara asal utama, 2010-2019. <https://www.bps.go.id/statistictable/2019/02/14/2015/impor-kedelai-menurut-negara-asal-utama-2010-2019.html>

Chapman SC, Chakraborty S, Dreccer MF, Howden SM. 2012. Plant adaptation to climate change-opportunities and priorities in breeding. *Crop and Pasture Science*. 63(3): 251-268.

Guerrieri R, Belmecheri S., Ollinger SV, Asbjornsen H, Jennings K, Xiao J, Stocker BD, Martin M, Hollinger DY, Bracho-Garrillo R, Clark K. 2019. Disentangling the role of photosynthesis and stomatal conductance on rising forest water-use efficiency. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(34): 16909 – 16914.

Kementan. 2013. Outlook Kedelai. Pusat data dan sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian. http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2013/OUTLOOK%20TANA%20MAN%20PANGAN/outlook_kedelai_2013/files/assets/basic-html/page4.html

Kementan. 2020. Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2020-2024. <http://perencanaan.setjen.pertanian.go.id/public/upload/file/20200626095809Renstra-2020-2024-web.pdf>

Kruse J, Adams M, Winkler B, Ghirardo A, Alfarrarj S, Kreuzwieser J, Hedrich R, Schnitzler JP, Rennenberg H. 2019. Optimization of photosynthesis and stomatal conductance in the date palm *Phoenix dactylifera* during acclimation to heat and drought. *New Phytologist* 223(4): 1973-88.

Lawson T, Blatt MR. 2014. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology* 164(4): 1556-1570

Mahajan S, Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stress: An overview. *Archives of biochemistry and biophysics* 444(2):139-158

Hajika M. 2016. An overview of legume cultivation in Japan. <https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/proceedings/2016-session-11.pdf>

Reynolds M, Bonnett D, Chapman SC, Furbank RT, Man s Y, Mather DE, Parry MA. 2011. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *Journal of Experimental Botany* 62(2): 439-452.

Ruban AV. 2016. Nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching: Mechanism and effectiveness in protecting plants from photo damage. 2016. *Plant physiology* 170(4): 1903-16.

Sedivy EJ, Wu F, Hanzawa Y. 2017. Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases. *New Phytologist* 214(2): 539-53.

Serraj R, McNally KL, Slamet-Loedin I, Kohli A, Haefele SM, Atlin G, Kumar A. 2011. Drought resistance improvement in rice: an integrated genetic and

- resource management strategy. *Plant Production Science* 14(1): 1–14.
- Soleh MA, Tanaka Y, Nomoto Y, Iwahashi Y, Nakashima. K, Fukuda Y, Long SP, Shiraiwa T. 2016. Factors underlying genotypic differences in the induction of photosynthesis in soybean (*Glycine max* L.) Merr. *Plant Cell & Environment* 39(3): 685-93
- Soleh MA, Tanaka Y, Kim SY, Huber SC, Shiraiwa T. 2017. Identification of large variation in the photosynthetic induction response among 37 soybean (*Glycine max* L.) Merr. genotypes that is not correlated with steady-state photosynthetic capacity. *Photosynthesis Research* 131(3): 305-15.
- Soleh MA, Ariyanti M, Dewi IR, Kadapi M. 2018. Chlorophyll fluorescence and stomatal conductance of ten sugarcane varieties under waterlogging and fluctuation light intensity. *Emirate Journal of Food and Agriculture* 30: 935-940.
- Thomey M, Slattery RA, Köhler IH, Bernacchi CJ, Ort DR. 2019. Yield response of field grown soybean exposed to heat waves under current and elevated [CO₂]. *Global Change Biology* 25(12):4352-68.
- World grain. 2020. Japan expected to import more soybeans. <https://www.world-grain.com/articles/13533-japan-expected-to-import-more-soybeans>
-

Genetic Variability, Heritability, and Genotypic Correlation of Soybean Agronomic Characters

Keragaman Genetik, Heritabilitas, dan Korelasi Genetik Karakter Agronomi Kedelai

Heru Kuswantoro*, Moch. Muchlish Adie, Pratanti Haksiwi Putri

Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute
Indonesian Agency for Agricultural Research and Development
Jl. Raya Kendalpayak Km. 8 Malang 65162, East Java,
*E-mail: herukusw@gmail.com

NASKAH DITERIMA 07 DESEMBER 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 30 OKTOBER 2021

ABSTRACT

Genetic parameters are important in genetic improvement and variety development. This study aimed to determine the effective characters that can be applied as selection criterion in soybean breeding using genetic parameters. About 100 soybean genotypes were grown in the Muneng Agricultural Technology Research and Assessment Installation from April to July 2020. The trial was conducted using a randomized complete block design. The results showed that high genetic variability was found on days to maturity, number of branches per plant, number of productive nodes per plant, 100-seed weight, and seed yield. The high heritability was shown by days to maturity, plant height, number of branches per plant, and 100-seed weight. All phenotypic correlations were significant, except for the correlation between seed yield and days to maturity, plant height, number of branches, and number of productive nodes. The seed yield had no genotypic correlation with all agronomic characters observed. The genotypic correlation was only significant for plant height and number of productive nodes, number of branches and number of filled pods, as well as number of productive nodes and 100-seed weight. Therefore, the improvement of seed yield can be conducted through direct selection using the seed yield parameter or indirectly using the 100-seed weight.

Keywords: genetic variability, genotypic correlation, heritability, phenotypic correlation

ABSTRAK

Parameter genetik sangat penting dalam perbaikan genetik dan perakitan varietas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakter yang efektif digunakan sebagai kriteria seleksi dalam pemuliaan kedelai dengan menggunakan parameter genetik. Seratus genotipe kedelai ditanam di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Muneng pada bulan April hingga Juli 2020 dengan rancangan acak kelompok lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman genetik yang tinggi diperoleh pada umur masak, jumlah cabang per tanaman, jumlah buku subur per tanaman, bobot 100 biji, dan hasil biji. Heritabilitas yang tinggi ditunjukkan oleh umur masak, tinggi tanaman, jumlah cabang per tanaman, dan bobot 100 biji. Korelasi

fenotipik nyata diperoleh pada semua karakter agronomi, kecuali korelasi antara hasil biji dengan umur masak, tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah buku produktif. Hasil biji tidak memiliki korelasi genotipik dengan semua karakter agronomi yang diamati. Korelasi genotipik nyata diperoleh pada tinggi tanaman dengan jumlah buku subur, jumlah cabang dengan jumlah polong isi, dan jumlah buku subur dengan bobot 100 biji. Oleh karena itu, peningkatan hasil biji dapat dilakukan dengan seleksi langsung menggunakan parameter hasil biji atau secara tidak langsung melalui bobot 100 biji.

Kata kunci: heritabilitas, keragaman genetik, korelasi fenotipik, korelasi genotipik

INTRODUCTION

Yield is an important character in food crops, including soybean. Most of soybean plant breeding activities focus on improving yield character. The inheritance of low yield character is a challenge in breeding activities. Besides, yield character is strongly influenced by yield component characters such as plant height, number of branches, number of productive nodes, number of filled pods, and seed size (Dabi *et al.* 2016; Kuswantoro *et al.* 2018). The relationship between yield characters and yield component characters can be considered as selection criteria to produce high yielding soybean plants.

Selection criteria are characters that are considered in the selection process. The selection criteria for obtaining high yielding soybeans can be done by studying the relationship between yield characters and yield component characters. The phenotypic and genotypic correlation can describe the degree of association between the characters. Phenotypic correlation is the relationship between plants characters, while genotypic correlation is the relationship among inherited characters or the breeding value of different characters (Muslimin *et al.* 2013; Faot *et al.* 2019). Despite strongly influence phenotypic correlation, environment does not

influence genotypic correlation because environmental factors are excluded in calculation. Genotypic correlation is considered to be more stable and expectedly can increase the accuracy in determining the selection criteria.

The correlation between two characters describes a linear relationship. This suggests that an increase in the value of the first character, would follow by the rise in the second character value, and vice versa. Some characters are reported to have a positive phenotypic correlation with soybean yield include days to flowering, plant height, number of branches, number of productive nodes, number of pods, and 100-seed weight (Krisnawati and Adie 2016; Sulistyo *et al.* 2018; Kuswanto *et al.* 2020). Days to flowering, plant height, and number of pods per plant were also reported to have a positive and significant genotypic correlation with seed yield (Balla and Ibrahim 2017). Faot *et al.* (2019) stated that days to maturity and number of branches had a positive genotypic correlation with seed yield.

The variability of breeding material population is also a determinant for the success of breeding activities. High variability increases the chance to obtain the desired character in selection process (Handayani and Hidayat 2012; Sulistyo and Mejaya 2018; Karyawati *et al.* 2019). The variability observed in breeding material population is phenotypic variability and can be seen from each character mean square in variance test. The significance found in variance test generally indicates that the variability exists (Kuswanto *et al.* 2018). However, phenotypic variability is derived from the expression of genetic and environmental factors, thus it does not fully represent the genetic characteristics. High genetic variability described by the genetic coefficient of variability (GCV) is considered to have a more critical role as an indicator for successful of plant breeding program.

Genetic variability and heritability are genetic parameters that must be considered in breeding process. The estimated value of both parameters determines the success of breeding activities. Characters with high genetic variability and heritability values are suitable to be used as selection criteria. Heritability describes the effect of genetic factors on phenotypic variability (Akram *et al.* 2016). High heritability means that genetic factors control the character so that it is easily inherited and improved by selection (Karyawati *et al.* 2016; Ali *et al.* 2016). Genetic variability and high heritability are observed on flowering age, plant height, number of productive nodes, number of filled pods, 100-

seed weight, and seed yield both per plant and per unit area (Ali *et al.* 2016; Kuswanto *et al.* 2018; Karyawati *et al.* 2019; Jandong *et al.* 2020). Each population has different genetic parameters from other populations. To increase the effectiveness of selection, the genetic parameters must be found out before the selection is conducted. The objective of the research was to determine effective characters that can be used as selection criterion.

