

ISSN 1693~1882

e-ISSN 2615-8108

B U L E T I N Palawija

Volume 21, Nomor 1, Mei 2023

Tetranychus urticae Koch (Acarina: Tetranychidae) dan Faktor Ekstrinsik Penentu Pertumbuhan Populasi

Diversity of Agronomic Characters of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) Genetic Resources

Peningkatan Produksi Kedelai pada Sistem Wanatani Berbasis Jati dengan Varietas Unggul Baru dan Perbaikan Budidaya

Sistem Agroekonomi Komoditas Porang (*Amorphophalus muelleri* Blume)

Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Ari Kedelai dan *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L.)

Dormansi Benih Kacang Bambara (*Vigna subterranea* L. Verdc): Faktor Penyebab dan Metode Pematahannya

Buletin Palawija	Vol. 21 No. 1	hlm. 1-60	Malang, Mei 2023	ISSN 1693-1882	e-ISSN 2615-8108
---------------------	---------------	-----------	---------------------	-------------------	---------------------

BALAI PENGUJIAN STANDAR INSTRUMEN TANAMAN ANEKA KACANG
Pusat Standardisasi Instrumen Tanaman Pangan
Badan Standardisasi Instrumen Pertanian

BULLETIN Palawija

PENANGGUNG JAWAB:

Kepala BPSI Tanaman Aneka Kacang

Dewan Redaksi

Ketua

Prof. Dr. Ir. Agustina Asri Rahminanna

Ekofisiologi Tanaman

ANGGOTA

Ir. Abdullah Taufiq, MP

Ilmu Tanah

Dr. Ir. Titik Sundari, MP

Pemuliaan Tanaman

Dr. Nur'Aini Herawati, S.Si., M.Sc

Entomologi

Kurnia Paramita Sari, SP., MP

Penyakit Tanaman

Herdina Pratiwi, SP., MP

Ekofisiologi Tanaman

Imam Sutrisno, SP., MM

Ekonomi Pertanian

MITRA BESTARI

Dr. Sc.Agr. Agung Karuniawan, MScAgr

Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS

Ilmu Tanah

Prof. Dr. Ratya Anindita

Ekonomi Pertanian

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

Prof. Dr. Ir. Made Jana Mejaya, M. Sc

Pemuliaan

Dr. Ir. Yusmani, MSI

Penyakit Tanaman

Ir. Erliana Ginting, MSc

Teknologi Pangan

Eriyanto Yusnawan, SP., PhD

PenyakitTanaman

REDAKSI PELAKSANA

Bambang Sri Koentjoro, SP, MKom

Sri Ayu Dwi Lestari, SP., M.Si

Pratanti Haksiwi Putri, S.Si., M.Sc

Siti Mutmaidah, SP

Afandi Kristiono, SP

SEKRETARIAT

Siti Mutmaidah, SP

FREKUENSI TERBIT

Dua nomor per tahun: Mei dan Oktober

ALAMAT

Redaksi Buletin Palawija

BPSI Tanaman Aneka Kacang

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 21 Nomor 1 Mei 2023

***Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) dan Faktor Ekstrinsik Penentu Pertumbuhan Populasi**

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani,
Sri Wahyuni Indiaty 1-12

Diversity of Agronomic Characters of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) Genetic Resources

Pratanti Haksiwi Putri, Novita Nugrahaeni,
Rudy Soehendi 13-20

Peningkatan Produksi Kedelai pada Sistem Wanatani Berbasis Jati dengan Varietas Unggul Baru dan Perbaikan Budidaya

Herdina Pratiwi, Agustina Asri Rahmianna,
Titik Sundari 21-31

Sistem Agroekonomi Komoditas Porang (*Amorphophalus muelleri* Blume)

Siti Mutmaidah, Fachrur Rozi, Yulianto Baliadi,
Agustina Shinta Hartati Wahyuningtyas,
Fitria Dina 32-41

Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Ari Kedelai dan *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L.)

Syatrianty Andi Syaiful, Rusnadi Padjung,
Rika Wulandari 42-49

Dormansi Benih Kacang Bambara (*Vigna subterranea* L. Verdc): Faktor Penyebab dan Metode Pematahannya

Maryati Sari, Satriyas Ilyas, M Rahmad Suhartanto,
Abdul Qadir 50-59

Indeks Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1

Tahun 2023 60

Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang

Pusat Standardisasi Instrumen Tanaman Pangan

Badan Standardisasi Instrumen Pertanian

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur dihaturkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa untuk terbitnya Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1 yang seharusnya nomor ini terbit pada akhir bulan Mei. Keterlambatan terbitnya nomor 1 ini terutama berhubungan dengan adanya transformasi kelembagaan dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian menjadi Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, dan Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang (sebagai salah satu Unit Pelaksana Teknis lingkup Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian) bertransformasi menjadi Balai Pengujian Standar Instrumen Aneka Kacang. Perubahan kelembagaan tersebut telah berdampak pada pergantian pengelolaan Buletin Palawija mulai Volume 21 Nomor 1 ini.

Penghargaan dan ucapan terima kasih disampaikan untuk peran serta para penulis yang telah mengirimkan naskahnya untuk diterbitkan pada Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1 yang terakreditasi Sinta 2, serta kerja keras Tim Redaksi dan Mitra Bestari.

Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1 memuat enam judul tulisan membahas faktor ekstrinsik penentu pertumbuhan populasi serangga *Tetranicus urticae* yang menyerang tanaman aneka kacang; peningkatan produksi kedelai yang ditanam pada sistem wanatani berbasis jati dengan introduksi varietas unggul tahan naungan dan perbaikan budi dayanya, dan penggunaan pupuk organik cair dibuat dari kulit ari kedelai sebagai limbah pengolahan tempe dan bakteri *Rhizobium*; faktor penyebab dan metode pematangan dormasi pada benih kacang bambara; dan keragaman karakter agronomi plasma nutfah kacang gude; serta sistem agroekonomi komoditas porang,

Semoga tulisan-tulisan yang termuat pada nomor ini bermanfaat bagi siapapun yang tertarik pada bidang pertanian khususnya tanaman aneka kacang dan porang.

Redaksi

***Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) dan Faktor Ekstrinsik Penentu Pertumbuhan Populasi**

Tetranychus urticae Koch (Acarina: Tetranychidae) and Extrinsic Factors Determining Population Growth

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani, Sri Wahyuni Indiaty

Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan,
Badan Riset dan Inovasi Nasional
Cibinong Science Center, Jalan Raya Jakarta, Pakansari, Cibinong,
Bogor Regency, West Java 16915
*E-mail: anti4.nov@gmail.com

NASKAH DITERIMA 12 APRIL 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 15 JULI 2023

ABSTRAK

Tetranychus urticae merupakan salah satu hama yang memiliki kisaran inang yang luas, tersebar di seluruh dunia baik di iklim tropis maupun subtropis, serta menimbulkan kerusakan ekonomi yang signifikan. Hama ini memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap acarisida karena siklus hidupnya yang pendek, sifat reproduksinya yang haplodiploid, serta akibat penggunaan acarisida secara intensif. Perubahan iklim akibat pemanasan global dapat memicu ledakan hama dan perubahan status suatu hama dari hama minor menjadi hama utama yang menimbulkan kerusakan hebat pada tanaman budidaya. *T. urticae* yang termasuk serangga ektoterm sangat sensitif terhadap variasi suhu. Selain suhu, faktor yang mempengaruhi perkembangan dan reproduksi *T. urticae* adalah inang (jenis pakan) dan lama penyinaran atau fotoperiod. Variasi faktor morfologi dan kimia antarjenis inang maupun antarvarietas tanaman sangat mempengaruhi perilaku konsumsi *T. urticae* yang berdampak pada perbedaan periode perkembangan dan reproduksi imago betina. Pada suhu tinggi (27°–35°C), perkembangan *T. urticae* lebih cepat dibandingkan pada suhu rendah (15°–25°C). Pada kisaran suhu rendah, suhu yang berfluktuasi lebih menguntungkan bagi *T. urticae* untuk berkembang dengan cepat dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan. Lama waktu penyinaran dapat mempercepat atau memperlambat waktu perkembangan dewasa pada kondisi suhu tertentu, yang akan turut mempengaruhi kemampuan reproduksi serangga tersebut. Oleh karena itu jenis pakan, suhu, dan fotoperiod perlu diperhatikan untuk memprediksi dengan tepat pertumbuhan populasi *T. urticae* di lapangan dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pengambilan tindakan pengendalian.

Kata kunci: fotoperiod, suhu, tanaman inang, *Tetranychus urticae*, waktu perkembangan

ABSTRACT

Tetranychus urticae is a pest with broad host range. The pest is widely distributed both in tropical and subtropical areas and potentially causes significant economic losses. *T. urticae* has the ability to develop a quick resistance to acaricides due to its short life cycle, haplodiploid type of reproduction, and the intensive

application of acaricides. Climate change as a result of global warming stimulates pest explosion as well as changes the status from minor to major pest that results in severe damage to cultivated plants. As ectothermic pest, *T. urticae* is very sensitive to temperature variation. Instead of temperature, the host range (type of feeds) and photoperiod influence the development and reproduction of *T. urticae*. The variation on morphological and chemical exist among host species and plant varieties greatly influence the consumption behaviour of *T. urticae* especially the female, which later has an impact on differences in its development and reproduction periods. The development of *T. urticae* is faster at high temperatures (27–35°C) compare to its development under low temperatures of 15–25°C. In this low temperature range, fluctuated temperatures are more favourable for *T. urticae* to develop rapidly than that under constant temperature. The length of photoperiod either accelerates or reduces the development period from juvenile to imago, and also affects the reproduction ability of *T. urticae* under certain temperature condition. Therefore, it is very crucial to detect the type of feed, temperature, and photoperiod to enabling an accurate prediction the population growth in the field and to reducing the implementation mistake of control method.

Keywords: developing time, host plant, photoperiod, temperature, *Tetranychus urticae*

PENDAHULUAN

Tetranychus urticae merupakan salah satu hama tanaman pangan di dunia yang menimbulkan kerusakan secara ekonomi (van Leeuwen 2015). *T. urticae* memiliki lebih dari 1.100 spesies tanaman inang dari 140 famili yang berbeda (Migeon dan Dorkeld 2016; Azadi-Qoort *et al.* 2019; Fahim *et al.* 2020). Pada kedelai, *T. urticae* menyebabkan kehilangan hasil antara 40% hingga 60% (Cullen dan Schramm 2009) tergantung pada tingkat klorosis yang ditimbulkan. Padilha *et al.* (2020) melaporkan bahwa satu ekor *T. urticae* per cm² luas daun kedelai dapat menyebabkan kehilangan hasil

biji 0,35 g/tanaman atau 42 kg/ha. Di Indonesia, hama *T. urticae* menjadi hama utama pada tanaman ubikayu dan populasinya sangat tinggi pada musim kemarau (Budianto dan Munadjat 2012). Indiaty (2012) melaporkan serangan *T. urticae* pada tanaman ubikayu umur 7 bulan berkisar antara 52–61% dan 39–60% masing-masing pada pertanaman yang tidak dan yang dikendalikan dengan acarisida. Santoso dan Astuti (2019) melaporkan tingkat serangan *T. kanzawai* sebesar 47,4% dan 95,2% masing-masing pada ubikayu kultivar Manggu dan Mentega umur 7 bulan.

T. urticae memiliki resistensi tinggi terhadap insektisida karena pengendalian difokuskan pada penggunaan acarisida secara intensif (Adesanya et al. 2019; Ynak et al. 2019; Wu et al. 2019). Selain itu, hama ini juga memiliki waktu perkembangan yang singkat dan kemampuan reproduksi yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya kelimpahan populasi yang menyebabkan kerusakan dan menurunkan kualitas hasil tanaman (Ilias et al. 2014; Funayama 2015; Van Leeuwen et al. 2015; Rincon et al. 2019). *T. urticae* memproduksi jaring sutra yang berfungsi untuk melindungi diri dari serangan predator, insektisida, dan kondisi yang ekstrim (Iwasa dan Osakabe 2015; Sato et al. 2016) sehingga hama ini sulit dikendalikan. *T. urticae* menggunakan kemampuannya memproduksi jaring sutra sebagai strategi untuk bermigrasi dan mengkoloni tanaman baru ketika ketersediaan tanaman inang terbatas. Populasi *T. urticae* meningkat pesat dengan sumber makanan alternatif atau tanaman inang lain (Guedes 2013; Dogan et al. 2017).

Jenis pakan sangat penting dalam mempengaruhi aspek biologi serangga (Bayu dan Krisnawati 2016; Guedes et al. 2016; Puspitarini et al. 2021). Azadi-Qoort et al. (2019) dan Anber et al. (2020) menyatakan bahwa perbedaan jenis pakan menyebabkan perbedaan periode perkembangan, periode peneluran, dan tingkat kematian *T. urticae* secara nyata. Selain itu, setiap tanaman inang memiliki kualitas dan kandungan nutrisi yang berbeda. Tanaman dengan kualitas yang baik lebih diminati hama dibandingkan dengan tanaman dengan nutrisi yang terbatas. Nutrisi tanaman inang sangat mempengaruhi perkembangan dan reproduksi hama (Motahari et al. 2014).

Perubahan iklim yang terjadi saat ini menyebabkan perubahan suhu rata-rata dan berdampak pada fluktuasi suhu harian (Zhou et al. 2009). Perubahan iklim memicu terjadinya ledakan berbagai jenis hama termasuk *T. urticae* (Urbaneja-Bernat et al. 2019). Selain itu, perubahan iklim juga berpengaruh terhadap populasi dinamik, distribusi, intensitas, dan

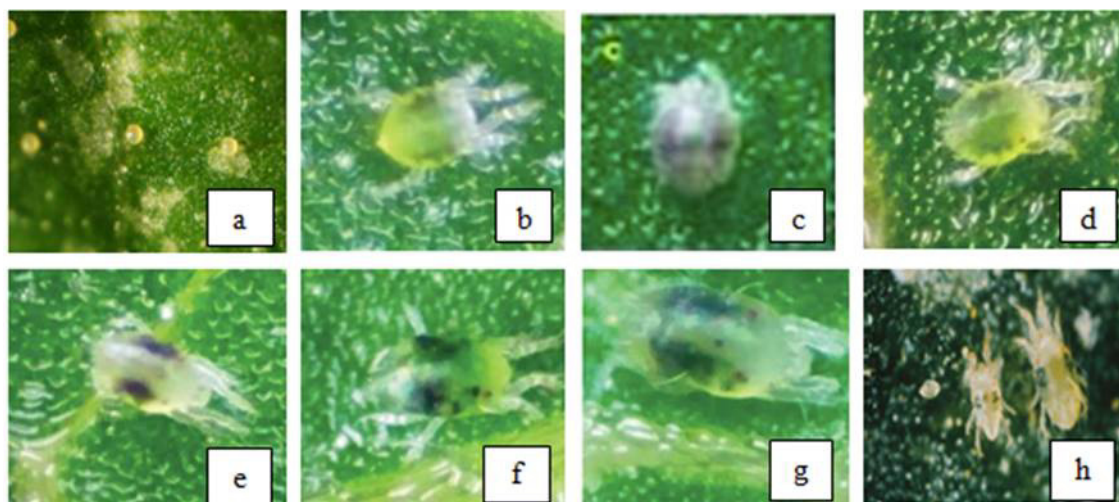
perilaku makan, serta fungsi fisiologis serangga (Khaliq et al. 2014). Hama yang semula berstatus minor berpotensi menjadi hama utama yang dapat menimbulkan kerusakan hebat pada tanaman budidaya.

Shibuya et al. (2016) dan Miguel et al. (2017) mengemukakan bahwa kondisi lingkungan seperti kelembaban udara yang rendah (<50%), suhu tinggi (>28°C), dan kondisi kering menyebabkan terjadinya peningkatan populasi *T. urticae* dan menurunkan biodiversitas tungau predator. Selain kelembaban udara dan suhu, fotoperiod mempengaruhi tingkat pertumbuhan, waktu perkembangan, kemampuan reproduksi, dan aspek fisiologis lainnya (Wang et al. 2013; Zerbino et al. 2014; Zou et al. 2016). Menurut Yang et al. (2020), periode perkembangan dan kemampuan bertelur *T. urticae* menjadi lebih pendek atau menurun seiring dengan meningkatnya lama penyinaran. Hubungan antara suhu dan fotoperiod dengan perkembangan hama sangat penting dipahami sebagai bekal untuk mengambil tindakan pengendalian hama. Makalah ini berisi tinjauan atau ulasan tentang biologi *T. urticae* pada berbagai jenis pakan, suhu dan fotoperiod yang merupakan komponen penting dalam pengambilan tindakan pengendalian.

PENGARUH JENIS PAKAN TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

T. urticae masuk dalam ordo Acari, famili Tetranychidae, dan terdiri dari strain hijau dan merah (Silva et al. 2009). *T. urticae* merupakan serangga dengan metamorfosis sempurna dan memiliki stadia diam. Stadia *T. urticae* diawali dari telur, larva, *protocrysalis* (C1), *protonymph* (N1), *deutocrysalis* (C2), *deutonymph* (N2), *teleiocrysalis* (C3), dan terakhir adalah stadia dewasa (Riahi et al. 2013) (Gambar 1). Larva *T. urticae* berwarna kuning kehijauan. *T. urticae* dewasa berwarna hijau dengan dua spot hitam pada bagian pronotum dan merah cerah dengan ukuran 1 mm (Gambar 2).

Puspitarini et al. (2013) mengemukakan bahwa stadia telur *T. urticae* rata-rata 3 hari jika diberi pakan daun kacang hijau dan daun kacang merah. Daur hidup *T. urticae* dari telur hingga dewasa yang diberi pakan daun kacang hijau adalah 8,5–9,0 hari dan daun kacang merah adalah 8,0–9,4 hari. Periode peneluran rata-rata adalah 9,5 hari pada pakan daun kacang hijau dan 9,4 hari pada daun kacang merah. Lama hidup dewasa betina mencapai 14 hari pada daun kacang hijau dan kacang merah. *T. urticae* dewasa mampu menghasilkan telur sebanyak 57–87 butir selama hidup jika diberi pakan daun kacang



Gambar 1. (kiri-kanan) telur (a), larva (b), *protochrysalis* (c), *protonymph* (d), *deutochrysalis* (e), *deutonymph* (f), *teleiochrysalis* (g), imago (h).

hijau dan 56–66 butir jika diberi pakan daun kacang merah. Sedangkan Bayu *et al.* (2017) melaporkan bahwa periode perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa adalah 10,3 hari, dengan lama hidup imago betina 17,6 hari pada suhu konstan 25°C. Selain itu, kemampuan reproduksi seekor *T. urticae* betina selama hidup pada pakan kacang buncis mencapai 168 butir telur. Berikutnya Draz *et al.* (2021) menyebutkan bahwa *T. urticae* lebih menyukai daun dari famili Cucurbitaceae seperti daun semangka dan mentimun sebagai sumber pakan dibandingkan dengan daun-daun dari famili Solanaceae seperti daun terung. Periode perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada pakan daun semangka (9,50 hari) lebih pendek dibandingkan dengan periode perkembangannya pada pakan daun terung (11,3 hari). Lama hidup imago betina juga lebih panjang pada pakan daun semangka (23,4 hari) dibandingkan dengan pakan daun terung (19,3 hari). Selain itu, total produksi telur imago betina *T. urticae* pada pakan daun semangka mencapai 81,1 butir, lebih tinggi dibandingkan dengan produksi telur pada

pakan daun terung (21,1 butir) pada suhu konstan 25°C (Tabel 1).

Periode perkembangan *T. urticae* dipengaruhi oleh jenis pakan dan keragaman varietas dari jenis pakan. Selain itu, keragaman varietas dari satu jenis pakan juga mempengaruhi kemampuan reproduksi. Golizadeh *et al.* (2017) melaporkan bahwa perbedaan varietas mawar mempengaruhi periode perkembangan, tingkat reproduksi, dan tingkat kelangsungan hidup *T. urticae*. Periode perkembangan dari telur hingga imago tercepat terdapat pada varietas Orange Juice yaitu 9,35 hari dengan tingkat kelangsungan hidup 70,7%. Sedangkan periode perkembangan terpanjang terdapat pada varietas Bella Vita (12,3 hari) dengan tingkat kelangsungan hidup 66%. Total produksi telur yang dihasilkan oleh *T. urticae* betina adalah 59,9 butir selama 16,75 hari pada varietas Orange Juice.

Pengaruh keragaman varietas terhadap kemampuan reproduksi juga diungkapkan oleh Anber *et al.* (2020) yang melakukan pengujian menggunakan tiga varietas kedelai yaitu Giza 21, Giza 83, dan Giza 35 pada suhu 26°C. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa daur hidup *T. urticae* betina dari telur hingga dewasa adalah 10,5 hari pada Giza 21, 9,3 hari pada Giza 83, dan 8,6 hari pada Giza 35. Periode telur berlangsung 5,0 hari, 4,7 hari, dan 4,2 hari berturut-turut pada Giza 21, Giza 83 dan Giza 35. Periode bertelur 12,0 hari, 12,9 hari, dan 14,1 hari berturut-turut untuk Giza 21, Giza 83, dan Giza 35. Seekor betina selama hidup memproduksi telur 76,9 butir, 85,8 butir, dan 94,6 butir ketika diberi pakan masing-masing daun kedelai var. Giza 21, Giza 83, dan Giza 35. Lama hidup betina *T. urticae* pada var.



Gambar 2. Imago betina *T. urticae*

Tabel 1. Tingkat kelangsungan hidup, periode perkembangan, dan parameter biologi *T. urticae* pada berbagai jenis pakan

Jenis pakan daun	Periode telur-imago (hari)	Umur imago betina (hari)	Periode bertelur (hari)	Jumlah telur/betina (butir)	Daya tetas telur (%)
Kacang hijau (Puspitarini <i>et al.</i> 2013)	8,4	14,3	9,8	86,9	-
Kacang merah (Puspitarini <i>et al.</i> 2013)	9,0	14,3	9,6	65,8	-
Kacang buncis (Bayu <i>et al.</i> 2017)	10,3	17,6	14,7	168,0	97,9
Kedelai (Anber <i>et al.</i> 2020)	8,6	17,8	14,1	94,6	-
Semangka (Draz <i>et al.</i> 2021)	9,5	23,4	12,3	81,1	100,0
Terung (Draz <i>et al.</i> 2021)	11,3	19,3	5,9	21,1	86,6
Tomat (Nasr <i>et al.</i> 2019)	13,6	15,3	10,3	48,7	-
Mawar (Golizadeh <i>et al.</i> 2017)	9,3	21,5	16,7	59,9	73,0
Persik (Riahi <i>et al.</i> 2013)	13,2	12,9	11,3	40,0	-
Strawberry (Kaur dan Zalom 2017)	15,8	11,4	-	49,1	-
Mentimun (Nasr <i>et al.</i> 2019)	9,5	19,9	13,0	69,7	-
Ubijalar (Elsadany 2018)	13,7	16,4	13,0	23,0	95,0
Jarak pagar (Elsadany 2018)	11,7	8,5	6,0	25,0	88,0

Keterangan : - : data tidak tersedia

Giza 21 adalah 15,8 hari, pada Giza 83 adalah 16,7 hari, dan pada Giza 35 adalah 17,8 hari. Sebelumnya Karlec *et al.* (2016) mengemukakan bahwa dari 16 varietas strawberry yang diuji terhadap *T. urticae*, hanya empat varietas yang menunjukkan kesesuaiannya sebagai pakan *T. urticae* dengan periode perkembangan yang pendek dan tingkat kematian yang rendah pada setiap stadia.

Perbedaan periode perkembangan dan kemampuan reproduksi *T. urticae* tidak lepas dari adanya variasi faktor morfologi dan kimia antar-varietas maupun antarjenis inang. Golizadeh *et al.* (2016) menyatakan bahwa setiap tanaman inang memiliki morfologi dan kandungan senyawa kimia yang berbeda yang akan mempengaruhi kesesuaiannya sebagai inang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Azadi-Qoort *et al.* (2019) dan Puspitarini *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa periode perkembangan dari setiap stadia *T. urticae* berbeda bergantung pada jenis pakan yang diberikan. Jenis pakan juga mempengaruhi perbedaan periode peneluran, kemampuan dan produksi telur, serta tingkat kematian *T. urticae*. Golizadeh *et al.* (2017) juga menyebutkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter pertumbuhan populasi *T. urticae* akibat pemberian pakan berbagai varietas mawar. Hasil penelitian Elsadany (2018) menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar dengan kandungan nitrogen yang tinggi menyebabkan periode perkembangan *T. urticae* lebih cepat, umur imago betina dan periode bertelur lebih pendek, serta menurunkan daya tetas telur bila dibandingkan dengan tanaman ubijalar dengan kandungan nitrogen yang rendah.

Tanaman inang yang memiliki kandungan nutrisi

tinggi akan disukai oleh serangga hama sebagai sumber pakan. Tanaman tersebut akan memicu terjadinya ledakan populasi karena waktu perkembangan hama menjadi lebih singkat (siklus hidup pendek) dengan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Kuantitas dan kualitas nutrisi yang berbeda serta kandungan senyawa metabolit sekunder yang berbeda dari setiap jenis pakan sangat menentukan perkembangan populasi hama. Namun demikian, ada faktor lain yang turut mempengaruhi perbedaan biologi dan reproduksi hama, terutama *T. urticae*, seperti teknik pembiakan, kondisi lingkungan selama pengambilan data, trikoma dan struktur epidermis daun, serta asal dari *T. urticae* yang digunakan (Khanamani *et al.* 2012; Golizadeh *et al.* 2017).

Fellous *et al.* (2014) melaporkan bahwa *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman tomat hanya dapat berkembang ketika dibiakkan pada tanaman tomat. *T. urticae* tersebut tidak berkembang pada pakan tanaman jeruk maupun tanaman oleander. Tetapi *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman jeruk dapat berkembang dengan baik ketika dibiakkan pada tanaman jeruk dan tomat, dan tidak berkembang pada tanaman oleander. Sebaliknya, *T. urticae* yang dikoleksi dari tanaman oleander memiliki performa yang sama baiknya ketika dibiakkan pada tanaman oleander, jeruk, dan tomat. Hal ini mengindikasikan bahwa perkembangan populasi *T. urticae* tidak selalu sama pada tanaman-tanaman inang potensialnya.

Variasi periode perkembangan dan kemampuan reproduksi *T. urticae* yang disajikan pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa jenis pakan memiliki peran penting pada pertumbuhan populasi *T. urticae* di lapang. Tanaman dari famili Leguminosae yang meliputi kacang hijau, kacang merah, kacang buncis,

dan kedelai merupakan inang yang sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae*, begitu juga tanaman dari famili Cucurbitaceae seperti semangka dan mentimun. Siklus hidup *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada tanaman inang dari kedua famili tersebut lebih pendek dan tingkat reproduksinya lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman inang lainnya seperti ubijalar, jarak pagar, dan tanaman dari famili Solanaceae seperti tomat dan terung. Hasil penelitian Nasr *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tanaman tomat kurang sesuai untuk perkembangan dan reproduksi *T. urticae* dibandingkan dengan tanaman mentimun. Sebelumnya, Shoorooei *et al.* (2012) membuktikan bahwa *T. urticae* menyebabkan serangan yang berat pada mentimun dan dapat menyelesaikan siklus hidupnya dengan cepat.

Beberapa jenis tanaman tomat diketahui memiliki kandungan methyl ketones, acylsucrose, dan sesquiterpene tinggi yang menyebabkan kematian serta menurunkan kemampuan reproduksi *T. urticae* (Antonius dan Snyder 2015; Rakha *et al.* 2017; Oliveira *et al.* 2018). Selain itu, kandungan flavonoid dan phenolic yang tinggi pada daun tomat menyebabkan resistensi terhadap *T. urticae* (Agut *et al.* 2014). Selanjutnya, Karley *et al.* (2015) menyatakan bahwa tanaman yang memiliki kepadatan trikoma tinggi menunjukkan korelasi negatif dengan populasi tungau pada daun dan jumlah telur yang diletakkan. Gomez *et al.* (2019) juga mengemukakan bahwa tanaman dengan kutikula daun yang tebal dapat menghambat proses penetrasi stilet *T. urticae* ke dalam mesofil daun. Hasil penelitian Lucini *et al.* (2015) menyebutkan bahwa varietas tomat yang memiliki glandular trikoma tinggi akan diikuti dengan tingginya kandungan acylsucrose yang menyebabkan rendahnya populasi *T. urticae*, tingginya tingkat kematian *T. urticae*, dan rendahnya jumlah telur yang dihasilkan.