MATERIAL AND METHOD

The research was conducted from April to July 2020 at Muneng Agricultural Technology Research and Assessment Installation, East Java, Indonesia, with coordinates of -7°48'12 " , 113°9'44" and 10 m asl. The type of soil at the research location is Alfisol. The plant materials consisted of 100 soybean genotypes consisting of local varieties and breeding lines. The genotype was considered as a fixed model. The experimental design was randomized complete block design with two replications.

The soil was cleared from weeds and previous crop residues. Then the soil was tilled to obtain a friable soil, prepared the drainage channels, and followed by planting the seeds. Each soybean genotype was planted in a 3 m × 1.2 m (3.6 m²) plot size, with a plant spacing of 40 cm × 15 cm, two seeds per hill. Inorganic fertilizers of 75 kg ZA + 100 kg SP 36 + 75 kg KCl/ha and organic fertilizer of 5 t/ha manure were applied at planting time. Manual weeding was done at 17 days after planting (DAP). The pest controls were applied at 16, 29, 44, 50, 59 and 68 DAP using supermetrin 50 g/l, deltamethrin 25 g/l, fipronil 50 g/l, lambda cyhalothrin 25 g/l, alphasmethrin 15 g/l, respectively. Observations were carried out for days to maturity, plant height, number of branches, number of productive nodes, number of filled pods, 100-seed weight, and seed yield at harvesting.

The data were analysed using analysis of variance (Anova). The phenotypic and genotypic variability coefficients and broad-sense heritability were calculated using the expected mean square (Singh and Chaudary 1985). The determination of significant genotypic variability was carried out based on genetic standard deviation. The heritability, phenotypic and genotypic correlations were calculated according to Singh and Chaudary (1985). The descriptive data were performed using Minitab 14. The significance phenotypic and genotypic correlations was determined using t-test based on Falconer (1960) and Dabi *et al.* (2016).

RESULTS AND DISCUSSION

Genotypes showed significant differences for all agronomic characters observed (Table 1). This suggests that at least one genotype differed to other genotypes. It also indicates that there was variability in genotypes based on those characters.

Days to maturity ranged from 68-78 days, with the mean of maturity was 74.8 days (Fig. 1). Days to maturity was not normally distributed (with P value < 0.0005). This was due to the tested genotypes that were previously selected with early maturity as a criterion. The graph skewed to the right, meaning that most of genotypes had days to maturity above the average. All genotypes were early maturity. genotype Tgm/Brg-558 (< 80 days) had the shortest days to maturity (68 days). The differences in days to maturity among soybean genotypes is closely related to day length and temperature. Long days generally result in soybean plants with long days to maturity (Liu *et al.* 2017).

Plant height was normally distributed with P value = 0.093. No selection in plant height may lead this normal distribution. The average plant height of soybean genotypes was 58.8 cm. Most of soybean

genotypes grew shorter than the average height, so the graph skewed to the left (Fig. 2). Plant height that mostly appeared was 55 cm. Based on the plant height grouping referred to Adie and Krisnawati (2013), the tested soybean genotypes had plant heights from short to very tall. The tallest genotype, namely MLGG 0103, reached 97.8 cm and it was categorized as very tall. Late maturity soybean genotypes generally show high plant height. However, all genotypes in this study belonged to early maturity. It can be caused by environmental factors such as water availability, day length, and temperature. The length of the day is related to the intensity of solar radiation and changes in temperature. High irradiation intensity and increased temperature cause reduction of stem internodes, while the number of productive nodes increased (Allen Jr. *et al.* 2018)

Similar to plant height, there was no selection in number of branches per plant. The number of branches per plant was also normally distributed (P value = 0.100), and it ranged from 1-4 branches. A total of 21 genotypes had four branches, and most of genotypes had three branches or lower. The average number of branches per plant in the population was 2.89 branches (Fig. 3). The number of branches and plant height may associate with seed yield per plant (Akram *et al.* 2011). MLGG 0523 and MLGG 0164 genotypes had four branches per plant and belonged to the tall plant group and with seed yield of 2.01 t and 1.76 t/ha, respectively. The formation of branches in soybean is also influenced by population density per unit area, thus the number of branches per plant is not a stable character. A genotype can have various branches when it was planted at different population densities (Agudamu *et al.* 2016).

The graph of number productive nodes did not follow a normal distribution (P value = 0.006). The tail of the graph appeared to be on the right, or the graph was leaning to the left. It differed from

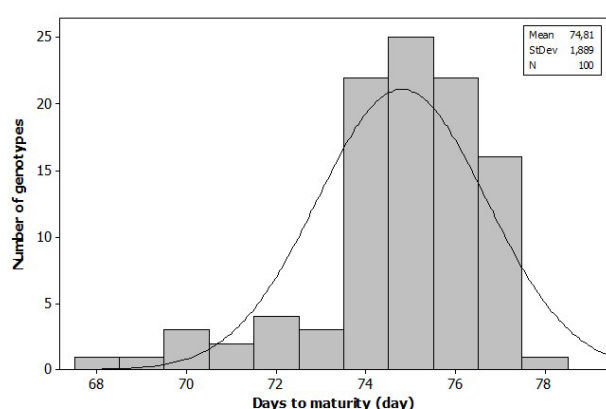


Figure 1. Days to maturity of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July panting season

Table 1. Analysis of variance of agronomic characters of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season

Source	Replication	Genotype	Error
Days to maturity	27,380**	6,823**	1,905
Plant height	890,420**	196,241**	41,209
Number of branches per plant	1,217 *	0,813**	0,261
Number of productive nodes per plant	23,805**	5,089**	1,751
Number of filled pods per plant	1257,010**	213,069**	77,969
100-seed weight	0,041	25,259**	2,103
Seed yield	7,826**	0,151**	0,092

* Significant at level of 5%, ** Significant at level of 1%

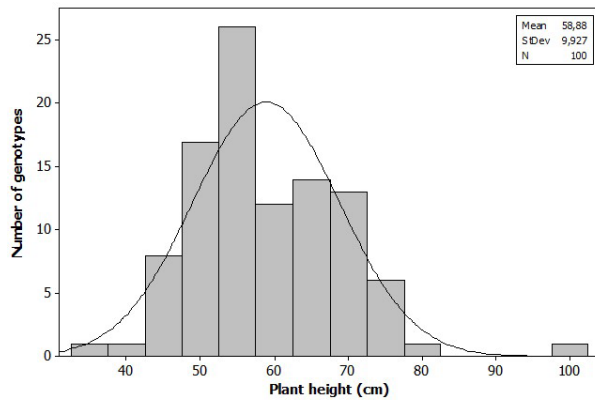


Figure 2. Plant height of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July panting season

number of branches per plant but similar to plant height graph. This may be due to the correlation with other characters that were previously set. The average number of productive nodes was 8.88 (Fig. 4), which ranged from six to 13 nodes per plant. The highest number of productive nodes was seen in MLGG 0714. The productive nodes are the places where pods are set up, so they play an important role in determining seed yield. The yield per unit area is largely determined by population density. Egli (2013) reported that there is a relationship between number of productive nodes and number of pods per unit area at various population densities. The number of pods per acreage is limited by the number of productive nodes in low population, and there is no correlation between number of productive nodes and number of filled pods in high population.

The distribution of number of filled pods per plant was not normal ($P=0.009$), as the graph skewed to the left. Similar to the number of productive nodes per plant, this character was also not selected due to its correlation with other characters. The genotypes had 28 to 74 filled pods per plant, with the average of 45 per plant (Fig. 5). IAC-100/Kaba-G-67xBurr-358-T-2-261 had the largest number of filled pods, namely 74 pods. The number of productive nodes and number of filled pods generally have a positive linear relationship. The genotypes with many productive nodes had a large number of filled pods (Kuswanto *et al.* 2020). The number of filled pods is a character that determines seed yield per plant. Kuswanto *et al.* (2019) reported that number of filled pods associated with seed yield, while Machado *et al.* (2017) stated that the number of seeds per pod directly affected seed yield.

Selection of genotype resulted in abnormal distribution of 100-seed weight ($P=0.005$). The genotypes tested generally had 14-19 g/100 seeds,

and therefore those were categorized as medium to large seed sizes following Krisnawati and Adie (2015). The mean weight of 100-seed in the population was 17.2 g, with a minimum value of 10.2 g and a maximum value of 25.2 g (Fig. 6). The graph peak was in the middle. Less than 50% of the genotypes had medium seed size with 100-seed weight was <14 g, while the rest (>50% of the genotypes) had larger seed sizes (>14 g). The major 100-seed weight values were 20 g, followed by 14 g. IAC-100/Kaba-G-67xBurr-433-T-15-286 had the largest seed size with 100-seed weight was 25.2 g.

The seed yields of population ranged from 0.95-2.1 t/ha, with the average was 2.07 t/ha (Fig. 7). The graph was skewed to the left, meaning that most of genotypes had lower yield than the average yield. The seed yield was normally distributed ($P=0.543$). This normal distribution may occur randomly. Genotype Glr 76 had the highest yield of 2.1 t/ha. Yield character is controlled by many

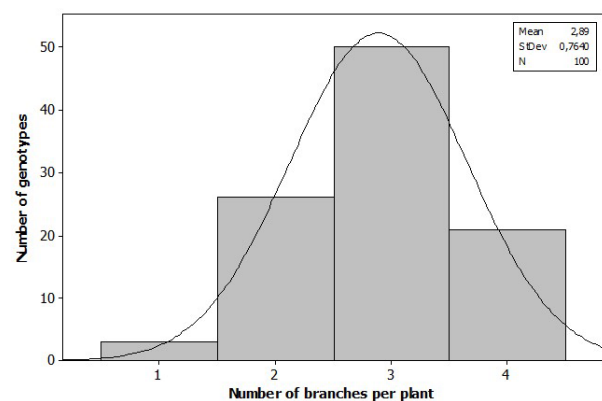


Figure 3. Number of branches per plant of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July panting season