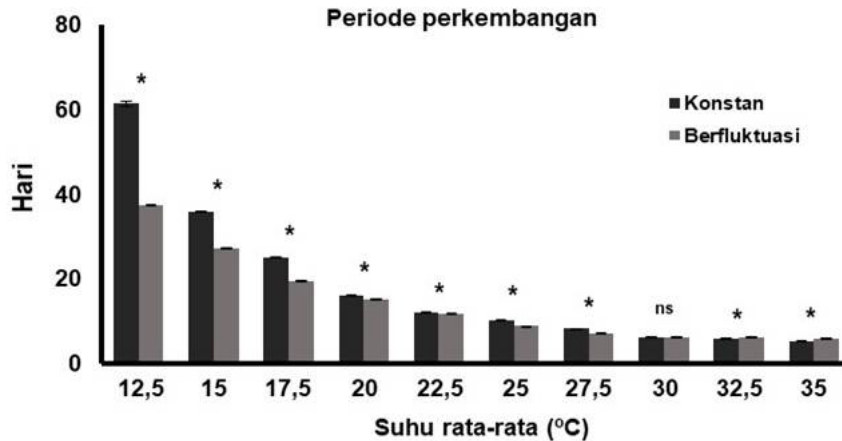
PENGARUH SUHU TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

Dinamika populasi serangga sangat dipengaruhi oleh kualitas jenis pakan dan suhu. Suhu berperan dalam perubahan laju metabolisme serta kebutuhan energi serangga (Vangansbeke *et al.* 2013 dan 2015; Clissold dan Simpson 2015). Laju perkembangan serangga paling kuat dipengaruhi oleh suhu, sedangkan pertumbuhan, komposisi tubuh, serta kemampuan reproduksi dipengaruhi oleh nutrisi terutama protein dan karbohidrat (Clissold dan Simpson 2015). Perkembangan serangga hama cenderung lebih cepat ketika dibiakkan pada suhu tinggi (27,5–35°C) dibandingkan dengan serangga

yang dibiakkan pada suhu rendah (12,5–25°C) (Bayu *et al.* 2017; Farazimand *et al.* 2020). El-Wahed *et al.* (2012) melaporkan periode perkembangan *T. urticae* pada suhu rendah (15°C) mencapai 30,6 hari, lebih panjang bila dibandingkan dengan periode perkembangannya pada suhu 30°C (6,5 hari). Hasil penelitian lain menyebutkan periode perkembangan *T. urticae* pada suhu 26°C selama 10,8 hari dan pada suhu 30°C menjadi lebih pendek yaitu 8,3 hari. Hasil penelitian Kaur dan Zalom (2017) menunjukkan bahwa total waktu perkembangan *T. urticae* pada suhu 15°C adalah 35,4 hari, jauh lebih panjang dibandingkan dengan periode perkembangannya pada suhu 25°C yang hanya 15,8 hari. Hal yang sama juga tampak pada predator *T. urticae*, *Feltiella acarisuga*, dimana periode perkembangan dari telur hingga dewasa mencapai 53 hari ketika dibiakkan pada suhu 11°C dan periode perkembangan tersebut terus menurun seiring dengan meningkatnya suhu. *F. acarisuga* hanya membutuhkan waktu 10 hari untuk menyelesaikan siklus hidupnya pada suhu 31°C. Selain itu, kondisi suhu yang tinggi yaitu lebih dari 35°C menyebabkan periode perkembangan *F. acarisuga* menjadi lebih cepat, namun tingkat kematiannya juga semakin tinggi.

Selain mempengaruhi periode perkembangan, suhu juga mempengaruhi reproduksi *T. urticae*. Seekor *T. urticae* betina mampu menghasilkan telur dalam jumlah banyak yaitu 140 butir selama hidup pada kondisi suhu yang tinggi (30°C). Sementara itu, hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) menyatakan bahwa tingkat reproduksi *T. urticae* tertinggi dicapai pada suhu 20–25°C, sedangkan pada suhu lebih rendah dari 20°C dan lebih tinggi dari 25°C kemampuan reproduksi *T. urticae* menurun. Hal yang sama juga terjadi pada seekor betina *Typhlodromus recki* yang mampu menghasilkan telur dalam jumlah tinggi yaitu 28,6 dan 23,5 butir masing-masing pada suhu 20°C dan 25°C bila dibandingkan dengan suhu yang tinggi (35°C) yang hanya 0,2 butir (Ersin *et al.* 2021). Saeidi *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa suhu tinggi (35°C) membuat kerabat *T. urticae* yaitu *Schizotetranychus smirnovi* tidak mampu menghasilkan telur dan umur imago menurun seiring dengan meningkatnya suhu.

Suhu rendah dan suhu tinggi menyebabkan penurunan kinerja serangga secara keseluruhan termasuk pada kelangsungan hidupnya. Ramachandran *et al.* (2021) mengemukakan bahwa predator tungau, *Stratiolaelaps scimitus*, mengalami penurunan bobot dan pengurangan efisiensi makan karena meningkatnya proses metabolisme setelah terpapar suhu tinggi dalam waktu lama. Suhu tinggi juga menyebabkan penurunan kebugaran serangga



Gambar 3. Periode perkembangan *T. urticae* betina dari telur hingga dewasa di bawah suhu konstan dan berfluktuasi (Bayu *et al.* 2017). Keterangan: ns: tidak signifikan, * : signifikan, error bar menunjukkan variasi data

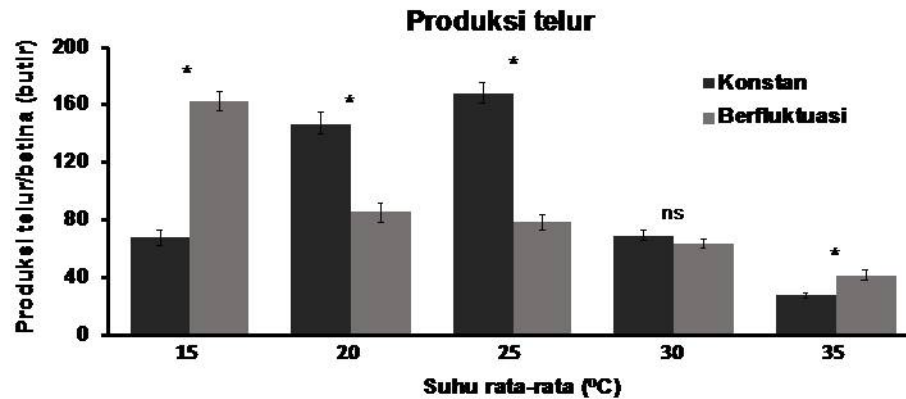
jantan, keterlambatan perkembangan spermatogenesis, penurunan stok sperma, dan rusaknya spermatofor dan oosit yang dapat menyebabkan penurunan fekunditas serangga secara signifikan (Zhang *et al.* 2016). Pada suhu rendah, metabolisme serangga ektoterm seperti *T. urticae* akan terganggu yang berdampak pada rendahnya suplai energi sehingga menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan. Pada suhu ekstrim rendah maupun tinggi, kandungan lemak pada tubuh serangga akan menurun dan kandungan protein akan meningkat (Bjorge *et al.* 2018).

Selain faktor tinggi rendahnya suhu, kondisi suhu yang konstan dan berfluktuasi juga mempengaruhi waktu perkembangan serta reproduksi arthropoda (Vangansbeke *et al.* 2015; Bayu *et al.* 2017). Pada kisaran suhu yang rendah, waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga dewasa lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan dengan suhu konstan. Pada kisaran suhu yang tinggi, kondisi suhu konstan lebih menguntungkan bagi *T. urticae* dimana waktu perkembangannya lebih cepat dibandingkan dengan suhu berfluktuasi pada rata-rata suhu yang sama (Vangansbeke *et al.* 2013; Gotoh *et al.* 2014; Vangansbeke *et al.* 2015; Bayu *et al.* 2017). Bayu *et al.* (2017) melaporkan waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* betina untuk menyelesaikan siklus hidupnya dari telur hingga dewasa pada kondisi suhu konstan 35°C adalah 5,4 hari sedangkan di bawah suhu yang berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama adalah 6 hari. Sementara itu, pada suhu rendah (15°C), waktu yang dibutuhkan oleh *T. urticae* betina untuk berkembang dari telur hingga dewasa adalah 35,8 hari pada suhu konstan dan 27,2 hari pada suhu berfluktuasi 20°C/10°C (Gambar 3). Gotoh *et al.* (2014) melaporkan bahwa

perkembangan *T. urticae* dari telur hingga dewasa pada suhu 22°C lebih cepat pada suhu berfluktuasi dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan.

Hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa pada kisaran suhu antara 12,5–27,5°C, perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi bila dibandingkan dengan perkembangannya pada suhu konstan. Sedangkan pada kisaran suhu >30–35°C, perkembangan *T. urticae* menjadi lebih lambat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Sementara itu, pada suhu konstan 10°C, tidak ada *T. urticae* yang mampu menyelesaikan siklus hidupnya, sedangkan pada suhu berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama (15°C/5°C), sebesar 81% *T. urticae* mampu menyelesaikan siklus hidupnya. Menurut Bahar *et al.* (2012), percepatan perkembangan *T. urticae* pada suhu berfluktuasi di kisaran suhu rendah disebabkan oleh penurunan aktivitas beberapa protein yang berperan dalam proses metabolisme dan adanya stabilisasi fungsi enzim. Pada keadaan tersebut, *T. urticae* mengalami peningkatan kebugaran sehingga mempercepat proses perkembangannya.

T. urticae biasa berkembang di lingkungan dengan suhu yang berfluktuasi, oleh karena itu *T. urticae* dapat beradaptasi terhadap perubahan suhu harian. Pada siang hari, hampir semua organisme membutuhkan energi yang lebih tinggi untuk beraktivitas dibandingkan pada malam hari. Suhu optimal yang dibutuhkan untuk proses metabolisme pada malam hari lebih rendah dibandingkan pada siang hari. Sementara itu, aktivitas *T. urticae* seperti makan dan bertelur lebih tinggi terjadi pada siang hari dibandingkan dengan malam hari. Suhu berfluktuasi memberi keuntungan bagi *T. urticae*



Gambar 4. Produksi telur seekor *T. urticae* betina selama hidup di bawah suhu konstan dan berfluktuasi (Bayu *et al.* 2017), Keterangan: ns: tidak signifikan, * : signifikan, error bar menunjukkan variasi data

karena dengan terpenuhinya kebutuhan makanan pada periode siang, maka kebutuhan energi untuk respirasi pada malam hari menjadi lebih rendah bila dibandingkan dengan yang terjadi pada suhu konstan (Ratte 1918 dalam Vangansbeke *et al.* 2015). Faktor lain yang mempengaruhi perkembangan *T. urticae* pada suhu berfluktuasi adalah produksi *cryoprotectants* yaitu beberapa senyawa kimia yang dapat mencegah kerusakan sel atau jaringan ketika diekspos pada suhu rendah dan produksi *heat shock* protein ketika diekspos pada suhu tinggi (King dan MacRae 2015). Suhu yang berfluktuasi dilaporkan dapat mengubah tingkat hormon gibberellin pada tanaman, sehingga mempengaruhi kinerja *T. urticae* yang mengonsumsi tanaman tersebut. Selain itu, dapat juga terjadi perubahan komponen hormon lainnya akibat perubahan suhu harian sehingga mempengaruhi kinerja *T. urticae* (Eicmeier dan Guyer 1960).

Serangga yang pada siang hari telah terpapar suhu tinggi memerlukan suhu yang lebih rendah pada malam hari agar dapat mengembalikan laju metabolisme dan mengurangi kehilangan energi. Hal ini bermanfaat bagi serangga untuk menghadapi periode panas pada hari berikutnya. Suhu yang berfluktuasi memberi keuntungan bagi serangga karena dapat memulihkan struktur sel dan proteinnya sehingga mampu berkembang dengan lebih cepat (Xing dan Zhao 2022). Fenomena percepatan perkembangan pada suhu berfluktuasi tersebut menunjukkan adanya hubungan non-linear antara tingkat perkembangan arthropoda dengan suhu sehingga menyebabkan perbedaan perkembangan pada suhu konstan dan suhu berfluktuasi. Selain berpengaruh terhadap waktu perkembangan *T. urticae*, suhu berfluktuasi juga berdampak pada kapasitas reproduksi yang selanjutnya akan mempengaruhi pertumbuhan

populasi yang sangat berbeda dari keadaan pada suhu konstan.

Parameter reproduksi *T. urticae* yang dibiakkan pada suhu konstan juga berbeda signifikan dengan *T. urticae* yang dibiakkan pada suhu berfluktuasi. Bayu *et al.* (2017) melaporkan periode oviposisi, umur *T. urticae* betina, jumlah telur yang dihasilkan selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan seekor betina per hari pada suhu 15°C dan 35°C lebih tinggi pada suhu berfluktuasi dibandingkan dengan suhu konstan. Sedangkan pada suhu medium (20, 25, dan 30°C), periode oviposisi, umur *T. urticae* betina, jumlah telur yang dihasilkan selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan oleh betina per hari lebih tinggi pada suhu konstan dibandingkan pada suhu berfluktuasi. Pada suhu konstan 25°C, jumlah telur yang dihasilkan seekor betina selama hidup dan jumlah telur yang dihasilkan seekor betina per hari mencapai puncak tertinggi berturut-turut 168 dan 11 butir, sedangkan pada suhu berfluktuasi dengan rata-rata suhu yang sama (30°C/20°C) berturut-turut hanya 77 dan 8 butir (Gambar 4).

Fenomena di atas menunjukkan bahwa suhu berfluktuasi sangat penting untuk diperhatikan dalam memprediksi pertumbuhan populasi suatu hama di lapangan. Vangansbeke *et al.* (2015) menyebutkan bahwa populasi hama dapat diprediksi lebih awal pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Selain itu, pada tanaman budidaya yang dipelihara di rumah kaca, implementasi suhu yang berfluktuasi dapat menghemat energi hingga 20% sehingga petani dapat menurunkan biaya produksi. Vangansbeke *et al.* (2013) melaporkan bahwa keberhasilan program pengendalian hayati *T. urticae* melalui pemanfaatan musuh alami *Neoseiulus californicus* dan *Phytoseiulus persimilis* semakin tinggi pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan.

PENGARUH FOTOPERIOD TERHADAP PERKEMBANGAN *T. URTICAE*

Fotoperiod diketahui memiliki pengaruh terhadap parameter perkembangan dan reproduksi tungau Phytoseiid dan arthropoda lainnya (Zou *et al.* 2016; Pakyari dan McNeill 2020; Yang *et al.* 2020). Manipulasi fotoperiod dapat digunakan untuk menginduksi *diapause* pada tungau Phytoseiid sehingga tungau dapat bertahan hidup dan berkembang pada kondisi yang tidak menguntungkan. Lopatina *et al.* (2011) mengemukakan bahwa lama penyinaran dapat mempercepat waktu perkembangan arthropoda pada suhu tertentu dan dapat memperlambat waktu perkembangan pada suhu lainnya. Sebagai contoh, larva kumbang tanah (*Amara communis*) berkembang lebih cepat ketika diekspos selama 12 jam fotoperiod atau penyinaran dibandingkan dengan 22 jam penyinaran pada suhu 16–22°C.

Lama penyinaran dapat meningkatkan asupan nutrisi yang berdampak pada peningkatan aktivitas seksual serangga dewasa (Wang *et al.* 2013). Yang *et al.* (2020) melaporkan bahwa lama penyinaran dapat mempercepat periode perkembangan dan peneluran *T. urticae* betina. Hal ini diikuti dengan semakin pendeknya periode perkembangan dari generasi selanjutnya serta mengakibatkan penurunan populasi yang lebih cepat. Hasil penelitian Yang *et al.* (2020) menunjukkan seekor imago betina memiliki kemampuan bertelur 69,6 butir selama hidup pada suhu 25°C dengan lama penyinaran 12 jam. Pada periode penyinaran 14 jam, produksi telur seekor *T. urticae* betina sebanyak 77,4 butir. Sebelumnya, Bayu *et al.* (2017) melaporkan bahwa seekor imago betina *T. urticae* mampu menghasilkan telur sebanyak 168 butir selama hidupnya pada suhu 25°C dan lama penyinaran 24 jam. Perbedaan produksi telur yang dihasilkan oleh betina *T. urticae* pada kedua penelitian di atas salah satunya diduga karena perbedaan lama periode cahaya yang diberikan selama pengambilan data. Yang *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa kurang dari 14 jam penyinaran, *T. urticae* mengalami tingkat reproduksi bersih (*net reproductive rate*) tertinggi ($R_0 = 83,0577$), tingkat kenaikan intrinsik (*intrinsic rate of natural increase*) ($r_m = 0,2740$), tingkat kenaikan terbatas (*finite rate of increase*) ($\lambda = 1,3153$), waktu generasi rata-rata terendah ($T = 16,1277$ hari) dan waktu penggandaan populasi ($Dt = 2,5294$ hari). Sedangkan Bayu *et al.* (2017) menyebutkan tingkat reproduksi bersih ($R_0 = 93,0$) dengan tingkat kenaikan intrinsik ($r_m = 0,314$), tingkat kenaikan terbatas ($\lambda = 1,369$), dan waktu generasi rata-rata terendah ($T = 14,42$ hari) di bawah 24 jam

penyinaran yang dialami oleh *T. urticae*. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama penyinaran mempengaruhi parameter perkembangan *T. urticae*.

Selain berpengaruh terhadap periode perkembangan dan produksi telur, fotoperiod juga berpengaruh terhadap waktu kelangsungan hidup serangga. Yang *et al.* (2020) menyebutkan bahwa umur *T. urticae* lebih pendek pada kondisi mendapatkan paparan cahaya selama 18 jam (38 hari) dibandingkan dengan hanya terpapar cahaya selama 12 jam per hari (40 hari). Hasil penelitian Bayu *et al.* (2017) menunjukkan bahwa lama hidup imago betina *T. urticae* adalah 28 hari setelah terpapar cahaya selama 24 jam per hari selama periode telur dan larva.

Hasil penelitian Pakyari dan McNeill (2020) terhadap predator *Scolothrips longicornis* menyebutkan bahwa periode perkembangan stadia muda *S. longicornis* lebih cepat di bawah penyinaran yang lama (18:6 dan 24:0 Light (L):Dark (D)). Umur imago jantan dan betina menjadi lebih pendek dengan meningkatnya lama penyinaran. Di bawah fotoperiode 12:12 (L:D), imago betina *S. longicornis* memiliki periode oviposisi terpanjang dan umur panjang, tingkat reproduksi tertinggi ($R_0 = 15,37$), tingkat kenaikan alami intrinsik ($r = 0,141$), dan tingkat kenaikan terbatas ($\lambda = 1,151$). Pengaruh waktu penyinaran juga terjadi pada predator tungau *N. bakeri* dimana *sex ratio* *N. bakeri* lebih tinggi pada periode penyinaran yang panjang dan menjadi lebih pendek bila diekspos pada periode penyinaran yang pendek (Xia *et al.* 2012).

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae* sangat dipengaruhi oleh jenis pakan, suhu dan fotoperiod. Kuantitas dan kualitas nutrisi yang berbeda serta kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, phenolic, dan acysucose dari setiap jenis pakan sangat menentukan perkembangan populasi *T. urticae*.

Periode perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada kondisi suhu tinggi dibandingkan dengan suhu rendah. Pada kisaran suhu rendah (12,5–27,5°C), perkembangan *T. urticae* lebih cepat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan dengan perkembangan pada suhu konstan. Sedangkan pada kisaran suhu tinggi (>30–35°C), perkembangan *T. urticae* menjadi lebih lambat pada suhu yang berfluktuasi dibandingkan pada suhu konstan. Kelangsungan hidup dan produksi telur *T. urticae* lebih tinggi pada kondisi suhu konstan dibandingkan dengan suhu yang berfluktuasi pada kisaran suhu menengah (20–30°C).

Pada suhu tertentu, lama penyinaran (fotoperiod) dapat mempengaruhi percepatan dan perlambatan periode perkembangan *T. urticae*. Selain itu, fotoperiod juga mempengaruhi produksi telur dan kelangsungan hidup imago betina *T. urticae*. Semakin lama periode penyinaran, semakin banyak jumlah telur yang dihasilkan.

Informasi mengenai pertumbuhan dan perkembangan *T. urticae* sangat bermanfaat untuk memprediksi terjadinya ledakan, mengantisipasi ledakan sejak dini, serta menentukan tindakan pengendalian *T. urticae* yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesanya AW, Beauchamp MJ, Lavine MD, Lavine LC, Zhu F, Walsh DB. 2019. Physiological resistance alters behavioral response of *Tetranychus urticae* to acaricides. *Sci Rep* 9: 19308.
- Agut B, Gamir J, Jacas JA, Hurtado M, Flors V. 2014. Different metabolic and genetic responses in citrus may explain relative susceptibility to *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 70: 1728-1741.
- Anber HA, Younes AA, El-Syafei GM, Ammar MR. 2020. Some biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch on some soybean cultivars at three constant temperatures. *Acarines: Journal of the Egyptian Society of Acarology* 14(1): 21-27.
- Antonious GF, Snyder JC. 2015. Repellency and oviposition deterrence of wild tomato leaf extracts to spidermites, *Tetranychus urticae* Koch. *J. Environ. Sci. Health B* 50: 667-673.
- Azadi-Qoort A, Sedaratian-Jahromi A, Haghani M, Ghane-Jahromi M. 2019. Biological responses of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to different host plants: an investigation on bottom-up effects. *Systematic and Applied Acarology* 24(4): 659-674.
- Bahar MH, Soroka JJ, Dosdall LM. 2012. Constant versus fluctuating temperatures in the interactions between *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.* 41: 1653-1661.
- Bayu MSYI, Krisnawati A. 2016. The difference growth and development of armyworm (*Spodoptera litura*) on five host plants. *Nusantara Bioscience* 8: 161-168.
- Bayu MSYI, Ullah MS, Takano Y, Gotoh T. 2017. Impact of constant and fluctuating temperatures on the development and life history parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 72: 205-227.
- Bjørge JD, Overgaard J, Malte H, Gianotten N, Heckmann LH. 2018. Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology* 107: 89-96.
- Budianto BH, Munadjat A. 2012. Reproduction capacity of predatory mite Phytoseiidae on various densities of *Tetranychus urticae* and pollen around the cassava, *Manihot esculenta* Crantz. *Journal of Tropical Plant Pest and Disease* 12(2): 129-137.
- Choi YS, Baek S, Kim MJ. 2021. Effect of temperature on the development and survival of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) preying on *Tetranychus urticae* (Koch) (acari: Tetranychidae). *Insects* 12(6):508.
- Clissold FJ, Simpson SJ. 2015. Temperature, food quality, and life history traits of herbivorous insects. *Current Opinion in Insect Science.* 11(1):63-70.
- Cullen E, Schramm S. 2009. Two-spotted spider mite management in soybean and corn. Madison: University of Wisconsin Extension. Available at: (<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/A3890.pdf>). Accessed on: 20 Maret 2020.
- Dogan S, Caglar M, Caglar B, Cirak C, Zeytun E. 2017. Structural characterization of the silk of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Syst. Appl. Acarol.* 22: 572-583.
- Draz KA, Mahgoob AE, El-Banoby MI, Bahnasy NK. 2021. Host preference and life table parameters of two-spotted red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on some solanaceous and cucurbitaceous vegetable crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 9(5): 01-07.
- Eichmeier J, Guyer G. 1960. An evaluation of the rate of reproduction of the two-spotted spider mites reared on gibberellin-treated bean plants. *J Econom Entomol.* 53: 661-664.
- Elsadany MFI. 2018. Influence of host plants and some leaf contents on biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology* 79:20.
- El-Wahed A, Nazeh M, El-Halawany AS. 2012. Effect of temperature degrees on the biology and life table parameters of *Tetranychus urticae* Koch on two pear varieties. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, B. Zoology* 4(1): 103-109.
- Ersin F, Turanli F, Cakmak I. 2021. Development and life history parameters of *Typhlodromus recki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Systematic and Applied Acarology* 26(2): 496-508.
- Fahim SF, Momen FM, El-Saiedy ESM. 2020. Life table parameters of *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) on four strawberry cultivars. *Persian Journal of Acarology* 9(1): 43-56.
- Farazmand A. 2020. Effect of the temperature on development of *Tetranychus urticae* (Acari:

- Tetranychidae) feeding on cucumber leaves. *International Journal of Acarology* 46(6): 381-386.
- Funayama K. 2015. Outbreaks of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) are caused by broad-spectrum insecticide spraying in apple orchards. *Appl Entomol Zool* 50: 169-174.
- Fellous S, Angot G, Orsucci M, Migeon A, Auger P, Olivieri I, Navajas M. 2014. Combining experimental evolution and field population assays to study the evolution of host plant breadth. *J. Evol. Biol.* 27(5): 911-919.
- Golikhajeh N, Naseri B, Razmjou J. 2016. Effect of geographic population and host cultivar on demographic parameters of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Asia Pac. Entomol.* 19: 743-751.
- Golizadeh A, Ghavidel S, Razmjou J, Fathi SAA, Hassanpour M. 2017. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on ten rose cultivars. *Acarologia* 57(3): 607-616.
- Gomez-Sanchez A, Gonzalez-Melendi P, Santamaria ME, Arbona V, Lopez-Gonzalez A, Garcia A, Hensel G, Kumlehn J, Martinez M, Diaz I. 2019. Repression of drought-induced cysteine-protease genes alters barley leaf structure and responses to abiotic and biotic stresses. *J. Exp. Bot.* 70: 2143-2155.
- Gotoh T, Saito M, Suzuki A, Nachman G. 2014. Effects of constant and variable temperatures on development and reproduction of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 64: 465-478.
- Guedes CFC. 2013. Food preference and feeding strategies in coccinellidae (coleoptera). *Oecologia Australis* 17(2): 249-270.
- Guedes CFC, de Almeida LM, Penteadob SRC, Moura MO. 2016. Effect of different diets on biology, reproductive variables and life and fertility tables of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 60: 260-266.
- Ilias A, Vontas J, Tsagkarakou A. 2014. Global distribution and origin of target site insecticide resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 48: 17-28.
- Ýnak E, AlpKent YN, Çobanođlu S, Dermauw W, Van Leeuwen T. 2019. Resistance incidence and presence of resistance mutations in populations of *Tetranychus urticae* from vegetable crops in Turkey. *Exp Appl Acarol* 78: 343-360.
- Indiati SW. 2012. Ketahanan varietas/klon ubikayu umur genjah terhadap tungau merah. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(1): 53-59.
- Iwasa T, Osakabe M. 2015. Effects of combination between web density and size of spider mite on predation by a generalist and a specialist phytoseiid mite. *Exp. Appl. Acarol* 66(2): 219-225.
- Karlec F, Duarte ADF, Oliveira ACBD, Cunha USD. 2016. Development of *Tetranychus urticae* Koch (acari: tetranychidae) in different strawberry cultivars. *Rev. Bras. Frutic* 39(1): 8.
- Karley AJ, Mitchell C, Brookes C, McNicol J, O'Neill OT, Roberts H, Graham J, Johnson NS. 2015. Exploiting physical defense traits for crop protection: Leaf trichomes of *Rubus idaeus* have deterrent effects on spider mites but not aphids. *Ann. Appl. Biol.* 168: 159-172.
- Kaur P, Zalom FG. 2017. Effect of temperature on the development of *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus lewisi* on strawberry. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(4): 441-444.
- Khaliq A, Javed M, Sohail M, Sagheer M. 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2(2): 1-7.
- Khanamani M, Fathipour Y, Hajiqaanbar H, Sedaratian A. 2012. Reproductive performance and life expectancy of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on seven eggplant cultivars. *J. Crop Prot.* 1: 57-66.
- King AM, MacRae TH. 2015. Insect heat shock proteins during stress and diapause. *Annual Review of Entomology* 60: 59-75.
- Lucini T, Faria MV, Rohde C, Resende JTV, Oliveira JRF. 2015. Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance to *Tetranychus urticae*. *Arthropod Plant Interact* 9: 45-53.
- Lopatina EB, Kipyatkov VE, Balashov SV, Kutcherov DA. 2011. Photoperiod-temperature interaction-a new form of seasonal control of growth and development in insects and in particular a Carabid beetle, *Amara communis* (Coleoptera: Carabidae). *J. Evol. Biochem. Physiol.* 47: 578-592.
- Migeon A, Dorkeld F. 2016. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. (<http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>) (accessed 18 January 2017).
- Miguel G, Ximénez-Embún, Castañera P, Ortego F. 2017. Drought stress in tomato increases the performance of adapted and non-adapted strains of *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology* 96: 73-81.
- Motahari M, Kheradmand K, Roustae AM, Talebi AA. 2014. The impact of cucumber nitrogen nutrition on life history traits of *Tetranychus urticae* (Koch)(Acari: Tetranychidae). *Acarologia* 54(4): 443-452.
- Nasr HM, Gaber WM, Aziz WZ, Shehata SA. 2019. Effect of host plant on the biological aspects and life table parameters for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 12(6): 75-79.