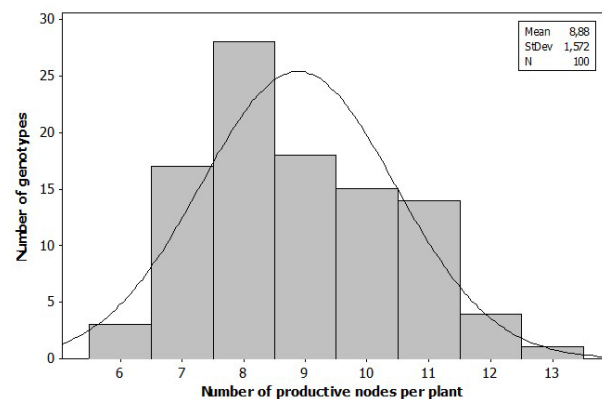


Figure 4. Number of productive nodes per plant of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July panting season

Table 2. Coefficients of phenotypic and genotypic variability of agronomic characters of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season

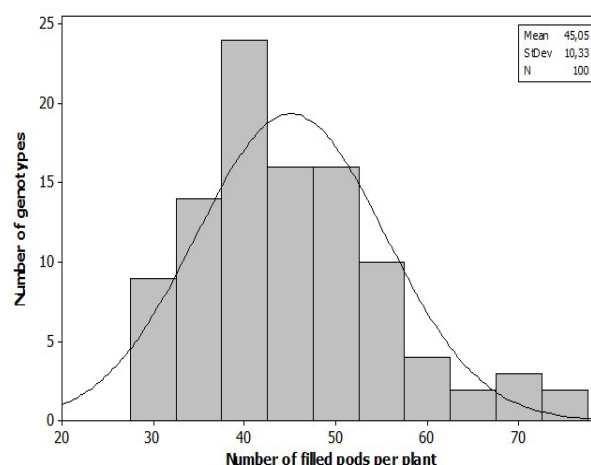
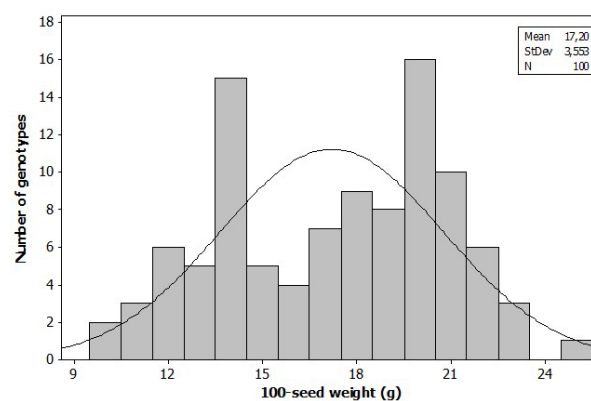
	PCV (%)	GCV (%)	PCV-GCV (%)	GSD	Clasification [†]
Days to maturity (days)	2.80	2.10	0.70	0.52	Broad
Plant height (cm)	18.53	14.97	3.56	14.40	Narrow
Number of branches per plant	25.99	18.64	7.35	0.06	Broad
Number of productive nodes per plant	20.90	14.60	6.3	0.40	Broad
Number of filled pods per plant	26.80	18.26	8.54	16.88	Narrow
100-seed weight (g)	21.50	19.79	1.71	1.79	Broad
Seed yield (t/ha)	16.69	8.34	8.35	0.01	Broad

[†]The GCV is broad if $GCV > 2GSD$ and narrow if $GCV \leq 2GSD$, PCV = phenotypic coefficient variation, GCV = genotypic coefficient variation, GSD = genetic standard deviation

genes and strongly influenced by other characters, such as number of filled pods, 100-seed weight, and seed weight per acreage. Generally, soybean genotypes that have large seed sizes are also have high yields. However, in this study, there was a medium seeded genotype (10.7 g per 100 seeds) with high seed yield (2.01 t/ha), namely MLGG 0523. Meanwhile, IAC-100 / Kaba-G-67xBurr-433-T with the largest seed size (25.2 g per 100 seeds) yielded lower seeds per hectare, 1.6 t/ha. It shows that 100-seed weight does not always linearly associated with seed yield per hectare. This is in accordance with the study conducted by Krisnawati and Adie (2015), Kuswantoro *et al.* (2018), and Soares *et al.* (2013). Plant population also influences seed yield per hectare.

The phenotypic and genotypic coefficients of variability are presented in Table 2. The phenotypic coefficient of variability of all observed characters was greater than the genotypic coefficient of variability. The largest phenotypic coefficient of variability was achieved by number of filled pods per plant, followed by number of branches per plant. The genotypic coefficient of variability does not always follow the magnitude of phenotypic coefficient of variability. The 100-seed weight achieved the highest genotypic coefficient of variability. Small differences between CVP and CVG values showed that the influence of environmental factors is considered to be small, and the appearance of phenotype indicates a genetic value (Reni and Rao, 2013; Malek *et al.* 2014; Ekka and Lal, 2016).

The criterion using CVP-CVG is less relevant because if CVP of a character is low, CVP-CVG is also low. For example, CVP of days to maturity was low (2.80%); therefore, CVP-CVG was also low (0.70%). It was different from number of filled pods per plant, which had a relatively high CVP (26.80%); although CVG was also high (18.26%), CVP-CVG was also high (8.54%). Such determination of variability is irrelevant because the character is

**Figure 5.** Number of filled pods per plant of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season**Figure 6.** The 100-seed weight of 100 soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season

compared to other characters with different environmental influences. Days to maturity and 100-seed weight that are less influenced by environment will give a lower CVP-CVG than other characters, such as number of filled pods and number of branches per plant, which are more influenced by environment.

In contrast to coefficient of variability, in determining genetic variability using genetic standard

Table 3. Phenotypic and genotypic variations and heritability of agronomic characters of soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season

	Vp	Vg	Ve	H bs	Classification ^a
Days to maturity (days)	4.37	2.46	1.91	0.56	
Plant height (cm)	118.73	77.52	41.21	0.65	High
Number of branches per plant	0.54	0.28	0.26	0.51	High
Number of productive nodes per plant	3.42	1.67	1.75	0.49	Medium
Number of filled pods per plant	145.52	67.55	77.97	0.46	Medium
100-seed weight (g)	13.68	11.58	2.10	0.85	High
Seed yield (t/ha)	0.12	0.03	0.09	0.25	Medium

^aBased on Stansfield (1991)**Table 4.** Phenotypic and genotypic correlations of agronomic characters of soybean genotypes. Muneng Res Station, April-July planting season

	HIG	BRC	NOD	POD	W100	YLD
DTM	0.276** 0.477	0.284** 0.465	0.247* 0.433	0.329** 0.467	-0.218* -0.274	0.118 0.290
HIG		0.416** 0.640	0.774** 0.991**	0.430** 0.747	-0.585** -0.799	0.012 -0.052
BRC			0.440** 0.790	0.444** 0.941*	-0.530** -0.815	0.049 0.100
NOD				0.487** 0.814	-0.592** -0.939**	-0.048 -0.241
POD					-0.567** -0.840	0.354** 0.771
W100						0.215* 0.325

Upper = phenotypic correlation, Lower = genotypic correlation, **significant at level of 1%, * significant at level of 5%, DTM = days to maturity, HIG = plant height, BRC = number of branches/plant, NOD = number of reproductive nodes/plant, POD = number of filled pods/plant, W100 = 100-seed weight, YLD = seed yield/ha

deviation, determination criteria are measured based on the character itself, thus environmental factors can be completely eliminated. Although the difference in coefficient of variability was small, based on genetic standard deviation of variability in maturity and 100-seed weight in this study, it was broad due to different measurement unit of the characters. The number of filled pods that had the highest difference in coefficient of variability had narrow criteria based on genetic standard deviation. Therefore, it seems that the use of genetic standard deviation is more relevant in determining the genetic variability of a character.

Heritability is a comparison of genetic variance against phenotypic variance (genotypic and environmental variances). Of seven characters observed, four characters (days to maturity, plant height, and number of branches per plant) had high heritability. In comparison, three characters had low heritability (number of productive nodes per plant, number of filled pods per plant, and seed yield). The highest heritability was achieved by 100-seed

weight, while the lowest value was achieved by seed yield per plant (Table 3). High heritability shows that genetic factors are more dominant than environmental factors. Kuswanto (2017) also reported high heritability on days to maturity, seed size, and seed yield. The changes in heritability value could be influenced by plant material as genetic factor and environmental conditions.

The phenotypic and genotypic correlations of the various agronomic characters were tested. In general, the phenotypic correlation was significant, except for the correlation between seed yield and days to maturity, plant height, number of branches, and number of productive nodes per plant (Table 4). The seed yield significantly correlated with number of filled pods and 100-seed weight. Several studies also reported similar results. Machado *et al.* (2017) stated that plant height associated with number of productive nodes, and number of pods per plant correlated with plant height and seed yield. Jiang *et al.* (2018) and (Mahbub *et al.* 2015) also stated that 100-seed weight had a positive phenotypic correlation with seed yield. Seed yield correlated

with number of pods was reported by Bekele and Alemahu (2011). Mahbub *et al.* (2015) said that plant height, number branches per plant, number of pods per plant, 100-seed weight significantly had a positive genotypic and phenotypic correlation with seed yield.

In contrast to the phenotypic correlation, genotypic correlation was generally insignificant (Table 4). There were only three significant genotypic correlations, namely correlation between plant height and number of productive nodes, number of branches and number of filled pods, and number of productive nodes and 100-seed weight. Machado *et al.* (2017) also reported significant genotypic correlations of plant height with number of productive nodes and number of pods, and number of pods with seed yield. Similarly, Machikowa and Laosuwan (2011) investigated the correlation between number of pods, number of nodes, and number of seeds per plant. Bekele and Alemahu (2011) stated that a significant genotypic correlation was obtained in seed yield with maturity and number of pods.

Interestingly, phenotypic and genotypic correlations of 100-seed weight in this study were significantly and negatively correlated with all agronomic characters, except for seed yield. It means that soybean genotypes with large seed sizes had early maturity, short plant, fewer branches, fewer productive nodes and pods. Bekele and Alemahu (2011) also reported a negative genotypic correlation between 100-seed weight with number of branches and productive nodes. The trend of negative values on phenotypic and genotypic correlations in 100-seed weight was also observed by Machikowa and Laosuwan (2011). The linear correlation also shows a significant negative correlation between 100-seed weight and other agronomic characters (Krisnawati and Adie 2016; Kuswantoro 2017).