- Oliveira JRF, de Resende JTV, Maluf WR, Lucini T, de Lima Filho RB, de Lima I, Nardi C. 2018. Trichomes and allelochemicals in tomato genotypes have antagonistic effects upon behavior and biology of *Tetranychus urticae*. *Front. Plant Sci.* 9: 1132.
- Padilha G, Fiorin RA, Filho AC, Pozebon H, Rogers J, Marques RP, Castilhos LB, Donatti A, Stefanelo L, Burtet LM, Stacke RF, Guedes JVC, Arnemann JA. 2020. Damage assessment and economic injury level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 55, e01836.
- Pakyari H, McNeill M. 2020. Effects of photoperiod on development and demographic parameters of the predatory thrips *Scolothrips longicornis* fed on *Tetranychus urticae*. *Bulletin of Entomological Research* 110(5): 620-629.
- Puspitarini RD, Satria AD, and Astuti LP. 2013. Biological study of two-spotted spider mite, *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) of three leaf phases of mungbean and adzuki bean for mite mess rearing. *Agrivita* 35(3): 263-269.
- Puspitarini RD, Fernando I, Rachmawati R. Hadi MS, Rizali A. 2021. Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. *International Journal of Acarology* 47(5): 381-386.
- Ramachandran D, Lindo Z, Meehan ML. 2021. Feeding rate and efficiency in an apex soil predator exposed to short-term temperature changes. *Basic and Applied Ecology* 50: 87-96.
- Rakha M, Bouba N, Ramasamy S, Regnard JL, Hanson P. 2017. Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. *Genet. Resour. Crop Evol.* 64: 1011-1022.
- Riahi E, Shishehbor P, Nemati AR, Saeidi Z. 2013. Temperature effects on development and life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 661-672.
- Rincon R, Rodriguez D, Coy-Barrera E. 2019. Botanicals against *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions: A survey of alternatives for controlling pest mites. *Plants* 8: 272.
- Saeidi Z, Nemati A, Riahi E. 2020. Temperature-dependent development and life table parameters of *Schizotetranychus smirnovi* (Acari: Tetranychidae) on Almond. *Systematic and Applied Acarology* 25(8): 1373-83.
- Santoso S, Astuti W. 2019. Ketahanan empat kultivar ubi kayu terhadap *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). *Agrovigor* 12 (2): 87-93.
- Sato Y, Alba JM, Egas M, Sabelis MW. 2016. The role of web sharing, species recognition and host-plant defence in interspecific competition between two herbivorous mite species. *Exp. Appl. Acarol.* 70: 261-274.
- Shibuya T, Itagaki K, Ueyama S, Hirai N, Endo R. 2016. Atmospheric humidity influences oviposition rate of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) through morphological responses of host *Cucumis sativus* leaves. *J Econ Entomol* 109(1):255-268. doi: 10.1093/jee/tov312. Epub 2015 Oct 28. PMID: 26511981.
- Sholla SM. 2016. Some biological aspects of the two spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) at constant temperature. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences Entomology.* 9(2):61-68.
- Shoorooei M, Nasertorabi M, Soleimani A, Moghbeli E, Madadkhah E, Moghbeli H. 2012. Screening of some cucumber accessions to two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Onternational Research Journal of Applied and Basic Sciences.* 3(8):1580-1584.
- Silva EA, Reis PR, Carvalho TMB, Altoe BF. 2009. Biology *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on *Gerbera jamesonii* Bolus and Hook (Asteraceae). *Braz. J. Biol.* 69(4): 1121-1129.
- Urbaneja-Bernat P, Ibáñez-Gual V, Montserrat M, Aguilar-Fenollosa E, Jaques JA. 2019. Can interactions among predators alter the natural regulation of an herbivore in a climate change scenario? The case of *Tetranychus urticae* and its predators in citrus. *J Pest Sci.* 92: 1149-1164.
- Vangansbeke D, Schrijver LD, Spranghers T, Audenaert J, Verhoeven R, Nguyen DT, Gobin B, Tirry L, Clercq PD. 2013. Alternating temperatures affect life table parameters of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and their prey *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 61: 285-294.
- Vangansbeke D, Audenaert J, Nguyen DT, Verhoeven R, Gobin B, Tirry L, Clercq PD. 2015. Diurnal temperature variation affect development of a herbivorous arthropod pest and its predator. *PLOS One* 10: e0124898.
- Van Leeuwen T, Tirry L, Yamamoto A, Nauen R, Dermauw W. 2015. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochem. Physiol.* 121: 12-21.
- Wang S, Tan X-L, Guo X-J, Zhang F. 2013. Effect of temperature and photoperiod on the development, reproduction, and predation of the predatory ladybird *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 2621-2629.
- Wu M, Adesanya AW, Morales MA, Walsh DB, Lavine LC, Lavine MD, Zhu F. 2019. Multiple acaricide resistance and underlying mechanisms in *Tetranychus urticae* on hops. *J. Pest Sci.* 92: 543-555.

- Xia B, Zou ZW, Li PX, Lin P. 2012. Effect of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Aleuroglyphus ovatus*. Exp. Appl. Acarol. 56:33-41.
 - Xing K, Zhao F. 2022. Acclimation effects of natural daily temperature variation on longevity, fecundity, and thermal tolerance of the diamondback moth (*Plutella xylostella*). Insects 13(4): 309.
 - Yang Z, Shen X, Ni J, Xie D, Da A, Luo Y. 2020. Effect of photoperiods on development and acaricide susceptibility in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Exp. Appl. Acarol. 80: 17-27.
 - Zerbino MS, Altier NA, Panizzi AR. 2014. Phenological and physiological changes in adult *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) due to variation in photoperiod and temperature. Fla. Entomol. 79: 734-743.
 - Zhang GH, Li YY, Zhang KJ, Wang JJ, Liu YQ, Liu H. 2016. Effects of heat stress on copulation, fecundity and longevity of newly-emerged adults of the predatory mite, *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology 21(3): 295-306.
 - Zhou L, Dai A, Dai Y, Vose RS, Zou CZ, Tian Y, Chen H. 2009. Spatial dependence of diurnal temperature range trends on precipitation from 1950 to 2004. Clim. Dyn. 32: 429-440.
 - Zou Z, Min Q, Xiao S, Xin T, Xia B. 2016. Effect of photoperiod on development and demographic parameters of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Exp. Appl. Acarol. 70: 45-56.
-

Diversity of Agronomic Characters of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) Genetic Resources

Keragaman Karakter Agronomi Plasma Nutfah Kacang Gude (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)

Pratanti Haksiwi Putri¹, Novita Nugrahaeni¹, Rudy Soehendi²

¹Indonesian Legumes Instrument Standard Testing Institute

Jl. Raya Kendalpayak km 8, Kendalpayak, Pakisaji, Kabupaten Malang 65162

²National Research and Innovation Agency, CWS Kebun Raya Purwodadi

d/a Jl. Raya Surabaya-Malang km 65, Purwodadi, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur 67163

e-mail: muflihatunnisa.putri86@gmail.com

NASKAH DITERIMA 11 MARET 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 15 AGUSTUS 2023

ABSTRACT

Germplasm has an important role in breeding activities. Characterization is needed to classify germplasm collections base on the specific characters such as maturity age, number of pods per plant, and yield. The purpose of this test was to classify 60 pigeon pea accessions from germplasm collection of Indonesian Legumes Instrument Standard Testing Institute (ILISTI). The classification was undertaken by using principal component analysis and cluster analysis. The sixty pigeon pea accessions were planted at Muneng station, East Java during dry season 2018. Each accession was planted in a 2 m × 4 m plot with plant spacing of 100 cm interrow and 20 cm intra row spacing in between the plants. The observation was carried out on 13 quantitative characters or variables. Total variance of the observed variables was 75.3% as it was explained by four principle components. Among these four components, the first component dominantly influenced with 40.4% of variability that consisted of the characters of flowering age, maturity age, plant height, pod bearing length, number of main branches, and number of pods per plant. Sixty pigeon pea accessions could be divided into four groups: group 1, 2, 3 and 4 with 29, 7, 8, and 16 accessions, respectively. Group 2 was potential to be developed because of its good plant performance as characterized by long stem segment that produce pods, large seed size, and high seed yield.

Keywords: *cajanus cajan*, characterization, cluster analysis, principal component analysis

ABSTRAK

Plasma Nutfah memiliki peranan penting dalam kegiatan pemuliaan. Karakterisasi diperlukan untuk mengklasifikasi koleksi plasma nutfah berdasarkan karakter tertentu seperti umur masak, jumlah polong per tanaman, dan hasil. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengelompokkan 60 aksesori plasma nutfah kacang gude koleksi Balai Pengujian Standar Instrumen (BPSI) Tanaman Aneka Kacang menggunakan analisis komponen utama dan analisis kluster. Enam puluh aksesori kacang gude ditanam di Kebun Pengujian Muneng Jawa Timur pada musim kemarau tahun 2018. Setiap aksesori ditanam dalam plot berukuran 2 m × 4 m, jarak tanam 100 cm × 20 cm. Pengamatan dilakukan pada 13

karakter kuantitatif. Total ragam dari variabel pengamatan adalah 75,3% yang dijelaskan oleh empat komponen utama. Komponen yang paling berpengaruh adalah komponen pertama yang menjelaskan 40,4% keragaman dan terdiri dari karakter umur berbunga, umur masak, tinggi tanaman, kedudukan polong, jumlah cabang utama, dan jumlah polong per tanaman. Enam puluh aksesori kacang gude koleksi plasma nutfah BPSI Tanaman Aneka Kacang dapat dibagi menjadi empat kelompok, masing-masing terdiri dari 29, 7, 8, dan 16 aksesori. Kelompok 2 berpotensi untuk dikembangkan karena memiliki keragaman tanaman yang baik yang dicirikan oleh kedudukan polong panjang, berbiji besar, dan hasil biji tinggi.

Kata kunci: analisis kluster, analisis komponen utama, *cajanus cajan*, karakterisasi

INTRODUCTION

Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) is a perennial crop. The plants are woody with upright erect type with trifoliate and oval leaves. Flowers are located on branches or at the tip of branches with yellow, stripped red, or red color of the dorsal petal. The plants have flat oval pods with or without purple streaks on young pods. Primary seed colors are grey, cream, brown, orange, purple, or black with various color patterns. The leaves are source of natural antioxidants, and the local communities use as traditional medicine for malaria, measles, typhoid, headache, fever, and constipation. Instead of as traditional medicine function, about 55% of farmers in Benin Africa use pigeon pea leaves as fertilizer, while 40% of farmers use as herbicide. The centers of production and diversity of pigeon pea in the world are India, Africa, and Australia (Sahu *et al.* 2018; Zavinon and Sagbadja 2019; Adegboyegun *et al.* 2020; Patel *et al.* 2020; Ranjani and Jayamani 2021).

Pigeon pea in Indonesia is known as *kacang kaju* (Java), *kacang hiris* (Sunda), and *kekace* or *undis* (Bali). Several studies have explored the potency

of pigeon pea seeds as soybean substitution in soy sauce production (Andriana 2014), vegetable broth (Utami *et al.* 2015), and “tempe” (Dewi *et al.* 2014). Augustyn *et al.* (2017) reported that pigeon pea seeds contain 0.68% ash, 21.48% protein, 3.64% fat, 64.92% carbohydrate, and 2.47% crude fiber. The development and utilization of pigeon pea in Indonesia faces some problems such as the absence of improved variety, lack of product processing technology, and less promotion (Maintang *et al.* 2015).

Indonesian Legumes Instrument Standard Testing Institute (ILISTI) collected 72 accessions of pigeon pea including one Indonesia variety named Mega. Until recently, the utilization of pigeon pea germplasm in breeding activities and food processing is still limiting. Mega variety is the only variety released by The Minister of Agriculture in 1987. This variety was introduced from Australia as an Australian variety namely QPL-Hunt. The average seed yield of Mega variety is 1.2 t/ha with seed size of 9-10 g per 100 seeds. The seed color is light brown, days to flowering is 55 days, while days to maturity is 95 days. The seed of Mega variety contains 20% protein and 1.8% fat. The plant is tolerant to sterile mosaic virus (Balitkabi 2016).

Characterization and evaluation are very important in breeding activities. These activities help breeders to recognize the character of the collection, facilitate the grouping and forming of core collection, as well as find out the potency of collections for breeding activities. Plant characterization by morphological, physiological and agronomical traits has long been used in selective breeding (Kinhogbe *et al.* 2020; Lutatenekwa *et al.* 2020). The results of character identification can be used to classify germplasm collections and to clearly outline/map the superior characters (Asadi *et al.* 2016).

Cluster analysis is a method of grouping some object data base on their differences or similarities. So that, the members of a group have similar character but different from other groups. This analysis is useful for identifying genotypes that potential to be used as parents as well as reducing the time required to screen large populations (Hemavathy *et al.* 2017). The germplasm characterization data are usually large with various units so that a technique is needed to overcome this problem before grouping. Principal component analysis (PCA) is a popular method to reduce the dimensions of the data without reducing the characteristics. Principal component analysis based on morphological and physiological traits under stress conditions could be an excellent tool to classify the

genotypes (Sivakumar *et al.* 2020). The objective of this study was to classify 60 pigeon pea accessions as the genetic resources collection of ILISTI.

MATERIALS AND METHODS

The 60 pigeon pea accessions of ILISTI collection were planted at Muneng station in dry season of 2018. Each accession was planted in a 2 m × 4 m plot size with 100 cm interrow and 20 cm of intra row spacings. The plants were fertilized with 300 kg/ha of composite fertilizer (15 N-15 P₂O₅-15 K₂O) and 100 kg/ha of phosphate fertilizer (36% P₂O₅), where all fertilizers were broadcasted just after planting. Irrigation was applied three times i.e. after planting, at flowering stage, and at pod filling stage. Plant protection was undertaken by applying chemical pesticides such as 200 g imidacloprid/L water for controlling insect pests at juvenile stage, 50 g fipronil/L water for controlling *Bemisia tabaci* at vegetative stage, and the mixture of 100 g klorantraniliprol/L + 200 g tiametoksam /L for *Maruca* that attacked the plants at generative stage. Observations on 13 quantitative traits were carried out following the descriptor of pigeon pea (IBPGR 1993). Number of pods per plant was observed from three sample plants. The collected data were analysed using descriptive statistics analysis, principal component analysis and cluster analysis, and these analyses were run by using a Minitab 21 program.

RESULTS AND DISCUSSION

Morpho-agronomical Characters

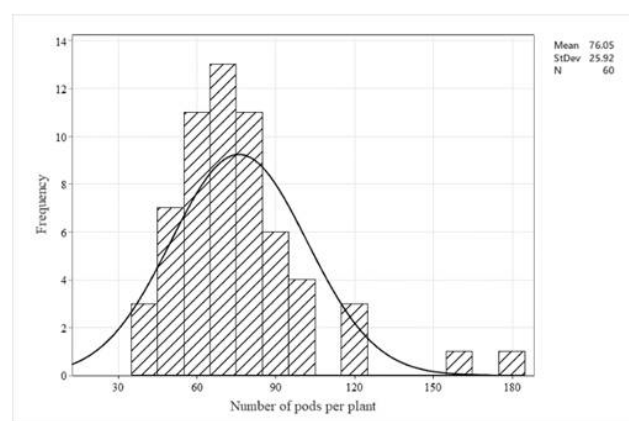
Descriptive analysis was conducted on 13 quantitative traits i.e. flowering and maturity days, plant height, pod yield and yield components. The highest diversity was shown in the number of pods per plant with value ranged from 42 pods up to 180 pods (Table 1). More than 50% of accessions had lower number of pods per plant than the average (76.05 pods) (Figure 1). Moreover, Kinhogbe *et al.* (2020) reported the highest variation from 134.6-1956 pods per plant. Meanwhile, Yohane *et al.* (2022) and Patel *et al.* (2020) stated the range of 14.6-208.2 and 0-400 pods per plant, respectively.

In the current study, plant height of the accessions hugely varied where the shortest was 71.2 cm and the tallest was 151.8 cm height (Table 1). This result was in line with the research of Hemavathy *et al.* (2017), Ranjani and Jayamani (2021), also Patel *et al.* (2020). Meanwhile, Adegboyegun *et al.* (2020) stated that plant height had a medium variance with coefficient of variation of 23.46%.

Table 1. Descriptive analysis of 13 quantitative characters from 60 accessions of pigeon pea. Muneng station, dry season 2018

	Minimum	Maximum	Mean	StDev ¹⁾	Variance
Days to flowering (days)	58.00	69.00	61.77	2.53	6.42
Days to maturity (days)	86.00	119.00	98.52	6.13	37.61
Plant height (cm)	71.20	151.80	122.17	19.45	378.38
Pod bearing length (cm)	18.40	79.60	52.55	12.48	155.64
Number of main branches	3.80	12.40	8.10	2.02	4.08
Number of secondary branches	0.00	5.00	0.53	1.08	1.17
Number of flowers per cluster	7.70	15.00	11.56	1.57	2.46
Pod length (cm)	5.05	6.81	5.92	0.46	0.21
Number of seeds per pod	3.80	5.10	4.35	0.27	0.08
Number of pods per plant	42.00	179.60	76.05	25.92	671.76
100-seeds weight (g)	8.39	12.55	10.02	0.88	0.77
Seed weight per plot (kg)	0.68	2.31	1.43	0.33	0.11
Seed yield (t/ha)	0.85	2.89	1.79	0.42	0.17

Notes: ¹⁾ StDev: standard deviation

**Figure 1.** Number of pods per plant of 60 pigeon pea accessions. Muneng station, dry season 2018

Most of the accessions had more than 120 cm height and these values were higher than the average value (Figure 2a). The shortest pigeon pea plant by 44.7 cm height had been reported, despite this species is potentially can reach 300 cm height (Adegboyegun *et al.* 2020; Patel *et al.* 2020; Ranjani and Jayamani 2021; Yohane *et al.* 2022). Meanwhile in Indonesia, the height of pigeon pea plant ranged from 101-200 cm (Yuniastuti *et al.* 2020).

The pod bearing length represents to the pod position or the length of stem segment that produce pods. The maximum pod bearing length was 79.6 cm with an average of 52.6 cm (Table 1). Pod bearing length had the third largest variation in this study, similar to that reported by Hemavathy *et al.* (2017). Characters with high variability values can provide a high level of segregation in a breeding line population (Suman *et al.* 2019). The length of the stem segment that produces the pods can determine the production of pigeon pea plants.

The flowering day of pigeon pea accessions was 61.8 days in average, while the earliest and latest flowering days of the accessions were 58 days and 69 days, respectively. The shortest maturity was 86 days, while the longest was 119 days with an average of 98.5 days. The earliest flowering accessions generally will have the earliest maturity. This condition also occurred in this study, where ICPL 89021 which had the shortest days for flowering, became the earliest in maturity. But, QPL 42 which had the longest days for flowering was mature at 109 days, which was earlier than the latest. Days to flowering and maturity in this study, however, were earlier than the flowering and maturity days of pigeon pea in subtropical countries (Patel *et al.* 2020; Yohane *et al.* 2022). Patel *et al.* (2020) grouped the days to flowering as early (61-90 days), medium (91-130 days), late (131-160 days), and very late (>160 days).

The maximum pod length was 6.8 cm with an average of 5.9 cm. Each pod has 4-5 seeds. The number of productive pods per plant ranged from 42-180 pods with an average of 76 pods (Table 1). This result was similar to that obtained by Kinhogbe *et al.* (2020), Patel *et al.* (2020), and Ranjani and Jayamani (2021).

The seed size was expressed by the weight of 100 seeds, and the value ranged from 8.4-12.6 g with an average of 10 g. Seed size was grouped into four categories i.e. small seeds (<7 g/100-seed weight), medium seed (7-9 g/100-seed weight), large seed (9-11 g/100-seed weight), and very large seed (>11 g/100-seed weight) (Patel *et al.* 2020). Seed size of the materials in this study was classified as medium and very large size (Table 1).

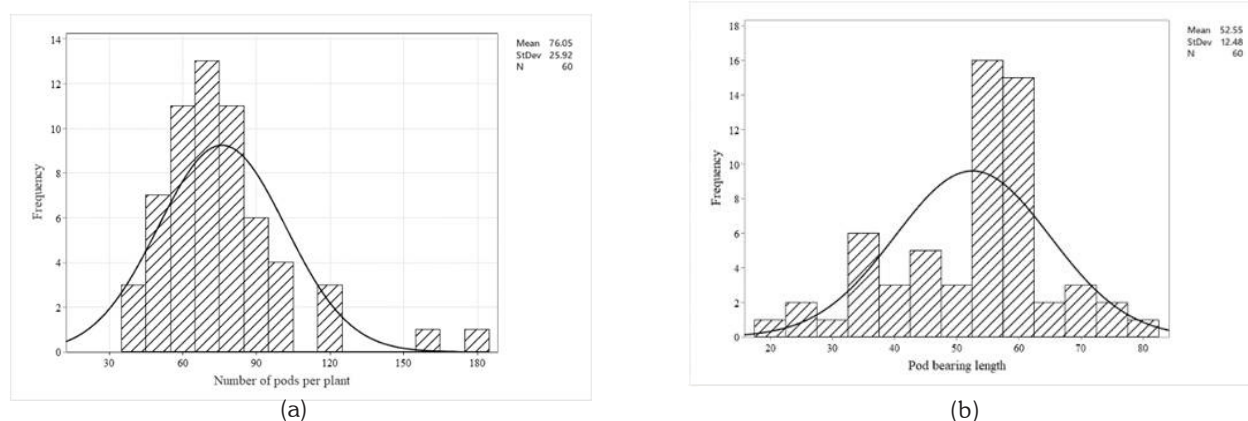


Figure 2. Plant height (a) and pod bearing length (b) of 60 pigeon pea accessions. Muneng station, dry season 2018

Seed yield per plot was converted to the seed yield per hectare. The seed yields of 60 accessions were from 0.85 t to 2.89 t/ha with an average yield of 1.79 t/ha (Table 1). The higher seed yield was obtained by accessions with longer maturity days and taller plants. A 2.93 m tall pigeon pea produced 3.73 t/ha of seed weight in average (Kinhoegbe *et al* 2020). In this study, however, the taller and latest mature accession ICPL 92060 did not produce the highest seed yield as this accession only yielded 2.08 t/ha of seeds. Meanwhile, the highest seed production by 2.89 t/ha of seeds was produced by ICPL 92038.

Ranking the accessions base on quantitative character was complicated because there was no single accession could reach the best performance for all characters. The ranking base on early maturity character obtained the accessions with low to medium seed yield. Furthermore, ranking the accession base on late maturity character resulted in accessions which produce higher seed yield.

Later, the accessions were ranked base on days to flowering, days to maturity, 100 seed weight, and seed yield (per ha). The average values from each of those characters were used as limiting factor. Ten

accessions with the value of those four characters close to their average values were categorized as the best ten accessions (Table 2). The general mean of 60 pigeon pea accessions for days to flowering was 61-62 days, days to maturity was 98-99 days, 100 seed weight was 10 g, and seed yield was 1.79 t/ha.

Table 2 pointed out the characters of 10 selected accessions i.e. 60-63 days to flowering, 95-101 days to maturity, 9.1-12.1 g of 100 seeds weight, and 2.12-2.89 t/ha of seed yield. ICPL – 92040 needed 101 days to mature and obtained high seed yield of 2.46 t/ha. Similarly, QPL – 87 C had 101 days to flowering but with slightly lower seed yield (2.25 t/ha) compared to that of ICPL – 92040. These two accessions were merit to be materials in breeding program by improving the flowering or maturity dates so that produce early flowering or maturity varieties with high seed yields.

Correlation among the Quantitative Characters

The perfect correlation was shown between seed yield per hectare and seed yield per plot ($r=1^{**}$). The lower coefficient correlation was between plant

Table 2. The best ten pigeon pea accessions based on days to flowering, days to maturity, 100-seed weight, and seed yield. Muneng station, dry season 2018.

No.	Accessions	Days to flowering (days)	Days to maturity (days)	100-seed weight (g)	Seed yield (t/ha)
1.	ICPL - 92038	63	99	12.1	2.89
2.	ICPL - 92040	62	101	9.9	2.46
3.	ICPL - 91053	63	98	10.2	2.43
4.	ICPL - 91021	60	95	10.2	2.42
5.	ICPL - 83015	63	98	9.1	2.35
6.	LO - 3-44	62	98	10.3	2.31
7.	ICPL - 92055	62	98	10.0	2.30
8.	QPL - 87 C	60	101	9.9	2.25
9.	ICPL - 91040	62	99	10.1	2.22
10.	ICPL - 88023	60	97	9.4	2.12

height and pod bearing length ($r=0.84^{**}$), days to maturity and days to flowering also plant height and days to maturity ($r=0.73^{**}$). Hemavathy *et al.* (2017) and Kinhoegbe *et al.* (2020) stated that plant height correlated with single plant yield. In the current study, plant height was positively correlated with seed yield ($r=0.64^{**}$) (Table 3).

Sarwono (2006) categorized the correlation as follows: no correlation ($r=0$); very weak ($r=0-0.25$); medium ($r=0.26-0.50$); strong ($r=0.51-0.75$); very strong ($r=0.76-0.99$); and perfect correlation ($r=1$). According to Table 3, seed yield per ha perfectly correlated with seed yield per plot ($r=1$), strong correlated with plant height ($r=0.64$) and pod bearing length ($r=0.52$), medium correlated with days to flowering ($r=0.47$), days to maturity ($r=0.33$), number of main branches ($r=0.30$), and number of pods per plant ($r=0.41$). Days to flowering and days to maturity correlated with single plant yield was reported by Hemavathy *et al.* (2020).

On the other hand, Kinhoegbe *et al.* (2020) and Patel *et al.* (2020) mentioned the negative correlation between days to flowering with grain yield, and days to maturity with grain yield.

Principal Component Analysis

Principal component analysis was carried out to simplify the large number of characters data in making group among accessions. Principal component analysis is very useful for breeding purpose. It is a technique to identify the most contributive plant traits within a group of genotypes (Suman *et al.* 2019) and to discriminate potential crop genotypes (Fouz Abo Elenen *et al.* 2019; Sivakumar *et al.* 2020). The results showed that diversity of the data was 75.3% as explained by 4 main components that had eigenvalue >1 (Table 4).