In spite of genotypic correlation value was greater than phenotypic correlation, genotypic correlation was not always significant, even though phenotypic correlation was very significant. It occurs because the determination of significant genotypic correlation and phenotypic correlation was different. Determining the significance genotypic correlation involved heritability value, while phenotypic correlation was based on linear correlation (Falconer 1960; Debi *et al.* 2016).

CONCLUSION

Abnormal distribution of a character was caused by the selection of plant materials based on this character or the correlation between the characters with a selected character. Significant genetic diversity

was obtained in days to maturity, number of branches per plant, number of productive nodes per plant, 100-seed weight, and seed yield. Not all significant phenotypic correlations were followed by significant genotypic correlations. Significant genotypic correlation was shown by the plant height with number of productive nodes per plant, number of branches per plant with number of filled pods per plant, and number of productive nodes per plant with seed yield. The 100-seed weight could be used as indirect selection criterion for high yield because the phenotypic correlation was significant.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to the Ministry of Research and Technology, Indonesia which has provided the funding for this research through the program of National Research Priority, Ministry of Research and Technology/National Research and Innovation Agency with the fund from Innovative and Productive Research (Rispro) Mandatory 2020/2021, Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), Ministry of Finance Republic of Indonesia, with Contract No. 21/E1/PRN/2020.

REFERENCES

- Adie MM, Krisnawati A. 2013. Biologi tanaman kedelai. dalam Sumarno, Suyanto, Widjono A, Kasim H. Kedelai teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbangtan. Bogor: 45-73.
- Agudamu, Yoshihira T, Shiraiwa T. 2016. Branch development responses to planting density and yield stability in soybean cultivars. *Plant Production Science* 19 (3): 331-339. DOI: 10.1080/1343943X.2016.1157443.
- Akram S, Hussain BMN, Al Bari MdA, Burritt DJ, Hossain MA. 2016. Genetic variability and association analysis of soybean (*Glycine max*(L.)Merrill) for yield and yield attributing traits. *Plant Gene and Trait* 7(13): 1-11. DOI: 10.5376/pgt.2016.07.0013
- Ali A, Khan SA, Ehsanullah, Ali N, Husain I. 2016. Estimation of genetic parameters in soybean for yield and morphological characters. *Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sci.*32(2): 162-168
- Allen Jr. LH, Zhang L, Boote KJ, Hauser BA. 2018. Elevated temperature intensity, timing, and duration of exposure affect soybean internode elongation, mainstem node number, and pod number per plant. *The Crop Journal* 6(2): 148-161. <https://doi.org/10.2016/j.cj.2017.10.005>
- Anderson RL, Bancroft TA. 1952. Statistical Theory in Research. McGraw Hill Book Company, New York USA.

- Balla MY, Ibrahim SE. 2017. Genotypic correlation and path coefficient analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for yield and its components. *Agricultural Research and Technology* 7(3):001-005. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.07.555715
- Bekele A, Alemahu G. 2011. Desirable traits influencing grain yield in soybean. *Innovative Systems Design and Engineering* 2(3): <https://iiste.org/Journals/index.php/ISDE/article/view/209/94>
- Dabi A, Mkebib F, Desalegen T. 2016. Estimation of genetic and phenotypic correlation coefficient and path analysis of yield and yield contributing of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*. 1(4): 145-154.
- Egli DB. 2013. The relationship between the number of nodes and pods in soybean communities. *Journal of Crop Sciences* 53 (4): 1668. DOI: 10.2135/cropsci2012.11.0663.
- Ekka NP, Lal GM. 2016. Study on genetic variability and character association in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] germplasm at vindhyan zone of Uttar Pradesh. *AgricSci Digest* 36 (1): 69-71.
- Falconer DS. 1960. Introduction to quantitative genetics. pp. 317-318. <https://archive.org/details/introductiontoq00falc/page/318/mode/2up>
- Faot MM, Zubaidah S, Kuswanto H. 2019. Genotypic correlation and path analysis of agronomical traits of soybean (*Glycine max*) lines infected by CpMMV. *Biodiversitas* 20(6): 1496-1503. DOI: 10.13057/biodiv/d200602
- Handayani T, Hidayat IM. 2012. Keragaman genetik dan heritabilitas beberapa karakter utama pada kedelai sayur dan implikasinya untuk seleksi perbaikan produksi. *Journal of Horticulture* 22(4): 327-333
- Jandong EA, Uguru MI, Okechukwu EC. 2020. Estimates of genetic variability, heritability, and genetic advance for agronomic and yield traits in soybean (*Glycine max* (L.)). *African Journal of Biotechnology* 19(4): 201-206. DOI: 105897/AJB2019.16910
- Jiang GL, Rutto LK, Ren SX. 2018. Evaluation of soybean lines for edamame yield traits and trait genotypic correlation. *HortScience* 53(12): 1732-1736.
- Karyawati AS, Sari GN, Waluyo B. 2019. Variabilitas genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik beberapa karakter kuantitatif galur F₃ kedelai hasil persilangan. *Jurnal Agro*. 6(2): 134-143. <https://doi.org/10.15575/5175>
- Krisnawati A, Adie MM. 2015. Selection of soybean genotypes by seed size and its prospects for industrial raw material in Indonesia. *Procedia Food Science* 3: 355-363.
- Krisnawati A, Adie MM. 2016. Hubungan antarkomponen morfologi dengan karakter hasil biji kedelai. *Buletin Palawija* 14(2): 49-54
- Kuswanto H, Artari R, Iswanto R, Imani H. 2020. Family structure of F₅ soybean lines derived from soybean varieties with the main differences on seed size and maturity traits. *Biodiversitas* 21(6): 2576-85. DOI: 10.13057/biodiv/d210630
- Kuswanto H, Artari R, Rahajeng W, Ginting E, Supeno A. 2018. Genetic variability, heritability, and correlation of some agronomical characters of soybean varieties. *Biosaintifika. Journal of Biology and Biology Education* 10(1):9-15. DOI: 10.15294/Biosaintifika.v10i1.9939
- Kuswanto H. 2017. The role of heritability and genetic variability in estimated selection response of soybean lines on tidal swamp land. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences* 40(2): 319-328
- Kuswanto H. 2019. Performance, similarity and genetic parameters of agronomical characters of soybean [*Glycine max* (L) Merrill.] germplasms. *Agr.Nat. Resour.* 53(3) 228-236.
- Liu X, Wu J, Ren H, Qi Y, Li C, Cao J, Zhang X, Zhang Z, Cai Z, Gai J. 2017. Genetic variation of world soybean maturity date and geographic distribution of maturity groups. *Breeding Science Preview*: 1-12. DOI: 10.1270/jsbbs.16167.
- Machado BQV, Nogueira APO, Hamawaki OT, Rezende GF, Jorge GL, Silveira IC, Medeiros LA, Hamawaki RL, Hamawaki CDL. 2017. Phenotypic and genotypic correlations between soybean agronomic traits and path analysis. *Genet. Mol. Res.* 16(2): gmr16029696
- Machikowa T and Laosuwan P. 2011. Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 33 (4): 365-368.
- Mahbub MM, Rahman MM, Hossain MS, Mahmud F, Kabir MMM. 2015. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield components in soybean. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 15(2):231-236.
- Malek MA, Rafii MY, Afroz MSS, Nath UK, Mondal MMA. 2014. Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association, and divergence in soybean mutants. *The Scientific World Journal* 2014. <https://dx.doi.org/10.1155/2014/968796>
- Muslimin I, Sofyan A, Islam S. 2013. Parameter genetik pada uji klon jati (*Tectona grandis* L. F) umur 5,5 tahun di Sumatera Selatan. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 7(2): 97-106
- Reni YP, Rao YK. 2013. Genetic variability in soybean [*Glycine max* (L) Merrill]. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 3(4): 35-38.
- Singh RK, Chaudary BD. 1985. *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyani Publishers. 318 p.

- Soares MM, Oliveira GL, Soriano PE, Sekita MC, Sedyama T. 2013. Performance of soybean plants as function of seed size: II. Nutritional stress. *Journal of Seed Science* 35(4): 419-427.
- Stansfield WD. 1991. *Teori dan Soal-soal Genetika*. Erlangga. Jakarta. 417 p.
- Sulistyo A, Mejaya MJ. 2018. Genetic parameters estimation of agronomic traits in soybean population resistant to whitefly. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 197(2018) 012041. The 2nd International Conference on Biosciences (ICoBio). Doi: 10.1088/1755-1315/197/1/012041
- Sulistyo A, Purwantoro, Sari KP. 2018. Correlation, path analysis and heritability estimation for agronomic traits contribute to yield on soybean. *International Symposium on Food and Agro-biodiversity (ISFA)*. *IOP Conf. series: Earth and Environmental Science* 102 (2018) 012034. Doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012034
-

Adaptasi Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Tanaman Sawit Muda

Adaptation of Selected Soybean Varieties Grown Under Juvenile Palm Trees

Zainudin, Eries Dyah Mustikarini*, Aini SN

Jurusan Agroteknologi, FPPB, Universitas Bangka Belitung, Pangkal Pinang

Gang IV No. 1, Balunijuk, Merawang, Kabupaten Bangka 33172

*E-mail: EriesDyah79@gmail.com

NASKAH DITERIMA 24 FEBRUARI 2021 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 30 OKTOBER 2021

ABSTRAK

Kedelai merupakan salah satu komoditas yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman sela pada perkebunan tanaman kelapa sawit muda. Namun, rendahnya intensitas cahaya akibat naungan sering menjadi kendala untuk mencapai hasil tinggi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui varietas kedelai yang toleran dan memiliki daya hasil tinggi ketika dibudidayakan di bawah naungan tegakan tanaman sawit muda (umur $\pm 2,5$ tahun). Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2020 di Desa Petaling, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka menggunakan rancangan petak terpisah, tiga ulangan. Petak utama adalah kondisi lahan ternaungi dan tidak ternaungi. Anak petak terdiri atas lima varietas kedelai yaitu: Argomulyo, Anjasmoro, Grobogan, Burangrang, dan Demas 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tingkat naungan $\pm 38\%$, varietas Demas 1 dan Anjasmoro lebih toleran dibandingkan varietas Argomulyo, Burangrang dan Grobogan. Varietas kedelai toleran terhadap naungan menghasilkan jumlah polong, jumlah biji, dan bobot biji per tanaman lebih tinggi dibandingkan varietas yang tidak toleran naungan.