The first component (PC1) had eigenvalue of 5.25 and consisted of 6 characters i.e. days to

Table 3. Correlation among 13 quantitative characters of 60 pigeon pea accessions. Muneng station, dry season 2018.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Days to flowering													
2. Days to maturity	0.73 ^{**}												
3. Plant height	0.64 ^{**}	0.73 ^{**}											
4. Pod bearing length	0.46 ^{**}	0.53 ^{**}	0.84 ^{**}										
5. No. main branches	0.63 ^{**}	0.68 ^{**}	0.60 ^{**}	0.41 ^{**}									
6. No. secondary branches	0.62 ^{**}	0.56 ^{**}	0.33 ^{**}	0.24 ^{ns}	0.46 ^{**}								
7. No. flowers per cluster	0.16 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.06 ^{ns}							
8. Pod length	-0.09 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	0.13 ^{ns}						
9. No. seeds per pod	-0.10 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.51 ^{**}					
10. No. pods per plant	0.70 ^{**}	0.59 ^{**}	0.55 ^{**}	0.39 ^{**}	0.54 ^{**}	0.70 ^{**}	0.07 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.22 ^{ns}				
11. 100-seed weight	0.01 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.03 ^{ns}			
12. Seed weight per plot	0.47 ^{**}	0.33 ^{**}	0.64 ^{**}	0.52 ^{**}	0.30 ^{**}	0.09 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.41 ^{**}	0.19 ^{ns}		
13. Seed yield per ha	0.47 ^{**}	0.33 ^{**}	0.64 ^{**}	0.52 ^{**}	0.30 ^{**}	0.09 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.41 ^{**}	0.19 ^{ns}	1.00	

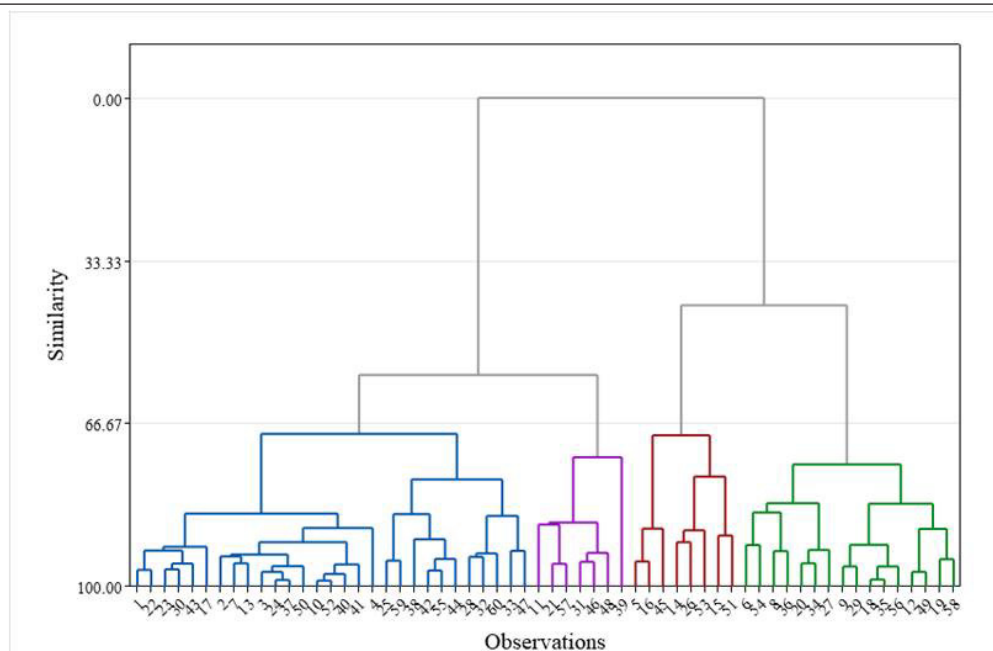
Table 4. Main components of 60 pigeon pea accessions. Muneng station, dry season 2018

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Days to flowering	0.365	0.134	-0.209	0.183
Days to maturity	0.357	0.150	-0.094	-0.032
Plant height	0.386	-0.157	-0.020	-0.157
Pod bearing length	0.317	-0.199	0.020	-0.237
Number of main branches	0.318	0.164	-0.113	-0.201
Number of secondary branches	0.261	0.423	-0.179	0.056
Number of flowers per cluster	-0.040	0.201	-0.119	0.725
Pod length	-0.080	-0.365	-0.537	0.286
Number of seeds per pod	-0.108	-0.289	-0.631	-0.144
Number of pods per plant	0.340	0.209	-0.096	0.158
100-seeds weight	0.046	-0.176	0.379	0.371
Seed weight per plot	0.303	-0.423	0.154	0.157
Seed yield	0.303	-0.423	0.154	0.157
Eigenvalue	5.254	1.907	1.373	1.258
Proportion (%)	40.4	14.7	10.6	9.7
Cumulative (%)	40.4	55.1	65.6	75.3

Note: PC = principal component

Table 5. Grouping of 60 accessions of pigeon pea of ILISTI collection

Mean	Group			
	1	2	3	4
Days to flowering (days)	59-69	60-68	58-61	59-62
Days to maturity (days)	95-112	99-119	86-98	92-102
Plant height (cm)	121-145.4	137.8-151.8	71.2-97	105.2-122.6
Pod bearing length (cm)	45.8-63.8	66.2-79.6	18.4-38.6	35.2-58.8
Number of main branches	5.4-12.4	5.2-11.6	3.8-9	5.2-10.2
Number of secondary branches	0-5	0-2	0-1	0-2
Number of flowers per cluster	7.7-15	8.7-13	9.7-14	9.3-15
Pod length (cm)	5.05-6.81	5.76-6.53	5.31-6.52	5.22-6.75
Number of seeds per pod	3.8-5.1	4.1-4.8	3.9-5	4-4.9
Number of pods per plant	42.6-179.6	64.2-98.6	42-70.4	47.2-95.6
100-seed weight (g)	8.42-11.48	8.81-12.07	8.39-11.12	9.06-12.55
Seed yield per plot (kg)	1.01-1.96	1.43-2.31	0.68-1.28	1.04-1.94
Seed yield (t/ha)	1.27-2.46	1.78-2.89	0.85-1.60	1.29-2.42
Member (accessions)	29	7	8	16kk

**Figure 4.** Grouping of 60 pigeon pea accessions of ILISTI collection

flowering (0.365), days to maturity (0.357), plant height (0.386), pod bearing length (0.317), number of main branches (0.318), and number of pods per plant (0.340). These six characters had the highest variance among the quantitative characters tested and these contributed 40.4% to the data variability. The six characters were primer measures of pigeon pea plant yield in this study.

The second component (PC2) explained 14.7% of the data variability and consisted of 4 characters and there were number of secondary branches (0.423), pod length (-0.365), seed weight per plot (-0.423), and seed yield (-0.423). Number of seeds per pod (-0.631) and 100-seed weight (0.379)

contributed 10.6% to the data variability and was in third component or PC3 (Table 4).

The fourth component (PC4) consisted of number of flowers per cluster (0.725) that explained 9.7% of the data variability. Even the PC4 consisted of a character with the highest eigenvalue of 0.725, and this character less contributed compare to the other characters in PC1, PC2 and PC3.

Cluster Analysis

The result of cluster analysis showed that 60 pigeon pea accessions were grouped into four clusters. Groups 1 and 2 had 60% degree of similarity, while groups 3 and 4 had 40% degree of similarity (Figure 4). The degree of similarity groups

1 and 2 was higher than that in groups 3 and 4. These conditions gave a meaning that the genetic distance between genotypes in groups 1 and 2 was closer than those in groups 3 and 4.

Cluster analysis is useful for selecting parents in breeding process base on genetic distance as the presence of genetic distance between parents can increase genetic diversity in breeding populations (Kinhoegbe et al. 2020). In this study, the diversity of breeding population from crosses between genotypes in group 1 and 3 would be higher than the crosses offspring between genotypes in groups 1 and 2.

The first group consisted of 29 accessions, which had many branches and pods per plant. The second group consisted of seven accessions. Characteristic of the second group was the latest days to flowering and maturity, also the highest seed yield per ha (Table 5).

Group 3 consisted of early maturity genotypes, while group 4 was characterized by its large seed size. Group 3 had shorter plant, early flowering and maturity days, but lower seed yield. Meanwhile, group 2 showed superiority in yield character, although the days to flowering and maturity was late. Breeding/crossing between genotypes in group 2 and 3 may produce the line which has early maturity and high seed yield.

CONCLUSION

Pigeon pea accessions showed diversity on quantitative characters observed. Total variance of the observed variables/characters was 75.3% as it was explained by four main principle components. Sixty accessions of pigeon pea of ILISTI collection could be classify into four groups that contained 29, 7, 8, and 16 accessions for group 1, 2, 3, and 4 respectively. Group 2 had the potential to be developed because of its good plant performance as described by long stem segment that produce pods, large seed size, and high seed yield.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would to thank ILISTI and the Indonesian Agency for Agricultural Instrument Standardization (IAAIS) for funding this activity. We also thank to the field assistants in Muneng station.

REFERENCES

- Adegboyegun K, Okpanachi FE, Akpanikot KE. 2020. Morphological characterization of 22 accessions of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology 4(3): 20-28
- Andriana D. 2014. Pengaruh substitusi kacang gude (*Cajanus cajan*) terhadap kadar protein dan daya terima kecap kedelai. Unnes Journal of Public Health 3(3): 1-8
- Asadi, Lestari P, Dewi N. 2016. Pra-pemuliaan aneka kacang dalam mendukung proses pemuliaan untuk perakitan varietas unggul baru. Agrobiogen 12(1): 51-62
- Augustyn GH, Moniharapon E, Resimere S. 2017. Analisa kandungan gizi tepung kacang gude hitam (*Cajanus cajan*) dengan beberapa perlakuan pendahuluan. Agritekno: Jurnal Teknologi Pertanian 6(1): 27-32
- Balitkabi (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi). 2016. Deskripsi Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi. Cetakan ke-8 (revisi). Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 218 p.
- Dewi IW, Anam C, Widowati E. 2014. Karakteristik sensoris, nilai gizi, dan aktivitas antioksidan tempe kacang gude (*Cajanus cajan*) dan tempe kacang tunggak (*Vigna unguiculata*) dengan berbagai variasi waktu fermentasi. Biofarmasi 12(2): 73-82
- Fouz Abo Elenen FM, Helmy SAM, Mehareb EM, Bassiony NAM. 2019. Genetic diversity and principal component analysis for agronomic and technological characterization of sweet sorghum germplasm under Egyptian conditions. Direct Research Journal of Agriculture and Food Science 7(12): 375-384
- Hemavathy AT, Bapu JRK, Priyadharshini C. 2017. Principal component analysis in pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). Electronical Journal of Plant Breeding 8(4):1133-1139.
- IBPGR. 1993. Descriptors for Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). International Board of Plant Genetic Resources, Rome.
- Kinhoegbe G, Djedatin G, Loko LEY, Agbo RI, Saxena RK, Varshney RK, Agbangla C, Dansi A. 2020. Agromorphological characterization of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) landraces grown in Benin: Implications for breeding and conservation. Journal of Plant Breeding and Crop Science 12(1): 34-49
- Lutatenekwa DL, Mtengeti EJ, Msalya GM. 2020. A review of plant characterization: First step towards sustainable forage production in challenging environments. African Journal of Plant Science 14(9): 350-357.
- Maintang, Hanifa AP, Agustin R. 2015. Potensi kacang gude sebagai komponen diversifikasi pangan. P. 917-924. In Saleh N, Harsono A, Nugrahaeni N, et al. (eds). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2014. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.

- Patel PR, Sharma M, Patel PT, Patel MP. 2020. Characterization of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) germplasm under CRP-Agrobiodiversity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(3): 232-234
- Ranjani MS, Jayamani P. 2021. Characterization of pigeon pea genotypes based on DUS traits. *International Journal of Plant and Soil Science* 33(23): 289-297
- Sahu JK, Sinha SK, Ekka RE, Tiwari JK. 2018. Morphological characterization of germplasm of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Multilogic in Science* VIII(c): 181-183
- Sarwono J. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Graha Ilmu. Yogyakarta. 308 p.
- Sivakumar J, Prashanth JEP, Rajesh N, Reddy SM, Pinjari OB. 2020. Principal component analysis approach for comprehensive screening of salt stress-tolerant tomato germplasm at the seedling stage. *Journal of Bioscience* (2020)45: 140-150
- Suman A, Surin SS, Ahmad E. 2019. Finger millet germplasm characterization and evaluation using principal component analysis. *International Journal of Chemical Studies* 7(2): 1002-1005
- Utami R, Widowati E, Purwandari YW. 2015. Karakteristik kaldu nabati kedelai hitam (*Glycine soja*), kacang gude (*Cajanus cajan* Millsp.) dan biji saga (*Adenanthera pavonina* Linn.) melalui fermentasi Koji-Moromi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* VIII (1): 30-36
- Yohane EN, Shimelis H, Laing M, Shayanowako A. 2022. Genetic diversity and grouping of pigeon pea (*Cajanus cajan* Millspaugh) germplasm using SNP markers and agronomic traits. *PLoS ONE* 17(11): e0275060.
- Yuniastuti E, Sukaya, Fauziyah RS, Delfianti MNI. 2020. Keragaman kacang gude putih (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) di Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah. *Buletin Plasma Nutfah* 20(1): 51-62
- Zavinon F, Sagbadja HA. 2019. Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) cultivation, its major constraints and ethnobotanical status in Southern Benin. *Journal of Agricultural and Crop Research* 7(6): 95-105

Peningkatan Produksi Kedelai pada Sistem Wanatani Berbasis Jati dengan Varietas Unggul Baru dan Perbaikan Budidaya

Increasing Soybean Production under Teak Agroforestry System with New Superior Variety and Cultural Practice Improvement

Herdina Pratiwi*, Agustina Asri Rahmianna, Titik Sundari

Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang

Jalan Raya Kendalpayak KM 8, Pakisaji, Malang 65162

*e-mail: herdina_p@mail.com

NASKAH DITERIMA 17 Mei 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 22 SEPTEMBER 2023

ABSTRAK

Salah satu kendala pengembangan kedelai pada lahan hutan jati adalah naungan yang menyebabkan tanaman kekurangan sinar matahari sehingga menurunkan hasil biji. Pengujian ini bertujuan untuk merakit dan menilai kelayakan ekonomis teknologi budidaya varietas unggul baru di bawah tegakan jati. Kegiatan dilaksanakan pada hutan jati berumur 4 tahun dengan tingkat naungan 43-49% selama masa pertumbuhan kedelai di Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Percobaan disusun menggunakan rancangan split-split plot, empat ulangan. Petak utama adalah perlakuan dua varietas: Denasa 1 dan Denasa 2. Anak petak adalah perlakuan tiga jarak tanam kedelai: 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, dan 50 cm × (30 cm × 15 cm). Anak-anak petak adalah empat perlakuan pemupukan: 250 kg Phonska/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, dan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha. Data yang dikumpulkan adalah sifat kimia tanah sebelum tanam, intensitas cahaya di atas tajuk kedelai dan di lokasi tanpa naungan, komponen pertumbuhan, komponen hasil dan hasil biji kedelai. Jumlah tanaman dipanen dan bobot kering biji kedelai diamati pada ubinan 2 m × 2 m. Teknologi budidaya kedelai varietas Denasa 1 memberikan keuntungan tertinggi sekaligus layak secara ekonomis dengan dosis pupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, sedangkan pada varietas Denasa 2 dengan dosis pupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha. Jarak tanam 40 cm × 15 cm layak disarankan untuk kedua varietas karena membutuhkan jumlah benih paling sedikit.

Kata kunci: *Glycine max*, jarak tanam, naungan, pemupukan NPK, *Tectona grandis*

ABSTRACT

One problem in developing soybean under teak forest is shading that causes yield reduction of soybean due to light shortage. The aims of this activity were to develop the cultural practices for the new soybean varieties and to access its economical feasibility under teak agro forestry system. Planting was undertaken under the four years old teak with 43-49% shading during the soybean growth phase at Blitar Regency, East Java Province. The treatments were arranged in a split-split plot design with

four replications. The main plot was two soybean new released varieties: Denasa 1 and Denasa 2. The subplots were three soybean plant spacings: 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, and 50 cm × (30 cm × 15cm). The sub-sub plots were four fertilization dosages: 250 kg Phonska/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, and 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg organic fertilizer/ha. The observations were undertaken on initial chemical soil characters, light intensities above the soybean canopy and none shading sites, vegetative and generative growth components, seed yield and yield components. The number of harvested plants and seed yield per hectare was calculated from the 2 m × 2 m plot size. The results pointed out that cultural practices for planting Denasa 1 variety was mainly by applying 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, and by applying 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha for the Denasa 2 variety, since these fertilization dosages gave the highest benefit and economically feasible. Plant spacing of 40 cm × 15 cm for both new varieties was suggested to be applied as it required less amount of seeds compared to the other two plant spacings tested.

Keywords: *Glycine max*, N-P-K fertilizers, plant spacing, shading, *Tectona grandis*

PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai di Indonesia meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Dalam rangka memenuhi kebutuhan kedelai di dalam negeri, sebanyak 1,96 juta ton atau 67,3% dari total kebutuhan harus diimpor dari luar negeri karena produksi di dalam negeri tidak mampu memenuhinya (Setyawan dan Huda 2022). Di sisi lain, luas panen kedelai tahunan pada periode 2011-2020 terus menurun dari 660 ribu menjadi 285 ribu hektare (ha) (Harsono dan Harnowo 2022). Berhubung tingginya jumlah impor dan status pentingnya komoditas kedelai, Pemerintah Republik Indonesia telah bertekad untuk meningkatkan produksi kedelai nasional, bahkan mencanangkan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia pada tahun 2045. Upaya untuk mendukung program

tersebut antara lain melakukan perluasan areal tanam kedelai ke lahan suboptimal yang salah satunya adalah lahan ternaungi.

Pengembangan kedelai di bawah tegakan tanaman tahunan memiliki peluang besar untuk dikembangkan di Indonesia terutama di Jawa Timur. Luas hutan di Jawa Timur 1,361 juta ha atau 28% dari total daratan Jawa Timur, yang dikelola Perhutani seluas 1,144 juta ha (84%) dan 828,889 ha diantaranya adalah hutan produksi. Kisaran hasil kedelai di bawah tegakan pohon jati antara 0,79 hingga 2,29 t/ha (Sundari *et al.* 2016). Hasil tersebut dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe dan lingkungan. Pengaruh lingkungan dihasilkan dari perbedaan lokasi, musim tanam kedelai, dan tingkat naungan.

Pengembangan kedelai pada lahan hutan menghadapi berbagai kendala terutama naungan (Hamdani dan Susanto 2020). Naungan menyebabkan kedelai kekurangan cahaya baik intensitas maupun kuantitasnya, dan hal ini mempengaruhi morfo-fisiologi daun sehingga menurunkan hasil biji kedelai (Chairudin *et al.* 2015; Pratiwi dan Artari 2018; Hamdani dan Susanto 2020). Karakter morfologis dan fisiologis tanaman yang mempengaruhi hasil kedelai yang ditumpang-sarikan dengan kayu putih adalah kepadatan stomata, konduktivitas stomata, kecepatan fotosintesis, dan luas daun (Suryanto *et al.* 2017).

Jenis naungan mempengaruhi hasil biji, brangkasan dan biomassa tanaman kedelai. Naungan dari tanaman *Dalbergia sissoo* memberi pengaruh lebih bagus pada tanaman kedelai yaitu dengan lebih tingginya hasil biji, brangkasan dan biomassa dibanding dengan tanaman jati sebagai naungan. Sebaliknya, kedelai yang ditanam monokultur tanpa naungan memberikan hasil biji, brangkasan dan biomassa paling unggul. Demikian pula varietas tertentu memberi respons tertentu pada naungan dari *D. sissoo* atau jati atau monokultur tanpa naungan. Di sisi lain, naungan nyata meningkatkan kandungan protein dan lemak kedelai. Kedelai di bawah naungan *D. sissoo* atau jati menghasilkan kedelai dengan kandungan protein dan lemak nyata lebih tinggi dibanding kedelai monokultur tanpa naungan (Tewari *et al.* 2021). Hal yang sama terjadi juga pada kandungan antosianin beras merah pada padi gogo yang ditanam di bawah tegakan jati. Semakin tinggi naungan maka kadar antosianinnya semakin tinggi terutama pada pagi gogo varietas Ranggohitam. Sebaliknya, semakin tinggi naungan, produksi padi gogo semakin rendah (Muhidin *et al.* 2018).

Pada sistem agroforestri antara pohon *Acacia auriculiformis* dan kedelai atau jagung, pertumbuhan awal yang sangat cepat dari *A. auriculiformis* tidak mempengaruhi produktivitas kedelai selama 3 musim tanam dibanding dengan produktivitas pada pertanaman monokulturnya. Sebaliknya, produktivitas jagung pada musim ketiga nyata lebih rendah dari produktivitasnya pada monokultur. Penurunan produktivitas pada jagung terutama disebabkan naungan dari *A. auriculiformis* atau terjadinya kompetisi cahaya antara tanaman jagung dengan *A. auriculiformis*. Jagung sebagai tanaman C4 kurang tahan naungan dibanding kedelai yang merupakan tanaman C3 (Figyantika *et al.* 2020). Kedelai merupakan tanaman yang toleran cahaya rendah dan mampu menghasilkan sekitar 1,5 t/ha pada wanatani di bawah tegakan jati umur 3-4 tahun, atau pinus umur 3 tahun, dan sengon hingga umur 5 tahun (Purnomo *et al.* 2022).

Pada sistem agroforestri, kedelai ditanam pada bulan Desember-Januari. Di hutan jati Kesatuan Pemangku Hutan (KPH) Kabupaten Purwodadi, Jawa Tengah rata-rata hasil tiga varietas kedelai (Pangrango, Wilis, dan Brawijaya) di bawah tegakan pohon jati yang dipangkas bagian bawah (50% tinggi tajuk) lebih tinggi dari hasil kedelai ketika pohon jati tidak dipangkas, masing-masing 0,57 t/ha dan 0,12 t/ha. Peningkatan hasil kedelai karena dilakukannya pemangkasan pohon jati menunjukkan betapa pentingnya radiasi bagi pertumbuhan tanaman kedelai. Diantara tiga varietas tersebut, varietas Pangrango paling unggul hasil bijinya (Purnomo dan Sitompul 2006).

Penanaman kedelai di lahan jati perlu pengaturan jarak tanam karena faktor cahaya yang terbatas dan pemupukan yang seimbang untuk menunjang ketersediaan hara. Perbaikan teknik budidaya kedelai pada sistem wanatani di lahan jati Kabupaten Blora terdiri dari pemupukan, penggunaan varietas unggul baru, dan perbaikan jarak tanam meningkatkan hasil sebesar 73 hingga 96% dari hasil kedelai varietas lokal yang ditanam dengan teknik budidaya petani lokal dengan kisaran hasil antara 0,9 hingga 1,3 t/ha (Nugrahaeni *et al.* 2018). Hasil penelitian di Purwakarta menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah sempurna ditambah bahan organik nyata meningkatkan hasil kedelai dibandingkan tanpa olah tanah meskipun hasilnya masih di bawah 1 t/ha (Fyanita *et al.* 2017).

Kementerian Pertanian telah melepas dua varietas kedelai toleran naungan berbiji besar pada tahun 2020 yaitu varietas Denasa 1 dan Denasa 2 dengan potensi hasil >2 t/ha. Kedua varietas ini merupakan perbaikan dari varietas sebelumnya yaitu toleran

etiolasi dan berbiji besar. Kehadiran varietas baru diharapkan dapat meningkatkan produktivitas kedelai di lahan naungan, meningkatkan produksi nasional, dan menguntungkan secara ekonomi (Hamdani dan Susanto 2020). Pengujian ini bertujuan untuk merakit teknologi budidaya kedua varietas tersebut untuk memperoleh hasil biji tinggi di bawah tegakan jati.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengujian dilaksanakan di Dusun Trenceng, Desa Popoh, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Lahan yang digunakan adalah lahan hutan jati berumur 4 tahun. Kegiatan pengujian teknologi budidaya terdiri atas komponen teknologi jarak tanam dan pemupukan. Perlakuan disusun menggunakan rancangan split-split plot dengan empat ulangan. Petak utama adalah varietas: D1 = Denasa 1 dan D2 = Denasa 2. Anak petak adalah jarak tanam kedelai yaitu: P1: 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang, P2: 30 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang, dan P3: jarak legowo (50 cm × (30 cm × 15 cm), 2 tanaman/lubang. Anak-anak petak adalah paket pemupukan kedelai yang terdiri atas T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, dan T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1.000 kg pupuk kandang/ha. Ukuran petak masing-masing kombinasi perlakuan adalah 2,5 m × 6,5 m, diletakkan di lorong-lorong antarbarisan pohon jati. Penanaman dilaksanakan pada tanggal 9 Februari 2021 dan panen untuk varietas Denasa 1 pada tanggal 5 Mei 2021 (umur 85 hari) dan varietas Denasa 2 pada tanggal 18 April 2021 (umur 88 hari).

Penyiapan lahan dilakukan dengan tanpa olah tanah, namun lahan dibersihkan dari gulma dan sisa-sisa tanaman terdahulu, kemudian kedelai ditanam dengan cara ditugal sebanyak dua biji per lubang tanam. Pupuk kandang diberikan pada saat tanam sebagai penutup lubang tanam. Pupuk anorganik diberikan seluruhnya pada hari ke-10 setelah tanam dengan cara dilarik di samping lubang tanam sepanjang barisan tanaman. Penyulaman dilakukan antara hari ke-7 hingga hari ke-10 setelah tanam. Selama pertanaman di lapang, gangguan gulma, hama, dan penyakit dikendalikan secara optimal sesuai dengan kondisi di lapangan. Panen dilakukan dengan memotong pangkal batang menggunakan sabit pada saat polong sudah berubah warna dari hijau menjadi kuning atau cokelat. Hasil biji/ha dihitung berdasarkan ubinan 2 m × 2 m. Brangkas dijemur dan perontokan biji dilakukan menggunakan mesin perontok (*thresher*), kemudian biji dijemur

lagi hingga kadar air sekitar 12%. Data yang dikumpulkan adalah sifat kimia tanah sebelum tanam (pH, C-organik, N, P, K, Na, Ca, Mg, KTK), intensitas cahaya di atas tajuk kedelai dan di lokasi tanpa naungan jati diamati pada pukul 12.00-13.00 WIB dengan interval 2 minggu antarpengamatan. Tinggi tanaman dan bobot kering tanaman pada umur 60 hari dan saat panen diamati pada 6 tanaman sampel yang diambil dari 3 lubang tanam. Pada tanaman sampel tersebut juga dilakukan pengamatan jumlah polong isi dan bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, dan kadar air biji. Jumlah tanaman dipanen dan bobot kering biji diamati pada ubinan 2 m × 2 m. Evaluasi kelayakan teknis dan sosial ekonomis dilakukan untuk mengetahui kelayakan teknologi budidaya kedelai adaptif naungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

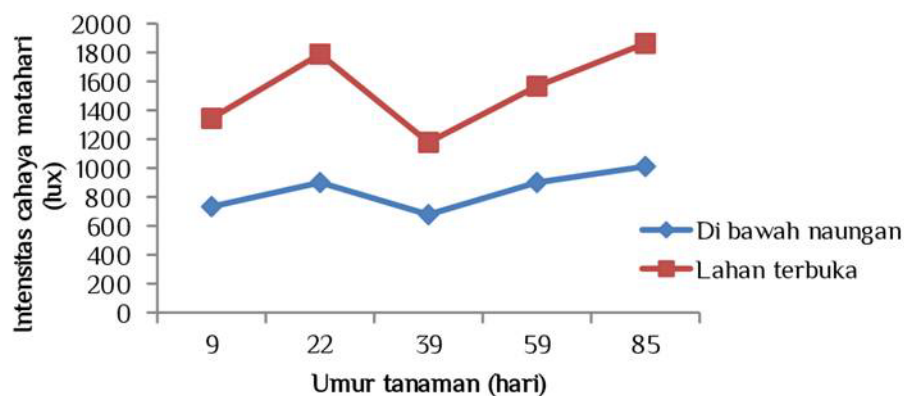
Tanah lokasi pengujian memiliki karakter masam (pH 5,3), kandungan hara N dan C-Organik rendah, namun kandungan hara P dan K tergolong tinggi (Tabel 1). Rendahnya hara N mengindikasikan tingginya kebutuhan hara N atau pemupukan N untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Di sisi lain, pupuk fosfat dan kalium juga perlu diberikan meskipun kandungan hara P dan K tinggi. Tambahan kedua jenis pupuk ini untuk memelihara kesuburan tanah. Berdasar status hara N, P, dan K tersebut maka kebutuhan masing-masing jenis pupuk yang optimal untuk tanaman kedelai adalah 80 kg, 14,4 kg, dan 90 kg/ha masing-masing untuk pupuk N, P₂O₅ dan K₂O (Permadi dan Haryati 2015). Lahan pengujian mempunyai tingkat kemasaman (pH) 5,3 sehingga kurang sesuai untuk bertanam kedelai yang mensyaratkan pH tanah setidaknya 5,5. Rendahnya pH tanah ini menyebabkan antara lain rendahnya kandungan Ca dan Mg (Tabel 1). Demikian pula, kandungan C-organik di lokasi pengujian juga rendah. Hal ini menunjukkan rendahnya kandungan bahan organik pada lahan hutan jati sehingga aplikasi pupuk organik sangat diperlukan untuk meningkatkan kesuburan tanah.