Kata kunci: kedelai, kelapa sawit muda, naungan, varietas

ABSTRACT

Soybean can be used as an intercrop between the juvenil palm oil plantations. However, low light intensity due to shade may become a limitation for the crop to achieve high yield. This study aimed to determine the tolerant and high yielding varieties of soybean grown under the shade of juvenil palm oil stands (± 2.5 years old). The trial was conducted from January to April 2020 in an palm oil plantation at Petaling Village, Mendo Barat District, Bangka Regency using a split plot design with three replicates. The main plots were shading and without shading, while the subplots consisted of five soybean varieties, namely Argomulyo, Anjasmoro, Grobogan, Burangrang, and Demas 1. The results showed that at a shading level of $\pm 38\%$, Demas 1 and Anjasmoro varieties were more tolerant than Argomulyo, Burangrang and Grobogan varieties. Soybean varieties that were tolerant to shading condition produced more

number of pods and seeds as well as higher seed weight per plant compared to those of non tolerant varieties.

Keywords: juvenil palm oil, shade, soybean, variety

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu bahan baku untuk keperluan pangan yang penting bagi masyarakat Indonesia. Pemanfaatan kedelai sebagai sumber pangan fungsional juga telah dilakukan di banyak negara. Di Indonesia, kedelai terutama dimanfaatkan sebagai bahan baku tempe dan tahu (Krisnawati 2017). Komposisi protein dan lemak pada biji kedelai masing-masing 40% dan 20% (Logo *et al.* 2017). Menurut Rante (2013), kedelai bermanfaat untuk mencegah penyakit jantung koroner dan hipertensi. Menurut Yulifianti *et al.* (2018), kedelai mengandung senyawa isoflavon yang berfungsi sebagai antioksidan.

Kebutuhan kedelai di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan perbaikan pendapatan. Produksi kedelai nasional belum mampu mengimbangi laju permintaan konsumen. Produksi kedelai nasional menurun pada periode tahun 2015-2017 yaitu dari 963.183 ton menjadi 859.653 ton dan 538.728 ton pada tahun 2017. Namun produksi meningkat kembali menjadi 982.598 ton pada 2018 (BPS 2018). Sementara itu, kekurangan kedelai di dalam negeri pada tahun 2018 mencapai 2,6 juta ton yang sementara ini dipenuhi dari impor. Program nasional untuk kedelai adalah peningkatan produksi yang antara lain dilakukan melalui peningkatan areal tanam atau luas panen.

Penanaman kedelai di bawah tegakan kelapa sawit merupakan salah satu alternatif untuk memperluas areal tanam kedelai. Peluang *alley cropping* tanaman kelapa sawit muda dengan tanaman pangan masih terbuka, sehingga dapat dimanfaatkan untuk tanaman kedelai. Penanaman

kedelai di lahan kelapa sawit muda ini akan mampu memberikan tambahan pendapatan kepada petani sebelum tanaman kelapa sawit memberikan hasil. Melalui budidaya lorong ini diharapkan perkebunan kelapa sawit muda yang belum menghasilkan dapat memberikan kontribusi nyata dengan mendukung ketahanan pangan nasional (Fahrozi *et al.* 2018). Menurut Marwoto *et al.* (2012), kedelai yang ditanam pada lorong di antara tanaman kelapa sawit memberikan hasil tertinggi ketika tanaman kelapa sawit berumur tiga tahun, setelah itu hasil kedelai menurun sejalan dengan meningkatnya naungan kelapa sawit. Menurut Chairudin *et al.* (2015) naungan pada perkebunan kelapa sawit berumur 2-3 tahun mencapai 33-50%.

Usaha budidaya kedelai sebagai tanaman sela atau tumpangsari menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah kekurangan cahaya matahari akibat naungan (Chairudin *et al.* 2015). Menurut Iqbal *et al.* (2013), naungan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang pada batang utama, jumlah polong dan biji per tanaman, dan bobot 100 biji, serta produksi kedelai. Program perakitan varietas unggul kedelai toleran naungan di Indonesia telah menghasilkan varietas Dena 1 dan Dena 2 yang keduanya toleran hingga 50% naungan (Balitkabi 2014). Selain kedua varietas, kiranya masih perlu dilakukan kegiatan seleksi untuk mendapatkan varietas yang adaptif terhadap naungan. Menurut Soverda dan Alia (2016), bahwa setiap genotip memberikan respons yang berbeda untuk lingkungan yang berbeda. Handriawan *et al.* (2016) menyebutkan bahwa penanaman kedelai toleran naungan sebagai tanaman sela dianggap sebagai salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk meningkatkan produktivitas lahan.

Oleh karena itu, tanaman kedelai diharapkan bisa dimanfaatkan di lahan perkebunan misalnya pada perkebunan kelapa sawit di Bangka Belitung. Di sini terdapat banyak perkebunan kelapa sawit muda yang belum menghasilkan, di mana lahan di antara barisan tanaman kelapa sawit belum banyak dimanfaatkan. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh varietas kedelai yang tahan naungan di bawah tegakan tanaman kelapa sawit muda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari 2020 sampai dengan bulan April 2020. Kegiatan dilaksanakan di kebun kelapa sawit berumur $\pm 2,5$ tahun yang belum menghasilkan, terletak di Desa Petaling, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka. Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terpisah (*Split Plot Design*) diulang tiga kali. Petak

utama adalah naungan, yaitu kondisi lahan ternaungi (intensitas cahaya 607,06 cd), dan tidak ternaungi (tidak di lorong tanaman kelapa sawit). Anak petak terdiri atas lima varietas kedelai yaitu: Argomulyo, Anjasmoro, Grobogan, Burangrang, dan Demas 1. Setiap perlakuan ditanam pada petak berukuran 240 cm $\times$ 120 cm. Kedelai ditanam dengan jarak tanam 30 cm $\times$ 30 cm, satu tanaman/lubang sehingga dalam setiap petak terdapat 32 tanaman.

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, kandungan klorofil daun, jumlah stomata, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji yang diamati pada 10 tanaman sampel. Data iklim yang diamati adalah suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya matahari, dan kecepatan angin. Data tanah yang diamati hanya tingkat kemasaman atau pH. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan yang nyata pada sidik ragam maka dilakukan uji jarak Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% dan 99% untuk membedakan antarperlakuan. Analisis statistik dilakukan menggunakan program *Statistical Analytic System* (SAS).

Penetapan kriteria toleran dan peka dengan mencari nilai indeks sensitivitas (IS) (Fisher dan Maurer 1978 dalam Pujiwati *et al.* 2016) sebagai berikut:

$$S = \frac{1 - \left(\frac{Y}{Y_p}\right)}{1 - \left(\frac{X}{X_p}\right)}$$

Keterangan:

S = Indeks sensitivitas

Y = Nilai rata-rata peubah tertentu pada varietas yang mendapat cekaman

Y_p = Nilai rata-rata peubah tertentu pada varietas yang tidak mendapat cekaman

X = Nilai rata-rata peubah tertentu pada semua variabel yang mendapat cekaman

X_p = Nilai rata-rata peubah tertentu pada semua varietas yang tidak mendapat cekaman

Kriteria toleransi sebagai berikut:

$S < 0,5$ = Toleran

$0,5 \leq S \leq 1$ = Agak Toleran

$S > 1$ = Peka

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lima varietas kedelai yang diuji memiliki kemampuan adaptasi yang berbeda terhadap naungan tanaman kelapa sawit muda. Kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman kedelai di bawah naungan kelapa sawit lebih rendah dibandingkan yang diterima tanaman kedelai tanpa naungan, karena terhalang oleh tajuk tanaman sawit (Tabel 1). Penurunan kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari di bawah naungan diikuti dengan penurunan suhu dan peningkatan kelembaban udara (Tabel 1).

Intensitas cahaya matahari pada kondisi tanpa naungan sebesar 1121,40 cd pada fase pertumbuhan tanaman R1 (mulai berbunga) dan 1262,40 cd pada fase R8 (masak fisiologi). Sedangkan intensitas cahaya matahari di bawah naungan lebih rendah: pada fase R1 sebesar 607,06 cd, dan 832,13 cd pada fase R8. Tanaman kelapa sawit muda umur $\pm 2,5$ tahun dapat menaungi $\pm 38\%$ lahan di antara tanaman. Menurut Chairudin *et al.* (2015) per-tanaman kelapa sawit berumur 2-3 tahun dapat menghasilkan naungan pada lahan sebesar 33-50%. Tanah di lokasi penelitian mempunyai pH 6,80 (Tabel 1) sehingga sesuai untuk budidaya tanaman kedelai (Fachrudin 2000).

Sidik ragam menunjukkan perbedaan yang nyata perlakuan varietas, perlakuan naungan, dan interaksi kedua perlakuan pada karakter-karakter yang diamati (Tabel 2). Perlakuan varietas memberikan pengaruh sangat nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah stomata, kandungan klorofil, jumlah polong, jumlah biji dan bobot 100 biji, serta berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Namun, perlakuan varietas tidak berpengaruh nyata pada luas daun dan bobot biji per tanaman. Demikian pula, perlakuan naungan berpengaruh sangat nyata terhadap karakter tinggi tanaman, jumlah stomata,

kandungan klorofil, jumlah polong, jumlah biji dan bobot biji per tanaman. Perlakuan naungan berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun dan bobot 100 biji. Kombinasi perlakuan varietas dan naungan berinteraksi sangat nyata terhadap karakter jumlah polong dan berpengaruh nyata pada karakter luas daun dan jumlah biji (Tabel 2).

Tinggi tanaman dan jumlah daun lima varietas kedelai pada 7 HST sampai 28 HST menunjukkan pertumbuhan yang berbeda. Semua varietas kedelai yang ternaungi mengalami peningkatan tinggi tanaman dan penurunan jumlah daun (Gambar 1).

Tanaman kedelai yang mengalami cekaman intensitas cahaya rendah tumbuh lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya. Varietas Grobogan menunjukkan pertumbuhan tertinggi dan sebaliknya untuk varietas Demas 1. Tanaman kedelai di bawah naungan kelapa sawit menunjukkan jumlah daun yang lebih sedikit dibanding pada perlakuan tanpa naungan. Tanaman yang ditumbuhkan di bawah naungan akan mengurangi sumber energi, sehingga laju fotosintesis pada tanaman akan menurun yang mengakibatkan menurunnya jumlah daun yang terbentuk (Haryoto *et al.* 2014).

Terdapat pengaruh interaksi antara naungan dengan varietas terhadap luas daun, jumlah polong dan jumlah biji per tanaman (Tabel 3). Luas daun tertinggi dimiliki oleh varietas Burangrang dengan naungan, sedangkan jumlah polong dan jumlah biji terbanyak dimiliki oleh varietas Demas 1 tanpa naungan.

Secara umum varietas mengalami penurunan jumlah polong dan jumlah biji secara nyata pada kondisi ternaungi, kecuali pada varietas Grobongan. Rendahnya jumlah cahaya yang diterima oleh setiap

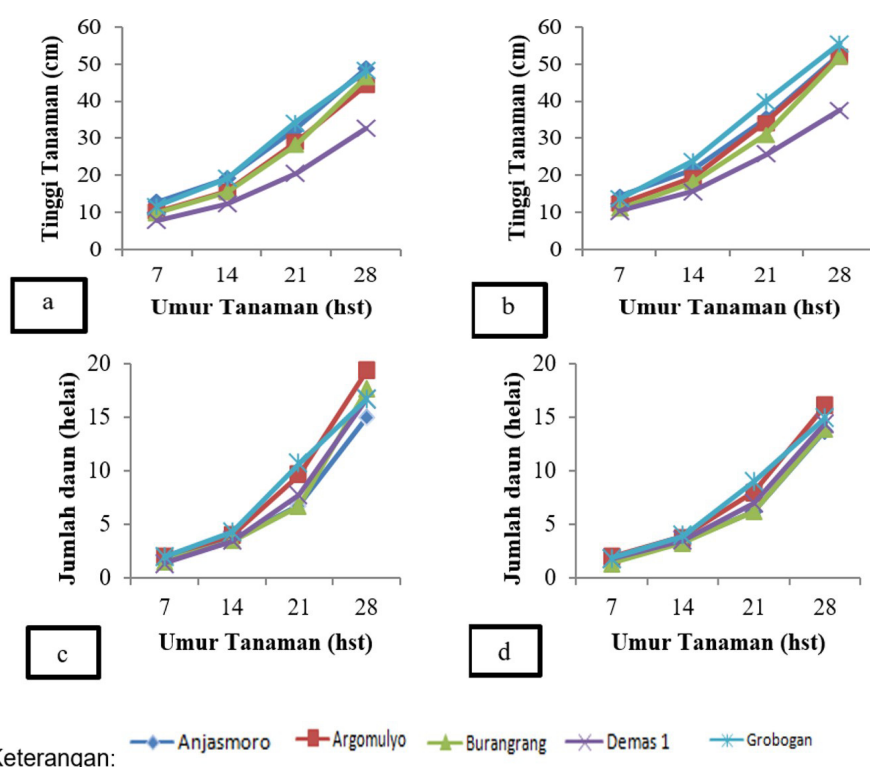
Tabel 1. Intensitas cahaya matahari, suhu udara, kelembaban udara, pH tanah, dan kecepatan angin pada saat pelaksanaan penelitian. Mendo Barat, Bangka MT 2020

Peubah	Waktu pengamatan	Perlakuan	
		Kontrol (tanpa naungan)	Naungan kelapa sawit
Intensitas cahaya matahari (cd)	Fase R1	1121,40	607,06
	Fase R8	1262,40	832,13
Suhu (°C)	Pagi	24,62	24,03
	Siang	36,73	34,34
Kelembaban udara (%)	Pagi	86,13	88,06
	Siang	70,17	72,17
Kecepatan angin (km/jam)	Fase R1	1,16	0,73
	Fase R8	1,20	0,99
pH tanah	Sebelum tanam	6,80	6,80
	Setelah panen	6,80	6,80

Tabel 2. Sidik ragam perlakuan varietas kedelai, perlakuan naungan dan interaksi varietas dan naungan. Mendo Barat-Bangka, MT 2020.

Peubah	Varietas		Naungan		Interaksi		KK%
	F hit	Pr>F	F hit	Pr>F	F hit	Pr>F	
Tinggi tanaman	21,95**	<0,001	21,72**	0,0003	0,30 ^{tn}	0,8736	7,55
Jumlah daun	3,85*	0,0223	7,78*	0,0131	0,18 ^{tn}	0,9433	12,08
Jumlah stomata	7,12**	0,0017	32,92**	<0,001	0,19 ^{tn}	0,9424	10,80
Kandungan klorofil	38,75**	<0,001	15,10**	0,0013	0,74 ^{tn}	0,5774	11,14
Luas daun	0,43 ^{tn}	0,7880	7,45*	0,0148	3,14*	0,0439	11,01
Jumlah polong	76,52**	<,0001	61,16**	<0,001	6,83**	0,0021	13,85
Jumlah biji	45,21**	<0,001	57,02**	<0,001	4,15*	0,0170	15,35
Bobot biji per tanaman	2,05 ^{tn}	0,1355	41,63**	<0,001	0,45 ^{tn}	0,7719	16,52
Bobot 100 biji	424,47**	<0,001	4,72*	0,0452	0,48 ^{tn}	0,7523	3,62

Keterangan: tn: tidak nyata, *: nyata, **: sangat nyata, kk: koefisien keragaman

**Gambar 1.** Tinggi tanaman perlakuan tanpa naungan (a) tinggi tanaman perlakuan naungan (b), jumlah daun perlakuan tanpa naungan (c), dan jumlah daun perlakuan naungan (d). Mendo Barat-Bangka, MT 2020

luasan permukaan daun berimplikasi terjadinya penurunan jumlah pasokan fotosintat ke bagian biji sehingga terjadi penurunan jumlah polong, yang akan berpengaruh terhadap jumlah biji yang dihasilkan. Menurut Handriawan *et al.* (2016) naungan dengan intensitas cahaya 50% menurunkan pertumbuhan dan hasil kedelai.

Varietas kedelai memiliki karakter yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada karakter-karakter yang diamati. Varietas Demas 1 memiliki jumlah stomata, jumlah biji, dan jumlah polong terbanyak (Tabel 3). Varietas Argomulyo memiliki jumlah daun terbanyak, dan varietas Grobogan tumbuh paling

tinggi, kandungan klorofil terbanyak, dan bobot 100 biji tertinggi (Tabel 4).

Perlakuan varietas menunjukkan hasil yang berbeda untuk karakter-karakter yang diuji (Tabel 4). Tinggi tanaman yang berbeda antarvarietas dikarenakan varietas kedelai yang diuji memiliki daya adaptasi yang berbeda terhadap lingkungan ternaungi. Adaptasi tanaman kedelai terhadap intensitas cahaya rendah dikendalikan oleh banyak gen. Menurut Bernard dan Weiss (1973), karakter tinggi tanaman kedelai dikendalikan oleh gen *dt1*. Menurut Khumaida (2008), gen-gen yang berperan kunci dalam proses adaptasi tanaman terhadap

Tabel 3. Luas daun, jumlah polong dan jumlah biji lima varietas kedelai akibat naungan kelapa sawit umur 2,5 tahun. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Naungan kelapa sawit	Varietas	Luas daun (cm ²)	Jumlah polong (buah)	Jumlah biji (butir)
Tanpa naungan	Anjasmoro	1555,3 b	94,63 c	210,70 b
	Argomulyo	1646,8 b	71,47 d	188,53 b
	Burangrang	1388,3 b	96,23 c	193,53 b
	Demas 1	1600,2 b	197,77 a	384,33 a
	Grobogan	1589,6 b	57,30 def	118,03 cd
Naungan	Anjasmoro	1600,8 b	67,60 de	137,77 c
	Argomulyo	1677,2 b	49,77 ef	125,43 cd
	Burangrang	2033,8 a	72,23 d	139,83 c
	Demas 1	1663,3 b	118,27 b	228,60 b
	Grobogan	1708,0 b	38,73 f	80,83 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf kepercayaan 95%.

Tabel 4. Karakter morfologi lima varietas kedelai di bawah tegakan tanaman sawit muda. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Varietas	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Jumlah stomata/mm ²	Kandungan klorofil (CCI)	Bobot 100 biji (g)
Anjasmoro	50,75 a	6,57 b	51,11 b	18,47 c	15,70 c
Argomulyo	48,17 a	8,13 a	56,33 b	27,47 b	17,70 b
Burangrang	49,15 a	6,79 b	52,96 b	21,44 c	17,45 b
Demas 1	35,12 b	7,04 ab	65,78 a	20,63 c	10,13 d
Grobogan	51,77 a	7,95 a	49,44 b	35,79 a	24,75 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf kepercayaan 95%.

intensitas cahaya rendah merupakan gen fotosintetik inti (berasal dari inti) dan gen fotosintetik kloroplas (berasal dari ikloroplas). Salah satu gen fotosintetik inti adalah gen *psaD*. Perbedaan sifat genetik dari suatu varietas dapat menunjukkan respons yang berbeda terhadap lingkungan dan faktor produksi (Nur 2014). Varietas Argomulyo memiliki jumlah daun sama dengan varietas Demas 1 dan varietas Grobogan (Tabel 4). Jumlah daun ketiga varietas ini tergolong banyak di bawah naungan sehingga varietas ini mampu beradaptasi pada lingkungan ternaungi. Menurut Pantilu *et al.* (2012), ciri-ciri morfologi tanaman tahan naungan yaitu ruas batang lebih panjang, daun berukuran lebih besar, dan jumlah daun lebih banyak.