Intensitas cahaya matahari di bawah naungan jati dan di lahan terbuka tanpa naungan selama pengujian disajikan pada Gambar 1. Rata-rata intensitas cahaya matahari di bawah naungan jati berkisar antara 665,41-1008,2 lux dengan penurunan sebesar 43-49,30% dibandingkan pada lahan terbuka. Tingkat naungan tersebut sudah mendekati sasaran naungan yang ditetapkan dalam pengujian yaitu naungan 50%. Umur pohon jati sudah sekitar 4 tahun namun karena kebiasaan

Tabel 1. Sifat kimia tanah di bawah tegakan pohon jati sebelum tanam kedelai. Blitar, 2021

Variabel	Metode	Satuan	Kadar	Kriteria*)
pH H ₂ O	pH Metri 1:5		5,32	Masam
pH KCl	pH Metri 1:5		4,08	
N-total	Kjedahl	%	0,11	Rendah
P tersedia	P-Bray I	ppm	89,52	Sangat tinggi
Na-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	2,74	Sangat tinggi
K-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	0,98	Tinggi
Ca-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	3,97	Rendah
Mg-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	0,22	Sangat rendah
KTK	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	9,04	Rendah
SO ₄	Morgan Wolf	ppm	35,79	Rendah
C-organik	Walkley & Black	%	1,13	Rendah

Keterangan: *) berdasarkan penilaian status hara tanah Balittanah (2012)

**Gambar 1.** Rata-rata intensitas cahaya matahari di bawah naungan pohon jati dan di lahan terbuka. Blitar, 2021

petani merompes cabang dan daun sehingga naungan jati sekitar 49%. Pada pengelolaan wanatani, pemangkasan dan penjarangan pohon jati direkomendasikan untuk pemeliharaan pohon jati dan meningkatkan ruang tumbuh dan pembagian sumberdaya ke tanaman selanya (Maharani *et al.* 2022). Pemangkasan meningkatkan fraksi iradiasi relatif (*relative irradiation fraction/RIF*) yang lolos dari tajuk pohon sehingga meningkatkan kuantitas cahaya yang diterima tanaman kedelai pada sistem wanatani (Purnomo dan Sitompul 2006). Intensitas cahaya matahari yang diterima baik di bawah naungan jati maupun di lahan terbuka mengalami penurunan ketika pengamatan dilakukan pada saat langit berawan seperti yang tercatat pada umur 39 hari.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan (varietas, jarak tanam, dan pemupukan) mempengaruhi beberapa parameter pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta komponen hasil kedelai di bawah naungan. Analisis ragam lebih lanjut menunjukkan adanya pengaruh interaksi varietas dan jarak tanam pada parameter tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah buku subur. Interaksi varietas dengan pemupukan mempengaruhi hasil biji. Interaksi antara jarak tanam

dan pemupukan mempengaruhi jumlah cabang. Ketiga perlakuan berinteraksi mempengaruhi hasil biji per tanaman (Tabel 2). Pengaruh mandiri atau interaksi antarperlakuan yang diuji pada parameter pertumbuhan, hasil dan komponen hasil ini menunjukkan adanya respons spesifik tanaman terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh perlakuan varietas, jarak tanam, dan pemupukan.

Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Tanaman

Parameter tinggi tanaman dipengaruhi oleh interaksi varietas dan jarak tanam, artinya bahwa tinggi tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik (varietas) sekaligus oleh lingkungan mikro tanaman akibat perbedaan jarak tanam. Varietas Denasa 2 (D2) tumbuh lebih tinggi dari varietas Denasa 1 (D1) pada semua perlakuan jarak tanam. Rata-rata tinggi tanaman varietas Denasa 2 adalah 56,1 cm, dan varietas ini tumbuh 18,9% lebih tinggi dari varietas Denasa 1 yang mempunyai rata-rata tinggi tanaman 47,2 cm. Varietas Denasa 2 tumbuh paling tinggi pada jarak tanam paling rapat: 30 cm × 15 cm, sedang varietas Denasa 1 tumbuh sama tinggi pada ketiga jarak tanam yang diuji (Tabel 3). Dengan kata

Tabel 2. Kuadrat tengah paramater pertumbuhan, komponen hasil, dan hasil biji kedelai di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Parameter	Kuadrat tengah							KK (%)
	Varietas (D)	Jarak Tanam (P)	Pemu- pukan(T)	D*P	D*T	P*T	D*P*T	
Tinggi tanaman	1899,53**	66,94*	19,30tn	97,98**	25,99tn	12,10tn	16,33tn	7,60
Jumlah cabang/tanaman	151,18**	1,57tn	1,11tn	1,86*	0,51tn	1,29**	0,59tn	20,45
Jumlah buku subur/tanaman	21,52**	3,20tn	14,35*	47,56**	25,99tn	12,10tn	16,33tn	7,65
Jumlah polong isi/tanaman	15,42tn	2,11tn	177,46**	13,29tn	15,63tn	47,12tn	53,54tn	16,06
Bobot biji/tanaman	22,25tn	5,88tn	20,05tn	0,87tn	10,04tn	11,22tn	17,81*	19,78
Jumlah tanaman dipanen/ha ^a	124.788**	8.310*	15.671**	3.665tn	2.697tn	2.155tn	2.596tn	9,98
Bobot 100 biji	51,66**	0,03tn	0,71**	0,06tn	0,22tn	0,19tn	0,10tn	2,20
Hasil biji/ha ^a (KA 12,1%)	0,22**	0,03tn	0,01tn	0,01tn	0,04*	0,02tn	0,005tn	7,54

Keterangan : *, **, tn: nyata pada taraf 5%, 1% dan tidak nyata pada batas peluang 5%, KK: koefisien keragaman, KA: kadar air, ^a: data hasil biji dianalisis menggunakan data transformasi $\sqrt{(x+1)}$.

lain tinggi tanaman varietas Denasa 2 dipengaruhi oleh jarak antarbaris tanaman. Berdasar pertumbuhan tinggi tanaman, varietas Denasa 2 lebih tanggap terhadap perubahan jarak tanam. Varietas Denasa 2 tumbuh lebih tinggi karena etiolasi yaitu batang tumbuh memanjang sehingga jarak antarbuku menjadi lebih jauh karena adanya kompetisi cahaya (Chauhan dan Opana 2013). Keadaan demikian sangat mungkin karena adanya kompetisi cahaya di antara tanaman, dimana semakin pendek jaraknya pengaruh kompetisi juga semakin besar. Sebaliknya Deden (2015) menyatakan bahwa jarak antartanaman di dalam barisan berpengaruh pada tinggi tanaman. Jarak antartanaman di dalam baris 10-15 cm nyata meningkatkan tinggi tanaman dan bobot 100 biji dibanding jarak antartanaman 20 cm.

Jumlah cabang dipengaruhi oleh interaksi antara varietas dengan jarak tanam. Jumlah cabang tertinggi (5,4 cabang) dicapai oleh varietas Denasa 1 yang ditanam rapat dengan jarak tanam 30 cm × 15 cm (P2). Varietas Denasa 2 menghasilkan cabang dengan jumlah nyata lebih rendah yaitu antara 2,3 hingga 2,4 cabang/tanaman pada semua jarak tanam (Tabel 3). Jumlah cabang juga ditentukan oleh interaksi jarak tanam dengan pemupukan. Jarak tanam 40 cm × 15 cm (P1) dan pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3), dan jarak tanam 30 cm × 15 cm (P2) dan pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha (T2) menghasilkan jumlah cabang tertinggi yaitu 4,2 cabang/tanaman (Tabel 3). Di sisi lain, pada jarak tanam rapat (P2) dan jarak tanam dengan pemupukan terhadap jumlah cabang/tanaman menunjukkan bahwa jumlah cabang dipengaruhi oleh varietas atau genotipe sekaligus oleh faktor lingkungan. Demikian pula perlakuan jarak tanam mempunyai arti penting

untuk parameter jumlah cabang/tanaman: bahwa kedelai menghasilkan cabang lebih banyak pada populasi tanaman yang lebih rendah karena kompetisi tanaman lebih rendah seperti yang dilaporkan Gulluoglu *et al.* (2016).

Interaksi varietas dan jarak tanam juga mempengaruhi jumlah buku subur per tanaman (Tabel 2). Varietas Denasa 1 pada jarak tanam rapat 30 cm × 15 cm (P2) menghasilkan jumlah buku subur tertinggi yaitu 12,8 buku/tanaman dan nyata lebih tinggi dari varietas Denasa 2 dengan jarak tanam jarak legowo (P3) (Tabel 3). Pada Gambar 2 dapat dilihat keragaan polong Denasa 1 lebih banyak dibandingkan dengan Denasa 2. Gambar 3 memperlihatkan keragaan polong masak varietas Denasa 1 dan Denasa 2 dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm pada berbagai perlakuan pemupukan. Deskripsi varietas menyebutkan bahwa tipe percabangan varietas Denasa 1 bersifat menyempit mendekati batang utama sedangkan varietas Denasa 2 lebih melebar.

Komponen Hasil Kedelai

Jumlah polong isi/tanaman dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan. Tanaman yang diberi 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) menghasilkan polong isi/tanaman nyata paling banyak: 38,8 polong (Tabel 4). Jumlah polong ini sedikit lebih banyak dari jumlah polong pada deskripsi varietas Denasa 2 (36 polong), namun masih lebih rendah dari jumlah polong pada deskripsi varietas Denasa 1 yang sebanyak 48 polong/tanaman. Aplikasi 250 kg/ha pupuk majemuk NPK (16:16:16) ditambah pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit meningkatkan persentase jumlah polong bernas/tanaman dari 81,29% menjadi 87,82% pada perlakuan tanpa kompos dan tanpa pupuk NPK pada lahan mineral bereaksi masam di Riau (Hapsoh *et al.* 2019).

Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah buku subur kedelai di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang/tanaman	Jumlah buku subur/tanaman
Varietas × jarak tanam			
D1 × P1	47,2 c	4,6 b	12,4 ab
D1 × P2	46,8 c	5,4 a	12,8 a
D1 × P3	47,6 c	4,6 b	11,9 ab
D2 × P1	54,1 b	2,3 c	11,5 ab
D2 × P2	59,8 a	2,3 c	11,6 ab
D2 × P3	54,5 b	2,4 c	11,2 b
Jarak tanam × pemupukan			
P1 × T1	50,8 a	3,5 a-d	12,3 a
P1 × T2	49,4 a	2,9 d	10,7 a
P1 × T3	49,9 a	4,2 a	12,7 a
P1 × T4	52,3 a	3,0 cd	12,1 a
P2 × T1	53,7 a	3,6 a-d	11,7 a
P2 × T2	51,1 a	4,2 a	12,8 a
P2 × T3	53,7 a	3,8 ab	12,7 a
P2 × T4	54,7 a	3,8 a-c	11,6 a
P3 × T1	52,7 a	3,3 b-d	10,9 a
P3 × T2	50,9 a	3,3 b-d	11,4 a
P3 × T3	50,6 a	3,7 bc	13,7 a
P3 × T4	49,9 a	3,8 ab	10,3 a

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, P1: 40 cm × 15 cm, P2: 30 cm × 15 cm, dan P3: jarak legowo (50 cm × 30 cm × 15 cm). T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1.000 kg pupuk kandang/ha.

**Gambar 2.** Keragaan kedelai varietas Denasa 1 (atas), varietas Denasa 2 (bawah) fase pengisian polong pada umur 59 hari

Bobot biji per tanaman tidak berbeda untuk semua perlakuan yang diuji (Tabel 4). Hal ini berarti bahwa bobot biji/tanaman tidak berbeda pada kedua varietas, tiga perlakuan jarak tanam, dan empat perlakuan pemupukan yang diuji pada lingkungan dengan naungan hampir 50%. Carciochi *et al.* (2019) meringkas beberapa publikasi bahwa hasil biji/ha tanaman kedelai yang ditanam pada populasi rendah tidak dapat mengkompensasi diperolehnya hasil biji sama dengan hasil biji pada populasi tinggi karena terhambatnya pertumbuhan vegetatif (luas daun) dan hasil biji/tanaman pada lingkungan berproduktivitas rendah.

Bobot 100 biji dipengaruhi oleh perlakuan varietas, dengan kata lain jenis varietas mempengaruhi bobot 100 biji atau ukuran biji (Tabel 4). Bobot 100 biji varietas Denasa 2 (18,5 g) nyata lebih tinggi dari bobot 100 biji varietas Denasa 1 (17,0 g). Pada pengujian ini, ukuran biji varietas Denasa 1 lebih kecil dari ukuran biji yang tercantum pada deskripsi varietas (18,09 g/100 biji), sedang ukuran biji varietas Denasa 2 sama dengan ukuran biji yang tercantum pada deskripsi varietas (18,55 g/100 biji). Di sini terlihat bahwa ukuran biji varietas Denasa 1 peka terhadap perbedaan lingkungan sedangkan ukuran biji varietas Denasa 2 lebih stabil terhadap perubahan lingkungan. Stabilitasnya ukuran biji pada varietas Denasa 2 didukung oleh Chairudin

Tabel 4. Komponen jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, jumlah tanaman dipanen dan bobot 100 biji di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Perlakuan	Jumlah polong isi per tanaman	Bobot biji per tanaman (g)	Bobot 100 biji (g)	Jumlah tanaman dipanen/ha
Varietas (D)				
D1	35,2 a	14,3 a	17,0 b	151.927 b
D2	34,4 a	13,3 a	18,5 a	213.490 a
Jarak tanam (P)				
P1	34,9 a	13,3 a	17,8 a	169.063 b
P2	34,6 a	13,9 a	17,8 a	196.328 a
P3	35,1 a	14,1 a	17,7 a	182.734 ab
Pemupukan (T)				
T1	33,2 b	12,9 a	17,6 c	214.063 a
T2	32,9 b	13,7 a	17,7 bc	166.354 b
T3	38,8 a	15,1 a	17,9 ab	178.750 b
T4	34,5 b	13,6 a	18,0 a	171.667 b

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, P1: 40 cm × 15 cm, P2: 30 cm × 15 cm, dan P3: jajar legowo (50 cm × (30 cm × 15 cm)). T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha.

**Gambar 3.** Keragaan polong masak varietas Denasa 1 (atas) dan Denasa 2 (bawah) pada berbagai perlakuan teknologi pemupukan dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm

et al. (2015) yang melaporkan bahwa ukuran biji kedelai adalah tetap baik ketika kedelai ditanam dengan atau tanpa naungan.

Bobot 100 biji juga dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan. Hal ini berarti bahwa pada lahan masam dengan kandungan hara N, SO₄ dan C-organik rendah serta kondisi ternaungi, ragam kombinasi jenis pupuk berpengaruh pada pertumbuhan yang selanjutnya mempengaruhi

komponen hasil kedelai. Tabel 4 menunjukkan bahwa pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha + 1.000 kg pupuk kandang/ha (T4) menghasilkan bobot 100 biji atau ukuran biji tertinggi. Demikian pula pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) sudah mampu meningkatkan bobot 100 biji (Tabel 4). Kombinasi pupuk anorganik sumber hara N, P, K, S (Phonska, SP36 dan ZA) dan pupuk organik pada lahan bereaksi masam telah berkontribusi pada peningkatan ketersediaan hara N, P, K, S dan C organik yang diperlukan tanaman kedelai.

Secara ringkas dikemukakan bahwa pemupukan berpengaruh nyata terhadap jumlah buku subur, jumlah polong isi/tanaman, dan bobot 100 biji (Tabel 2). Pada kondisi lahan bereaksi masam, miskin hara N, Ca-dd, SO₄ dan C organik, penambahan hara N, S dan bahan organik melalui pemupukan Phonska, ZA dan pupuk kandang sudah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai dengan adanya peningkatan pertumbuhan dan komponen hasilnya. Peningkatan pertumbuhan, komponen hasil bahkan hasil biji pada kedelai di lahan bereaksi masam dengan penambahan hara N, P, dan K baik melalui pupuk tunggal maupun majemuk juga dilaporkan oleh Pratama *et al.* (2017) dan Hapsoh *et al.* (2019).

Hasil Biji Kedelai

Jumlah tanaman dipanen dipengaruhi oleh faktor tunggal varietas, jarak tanam, dan pemupukan. Populasi tanaman yang dipanen lebih banyak pada jarak tanam rapat (30 cm × 15 cm, P2) karena

Tabel 5. Hasil biji kedelai di bawah tegakan pohon jati, Blitar 2021

Perlakuan	Hasil biji (t/ha)
Varietas (D)	
D1	1,52 a
D2	1,21 b
Varietas (D) × Teknologi pemupukan (T)	
D1 × T1	1,35 bcd
D1 × T2	1,54 ab
D1 × T3	1,78 a
D1 × T4	1,41 bc
D2 × T1	1,17 cd
D2 × T2	1,23 bcd
D2 × T3	1,12 d
D2 × T4	1,33 bcd
Rata-rata	1,36

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha

jumlah tanaman per satuan luas lahan lebih banyak dibandingkan jumlah tanaman pada jarak tanam yang lebih lebar. Jumlah tanaman dipanen pada varietas Denasa 2 juga lebih banyak dari varietas Denasa 1 (Tabel 4).

Hasil biji kedelai dipengaruhi interaksi varietas dengan pemupukan (Tabel 5). Varietas Denasa 1 yang dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) memberikan hasil biji tertinggi (1,78 t/ha), sebaliknya teknologi pemupukan yang sama memberikan hasil biji terendah (1,12 t/ha) pada varietas Denasa 2. Namun demikian aplikasi 250 kg Phonska + 50 kg/ha SP36 (T2) pada varietas Denasa 1 mampu meningkatkan hasil biji sebesar 29,6% dibandingkan dengan hanya menggunakan pupuk Phonska saja (T1). Respons tanaman terhadap pemupukan dipengaruhi oleh berbagai hal diantaranya ketersediaan hara N, Ca, Mg, S dan C organik di dalam tanah yang rendah, tanah bereaksi masam, cekaman abiotik misalnya curah hujan yang tinggi. Selama kegiatan berlangsung, curah hujan cukup tinggi dan berlangsung hingga fase pengisian polong yang mungkin mempengaruhi ketersediaan pupuk yang diberikan.

Kisaran hasil kedelai antara 1,17-1,78 t/ha di bawah naungan jati 43-49,3% pada pengujian ini selaras dengan hasil penelitian Sundari *et al.* (2016) yang melaporkan kisaran hasil kedelai antara 0,94-1,82 t/ha di bawah naungan jati 59-60%. Di lahan kering masam tanpa adanya naungan, hasil kedelai

bisa lebih tinggi (2,34 t dan 2,48 t/ha) dengan pemupukan 75 kg Urea, 150 kg SP 36, 100 kg KCl/ha ditambah $\frac{1}{4} \times Al_{dd}$ dengan Dolomit 805 kg/ha dan 2500 kg pupuk kandang/ha atau 75 kg Urea, 150 kg SP 36, 100 kg KCl/ha ditambah $\frac{1}{2} \times Al_{dd}$ dengan Dolomit 1610 kg/ha (Hasibuan *et al.* 2018). Sedangkan aplikasi 250 kg/ha pupuk majemuk NPK (16:16:16) secara nyata meningkatkan produksi kedelai di lahan masam tanpa naungan dari 1,58 t menjadi 1,99 t/ha (Hapsoh *et al.* 2019).

Berdasarkan deskripsinya, varietas Denasa 1 memiliki hasil rata-rata 2,25 t/ha dan varietas Denasa 2 memiliki hasil rata-rata 2,31 t/ha. Lebih rendahnya hasil kedelai pada kedua varietas (masing-masing 1,52 t/ha dan 1,21 t/ha) pada pengujian ini kemungkinan karena perbedaan tingkat naungan yang diperoleh tanaman. Data hasil rata-rata varietas Denasa 1 dan Denasa 2 tersebut diperoleh dari uji adaptasi yang dilakukan pada beragam jenis naungan (jagung, jati, kelapa sawit, jeruk, ubikayu, eucalyptus) yang memberikan beragam tingkat naungan sehingga memberikan hasil biji yang beragam (Sundari *et al.* 2021). Handriawan *et al.* (2016) melaporkan terjadinya penurunan hasil kedelai dengan adanya peningkatan naungan. Peningkatan naungan dari 25 menjadi 50% menurunkan hasil biji kedelai 11-23%. Rendahnya hasil biji varietas Denasa 1 dan 2 pada pengujian ini kemungkinan juga karena populasi tanaman lebih rendah dari populasi optimalnya. Curah hujan dan hari hujan yang tinggi di sekitar saat tanam hingga fase tumbuh kembang (*emergence phase*) menyebabkan banyak benih yang hilang terbawa aliran air meskipun sudah dilakukan penyulaman hingga dua kali. Dengan demikian teknologi jarak tanam dan pemupukan yang diterapkan pada lahan naungan jati di Selopuro Blitar ini belum mampu meningkatkan hasil kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2 hingga mencapai potensi hasilnya.

Hasil biji/ha berbeda nyata pada perlakuan varietas (Tabel 5). Hasil biji varietas Denasa 1 (1,52 t/ha) nyata lebih tinggi dibandingkan hasil biji varietas Denasa 2 (1,21 t/ha). Demikian pula, varietas Denasa 2 tidak tanggap terhadap semua perlakuan pemupukan sehingga hasil bijinya sama pada semua perlakuan pemupukan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa setiap varietas atau genotipe memiliki respons yang berbeda terhadap kondisi naungan. Perbedaan respons varietas atau genotipe kedelai terhadap naungan juga dilaporkan oleh Susanto dan Sundari (2010), Krisnawati dan Adie (2015), dan Wijaya dan Maksudin (2018).

Tabel 6. Analisis usaha tani budidaya kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2. Blitar, 2021

No	Komponen	D1T1	D1T2	D1T3	Perlakuan D1T4	D2T1	D2T2	D2T3	D2T4
1.	Biaya saprodi (Rp)	2.380.000	2.480.000	2.575.000	3.075.000	2.380.000	2.480.000	2.575.000	3.075.000
2.	Biaya lain-lain (Rp)	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
3.	Biaya tenaga kerja (Rp)	3.445.000	3.502.000	3.574.000	3.543.000	3.391.000	3.409.000	3.376.000	3.519.000
4.	Total biaya (Rp)	6.442.000	6.542.000	6.709.000	7.178.000	6.331.000	6.449.000	6.511.000	7.154.000
5.	Produksi (kg)	1.350	1.540	1.780	1.410	1.170	1.230	1.120	1.330
6.	Harga jual (Rp/kg)	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
7.	Penerimaan (Rp)	14.850.000	16.940.000	19.580.000	15.510.000	12.870.000	13.530.000	12.320.000	14.630.000
8.	Keuntungan (Rp)	8.465.000	10.398.000	12.871.000	8.332.000	6.539.000	7.081.000	5.809.000	7.476.000
9.	R/C ratio	2,3	2,6	2,9	2,2	2,0	2,1	1,9	2,0
10.	B/C ratio	1,3	1,6	1,9	1,2	1,0	1,1	0,9	1,0

Keterangan: harga kedelai per Mei 2021 sebesar Rp11.000/kg. D1: varietas Denasa 1, D2: varietas Denasa 2, T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha

Analisis Usaha Tani

Hasil analisis usaha tani di lokasi Blitar menunjukkan bahwa varietas Denasa 1 dengan semua teknologi pemupukan memberikan nilai R/C dan B/C >1 yang artinya semua perlakuan memberikan keuntungan dan teknologi layak untuk diterapkan. Keuntungan terbesar yaitu Rp 12.871.000,00/ha didapatkan pada teknologi pemupukan T3 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha). Varietas Denasa 2 juga memiliki ratio R/C >1 yang artinya semua teknologi pemupukan memberikan keuntungan dan keuntungan terbesar diperoleh pada teknologi pemupukan T4 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha) yaitu Rp7.476.000,00/ha. Khusus pada varietas Denasa 2, teknologi pemupukan T2 (250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha) lebih dianjurkan karena nilai ratio R/C dan B/C >1. Pada varietas Denasa 2 teknologi pemupukan T3 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha) tidak layak diterapkan karena memiliki B/C <1 yang artinya keuntungan belum dapat menutup biaya produksi (Tabel 6). Pengujian kedelai yang ditanam di bawah tegakan jati umur dua (2) tahun di Kab. Blora, Jawa Tengah dengan jarak tanam kedelai 40 cm × 15 cm, 200 kg pupuk majemuk NPK Phonska (15:15:15) + 100 kg SP36 + 1000 kg pupuk organik/ha pada kondisi tadah hujan memberikan hasil biji 0,97 t/ha dan ratio R/C 1,3 tetapi ratio B/C hanya 0,3. Hal ini menunjukkan bahwa paket teknologi yang diaplikasikan memberi keuntungan namun tidak layak secara ekonomi (Elisabeth dan Suhartina 2019).

Varietas Denasa 1 dan Denasa 2 pada ketiga jarak tanam yang diuji memberikan hasil biji tidak berbeda nyata. Demikian pula tidak terjadi interaksi antara jarak tanam dengan perlakuan yang lain terhadap parameter hasil biji/ha (Tabel 1). Oleh karena itu, ketiga jarak tanam dapat dipilih untuk dipraktekkan sesuai dengan preferensi petani. Kebutuhan benih

(untuk plot ukuran 16,25 m²), pada jarak tanam 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, dan (50 cm × (30 cm × 15 cm) berturut-turut semakin banyak dari 98 g, menjadi 131 g dan 165 g untuk varietas Denasa 1, dan dari 100 g, 134 g dan 168 g untuk varietas Denasa 2. Jarak tanam 30 cm × 15 cm dan (50 cm × (30 cm × 15 cm) membutuhkan jumlah benih 34% dan 68% lebih tinggi dari kebutuhan benih jarak tanam 40 cm × 15 cm untuk kedua varietas. Penerapan jarak tanam 40 cm × 15 cm akan terjadi penghematan biaya produksi.

KESIMPULAN

Perakitan teknologi budidaya kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2 di bawah tegakan jati umur 4 tahun dengan tingkat naungan antara 43-49% selama masa pertumbuhan tanaman kedelai untuk memperoleh hasil biji tinggi sekaligus layak secara ekonomi adalah berbeda untuk varietas Denasa 1 dan Denasa 2. Untuk varietas Denasa 1 teknologi budidayanya menggunakan jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang dan dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha. Teknologi budidaya untuk varietas Denasa 2 menggunakan jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang dan dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Carciochi WD, Schwalbert R, Andrade FH, Corassa GM, Carter P, Gaspar AP, Schmidt J, Ciampitti IA. 2019. Soybean seed yield response to plant density by environment in North America. *Agronomy Journal* 111(-): 1923 – 1932.
- Chairudin, Efendi, Sabaruddin. 2015. Dampak naungan terhadap perubahan karakter agronomi dan morfo-fisiologi daun pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Floratek* 10: 26 – 35.
- Chauhan, BS, Opana JL. 2013. Effect of plant spacing on growth and grain yield of soybean. *American Journal of Plant Sciences* (4): 2011-2014.