Varietas Demas 1 memiliki produksi tertinggi, didukung oleh jumlah polong dan jumlah biji tertinggi, serta jumlah stomata terbanyak. Hal ini menunjukkan bahwa varietas Demas 1 memiliki kemampuan beradaptasi lebih baik di bawah tegakan tanaman kelapa sawit muda dibandingkan dengan varietas lainnya. Menurut Liu *et al.* (2010), jumlah polong merupakan komponen hasil yang paling menentukan hasil, baik pada kondisi cekaman naungan maupun tanpa cekaman. Varietas Demas 1 memiliki jumlah stomata terbanyak (Tabel 4).

Jumlah stomata yang banyak akan berpengaruh terhadap fotosintesis, yang selanjutnya hasil fotosintesis akan berpengaruh pada produksi. Menurut Sulassih *et al.* (2018), jumlah dan ukuran stomata berpengaruh langsung terhadap fotosintesis. Hasil fotosintesis yang tinggi berpengaruh terhadap produksi (Avci dan Aygun 2014).

Varietas Demas 1 memiliki jumlah biji terbanyak yang berbeda nyata dengan varietas lain (Tabel 4). Jumlah biji yang banyak pada varietas Demas 1 tidak mempengaruhi bobot 100 biji, dimana varietas Demas 1 memiliki bobot 100 biji terendah dan varietas Grobogan memiliki bobot 100 biji tertinggi (Tabel 4). Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan deskripsi varietas, dimana varietas Demas 1 memiliki ukuran biji sedang, dan varietas Grobogan memiliki ukuran biji besar. Hal ini menunjukkan bahwa bobot biji tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah biji tetapi dipengaruhi oleh ukuran biji. Bakar dan Chairunas (2012) melaporkan bahwa varietas Grobogan memiliki ukuran biji besar. Menurut Rozison *et al.* (2012), semakin besar ukuran biji, maka bobot 100 biji akan semakin tinggi. Rata-rata produktivitas varietas Demas 1 di bawah naungan sebesar 0,08 t/ha.

Tabel 5. Pengaruh naungan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah stomata, kandungan klorofil, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji lima varietas kedelai di bawah tegakan tanaman sawit muda. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Karakter	Perlakuan	
	Kontrol	Naungan
Tinggi tanaman (cm)	43,97 a	50,08 a
Jumlah daun (helai)	7,74 a	6,85 a
Jumlah stomata per mm ²	61,36 a	48,90 a
Kandungan klorofil (CCI)	26,71 a	22,80 b
Bobot biji per tanaman (g)	32,59 a	21,98 b
Bobot 100 biji (g)	17,39 a	16,90 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf kepercayaan 95%.

Perlakuan tanpa naungan menunjukkan hasil berbeda nyata dibanding perlakuan dengan naungan pada karakter kandungan klorofil, jumlah polong, jumlah biji, dan bobot biji per tanaman. Namun pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah stomata, luas daun, dan bobot 100 biji menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Perlakuan naungan menunjukkan hasil lebih tinggi dari perlakuan tanpa naungan pada karakter tinggi tanaman dan luas daun. Sedangkan karakter jumlah daun, jumlah stomata, kandungan klorofil, jumlah polong, jumlah biji, dan bobot biji pada perlakuan dengan naungan lebih rendah dari perlakuan tanpa naungan (Tabel 5).

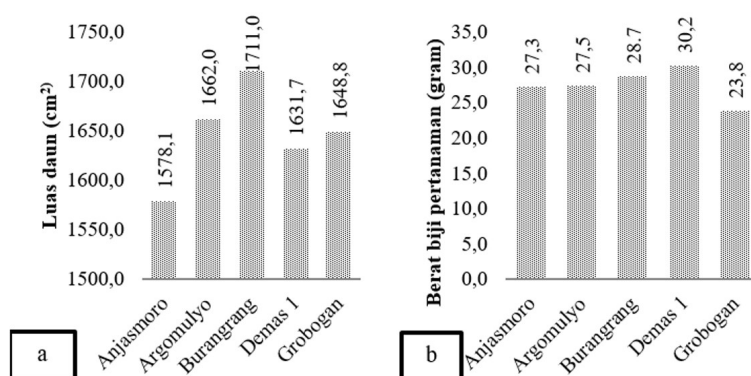
Naungan meningkatkan tinggi tanaman dan luas daun, namun menurunkan jumlah daun, jumlah stomata, kandungan klorofil, jumlah polong, jumlah biji, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji (Tabel 5). Peningkatan tinggi tanaman merupakan upaya tanaman untuk meningkatkan penyerapan cahaya. Penelitian Bakhshy *et al.* (2013) dalam Chairudin *et al.* (2015) melaporkan bahwa naungan menyebabkan meningkatnya panjang batang

tanaman kedelai. Menurut Susilawati *et al.* (2016), cahaya sangat besar pengaruhnya terhadap proses fisiologi seperti fotosintesis, respirasi, pertumbuhan dan perkembangan, penutupan dan pembukaan stomata, serta berbagai pergerakan tanaman dan perkecambahan.

Daun merupakan organ tanaman yang berperan penting dalam proses fotosintesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa naungan meningkatkan luas daun dan berkurangnya jumlah daun. Luas daun yang tinggi pada tanaman ternaungi merupakan upaya tanaman untuk memaksimalkan penyerapan cahaya dalam rangka menghindari kekurangan cahaya pada lingkungan yang ternaungi. Menurut Chairudin *et al.* (2015), peningkatan luas daun pada lingkungan ternaungi merupakan upaya tanaman untuk meningkatkan luas permukaan penyerapan cahaya dan efisiensi penangkapan cahaya. Tanaman kedelai yang ternaungi memiliki jumlah daun lebih sedikit dibanding dengan tanaman yang tidak ternaungi. Menurut Anggraeni (2010), tanaman yang mendapat pengaruh naungan memiliki jumlah daun lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman yang mendapatkan cahaya penuh (tanpa naungan).

Perlakuan naungan tanaman kelapa sawit tidak berpengaruh nyata pada karakter luas daun dan bobot biji per tanaman varietas kedelai yang diuji (Tabel 2). Varietas Burangrang menunjukkan luas daun tertinggi dan varietas Anjasmoro menunjukkan luas daun terendah (Gambar 2a). Varietas kedelai pada perlakuan naungan menunjukkan bobot biji per tanaman yang berbeda antarvarietas. Varietas Demas 1 menunjukkan bobot biji per tanaman terberat dan varietas Grobogan menunjukkan bobot biji terendah (Gambar 2b).

Hasil analisis indeks toleransi tanaman kedelai terhadap cekaman naungan di bawah tegakan tanaman kelapa sawit muda yang belum menghasilkan menunjukkan bahwa varietas Anjasmoro toleran untuk karakter jumlah daun, luas daun,



Gambar 2. Luas daun lima varietas kedelai (a) dan bobot biji per tanaman lima varietas kedelai (b) pada perlakuan naungan. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Tabel 6. Indeks toleransi (S) lima varietas kedelai terhadap naungan tanaman kelapa sawit muda. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Varietas	Karakter								
	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Jumlah stomata	Kandungan klorofil	Luas daun	Jumlah polong	Jumlah biji	Bobot biji	Bobot 100 biji
Anjasmoro	0,53 (AT)	0,48(T)	1,47 (P)	1,59 (P)	-0,68 (T)	0,29 (T)	0,87 (AT)	0,05 (T)	1,08 (P)
Argomulyo	7,08 (P)	0,74 (AT)	1,85 (P)	1,33 (P)	-0,49 (T)	0,91 (AT)	0,86 (AT)	-1,49 (T)	0,29 (T)
Burangrang	0,73 (AT)	-1,68 (T)	1,45 (P)	0,74 (AT)	0,77 (AT)	-0,60 (T)	0,16 (T)	4,95 (P)	3,23 (P)
Demas 1	0,96 (AT)	0,42 (T)	0,98 (AT)	1,96 (P)	-0,53 (T)	0,77 (AT)	0,80 (AT)	0,19 (T)	1,00 (P)
Grobogan	1,19 (P)	-1,17 (T)	0,71 (AT)	1,43 (P)	-0,42 (T)	0,99 (AT)	0,94 (AT)	0,99 (AT)	1,05 (P)

Keterangan : $S < 0,5$ = Toleran; $0,5 \leq S \leq 1$ = Agak Toleran; $S > 1$ = Peka (Fisher dan Maurer 1978). T = Toleran, AT = Agak toleran, P = Peka

Tabel 7. Rekapitulasi jumlah tingkat toleransi lima varietas kedelai di bawah tegakan tanaman kelapa sawit muda. Mendo Barat-Bangka, MT 2020

Varietas	Indeks sensitivitas									Total
	Toleran			Agak toleran			Peka			
	Jumlah	Bobot	Skor	Jumlah	Bobot	Skor	Jumlah	Bobot	Skor	
Anjasmoro	4	2	8	2	1	2	3	0	0	10
Argomulyo	3	2	6	3	1	3	3	0	0	9
Burangrang	3	2	6	3	1	3	3	0	0	9
Demas 1	3	2	6	4	1	4	2	0	0	10
Grobogan	2	2	4	4	1	4	3	0	0	8

jumlah polong, dan bobot biji per tanaman, agak toleran pada karakter tinggi tanaman dan jumlah biji, serta peka untuk karakter lainnya (Tabel 6). Sedangkan varietas Argomulyo menunjukkan toleran untuk karakter luas daun, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji, agak toleran dan peka untuk karakter lainnya. Varietas Burangrang menunjukkan toleran pada karakter jumlah daun, jumlah polong, dan jumlah biji. Varietas Grobogan toleran untuk karakter jumlah daun dan luas daun. Karakter yang lain pada varietas Burangrang dan Grobogan menunjukkan indeks toleransi agak toleran dan peka. Varietas Demas 1 menunjukkan toleran untuk jumlah daun, luas daun dan bobot biji, sedangkan karakter lainnya agak toleran dan peka (Tabel 6). Varietas Demas 1 dan Anjasmoro memiliki tingkat toleransi lebih tinggi dibandingkan varietas lain, diikuti oleh varietas Argomulyo, Burangrang dan Grobogan (Tabel 7).