- Deden. 2015. Pengaruh jarak tanam dan aplikasi pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) varietas Kaba. Jurnal Agrikultura 26 (2): 90-98
- Elisabeth DAA, Suhartina. 2019. Farmer's response on introduction of soybean cultivation technology under teak shade. AIP Conf. Proc.2120. 040013-1- 040013-9. 9p.
- Figyantika A, Mendham DS, Hardie MA, Hardiyanto EB, Hunt MA. 2020. Productivity benefits from integrating *Acacia auriculiformis* and agricultural cropping in Java, Indonesia. Agroforest Syst. Published online: 15 September 2020.
- Fyanita P, Liferdi, Permadi K. 2017. Tingkat pengolahan tanah pada kedelai di bawah tegakan jati muda berumur empat tahun. Buletin Hasil Kajian 7(07):14-18
- Gulluoglu L, Bakal H, Arioglu H. 2016. The effects of twin-row planting pattern and plant population on seed yield and yield components of soybean at late double-cropped planting in Cukurova region. Turkish Journal Field Crops 21(1):59-65.
- Hamdani KK, Susanto H. 2020. Pengembangan varietas tahan naungan untuk mendukung peningkatan produksi tanaman pangan. Jurnal Planta Simbios 2(1): 22-36.
- 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
- Hapsoh, Wardati, Hairunisa. 2019. Pengaruh pemberian kompos dan pupuk NPK terhadap produktivitas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Jurnal Agronomi Indonesia 47(2): 149-155.
- Harsono A, Harnowo D. 2022. The potential of area under young oil plam plantation on tidal swamps for soybean development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 974 (2022) 012099. 10 p.
- Hasibuan HS, Sopandie D, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D. 2018. Pemupukan N, P, K, Dolomit, dan pupuk kandang pada budidaya kedelai di lahan kering masam. Jurnal Agronomi Indonesia 46(2): 175-181.
- Krisnawati A, Adie MM. 2015. Seleksi populasi F5 kedelai berdasarkan karakter agronomis. pp 434-437. Prosiding Sem Nas Masy Biodiv Indonesia. 20p.
- Maharani D, Sudomo A, Swestiani D, Murniati, Sabastian GE, Roshetko JM, Fambayun RA. 2022. Intercropping tuber crops with teak in Gunungkidul Regency, Yogyakarta, Indonesia. Agronomy, 12(2): 449. 20p.
- Muhidin, Syam'un E, Kaimuddin, Musa Y, Sadimantara GR, Usman, Leomo S, Rakian TC. 2018. Shading effect on generative characters of upland rice of South Sulawesi, Indonesia. IC-FSSAT. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 157 (2018) 012017. 5 p.
- Nugrahaeni N, Suhartina, Rahayu, RDP, Susanto GWA. 2018. Budena, Teknologi Budidaya Kedelai pada Lahan Naungan. Laporan Teknis Tahun 2018. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Puslitbang Tanaman Pangan. 109p. [tidak dipublikasikan].
- Permadi K, Haryati Y. 2015. Pemberian pupuk N, P, dan K berdasarkan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas kedelai. AGROTROP 5(1): 1-8.
- Pratama BJ, Nurmiaty Y, Nurmauli N. 2017. Pengaruh dosis pupuk NPK majemuk susulan saat awal berbunga (R1) pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* [L.] Merill). Jurnal Penelitian Pertanian Terapan 17 (2): 138-144.
- Pratiwi H, Rina A. 2018. Respon morfo-fisiologi genotipe kedelai terhadap naungan jagung dan ubikayu. Jurnal Agronomi Indonesia, 46(1):48-56.
- Purnomo D, Budiastuti MT, Setyaningrung D. 2021. The role of soybean agroforestry in mitigating climate change in Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1016(2022):012024.7p.
- Purnomo D, Sitompul SM. 2006. Irradiasi pada sistem agroforestri berbasis jati dan pinus serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Biodiversitas 7(3): 251-255.
- Setyawan G, Huda S. 2022. Analisis pengaruh produksi kedelai, konsumsi kedelai, pendapatan per kapita, dan kurs terhadap impor kedelai di Indonesia. Jurnal Ekonomi dan Manajemen 19(2):215-225.
- Sundari T, Nugrahaeni N, Susanto GWA. 2016. Interaksi genotipe $\times$ lingkungan dan stabilitas hasil biji kedelai toleran naungan. Jurnal Agronomi Indonesia 44 (1): 16-25.
- Sundari T, Susanto GWA, Nugrahaeni N, Suhartina, Purwanto, Baliadi Y, Mejaya MJ. 2021. Genotypes $\times$ environments interaction of soybean lines in various shading environments. Annual Research & Review in Biology. 36(3): 77-92.
- Suryanto P, Suwignyo B, Prianto SD, Putra ETS, Alam T. 2017. Morpho-physiological characters and soybean productivity on Alfisol and vertisol under intercropping with kayu putih (*Melaleuca cajaputi*). AGRIVITA Journal of Agricultural Science 39(2): 153-159.
- Susanto GWA, Sundari T. 2010. Pengujian 15 genotipe kedelai pada kondisi intensitas cahaya 50% dan penilaian karakter tanaman berdasarkan fenotipnya. Jurnal Biologi Indonesia 6 (3): 459-471.

- Tewari S, Tewari L, Kumar A, Kaushal R. 2021. Performance of *Glycine max* L varieties under *Tectona grandis* L. and *Dalbergia sisso* Roxb. based agroforestry system. Indian Journal of Agroforestry 23(1):67-73.
- Wijaya AA, Maksudin ITA. 2018. Kemajuan genetik harapan dan daya hasil tiga kultivar kedelai dengan pemanfaatan pupuk hayati pada kondisi jenuh air. pp 69-75. Prosiding Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional Tahun 2018 “Peluang dan Tantangan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Era Global dan Digital” 13 September 2018. Fakultas Pertanian & Bisnis UKSW.
-

Sistem Agroekonomi Komoditas Porang (*Amorphophalus muelleri* Blume)

Porang (Amorphophalus muelleri Blume) agroeconomics system

**Siti Mutmaidah¹, Fachrur Rozi², Yuliantoro Baliadi²,
Agustina Shinta Hartati Wahyuningtyas³, Fitria Dina³**

¹ Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang
Jl. Raya Kendalpayak km 8 Kotak Pos 66 Malang 65162

²Badan Riset dan Inovasi Nasional, CWS Kebun Raya Purwodadi
d/a Jl. Raya Surabaya-Malang km 65, Purwodadi, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur 67163

³ Jurusan Pasca Sarjana Manajemen Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

* Email: sitiasdianto@yahoo.co.id

NASKAH DITERIMA 10 MEI 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 27 SEPTEMBER 2023

ABSTRAK

Porang adalah tanaman umbi dari genus *Amorphophallus*. Keragaman manfaat dan tingginya nilai ekspor merupakan magnet pemikat porang. Komoditas ini cukup menjanjikan dengan memberi manfaat ekonomi dan sangat layak diusahakan secara bisnis. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan gambaran agroekonomi porang yaitu kelayakan ekonomi usaha tani porang di lahan ternaungi dan di lahan terbuka, serta olahan *chip* atau serpihnya. Kegiatan dilakukan di Desa Klangon (7°28'41"S, 111°48'51"E), Kabupaten Madiun untuk usaha tani porang pada lahan naungan di bawah tegakan tanaman hutan jati berumur empat tahun dan di Desa Sidomulyo (8°07'50,7"S, 111°29'51"E), Kabupaten Trenggalek untuk usaha tani porang pada lahan terbuka. Kedua kabupaten terletak di Propinsi Jawa Timur. Penentuan lokasi penelitian dan informan kunci ditentukan secara sengaja (*purposive*). Kelayakan investasi usaha tani porang dinilai berdasar R/C dan B/C ratio. Usaha tani porang pada lahan ternaungi di bawah tegakan tanaman hutan jati dan di lahan terbuka dengan 2 musim tanam mempunyai nilai R/C dan B/C ratio >1 sehingga dinilai layak, efisien dan menguntungkan. Sebaliknya usaha tani porang di lahan terbuka pada satu musim tanam mempunyai nilai R/C >1 dan B/C ratio <1 sehingga dinilai menguntungkan tetapi tidak efisien secara ekonomi. Pengolahan porang menjadi *chip* atau serpih yang dilakukan di Desa Klangon, Kab. Madiun mempunyai nilai R/C >1 dan B/C ratio <1 sehingga dinilai menguntungkan tetapi tidak efisien secara ekonomi. Oleh karena itu, perlu dilakukan efisiensi usaha pada pengolahan porang menjadi serpih.

Kata kunci: kelayakan ekonomi, lahan terbuka, naungan pohon jati, porang, usaha tani

ABSTRACT

Porang is a tuber crop belongs to the genus *Amorphophallus*. The various benefits and the high export values of porang are the attractive aspects that offered by porang. This commodity has quite promising economic benefit and is very worthy of business. This research aims to explore the agroeconomic of porang

i.e. the economic feasibility of porang farming under the shaded and opened areas, as well as the chips processing. The activities were conducted at shaded areas under the four-year teak forest at Klangon Village (7°28'41"S, 111°48'51"E), Madiun Regency and under the none shaded or opened areas at Sidomulyo Village (8°07'50,7"S, 111°29'51"E), Trenggalek Regency whereas both regencies are located in East Java Province. The research location and key informants were determined purposively. The economic feasibility of porang farming was assessed base on the R/C and B/C ratio ratios. The farming of porang under the forest plantation stands and during two planting seasons at opened area was economically feasible, efficient, and profitable. On the other hand, one season porang farming at opened area was profitable but economically inefficient since its R/C >1 and B/C ratio <1. The processing of tubers into chips practiced by people at Klangon Village, Madiun Regency was profitable but economically inefficient since its R/C >1 and B/C ratio <1, and therefore it needs more efficient processing.

Keywords: economic feasibility, farming, opened area, porang, teak forest shading

PENDAHULUAN

Tanaman porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) masuk ke dalam Famili Araceae, Genus *Amorphophallus* (Sumarwoto 2005). Tanaman porang tumbuh baik pada tanah yang mempunyai kadar keasaman atau pH antara 5-6, dan memerlukan tingkat naungan antara 40-60% untuk memproduksi umbi yang maksimal (Jansen *et al.* 1996; Aisah *et al.* 2017). Porang optimal ditanam pada ketinggian 100-1.000 m di atas permukaan laut (dpl) (Jansen *et al.* 1996, Puslitbangtan 2015, Balitkabi 2021, Distan Trenggalek 2021), suhu antara 22-35°C, curah hujan antara 1.400-1.500 mm selama periode pertumbuhan, tekstur tanah lempung berpasir sampai lempung berliat dengan kandungan N total (0,2-0,5%), K tersedia (0,6 cmol/

kg), P_2O_5 tersedia (25-35 mg/kg), dan kapasitas tukar kation >25 cmol/kg (Balitkabi 2021). Tanaman porang mempunyai dua siklus yaitu masa hidup dan masa dorman. Masa hidup terdiri atas fase tumbuh vegetatif ditandai dengan pertumbuhan batang dan daun dari umbi, dan fase tumbuh generatif ditandai keluarnya bunga dari umbi (Hidayah 2016).

Pemanfaatan tanaman porang di Indonesia dimulai pada tahun 1942 yaitu pada masa pendudukan Jepang. Jepang menemukan bahwa tanaman porang memiliki kemiripan dengan *Amorphophallus konjac* yang telah dikembangkan. Di Jepang, tepung porang utamanya digunakan sebagai bahan baku *konnyaku* (tahu) dan *shirataki* (mie). Selain di Jepang, kedua produk tersebut cukup terkenal di China dan Taiwan, serta dijual dengan harga relatif mahal.

Kandungan glukomanan yang tinggi pada umbi merupakan magnet pemikat porang (Yanuriati *et al.* 2017). Glukomanan merupakan serat alami yang larut di dalam air dan mempunyai banyak manfaat yaitu sebagai bahan aditif makanan, emulsifier dan pengental, bahan baku lem, komponen pesawat terbang (fiber pesawat), bahan baku tepung dan kosmetik, penjernih air, jeli, beras analog, obat-obatan (asma, batuk, hernia, luka bakar, nyeri payudara), peningkat sistem imun tubuh, pembersih wajah, dan bahan baku industri (Chua *et al.* 2010; Jimenez-Colmenero *et al.* 2013; Yuswono *et al.* 2013; da Silva *et al.* 2016; Tester dan Al-Ghazzewi 2016; Yang *et al.* 2017; Venkataramana *et al.* 2020).

Porang mulai intensif dibudidayakan di Indonesia pada tahun 1980-an. Budidaya tanaman porang yang semakin intensif, menjadikan tanaman porang sangat mudah ditemukan di Indonesia. Beberapa sentra produksi porang di Indonesia adalah Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, dan Jawa Tengah.

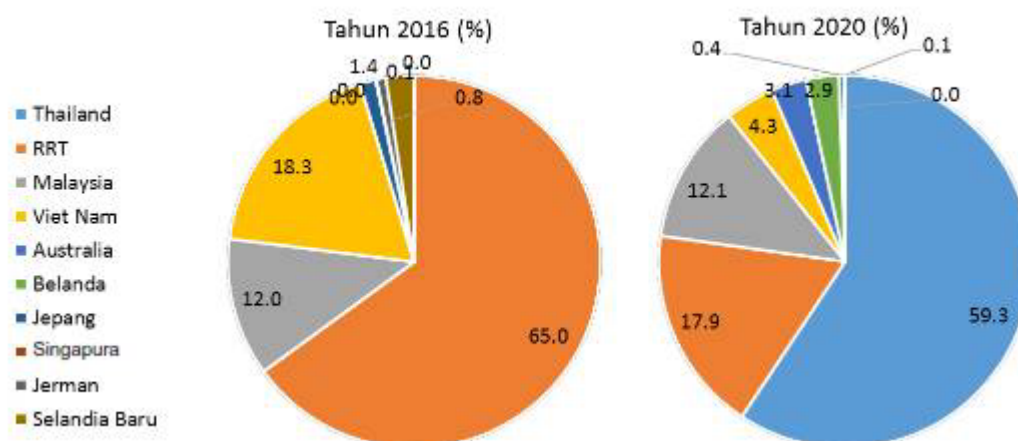
Selain di sentra produksi tersebut, porang mulai dikembangkan di Sumatera, Nusa Tenggara Barat, Banten, dan Kalimantan. Demikian juga sentra pengolahan produk antara dan produk jadi berbahan baku porang semakin banyak ditemukan terutama di Madiun, Bandung, Pasuruan, Wonogiri, dan Maros (Dirjen Tanaman Pangan 2020).

Di Indonesia, beberapa penelitian pemanfaatan tepung porang juga telah dilakukan. Glukomanan memiliki kemampuan membentuk lapisan film dengan sifat *biocompatibility* yang baik, *biodegradable*, dan memiliki kemampuan membentuk gel. Hasil terbaik *biodegradable* diperoleh pada konsentrasi glukomanan 3 g (Falah *et al.* 2021). Sugiarto dan Nisa (2015) melaporkan bahwa pada pembuatan minuman jeli, sifat fisiko kimia jeli terbaik diperoleh pada proporsi tepung porang dan karagenan 50:50. Sifat organoleptik terbaik diperoleh pada proporsi tepung porang dan karagenan 25:75. Selain itu, glukomanan dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia *Sodium Tripolifosfat* (STPP) untuk mengenyalkan produk bakso. Produksi bakso menggunakan glukomanan sebagai bahan pengental telah memenuhi SNI (Salim *et al.* 2021). Dengan demikian, komoditas

Tabel 1. Ekspor porang di Indonesia periode tahun 2015-2021

Tahun	Jumlah ekspor (ton)
2015	2.773
2016	2.424
2017	4.363
2018	5.516
2019	7.303
2020	25.849
2021	32.007

Sumber: Balai Besar Karantina Pertanian Indonesia 2020, Kementerian Perdagangan Indonesia 2021



Gambar 1. Pangsa ekspor porang dari Indonesia periode tahun 2016-2021

porang memiliki nilai ekonomi dan strategis untuk dikembangkan karena besarnya peluang pemanfaatan dalam industri dan potensi ekspor (Tabel 1, Gambar 1).

Presiden Republik Indonesia memberi arahan khusus kepada Menteri Pertanian untuk secara serius mengembangkan komoditas porang dan menjadikan porang sebagai *quick wins* ekspor produk pertanian. Sesuai dengan arahan Presiden RI tersebut, Kementerian Pertanian telah menetapkan porang sebagai komoditas yang masuk ke dalam program gerakan tiga kali lipat ekspor (Gratieks). Ekspor porang Indonesia dengan kode HS 071440 mengalami peningkatan jumlah sebesar 11% sejak tahun 2017 hingga 2021. Pada tahun 2021 jumlah ekspor porang sebanyak 29.068 ton dengan nilai sebesar 19,9 juta USD (Trademap 2021).

Berdasar berbagai manfaat yang dimiliki, porang menjadi komoditas ekspor yang populer. Demikian pula permintaan bahan baku industri, nilai ekspor dan prospek ekonomi yang tinggi menyebabkan banyak petani semakin berminat membudidayakan porang. Oleh karenanya, saat ini budidaya porang tidak hanya dilakukan di habitat aslinya yaitu di bawah tegakan tanaman hutan, tetapi juga merambah ke lahan terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran agroekonomi porang yaitu: kelayakan ekonomi untuk usaha tani porang di lahan bawah tegakan tanaman hutan dan di lahan terbuka, serta olahan *chip* porang.

BAHAN DAN METODE

Penentuan lokasi penelitian dan informan kunci yaitu Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL), aparat desa, dan tokoh masyarakat ditentukan secara sengaja (*purposive*). Pengumpulan data melalui wawancara dilakukan di Desa Klagon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun (7°28'41"S, 111°48'51"E) dan di Desa Sidomulyo, Kec. Pule, Kab. Trenggalek (8°07'50.7"S 111°29'51"E), Provinsi Jawa Timur pada tahun 2021. Metode pengumpulan data dilakukan dengan survei menggunakan kuesioner terhadap petani porang dengan kriteria berpengalaman usaha tani minimal 3 tahun (sudah pernah panen umbi). Jumlah responden di masing-masing desa adalah 15 orang, sehingga total responden adalah 30 orang. Analisis kelayakan investasi dalam usaha tani porang berdasar nilai R/C dan B/C ratio. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif (Shinta 2011).

$$R/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i P_i}{\sum_{i=1}^k [\sum_{n=1}^m X_m P_{xn}]} \quad (1)$$

dimana:

Y_i = jumlah produk, P_i = harga produk, X_n = jumlah input, P_{xn} = harga input ke $i, \dots$

m = jumlah jenis input

Kriteria: $R/C \geq 1$ = menguntungkan dan $R/C < 1$ = tidak menguntungkan

Net B/C ratio merupakan salah satu cara untuk melihat tingkat efisiensi penggunaan biaya. Nilai ini menunjukkan gambaran berapa kali keuntungan yang diperoleh dari jumlah biaya yang dikeluarkan.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{i=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}} \quad (2)$$

Kriteria: $B/C \text{ ratio} = 1$: Impas, $B/C \text{ ratio} > 1$: Layak dan efisien untuk diusahakan, dan $B/C \text{ ratio} < 1$: tidak layak dan tidak efisien untuk diusahakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Agroekosistem Porang di Lokasi Penelitian

Porang di lokasi penelitian dipanen dalam bentuk umbi dan bulbil. Di tingkat responden, dikenal istilah umbi konsumsi dan umbi produksi. Umbi konsumsi adalah umbi yang dimanfaatkan sebagai bahan baku industri untuk diolah dan diambil glukomanannya. Umbi produksi adalah umbi yang dijual untuk bahan tanam. Umbi konsumsi biasanya berbobot lebih dari 1 kg/umbi, sedangkan umbi produksi berbobot maksimal 0,5 kg/umbi. Umbi porang yang berukuran kecil diperoleh dari tanaman hasil pengurangan populasi yang terlalu rapat. Puslitbangtan (2021) menyebutkan bahwa umbi porang berwarna khas yaitu oranye dengan permukaan umbi berwarna cokelat. Warna daging umbi oranye inilah yang membedakan dengan umbi spesies lain. Bentuk umbi porang adalah khas yaitu bulat agak lonjong dan di bagian tengah membentuk cekungan.

Bulbil atau disebut juga katak adalah umbi yang terdapat pada percabangan tulang daun dan anak daun di atas percabangan tangkai daun. Bulbil berwarna cokelat kehitaman dan digunakan sebagai bahan tanam. Bulbil dikategorikan berkualitas bagus apabila bulbil dipanen ketika sudah benar-benar dapat lepas dengan sendirinya dari tulang daun. Bulbil yang dipanen tersebut kemudian disimpan dengan cara dihamparkan di atas para-para. Penanaman bulbil dilakukan menjelang musim hujan. Menurut Puslitbangtan (2021), warna bagian luar bulbil adalah cokelat dan bagian dalam cokelat muda dengan bentuk bulat tidak beraturan. Pada

tahun pertama setiap tanaman mampu menghasilkan bulbil antara 1-4 bulbil, pada tahun kedua antara 3-14 bulbil, dan tahun ketiga dihasilkan antara 40-74 bulbil.

Bertanam porang bukan merupakan hal yang baru bagi petani di Desa Klangon, Madiun ataupun di Desa Sidomulyo, Trenggalek. Mata pencaharian penduduk di kedua lokasi penelitian adalah bercocok tanam terutama tanaman padi dan jagung. Di Madiun, porang ditanam masyarakat sejak tahun 1980 dan intensif dibudidayakan mulai tahun 2010. Porang ditanam pada lahan di bawah tegakan hutan pohon sono dan jati pada ketinggian ± 400 m dpl. Porang ditanam di lahan milik Perhutani dengan sistem *sharing* yaitu membayar sewa lahan dengan status lahan adalah hak pakai atau garap. Rata-rata luas lahan yang diusahakan petani adalah 0,69 ha. Biaya sewa lahan untuk tahun pertama pertanaman porang adalah Rp500.000,00/ha/tahun. Sedangkan sewa lahan untuk pertanaman porang pada tahun ke-2 dan seterusnya sebesar Rp1.300.000,00/ha/tahun. Kesepakatan pembagian hasil adalah 30% untuk Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) dan 70% sisanya dibagi antara pihak Perhutani, Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) dan Pemerintah Desa dengan proporsi masing-masing 96%, 2%, dan 2%.

Di Desa Sidomulyo, Trenggalek, porang ditanam pada lahan terbuka dengan ketinggian ± 1.000 m dpl. Lahan terbuka tersebut adalah lahan sawah atau tegal yang umumnya ditanami tanaman pangan. Lahan ini bisa berstatus sebagai hak milik atau sewa. Biaya sewa lahan di Desa Sidomulyo berkisar Rp10.000.000,00/ha/tahun.

Nilai Ekonomi Komoditas Porang

Periode pertumbuhan tanaman porang hanya pada musim hujan dan berlangsung selama 5–6 bulan mulai bulan Oktober/November sampai dengan Februari/Maret tahun berikutnya. Di luar masa itu, porang mengalami masa dorman atau ripah. Waktu panen porang dimulai bulan April hingga Agustus ketika porang mengalami masa dorman. Umbi yang dipanen adalah umbi yang bobotnya lebih dari 1 kg/umbi, sedangkan umbi yang masih kecil ditinggal untuk dipanen pada tahun berikutnya sebagai umbi konsumsi atau dipanen untuk dijual sebagai umbi benih (produksi). Umbi porang yang dipanen biasanya sudah mengalami periode tumbuh tiga kali atau berumur dua tahun bahkan lebih (Sumarwoto 2012). Menurut Ulya *et al.* (2021) kandungan glukomanan pada umbi porang dipengaruhi oleh umur tanaman dan bobot umbi yang dapat dikorelasikan sebagai ukuran umbi.

Kualitas serpih atau *chip* porang dipengaruhi oleh umur panen porang. Semakin tua umur panen porang, warna serpih semakin cerah dan densitasnya menurun. Kualitas tepung porang akan berwarna semakin gelap, densitasnya menurun, kadar glukomanan dan viskositasnya semakin tinggi. Berdasarkan kecerahan warna (*whiteness*) dan densitas serpih porang, terdapat perbedaan nyata pada umur panen dan ukuran umbi dibandingkan dengan kualitas fisik serpih porang. Selain itu, tepung porang memiliki kualitas yang berbeda, termasuk warna, densitas, kadar air, glukomanan, dan viskositas.

Pada lahan naungan di Desa Klangon, Madiun produksi porang berkisar 5-12 t/ha umbi segar, hal ini dikarenakan sistem panen yang dilakukan adalah panen tebang pilih yaitu tidak semua umbi dipanen. Panen bulbil dimulai sejak tanaman porang berumur 1 tahun. Produksi bulbil pada tahun pertama antara 40-60 kg/ha, tahun kedua 200-300 kg/ha, dan tahun ketiga dapat mencapai 1.000 kg/ha. Hal ini sesuai penelitian Sumarwoto (2005) dan Chairiyah *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa semakin tua umur umbi bahan tanam, maka hasil bulbil dan umbi semakin banyak dan besar.

Budidaya porang di lahan terbuka umumnya di lahan sawah atau tegal yang merupakan lahan produktif untuk tanaman pangan. Oleh karenanya panen umbi porang dilakukan 1-2 tahun lebih cepat atau dua kali periode tumbuh karena petani ingin mendapatkan pengembalian modal lebih cepat. Untuk itu digunakan bahan tanam dari umbi atau bulbil kualitas L atau super dan input produksi lebih tinggi. Menurut Tresnawati dan Ibrahim (2020), ukuran bibit akan menentukan ukuran umbi hasil panen.

Pada lahan terbuka, produksi porang dapat mencapai 30-50 t/ha umbi segar. Panen bulbil dimulai sejak porang berumur 1 tahun. Rata-rata produksi bulbil tahun pertama 40-60kg/ha, dan tahun kedua 100-300 kg/ha. Panen umbi dilakukan setelah tanaman masuk masa ripah. Menurut petani, umbi yang dipanen pada saat ripah sangat menguntungkan karena: 1) akar sudah lepas seluruhnya dari umbi sehingga umbi mudah dibersihkan, 2) kadar air umbi sudah turun sehingga mengurangi risiko busuk, dan bobot umbi lebih tinggi karena proses metabolisme sudah berhenti, dan 3) kadar glukomanan lebih tinggi. Hal ini senada dengan penelitian Chairiyah *et al.* (2014) yang menyebutkan bahwa kandungan glukomanan, kalsium oksalat (CaOx), kerapatan total kristal CaOx cenderung lebih tinggi pada umbi porang yang dipanen saat tanaman rebah atau ripah. Kandungan CaOx dan

Tabel 2. Analisis usaha tani porang pada lahan naungan di Desa Klagon, Kec. Saradan, Kab. Madiun. 2021

Uraian	Tahun 1		Tahun 2		Tahun 3		%
	Fisik (kg/ha)	Nilai(Rp/ha)	Fisik (kg/ha)	Nilai (Rp/ha)	Fisik(kg/ha)	Nilai (Rp/ha)	
Bibit (kg)	200	45.000.000	-	-	30	6.750.000	60,7
Pupuk organik (kg)	2.000	1.000.000	2.000	1.000.000	2.000	1.000.000	3,5
Pupuk Anorganik (kg) ¹⁾	200	580.000	200	580.000	200	580.000	2,0
Pupuk organik cair (POC) (L)	18	900.000	15	750.000	18	900.000	3,0
Herbisida (L)	10	800.000	10	800.000	10	800.000	2,8
Rafia dll		3.000		90.000		315.000	0,5
Tenaga Kerja (hari orang kerja, HOK) ²⁾	15	1.500.000	59	5.900.000	129	12.900.000	23,8
Sewa Perhutani		500.000		1.300.000		1.300.000	3,6
Biaya Produksi		50.283.000		10.420.000		24.545.000	
Total Biaya Produksi (Rp):				85.248.000			
Hasil							
Katak (kg)	60	12.000.000	300	60.000.000	600	120.000.000	
Umbi (kg)					10.000	100.000.000	
Total Penerimaan (Rp)				292.000.000			
Keuntungan (Rp)						206.752.000	
R/C Ratio ³⁾		3,43					
B/C Ratio ³⁾		2,43					

Keterangan: ¹⁾ Harga pupuk berdasarkan harga setempat bukan HET; ²⁾ Upah tenaga kerja = Rp100.000,00/HOK; 1 HOK = 9 jam kerja dari jam 7 sampai jam 16; ³⁾ Untuk 3 × produksi

kerapatan kristal CaOx juga mampu meningkatkan bobot umbi porang.