Kriteria toleransi berdasarkan kriteria indeks sensitivitas S (Fisher dan Maurer 1978) menunjukkan bahwa varietas Demas 1 dan Anjasmoro memiliki daya adaptasi yang baik di bawah naungan tegakan tanaman sawit yang belum menghasilkan, diikuti varietas Argomulyo, Burangrang dan Grobogan (Tabel 7). Varietas Anjasmoro memiliki tingkat toleransi yang tinggi, namun varietas ini memiliki hasil lebih rendah dari varietas Demas 1 (Tabel 4). Varietas Demas 1 dilihat dari laju pertumbuhannya memiliki daya adaptasi terhadap naungan dengan peningkatan tinggi tanaman yang tidak terlalu tinggi

dan jumlah daun yang tergolong banyak. Varietas Demas 1 juga memiliki produksi tertinggi yang ditunjukkan oleh tingginya karakter jumlah polong, jumlah biji, dan bobot biji per tanaman, sehingga varietas ini dikategorikan sebagai varietas yang toleran di bawah naungan kelapa sawit yang belum menghasilkan. Uraian di atas menunjukkan bahwa varietas kedelai yang cocok ditanam di bawah tegakan tanaman kelapa sawit yang belum menghasilkan adalah varietas Demas 1 dengan produksi lebih tinggi dibandingkan dengan varietas-varietas lainnya.

KESIMPULAN

Tanaman kelapa sawit muda umur $\pm 2,5$ tahun dapat menaungi 38% luas lahan di bawah tegakan. Pada tingkat naungan tersebut, varietas Demas 1 dan Anjasmoro lebih toleran dibanding varietas Argomulyo, Burangrang, dan Grobogan. Varietas kedelai toleran naungan mampu menghasilkan jumlah polong dan jumlah biji lebih banyak, serta mampu menghasilkan bobot biji per tanaman lebih tinggi dibanding varietas-varietas yang memiliki toleransi lebih rendah terhadap naungan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni BW. 2010. Studi Morfo-Anatomi dan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* (L.)Merril) pada Kondisi Cekaman Intensitas Cahaya Rendah.[Skripsi]. Fakultas Pertanian IPB, Bogor.

- Avci N, Aygun A. 2014. Determination of stomatal density and distribution On Leaves of Turkish Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars. *J of Agricultural Sciences* 20:454-459.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Produksi Kedelai menurut Provinsi (Ton). (<https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/09/09/871/produksi-kedelai-menurut-provinsi-ton-2015-2018.html>). [Diakses 9 Februari 2021].
- Bakar BA, dan Chairunas. 2012. Kajian Adaptasi beberapa varietas unggul baru kedelai di Provinsi Aceh. Hlm 126-123. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2011. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi [Balitkabi]. 2014. Dena 1 dan Dena 2 Varietas Unggul Kedelai Toleran Naungan. Malang <https://www.balitkabi.litbang.go.id>. [Diakses 1 April 2019].
- Bernard RI, and Weiss MG. 1973. Qualitative Genetics. In: Caldwell B.E. (Eds.). *Soybean: Improvement, Production and Uses*. Amer. Soc. Of Agron. Wisconsin. p. 117-146.
- Chairudin, Efendi, Sabaruddin. 2015. Dampak naungan terhadap perubahan karakter agronomi dan morfologi fisiologi daun pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J Floratek* 10(1): 26 – 35.
- Fachruddin L. 2000. Budi Daya Kacang-Kacangan. Kanisius, Yogyakarta.
- Fahrozi, Mawarni L, Hanum C. 2018. Pertumbuhan dan hasil beberapa varietas edelai pada perbedaan tingkat naungan. *Jurnal Agroekoteknologi*. 6(3) : 634- 639.
- Fischer R, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29. 897-912. <http://dx.doi.org/10.1071/AR9780897>
- Handriawan A, Respatie DW, Tohari. 2016. Pengaruh intensitas naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kedelai (*Glycine Max* (L.)Merrill) di lahan pasir pantai Bugel, Kulon Progo. *Vegetalika*. 5(3): 1-14.
- Haryoto APP, Wijayanto N, Budi WS. 2014. Respon fisiologi dan produksi kedelai (*Glycine max* (L.)Merrill) toleran naungan berbasis agroforestri sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). *Jurnal Silvikultur Tropika* 5(2): 84-90.
- Iqbal M, Mawarni L, Charloq. 2013. Pertumbuhan dan produksi beberapa varietas kedelai (*Glycine max*(L.)Merrill) pada berbagai tingkat penanaman tahap kedua. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(3): 896 -907.
- Khumaida N, Kisman, Sopandie D. 2008. Karakterisasi sekuen lengkap JJ3 yang diisolasi dari kedelai toleran naungan. *Bul Agron* 36(2): 118-125.
- Krisnawati A. 2017. Kedelai sebagai sumber pangan fungsional. *Iptek Tanaman Pangan* 12(1): 57-65.
- Liu B, Liu XB, Wang C, Li YS, Herbert SJ. 2010. Soybean yield and yield component distribution across the main axis in response to light enrichment and shading under different densities. *Plant Soil Environ* 56(8): 384-392.
- Logo NJB, Zubaidah S, Kuswantoro H. 2017. Karakteristik morfologi polong beberapa genotipe Kkedelai (*Glycine max* L.Merill). Hlm 37-45. Prosiding Seminar Nasional Hayati tahun 2017. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Marwoto A, Taufiq, Suyamto. 2012. Potensi pengembangan tanaman kedelai di perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Litbang Pertanian* 31(4): 169-174.
- Nur M. 2014. Identifikasi tingkat toleransi terhadap cekaman cahaya pada beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). [Skripsi]. Universitas Teuku Umar, Aceh.
- Pantilu LS, Mantiri FR, Nio SA, Pandiangan D. 2012. Respon morfologi dan anatomi kecambah kacang kedelai (*Glycine max*(L.)Merrill) terhadap intensitas cahaya yang berbeda. *Jurnal Bioslogos* 2(2): 80-87.
- Pujiwati H, Ghulamahdi M, Yahya S, Aziz SA, Haridjaja O. 2016. Tanggap kedelai hitam terhadap cekaman aluminium pada kultur hara. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35(2): 149-154.
- Rante Y. 2013. Strategi Pengembangan tanaman kedelai untuk pemberdayaan ekonomi rakyat di Kabupaten Keerom Provinsi Papua. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan* 15(1): 75-88.
- Rozison, Suryati D, Ganefianti DW. 2012. Karakterisasi galur-galur harapan kedelai yang efisien menggunakan fosfor. [Tesis]. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Soverda N, Alia Y. 2016. Sistem pertanaman tumpang sari antara beberapa genotip kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) dengan jagung manis (*Zea mays* Var. Saccharatasturt) yang ditanam secara multi rows. *Jurnal Agrium* 13(2): 27-34.
- Sulassih, Mulyono J, Syukur M, Zaman S, Yora M, Hakim A. 2018. Keragaman stomata Okra (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)). *Hort.J* 2(2): 41-45.
- Susilawati, Wardah, Irmasari. 2016. Pengaruh Berbagai Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan Semai Cempaka (*Michelia champaca* L.) di Persemaian. *J Forest Sains* 14(1): 59–66.
- Yulifianti R, Muzaiyanah S, Utomo JS. 2018. Kedelai sebagai bahan pangan kaya isoflavon. *Bul Palawija*. 16 (2): 84-93.

**Buletin Palawija Volume 19 Nomor 2
Tahun 2021, hlm 82-134**

Sutrisno Sutrisno 93
Zainudin Zainudin 126

Daftar Isi

Korelasi Antara Karakter Pertumbuhan dan Hasil Sepuluh Genotipe Talas Jepang pada Tiga Agroekologi Berbeda	
Delvi Mareta, Sobir Sobir, Is Helianti, Purwono Purwono, Edi Santosa	82-92
Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin (Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban)	
Dian Adi Anggraeni Elisabeth, Sutrisno Sutrisno, Salam Agus Riyanto, Henny Kuntastyuti, Fachrur Rozi	93-102
The Effect of Steaming Time on the Textural Characteristics of Two Sweet Potatoes with Different Flesh Colors	
Joko Susilo Utomo, Erliana Ginting	103-110
Keragaan Fisiologis dan Morfologis Dua Kultivar Kedelai Asal Subtropis dan Tropis akibat Cekaman Kekeringan	
Mochamad Arief Soleh, Ranu Manggala, Muhamad Kadapi	111-116
Genetic Variability, Heritability, and Genotypic Correlation of Soybean Agronomic Characters	
Heru Kuswantoro, Moch Muchlish Adie, Pratanti Haksiwi Putri	117-125
Adaptasi Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Tanaman Sawit Muda	
Zainudin Zainudin, Eries Dyah Mustikarini, Sitti Nurul Aini	126-133
Indeks Buletin Palawija Volume 19 Nomor 2 Tahun 2021	134

Indeks Subjek

Agroekologi	82
Daging ubi	103
Daya saing	93
Fisiologi	111
Hasil	82
Heritabilitas	117
Kacang hijau	93
Karakter pertumbuhan	82
Kedelai	126
Kedelai subtropis	111
Kedelai tropis	111
Kekeringan	111
Kelapa sawit muda	126
Keragaman genetik	117
Korelasi fenotipik	117
Korelasi genotipik	117
Lahan salin	93
Morfologi	111
Naungan	126
Pengukusan	103
Talas eddoe	82
Tanaman pangan	93
Tekstur	103

Indeks Penulis

Delvi Mareta	82
Dian Adi Anggraeni Elisabeth	93
Edi Santosa	82
Eries Dyah Mustikarini	126
Erliana Ginting	103
Fachrur Rozi	93
Henny Kuntastyuti	93
Heru Kuswantoro	117
Is Helianti	82
Joko Susilo Utomo	103
Moch Muchlish Adie	117
Mochamad Arief Soleh	111
Muhamad Kadapi	111
Pratanti Haksiwi Putri	117
Purwono Purwono	82
Ranu Manggala	111
Salam Agus Riyanto	93
Sitti Nurul Aini	126
Sobir Sobir	82