Biaya produksi porang pada lahan terbuka lebih tinggi dibanding pada lahan naungan (Tabel 2 dan Tabel 3). Lebih rendahnya biaya produksi di lahan naungan Desa Klagon disebabkan 1) kegiatan panen adalah sistem tebang pilih, artinya tidak semua umbi porang dipanen, 2) input produksi terutama pupuk lebih sedikit. Hal ini terkait larangan penggunaan pupuk kimia oleh Perhutani. Pada lahan naungan, sebanyak 72,5% dari total biaya produksi dialokasikan untuk sarana produksi dan 23,8% untuk tenaga kerja (Tabel 2). Pada lahan terbuka, 71,8% biaya dikontribusi oleh biaya sarana produksi dan 28,2% oleh biaya tenaga kerja untuk yang satu musim tanam, sedangkan untuk 2 musim tanam 64,2% biaya dikontribusi oleh biaya sarana produksi dan 35,8% oleh biaya tenaga kerja (Tabel 3). Biaya saprodi terbesar digunakan untuk pembelian bibit yaitu sebesar 57,0% dan 42,3% masing-masing untuk 1 dan 2 musim tanam pada lahan terbuka, dan 60,7% pada lahan naungan.

Usaha tani porang di lahan naungan hutan di Desa Klagon dinilai menguntungkan dan layak dikembangkan berdasar indikator ekonomi nilai R/C dan B/C yang lebih besar dari (>) 1 (Tabel 2). Sebaliknya, usaha tani porang di lahan terbuka pada 1 musim tanam tidak layak dan tidak efisien untuk diusahakan, meskipun menguntungkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan efisiensi penggunaan input produksi dan tenaga kerja. Hal ini sesuai dengan penelitian Mutmaidah dan Rozi (2015); Rahayuningsih (2021); dan Marsadi *et al.* (2021)

yang menunjukkan bahwa R/C ratio usaha tani porang > 1. Nilai R/C mempunyai arti bahwa setiap Rp1,00 yang dikeluarkan untuk biaya produksi, menghasilkan penerimaan sebesar nilai R/C yang dihasilkan.

Perkembangan budidaya tanaman porang yang signifikan di Desa Klagon, Madiun sangat membantu dalam meningkatkan standar hidup masyarakat. Provinsi Jawa Timur telah menetapkan tanaman porang menjadi salah satu jenis hasil hutan bukan kayu (*Non-Timber Forest Products*, NTFPs) (Latifah *et al.* 2021; Pasaribu 2021). Menurut Mutmaidah dan Rozi (2015) dan Puspitorini *et al.* (2018), usaha tani porang mampu meningkatkan pendapatan petani sebesar 38-44%. Demikian pula Naviyanti *et al.* (2021) menyatakan bahwa porang meningkatkan perekonomian petani dengan laba bersih minimal 50% dari pendapatan yang diperoleh dalam sekali panen. Namun berbagai kendala seperti sifat porang yang tidak dapat dikonsumsi langsung, ketersediaan bibit terbatas, fluktuasi harga, dan standar ekspor porang mengakibatkan pengembangan porang membutuhkan strategi khusus.

Pengolahan dan Pemasaran Porang

Terbukanya peluang usaha porang bukan berarti tanpa aral melintang. Jumlah eksportir porang yang masih terbatas dikhawatirkan menciptakan ketergantungan pasar. Akibatnya, kendali harga berada di tangan para eksportir. Modal yang terbatas membuat para petani hanya mengandalkan keuntungan dari hasil penjualan umbi segar. Padahal, jika dijual dalam bentuk olahan, keuntungan dapat

Tabel 3. Analisis usaha tani porang pada lahan terbuka di Desa Sidomulyo, Kec. Pule, Kab. Trenggalek. 2021

Uraian	1 Musim Tanam			2 Musim Tanam				
	Jumlah	Total (Rp)	%	Tahun 1		Tahun 2		
				Jumlah	Total (Rp)	Jumlah	Total (Rp)	%
Benih (kg)	250	56.250.000	57,0	250	56.250.000	0	0	42,3
Pupuk Organik (kg)	20.000	10.000.000	10,1	20.000	10.000.000	20.000	10.000.000	15,0
Pupuk anorganik ¹⁾ dan obat-obatan kimia		3.000.000	3,0		3.000.000		3.000.000	4,5
Dolomit (kg)	10	250.000	0,3	10	250.000	10	125.000	0,3
POC (L)	18	900.000	0,9	18	900.000	18	900.000	1,4
Lain-lain		500.000	0,5		500.000		500.000	0,8
Biaya TK ²⁾ + Sewa Lahan (Rp)		27.800.000	28,2		27.800.000		19.800.000	35,8
Total Biaya (Rp)		98.700.000			98.700.000		34.325.000	
Penerimaan								
Bulbil/katak (1)(kg)	200	40.000.000		60	12.000.000	250	50.000.000	
Umbi (kg)	7.000	140.000.000		0	0	40.000	400.000.000	
Total Penerimaan		180.000.000			12.000.000		450.000.000	
Keuntungan (Rp)		81.300.000			-(86.700.000)		415.657.000	
B/C Ratio			0,82					
R/C Ratio			1,82					
Total Penerimaan tahun 1+2 (2 musim tanam)							462.000.000	
Total Biaya tahun 1+2 (2 musim tanam)							133.025.000	
Keuntungan tahun 1+2 (2 musim tanam)							328.975.000	
B/C Ratio (jika 2 musim tanam)								2,47
R/C Ratio (jika 2 musim tanam)								3,47

Keterangan: ¹⁾ Harga pupuk berdasarkan harga setempat bukan HET; ²⁾ Upah tenaga kerja = Rp100.000,00/HOK: 1 HOK = 9 jam kerja dari jam 7 sampai jam 16

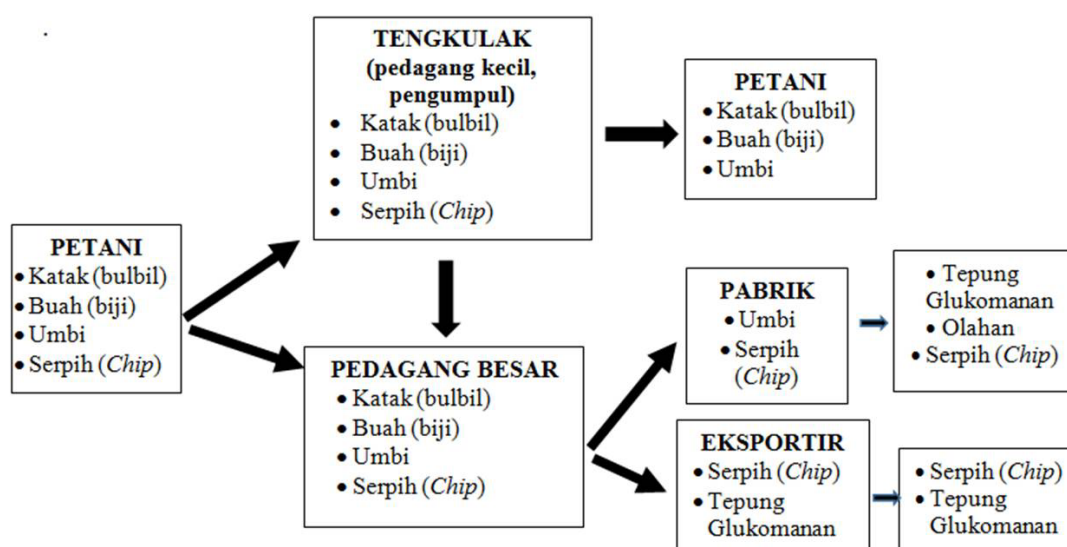
berlipat. Selain itu, pengolahan juga mengurangi risiko busuk dan rusaknya umbi porang. Menurut Dwiyo *et al.* (2014) umbi segar yang dipanen bersifat musiman dan mudah rusak karena kandungan air yang tinggi (75-87%). Proses pengolahan umbi dimulai dari panen, dicuci, dirajang, dikeringkan, dan ditepungkan (Suharto *et al.* 2018). Selama ini penanganan pascapanen umbi porang mengalami susut 20-40% karena terbatasnya teknik dan fasilitas penanganan dalam proses pencucian, pengirisan, pengeringan, pengemasan, dan penyimpanan (Dwiyo *et al.* 2014). Salah satu kelemahan dalam pengembangan porang di berbagai daerah di Indonesia adalah kurangnya informasi sistem pemasaran porang dan terdapatnya beberapa kendala mencakup pola pemasaran yang digunakan dan posisi tawar (*bargaining position*) dengan mitra. Hal ini sangat mempengaruhi kesejahteraan petani porang termasuk petani porang di Kab. Madiun (Arafia *et al.* 2020).

Di tingkat petani, hasil porang sebagian besar dijual ke tengkulak dan pedagang besar (Gambar 2). Hasil porang petani meliputi bulbil, buah (biji), umbi dan serpih porang. Faktor pemasaran hasil ini masih bergantung kepada tengkulak yang akan membeli hasil pertanian dengan prinsip mendapatkan untung sebanyak-banyaknya. Permasalahan dalam pemasaran biasanya disebabkan oleh lokasi tanaman porang yang umumnya di dalam hutan atau di lahan dengan elevasi tinggi. Jarak yang jauh

antara lokasi pertanaman dengan jalan menyebabkan biaya angkut harus ditambahkan. Selain lokasi, masalah yang dijumpai adalah kurangnya informasi dalam pemasaran, dan kurangnya modal. Kekurangan modal ini ditunjukkan dengan banyaknya petani yang melakukan sistem *ijon*, yaitu penjualan hasil porang ketika masih belum dipanen.

Di tingkat petani, porang dijual tanpa dilakukan sortasi ukuran. Petani menjual dan langsung mendapat bayaran berdasarkan bobot umbi atau bulbil yang dijual. Sortasi ukuran dilakukan di tingkat pedagang, terutama sortasi untuk umbi produksi dan bulbil, dan akan dijual kembali sebagai bahan tanam. Harga bulbil berdasar ukuran, bahwa semakin besar ukuran bulbil maka semakin mahal. Sebaliknya, petani mencari umbi produksi dengan ukuran kecil untuk mendapatkan jumlah umbi lebih banyak. Hal ini berakibat umbi produksi berukuran kecil harganya lebih mahal. Penentuan *grade* atau kriteria sortasi umbi dan bulbil di tingkat pedagang atau pengepul dapat dilihat pada Tabel 4.

Khusus untuk serpih porang, petani mengolah umbi basah menjadi serpih, demikian pula tengkulak atau pengumpul membeli umbi basah kemudian mengolahnya menjadi serpih. Serpih produksi petani dan tengkulak dijual ke pedagang besar. Harga serpih porang ditentukan oleh pedagang besar, sedang produsen sebagai penerima harga (*price taker*). Pedagang besar juga menyiapkan prosesing untuk serpih kemudian menjual produk umbi dan serpih ke pabrik dan sebagian besar menjualnya



Gambar 2. Alur pemasaran porang di Desa Klangon, Kabupaten Madiun.

Tabel 4. Grade atau kriteria sortasi bulbil dan umbi porang

Bentuk	Diameter (cm)	Bobot g/buah	Jumlah umbi/kg	Kriteria
Bulbil	± 2,0	± 4,0		Kecil (S)
Bulbil	± 2,5	± 7,5		Menengah (M)
Bulbil	± 3,0	± 11,5		Super atau Besar (L)
Umbi			>5,0	Kecil
Umbi	± 6,0		3,0-5,0	Menengah
Umbi	± 8,0		2,0	Besar

Tabel 5. Harga umbi dan serpih/chip di tingkat petani dan pengepul di Klangon, Madiun. 2021

Parameter	Kisaran harga (Rp/kg)
Umbi	
Di tingkat petani	3.000,00-4.000,00
Di tingkat pengepul	3.500,00-4.500,00
Serpih/Chip	
Di tingkat petani	21.000,00-22.500,00
Di tingkat pengepul	25.000,00-30.000,00

ke eksportir. Ketika ada permintaan benih porang oleh eksportir, maka benih akan disiapkan oleh pedagang besar. Dalam sistem pemasaran porang ini pedagang besar dan eksportir dapat bertindak sebagai penentu harga (*price leader*). Di pasar ekspor terdapat kecenderungan eksportir memainkan perdagangan hasil porang dengan menggunakan perangkat *supply-demand* maupun harga komoditas porang. Alur pemasaran porang dicantumkan pada Gambar 2.

Komponen pemasaran umbi porang segar atau basah dan serpih kering di Desa Klangon disajikan pada Tabel 5 dimana harga umbi basah bervariasi

antara Rp3.000,00—Rp4.000,00/kg umbi. Kisaran harga umbi basah porang tersebut karena perbedaan mutu umbi (ukuran dan ada tidaknya umbi cacat). Perbedaan mutu umbi menyebabkan perbedaan harga serpih, dimana harga serpih di tingkat pengepul (Rp25.000,00-Rp30.000,00/kg) lebih tinggi dibandingkan di tingkat petani (Rp21.000,00—Rp22.500,00/kg). Hal ini disebabkan oleh perbedaan proses pengolahan. Di tingkat pengepul, pengolahan serpih menggunakan peralatan mesin sehingga menghasilkan irisan dengan ketebalan lebih seragam. Selain itu, umbi dicuci sebelum proses pembuatan serpih sehingga produk serpih atau *chip* dari pengepul mempunyai mutu lebih baik dibandingkan serpih produksi petani.

Peningkatan permintaan serpih porang di Provinsi Jawa Timur diasumsikan sebanyak 10% per tahun. Pada tahun 2009 permintaan serpih sebanyak 3.400 ton, maka kebutuhan pada tahun 2021 diperkirakan sebesar 7.480 ton. Masyarakat Desa Klangon baru menghasilkan *chip* porang sebanyak 1.346 ton atau 18,5% (asumsi rendemen 18%) dari total kebutuhan. Berdasarkan harga jual *chip* pada tahun 2021 sebesar Rp27.500,00/kg, maka nilai penjualan yang diperoleh petani porang di Desa Klangon pada tahun 2021 sebesar Rp37 miliar. Sebaliknya, petani porang di Desa Sidomulyo, Trenggalek tidak melakukan pengolahan umbi menjadi serpih. Alasan utamanya adalah tingginya curah hujan dan kelembaban udara pada ketinggian tempat di atas 1.000 m dpl. Kondisi lingkungan tersebut meningkatkan risiko busuk dan infeksi cendawan pada olahan serpih atau *chip*.

Nilai tambah olahan umbi porang menjadi *chip* kering adalah Rp1.150,00 untuk satu (1) kg umbi segar porang. Perhitungan tersebut dengan asumsi

Tabel. 6. Analisis usahatani serpih/chip porang di Desa Klangon, Madiun. 2021

Uraian	Jumlah	Satuan	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
Umbi	1.000	kg	3.500,00	3.500.000,00
Tenaga kerja perajangan dan jemur serpih		Borongan	300.000,00	300.000,00
Total biaya				3.800.000,00
Penerimaan	180	kg	27.500,00	4.950.000,00
Keuntungan				1.150.000,00
R/C Ratio				1,30
B/C ratio				0,30

harga jual umbi segar Rp 3.500,00/kg, harga jual *chip* kering porang Rp 27.500,00/kg pada rendemen 18%. Nilai R/C ratio > 1 (Tabel 6) maka penerimaan yang diterima lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Hal ini berarti bahwa usaha pengolahan umbi porang menjadi *chip* atau serpih menguntungkan. Nilai B/C ratio < 1 (Tabel 6) artinya usaha pengolahan umbi porang perlu dilakukan efisiensi. Hal ini sesuai dengan penelitian Soemantri *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa upaya peningkatan nilai tambah dan keuntungan usaha tani porang di tingkat petani dapat dilakukan dengan penanganan pascapanen menjadi serpih dan tepung.

KESIMPULAN

Usaha tani porang di lahan bawah tegakan tanaman hutan jati dan di lahan terbuka dengan 2 musim tanam layak, efisien, dan menguntungkan dengan nilai B/C ratio dan R/C ratio > 1. Sebaliknya, usaha tani porang di lahan terbuka pada satu musim tanam dan usaha pengolahan porang menjadi serpih di tingkat petani menguntungkan dengan nilai R/C ratio > 1, tetapi tidak efisien secara ekonomi karena nilai B/C Ratio < 1 sehingga perlu dilakukan efisiensi baik input produksi maupun tenaga kerja.

Analisis ekonomi usaha tani umbi dan serpih/*chip* porang di tingkat petani layak dan menguntungkan untuk dikembangkan. Dalam pengembangan komoditas porang masih ada masalah ikutan antara lain tumbuhnya spekulasi dan timbulnya surplus produksi (kelebihan suplai) yang perlu mendapat perhatian dan tindak lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah BN, Andy S, Nur B. 2017. Identifikasi morfologi dan hubungan kekerabatan tanaman porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) di Kabupaten Nganjuk, Madiun, dan Bojonegoro. *Jurnal Produksi Tanaman* 5(6):1035-1043.
- Arafia IA, Syakir IF, Arifin IZ. 2020. Kelembagaan pemasaran dan usahatani porang di Kecamatan Saradan Kabupaten Madiun. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis* (Seagri), 1(4), 239–111.
- Balai Besar Karantina Pertanian Indonesia. 2020. Data ekspor komoditas porang.
- Balitkabi. 2021. Laporan Akhir Kegiatan RPIK Porang. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang. Malang. 146 p. [Tidak dipublikasikan]
- Chairiyah N, Harijati N, Mastuti R. 2014. Pengaruh waktu panen terhadap kandungan glukomanan pada umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) periode tumbuh ketiga. *Research Journal of Life Science* 1(1): 37-42.
- Chua M, Baldwin TC, Hocking TJ, Chan K. 2010. Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K.Koch ex N.E.Br. *Journal Ethnopharmacology* 128(2): 268-278.
- da Silva DF, de Souza Ferreira B, Bruschi ML, Britten M, Matumoto-Pinto PT. 2016. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. *Food Hydrocolloids* 60(-): 308-316.
- Distan Trenggalek [Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Trenggalek]. 2021. Laporan Produksi Porang Trenggalek. 10 p. [tidak dipublikasikan]
- Dirjen Tanaman Pangan. 2020. Potensi Ekspor Tinggi, Porang mulai Berkembang di Sulawesi Selatan. <http://Tanaman.pangan.pertanian.go.id/index.php/berita/322>. (Diakses 8 Mei 2023).
- Dwiyono K, Sunarti TC, Suparno O, Haditjaroko L. 2014. Penanganan pascapanen umbi iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) studi kasus di Madiun, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(3):179-188.
- Falah ZK, Suryati, Sylvia N, Meriatna, Bahri S. 2021. Pemanfaatan tepung glukomanan dari pati umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) sebagai bahan dasar pembuatan edible film. *Chemical Engineering Journal Storage* 3(1): 50-62.
- Hidayah RN. 2016. Budidaya Umbi Porang secara Intensif. UGM Press. 27 p.

- Jansen PCM, van der Wilk C, Hetterscheid WLA. 1996. *Amorphophallus* Blume ex Decaisne. p. 45-50. In: Flach M, Rumawas F (Eds.). Plant Resources of South-East Asia No. 9: Plants Yielding Non-Seed Carbohydrates. Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands.
- Jimenez-Colmenero F, Cofrades S, Herrero AM, Solas MT, Ruiz-Capillas C. 2013. Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocolloids* 30(1): 351-357.
- Kementerian Perdagangan Indonesia. 2021. Data ekspor porang.
- Latifah S, Purwoko A, Fachrudin KA, Dahriyanti NST. 2021. Types and benefit of non timber forest product for community around the forest. *IOP Conf. Series: Earth Environmental Science*. 782(2021) 032028. 4p.
- Marsadi D, Dirgayana IW, Asni V. 2021. Analisis usahatani porang di Desa Watu Manggar Kecamatan Macang Pacar Kabupaten Manggarai Barat. *Dwijen Agro* 11(2):104-109.
- Mutmaidah S, Rozi F. 2015. Peluang peningkatan pendapatan masyarakat tepi hutan melalui usahatani porang. P. 706-716 In: Rahmianna AA, Sholihin, Nugrahaeni N, Taufiq A, Suharsono, Saleh N, Ginting E, Rozi F, Tastra IK, Hermanto, Yusnawan E, Harnowo D (eds.). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.
- Naviyanti I, Nuraina E, Setyaningrum F. 2021. Strategi pengembangan program pemberdayaan masyarakat petani porang dalam meningkatkan perekonomian di Desa Wonoasri Kabupaten Pacitan. *Review of Accounting and Business* 2(1):118-135.
- Pasaribu G. 2021. Current challenges and prospects of Indonesian non-timber forest Products (NTFPs): A Review. *Forests* 12;1743. 25p.
- Puslitbangtan [Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan]. 2015. *Tanaman Porang: Pengenalan, Budidaya dan Pemanfaatannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 56 p.
- Puslitbangtan [Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan]. 2021. *Petunjuk Teknis Budi Daya Porang: Teknologi Budi Daya, Produksi Benih, Perbanyakan Tanaman secara Kultur Jaringan dan Pasca Panen*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 40 p.
- Puspitorini PS, Putra AC, Ernes A. 2018. Pemberdayaan petani porang dengan konsep terintegrasi melalui kuliah kerja nyata program pembelajaran masyarakat. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)* Vol. 1. p. 1671-1678.
- Rahayuningsih Y. 2021. Analisis usahatani porang (*Amorphophallus muelleri*) di Kecamatan Mancak, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah* 5(1):47-56.
- Salim R, Rahmi N, Khairiah N, Yuliati F, Hidayati S, Rufida, Lestari RY, Amaliyah DM. 2021. Pemanfaatan dan pengolahan tepung glukomannan umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) sebagai bahan pengental produk olahan bakso. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 15(2): 348-361.
- Shinta A. 2011. *Ilmu Usaha Tani*. UB Press. Malang. 134 p.
- Siswanto B, Karamina H. 2016. Persyaratan lahan tanaman porang (*Amarphopallus oncophyllus*). *Buana Sains* 16(1): 57-70.
- Soemantri AS, Kamsiati E, Herawati H. 2021. Analysis of added value on the porang supply chain in Klangan Village, Madiun Distric. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 892 (2021) 012039. 7p.
- Sugiarso A, Nisa FC. 2015. Pembuatan minuman jeli murbei (*Morus alba* L.) dengan pemanfaatan tepung porang (*A. muelleri* Blume) sebagai pensubstitusi karagenan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2): 443-452.
- Suharto S, Suryanto S, Sarana S, Santosa TB. 2018. Rancang bangun mesin pencuci umbi porang untuk meningkatkan kinerja pengolahan porang. *Jurnal Teknologi Terapan* 4(2): 108-112.
- Sumarwoto. 2005. Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume): Deskripsi dan sifat-sifat lainnya. *Biodiversitas* 6 (3): 185-190.
- Sumarwoto. 2012. Peluang bisnis beberapa macam produk hasil tanaman ilek kuning di DIY melalui kemitraan dan teknik budidaya. *Business Conference (BC) 2012 Yogyakarta*, 6 Desember 2012 Program Studi Ilmu Administrasi Bisnis, FISIP, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Trademap. 2021. Perkembangan pangsa ekspor porang Indonesia 2017-2021. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_Graph.aspx?nvpm. Diakses 09 mei 2023.
- Tester RF, Al-Ghazzewi FH. 2016. Beneficial health characteristics of native and hydrolysed konjac (*Amorphophallus konjac*) glucomannan. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(10): 3283-3291.
- Tresniawati C, Ibrahim MSD. 2020. The effect of bulbil's sizes on the growth of ilek-ilek (*Amorphophallus muelleri* Blume). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 752 (2021) 012013.4 p.
- Ulya KN, Rahayoe S, Harmayani E, 2021. Evaluasi Kualitas Chips dan Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) pada Berbagai Umur Panen dan Ukuran Umbi. *Skripsi Teknik Pertanian Universitas Gajah Mada*. [tidak dipublikasikan]

- Venkataramana SH, Puttaswamy N, Kodimule S. 2020. Potential benefits of oral administration of *Amorphophallus konjac* glycosylceramides on skin health – a randomized clinical study. BMC Complementary Medicine and Therapies 20:(26). 9 p.
- Yang D, Yuan Y, Wang I, Wang X, Mu R, Pang J, Zheng Y. 2017. A review on konjac glucomannan gels: Microstructure and application. International Journal of Molecular Sciences 18(11): 2250-2268.
- Yanuriati A, Marseno DW, Harmayani E. 2017. Characteristic of glucomanan isolated from fresh tuber of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). Carbohydrate Polymers. 156:55-63.
- Yuwono SS, Febrianto K, Dewi NS. 2013. Pembuatan beras tiruan berbasis modified cassava flour (mocaf): kajian proporsi mocaf : tepung beras dan penambahan tepung porang. Jurnal Teknologi Pertanian 14(3): 175-182.
-

Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Ari Kedelai dan Rhizobium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L.)

The effect of Liquid Organic Fertilizer of Soybean Seed Testa and Rhizobium on the Growth and Yield of Soybean (Glycine max L.)

Syatrianty Andi Syaiful¹, Rusnadi Padjung¹, Rika Wulandari¹

¹Departemen Agronomi Universitas Hasanudin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, 90245

* Email: Syatrianty62@gmail.com

NASKAH DITERIMA 2 AGUSTUS 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 10 OKTOBER 2023

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk organik cair (POC) dari limbah proses pembuatan tempe (kulit ari kedelai) dan Rhizobium terhadap pertumbuhan dan hasil biji kedelai. Penelitian dilaksanakan di Kota Palopo, Sulawesi Selatan pada bulan Januari 2023 sampai Mei 2023. Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) 2 (dua) faktor, diulang 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi POC kulit ari kedelai (limbah tempe), terdiri atas 4 taraf yaitu 0 ml/L, 5 ml/L, 10 ml/L, dan 15 ml/L air. Faktor kedua adalah dosis Rhizobium yang terdiri atas 4 taraf yaitu 0 g/kg, 3 g/kg, 5 g/kg dan 7 g/kg benih. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi antara konsentrasi POC kulit ari kedelai dan dosis Rhizobium terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Pengaruh nyata hanya ditunjukkan oleh perlakuan dosis Rhizobium terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Perlakuan POC tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Perlakuan dosis Rhizobium 7 g/kg benih menghasilkan pengaruh terbaik pada jumlah polong (98,56 polong), bobot polong segar (54,35g), bobot biji kering (452,50 g/3,75 m²), dan hasil biji (1,20 t/ha), serta jumlah bintil akar (10,53 bintil/tanaman) dan kadar protein biji (31,80%).

Kata kunci: *Glycine max*, hasil biji, kulit ari kedelai, pupuk organik cair, Rhizobium

ABSTRACT

The aims of the research were to determine the effect of liquid organic fertilizer (LOF) of soybean seed testa from the waste of tempe process and the application of Rhizobium on the growth and seeds yield of soybean. The research was conducted at Palopo City, South Sulawesi from January to May of 2023. The research was arranged in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 2 (two) factors, repeated three times. The first factor was the LOF concentration of soybean seed testa (tempeh waste) that consisted of 4 levels, namely: 0 ml/L, 5 ml/L, 10 ml/L and 15 ml/L of water. The second factor was the dose of Rhizobium which consisted of 4 levels, namely 0 g/kg, 3 g/kg, 5 g/kg and 7 g/kg of seeds. The results showed that there was no interaction between the LOF concentration of soybean seed testa and the dose of Rhizobium on the growth and seed

yield of soybean. A significant effect was only shown by Rhizobium dose on the growth and yield of soybean. Meanwhile the LOF treatment did not significantly affect the growth and yield of soybean. Rhizobium dose of 7 g/kg seeds gave the best effect on the number of pods (98.56 pods/plant), fresh pod weight (54.35 g/plant), seed dry weight (452.50 g/3.75 m²), seed yield (1.20 t/ha), number of nodules (10.53 nodules/plant) and protein content (31.80%).

Keywords: *Glycine max*, liquid organic fertilizer, rhizobium, seed yield, soybean seed testa

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) termasuk komoditas pangan yang strategis di Indonesia dan menempati posisi ketiga setelah padi dan jagung. Kedelai bersifat multiguna melalui manfaatnya sebagai pangan, pakan, atau bahan dasar olahan industri. Kedelai menjadi bahan baku utama dalam pembuatan tempe dan tahu yang merupakan makanan populer di masyarakat. Pada tahun 2021 permintaan tempe dan tahu mencapai 0,304 kg/kapita/minggu (Muafa *et al.* 2021, Setyawan dan Huda 2022). Di Indonesia, permintaan kedelai terus meningkat, akan tetapi produktivitas masih rendah (Krisdiana 2012, Nadapdap 2017, BPS 2021) sehingga dilakukan impor dengan jumlah terus meningkat untuk memenuhi permintaan kedelai yang tinggi. Produksi kedelai domestik hanya mampu memenuhi 9,15% dari permintaan (Risandi 2022). Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai di tingkat nasional. Namun upaya tersebut belum mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan produksi kedelai nasional.

Pendekatan yang diharapkan mampu meningkatkan produktivitas kedelai adalah penerapan teknik budidaya pemupukan berimbang (Karim *et al.* 2019). Pada situasi harga pupuk kimia mahal dan ketersediaannya di pasar terbatas, penggunaan

pupuk organik dapat menjadi solusi (Widyabudining-sih *et al.* 2021). Sebagai contoh, penggunaan limbah kulit nanas sebagai pupuk organik cair (POC) dengan konsentrasi 250 ml/L dapat mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman selada merah (Kuswardina dan Abror 2023).

Budidaya kedelai organik merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan sistem pertanian sehat, berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengembangan kedelai organik didukung oleh kesadaran masyarakat akan pentingnya sumber nutrisi yang sehat. Hal ini akan menjadi pendorong bagi petani untuk menerapkan teknologi tersebut karena harga jual produk yang lebih tinggi (Elfarsina *et al.* 2018). Namun demikian, produktivitas yang rendah dan serangan hama dan penyakit merupakan tantangan yang cukup berat dalam pengembangan budidaya tanaman kedelai organik (Elrisa dan Mahmuda. 2020)

Limbah kulit ari biji kedelai pada proses pembuatan tempe dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak. Namun, limbah ini dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Kulit ari kedelai terdiri dari 0,11% karbohidrat, 0,42% protein, 0,13% lemak, dan 1,74% fosfor (Suwardiyono *et al.* 2019). Oleh karena itu, kulit ari biji kedelai juga berpotensi sebagai sumber bahan baku untuk pupuk organik cair.

Tanaman kedelai masuk ke dalam Famili Leguminosae Subfamili Papilionidae memiliki kemampuan mengikat nitrogen dari udara melalui proses simbiosis dengan bakteri Rhizobium. Untuk itu, penggunaan Rhizobium dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam memenuhi kebutuhan nitrogen oleh kedelai (Allito *et al.* 2021). Secara umum, proses fiksasi nitrogen pada tanaman kacang-kacangan dianggap ramah lingkungan karena membantu mengurangi kebutuhan pupuk anorganik nitrogen yang berpotensi merusak tanaman. Langkah ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan (Suwardiyono *et al.* 2019).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk organik cair (POC) dari limbah proses pembuatan tempe yaitu kulit ari kedelai dikombinasikan dengan Rhizobium terhadap pertumbuhan dan hasil biji kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Palopo, Sulawesi Selatan mulai bulan Januari-Mei 2023 menggunakan kedelai varietas Anjasmoro. Penelitian disusun

berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor, diulang tiga kali. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk organik cair (POC) limbah kulit ari kedelai yang terdiri 4 taraf yaitu K0: 0 ml sebagai kontrol, K1: 5 ml, K2: 10 ml, dan K3: 15 ml/L air. Faktor kedua adalah dosis Rhizobium yang terdiri atas 4 taraf yaitu R0: 0 g/kg benih sebagai kontrol, R1: 3 g/kg benih, R2: 5 g/kg benih, dan R3: 7 g/kg benih. Dengan demikian terdapat 16 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan ditanam pada petak ukuran 2,5 m × 1,5 m.

Pupuk cair organik (POC) dari limbah kulit ari kedelai dibuat berdasar metode anaerob (Ardini *et al.* 2022). Sebanyak 2 kg kulit ari kedelai + 325 ml EM4 + 0,5 kg gula merah + 3 L air dimasukkan ke dalam wadah dan diaduk rata. Larutan hasil pengadukan wadah ditutup rapat dan campuran tersebut difermentasikan selama 14 hari. Pada hari ke-15, wadah dibuka, campuran diaduk, disaring, larutan hasil saring adalah pupuk organik cair yang siap digunakan.

Perlakuan Rhizobium sebagai *seed treatment* diaplikasikan pada benih dengan cara benih kedelai dibasahi dengan air sehingga menjadi lembab. Bakteri Rhizobium dengan bobot sesuai perlakuan dicampurkan ke biji kedelai yang lembab, kemudian diaduk rata. Untuk membantu melekatkan bakteri Rhizobium ke benih, pada masing-masing perlakuan dosis Rhizobium ditambahkan 1 g gula. Benih yang sudah diberi perlakuan campuran bakteri Rhizobium dan gula diangin-anginkan selama 15 menit, kemudian benih ditanam dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm 2-3 biji per lubang tanam. Pada hari ke-10 dilakukan penjarangan dengan menyisakan 2 tanaman per rumpun. Aplikasi POC limbah kulit ari kedelai dilakukan mulai tanaman berumur 2 minggu hingga akhir fase vegetatif (umur 4 minggu) dengan interval 1 minggu.

Pengamatan pertumbuhan dilakukan pada enam tanaman contoh per unit perlakuan. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun pada umur 3, 4, dan 5 minggu, jumlah polong per tanaman, jumlah bintil akar, bobot polong segar dan polong kering, bobot 100 biji, bobot kering biji per petak dan bobot biji per hektare pada kadar air (KA) biji 13%, serta kadar protein biji. Data yang terkumpul dianalisis sidik ragam, hasil analisis sidik ragam yang menunjukkan pengaruh nyata perlakuan terhadap parameter yang diamati dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan $\alpha = 5\%$. Bentuk hubungan antara perlakuan dengan parameter yang diamati diketahui menggunakan analisis regresi, dan untuk mengetahui keeratan hubungan antarparameter dilakukan analisis korelasi sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam menunjukkan tidak terdapat pengaruh interaksi antara perlakuan konsentrasi POC dengan dosis Rhizobium pada semua parameter yang diamati. Secara terpisah, perlakuan konsentrasi POC juga tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati. Hal ini diduga karena konsentrasi POC yang digunakan tergolong rendah dan belum memenuhi standar POC yang berlaku. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa POC berbahan dasar limbah kulit ari kedelai mengandung 0,058% N, 0,30% P, dan 6,86% K. Menurut Ardini dan Ferizqo (2022), POC yang digunakan pada penelitian ini belum memenuhi standar mutu pupuk cair organik yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pertanian No. 70 Tahun 2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Standar kandungan minimal N, P, dan K pada POC adalah 6,0% N, 6,0% P, dan 3-6,0% K. Sementara itu, perlakuan dosis Rhizobium berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan dan hasil kedelai yang diamati.

Dosis Rhizobium berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 5 minggu (Tabel 1). Pemberian Rhizobium hingga dosis 5 g/kg benih diikuti dengan peningkatan tinggi tanaman. Namun, peningkatan dosis Rhizobium menjadi 7 g/kg benih tidak diikuti dengan penambahan tinggi tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa dosis maksimal Rhizobium untuk pertumbuhan tinggi adalah 5 g/kg benih. Pemberian Rhizobium dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara nitrogen bagi tanaman, nitrogen yang difiksasi oleh Rhizobium dapat diserap oleh tanaman kedelai sehingga mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai. Menurut Sucahyono dan Harnowo (2014), nitrogen yang dihasilkan dari simbiosis bakteri Rhizobium dengan tanaman kedelai dapat memenuhi hampir semua kebutuhan nitrogen kedelai. Jumlah nitrogen yang terfiksasi pada tanaman kedelai adalah 33% dari nitrogen total tanaman yang setara dengan 26-33 kg N/ha/musim (Sisworo *et al.* 2001). Menurut

Sutanto (2002) Rhizobium mampu memfiksasi N sebesar 100-300 kg/ha yang artinya mampu memenuhi 80% kebutuhan N dan meningkatkan produksi kedelai 10-25%, namun efektivitas serapan N tergantung pada kesesuaian Rhizobium dan jenis tanah. Taufiq dan Sundari (2012) melaporkan bahwa Rhizobium berperan penting dalam membantu memenuhi kebutuhan N bagi tanaman kedelai. Pada tanah yang sering ditanami kedelai maka inokulasi Rhizobium tidak diperlukan lagi.

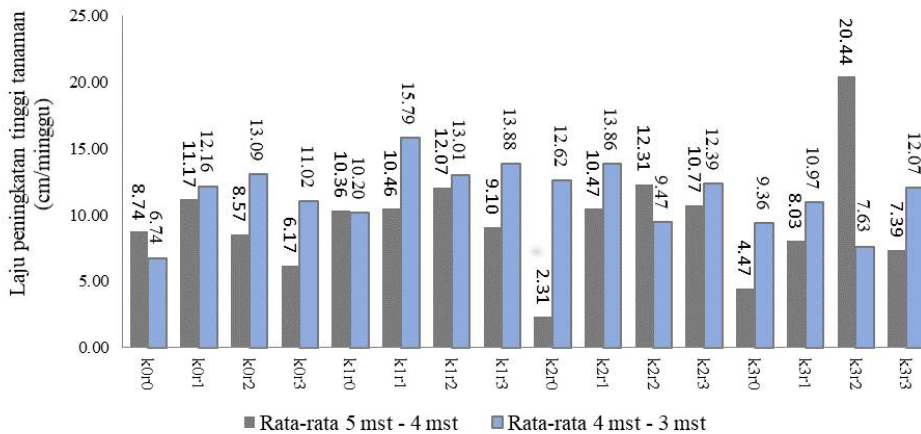
Di sisi lain, laju peningkatan tinggi tanaman beragam antarperlakuan (Gambar 1). Laju peningkatan tinggi tanaman tertinggi (15,79 cm/minggu) dari umur 3 ke 4 minggu dicapai pada kombinasi perlakuan 5 ml POC/L (K1) dan 3 g Rhizobium/kg benih (R1). Laju pertumbuhan tinggi tanaman terendah yaitu 6,74 cm/minggu dicapai pada perlakuan control K0R0 (tanpa aplikasi POC maupun Rhizobium). Pada periode umur 4 ke 5 minggu, laju tertinggi peningkatan tinggi tanaman, 20,44 cm/minggu, dicapai perlakuan K3R2 yaitu kombinasi perlakuan 15 ml POC/L dan 5 g Rhizobium/kg benih. Laju pertumbuhan terendah (2,31 cm/minggu) dicapai pada kombinasi perlakuan K2P0 atau konsentrasi POC 10 ml/l dan tanpa Rhizobium.

Jumlah daun tanaman pada umur 5 minggu secara nyata dipengaruhi oleh perlakuan dosis Rhizobium. Aplikasi Rhizobium pada dosis 3, 5, dan 7 g/kg benih nyata meningkatkan jumlah daun dibanding kontrol (Tabel 1). Jumlah daun terbanyak dicapai perlakuan inokulasi Rhizobium 3 g/kg benih (23,57 daun/tanaman). Jumlah daun tersebut tidak berbeda nyata dari tanaman dengan perlakuan dosis Rhizobium 7 g/kg benih (22,60 daun/tanaman). Menurut hasil penelitian Fuskah *et al.* (2021) inokulasi Rhizobium yang diberikan pada saat tanam maupun umur 14 hari menghasilkan jumlah daun trifoliat lebih banyak dibandingkan yang tidak diinokulasi. Rata-rata jumlah daun trifoliat pada tanaman yang diinokulasi Rhizobium pada saat tanam adalah 20,50 helai daun, atau sama dengan

Tabel 1. Pengaruh dosis Rhizobium terhadap parameter pertumbuhan kedelai. Palopo, MT Januari-Mei 2023

Dosis Rhizobium (g/kg benih)	Tinggi tanaman*) (cm)	Jumlah		Bobot polong (g/tanaman)		
		Daun/tan*)	Polong/tan	Bintil akar/tan	Segar	Kering
0	22,87 r	17,01 r	49,95 r	3,25 q	25,86 qr	24,39 qr
3	30,25 p	23,57 p	51,82 q	1,65 q	23,00 r	21,19 r
5	32,21 p	21,24 q	88,14 p	3,42 q	53,82 p	48,15 p
7	27,44 q	22,60 p	98,56 p	10,53 p	54,35 p	47,69 p
BNJ (5%)	2,91	2,27	13,16	2,94		

Keterangan: *) : pengamatan umur 5 minggu. Angka sekolom yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ $\alpha = 0,05$



Gambar 1. Rata-rata pertambahan tinggi tanaman umur 3 – 5 minggu (cm/minggu). K0: tanpa POC, K1: 5 ml POC/L, K2: 10 ml POC/L, K3: 15 ml POC/L, R0: tanpa Rhizobium, R1: 3 g Rhizobium/kg benih, R2: 5 g Rhizobium/kg benih, R3: 7 g Rhizobium/kg benih. Palopo, MT Januari-Mei 2023.

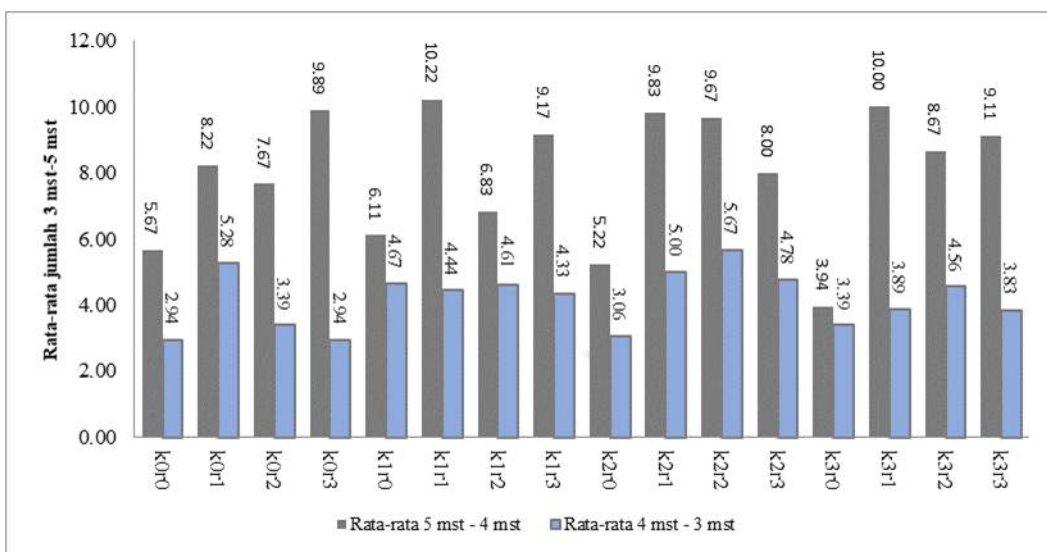
tanaman yang diinokulasi umur 14 HST menghasilkan 20,69 helai daun trifoliat. Jumlah daun tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata jumlah daun tanpa inokulasi Rhizobium (13,78 daun trifoliat).

Berdasarkan laju peningkatan jumlah daun pada Gambar 2, diketahui bahwa laju peningkatan jumlah daun terbanyak (5,67 daun/minggu) pada umur 3 – 4 minggu dicapai oleh kombinasi perlakuan konsentrasi POC 10 ml/L dengan inokulasi Rhizobium 5 g/kg benih. Pada umur 4 -5 minggu, laju peningkatan jumlah daun terbanyak yaitu 10,22 daun/minggu dicapai pada kombinasi perlakuan konsentrasi POC 5 ml/L dengan inokulasi Rhizobium 3 g/kg benih.

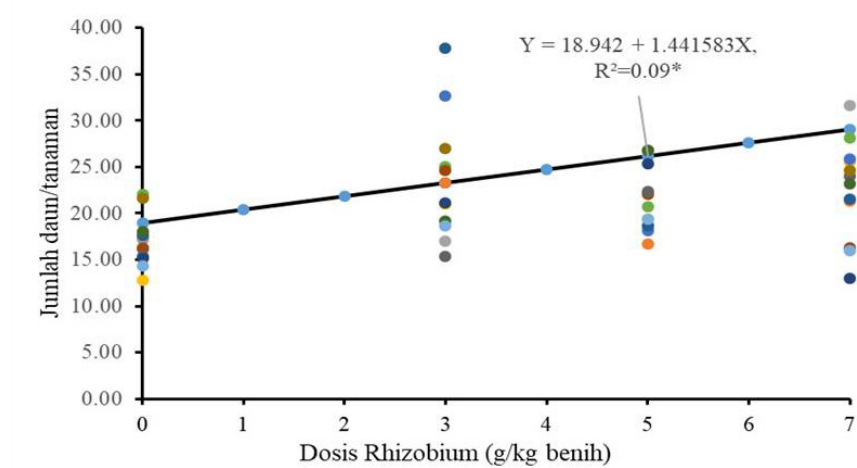
Berdasarkan hasil analisis regresi antara dosis Rhizobium dengan jumlah daun diketahui bentuk

hubungan antara dosis Rhizobium (X) dengan jumlah daun (Y) adalah linier dengan persamaan regresi $Y = 18,942 + 1,441583X$, $R^2 = 0.09^*$. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan dosis Rhizobium 1 g/kg benih diikuti peningkatan jumlah daun sebanyak 1,4 daun (Gambar 3).

Jumlah polong, bobot polong segar dan kering per tanaman secara nyata dipengaruhi oleh dosis Rhizobium (Tabel 1). Peningkatan dosis Rhizobium hingga 7 g/kg benih diikuti dengan peningkatan jumlah polong (98,56 polong/tanaman) dan bobot polong segar/tanaman (54,35 g/tanaman). Jumlah polong dan bobot polong segar per tanaman tersebut tidak berbeda nyata dengan yang dicapai perlakuan dosis 5 g Rhizobium/kg benih (88,14 polong/tanaman dan 53,82 g polong segar/tanaman). Bobot polong kering tertinggi dicapai



Gambar 2. Rata-rata laju peningkatan jumlah daun umur 3 – 5 minggu (daun/minggu). K0: tanpa POC, K1: 5 ml/L POC, K2: 10 ml/L, K3: 15 ml/L, R0: tanpa Rhizobium, R1: 3 g Rhizobium/kg benih, R2: 5 g Rhizobium/kg benih, R3: 7 g Rhizobium/kg benih. Palopo, MT Januari-Mei 2023.



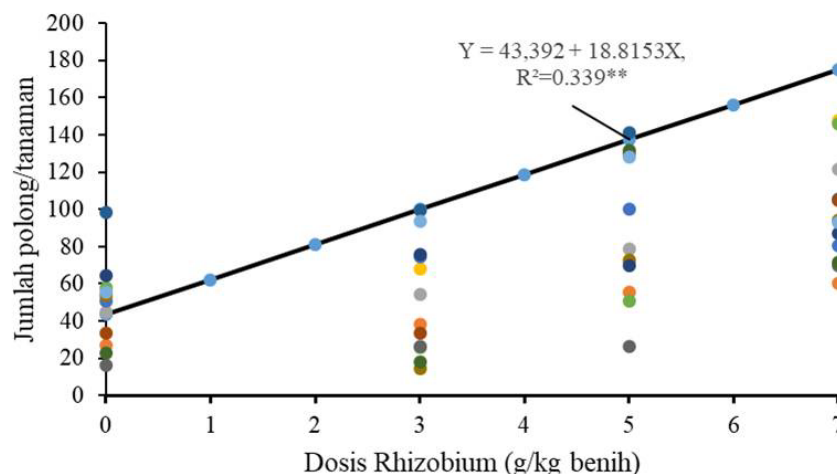
Gambar 3. Bentuk hubungan antara dosis Rhizobium dengan jumlah daun kedelai umur 5 minggu. Palopo, MT Januari-Mei 2023.

pada dosis Rhizobium 5 g/kg benih (48,15 g/tanaman), tidak berbeda nyata dengan yang dicapai pada dosis Rhizobium 7 g/kg benih (47,69 g/tanaman). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Herliana *et al.* (2019) bahwa aplikasi Rhizobium (neoptum) memberikan hasil terbaik pada jumlah dan bobot polong.

Berdasarkan hasil analisis regresi diketahui bahwa bentuk hubungan antara dosis Rhizobium dengan jumlah polong adalah linier dengan persamaan regresi $Y = 43,392 + 18.815X$ $R^2=0,339^{**}$ (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1 g Rhizobium per kg benih diikuti dengan peningkatan jumlah polong sebanyak 18,8 polong per tanaman.

Jumlah bintil akar/tanaman dipengaruhi oleh dosis Rhizobium (Tabel 1). Jumlah bintil akar terbanyak (10,53 bintil/tanaman) dicapai pada perlakuan dosis Rhizobium 7 g/kg benih. Sementara itu, jumlah bintil akar terendah yaitu 1,65 bintil/tanaman dicapai pada perlakuan dosis Rhizobium 3 g/kg benih. Jumlah bintil akar pada dosis

Rhizobium 3 g/kg benih tidak berbeda nyata dengan yang dicapai pada perlakuan dosis Rhizobium 5 g/kg benih (3,42 bintil/tanaman) maupun tanpa Rhizobium (3,25 bintil/tanaman) (Tabel 1). Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan Samudin dan Kuswanto (2018) dan Meitasari dan Wicaksono (2017) bahwa pengaruh nyata inokulasi, salah satunya ditunjukkan oleh jumlah bintil akar. Jumlah bintil akar umumnya digunakan sebagai tolok ukur keberhasilan inokulasi Rhizobium dan bermanfaat dalam mengevaluasi efek yang diberikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (Purwaningsih 2015). Bintil akar memiliki kemampuan untuk memfiksasi hara nitrogen sehingga dapat memenuhi kebutuhan hara N tanaman kedelai. Proses fiksasi nitrogen terjadi ketika bintil akar telah terbentuk sebagai hasil kolonisasi Rhizobium pada rhizosfer dan terjadinya infeksi Rhizobium pada akar tanaman. Hal inilah yang mendorong peningkatan produk hijauan tanaman (Fuskhah dan Darmawati 2016). Selain itu, Bachtiar *et al.* (2016) dan Sari dan Prayudyaningsih (2015)



Gambar 4. Bentuk hubungan antara dosis Rhizobium dengan jumlah polong kedelai per tanaman. Palopo, MT Januari-Mei 2023.

Tabel 2. Pengaruh dosis Rhizobium terhadap hasil biji persatuan luas dan kadar protein biji. Palopo, MT Januari-Mei 2023

Dosis Rhizobium (g/kg benih)	Hasil biji persatuan luas (g/)	Hasil biji (t/ha)	Kadar protein biji (%)
0	242,42 q	0,72 q	29,05 q
3	201,08 q	0,61 q	30,51 p
5	417,92 p	1,19 p	29,53 q
7	452,50 p	1,20 p	31,08 p
BNJ (5%)	61,42	0,18	0,80

Keterangan: Angka sekolom yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ $\alpha = 0,05$

menyatakan bahwa salah satu kemampuan bakteri Rhizobium adalah mengikat nitrogen dari udara dan memprosesnya menjadi senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

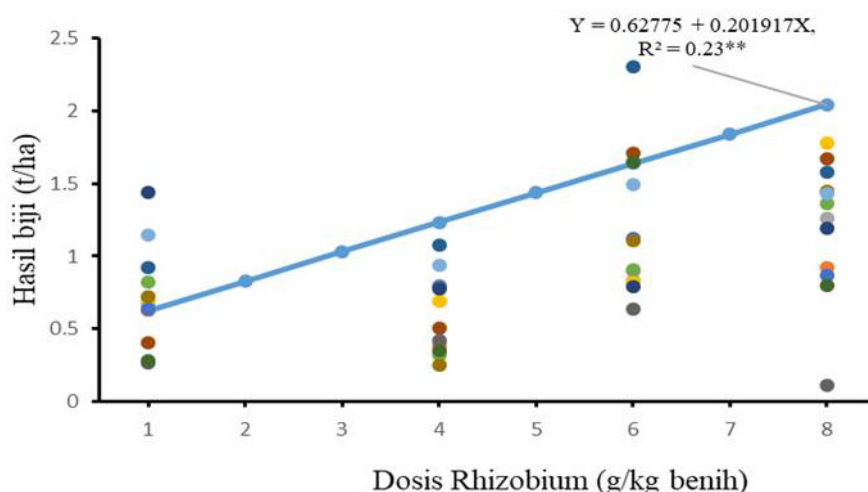
Hasil biji per satuan luas, baik per petak maupun per hektare sangat dipengaruhi oleh dosis Rhizobium (Tabel 2). Hasil biji tertinggi 1,20 t/ha dicapai pada perlakuan dosis 7 g Rhizobium/kg benih, dan tidak berbeda nyata dengan yang dicapai pada perlakuan dosis Rhizobium 5 g/kg benih (1,19 t/ha). Hasil biji yang dicapai pada dosis Rhizobium 3 g/kg benih (0,61 t/ha) tidak berbeda nyata dengan yang dicapai pada perlakuan tanpa Rhizobium (0,72 t/ha). Menurut Nyaguthii (2017) dan Yuan *et al.* (2020), inokulasi Rhizobium telah terbukti meningkatkan fiksasi N₂ dan hasil biji kedelai.

Hasil analisis regresi antara dosis Rhizobium dengan hasil biji per satuan luas menunjukkan bentuk hubungan antara hasil biji dengan dosis Rhizobium adalah linier mengikuti persamaan $Y = 0,62775 + 0,20191X$, $R^2 = 0,23^{**}$ (Gambar 5). Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa

setiap peningkatan 1 g/kg benih dosis Rhizobium akan diikuti dengan peningkatan hasil biji sebesar 0,20191 t/ha.

Keeratan hubungan antarparameter yang diamati, diketahui dengan melakukan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hasil biji/ha berhubungan erat dengan peningkatan jumlah daun umur 5 minggu, jumlah polong, bobot polong segar dan polong kering, serta bobot biji/3,75 m² masing-masing dengan koefisien korelasi (r) 0,29*; 0,86**; 0,88**; 0,86** dan 0,95**. Parameter yang mempunyai kontribusi terbesar dalam menentukan hasil biji/ha adalah hasil biji/3,75 m², yaitu sebesar 95%. Sementara itu, bobot biji/3,75 m² ditentukan oleh karakter polong, yaitu jumlah polong, bobot polong segar dan polong kering yang ditunjukkan dengan koefisien korelasi masing-masing 0,89**; 0,94** dan 0,91**. Jumlah polong, bobot polong segar dan bobot polong kering erat hubungannya dengan jumlah daun umur 5 minggu dengan koefisien korelasi masing-masing 0,33*; 0,30* dan 0,33*.

Kadar protein biji nyata dipengaruhi dosis Rhizobium (Tabel 2). Kandungan protein tertinggi 31,08% dicapai perlakuan dosis Rhizobium 7 g/kg benih, tidak berbeda nyata dengan kadar protein pada dosis Rhizobium 3 g/kg benih (30,51 %). Kadar protein yang dicapai pada perlakuan dosis Rhizobium 5 g/kg benih (29,53 %) tidak berbeda nyata dengan yang dicapai pada perlakuan tanpa Rhizobium (29,05%). Rhizobium memfiksasi nitrogen dari udara untuk dimanfaatkan tanaman dalam pembentukan senyawa asam amino yang dibutuhkan pada proses sintesis protein untuk menyusun protoplasma sel ketika tanaman dalam masa pertumbuhan (Pattipeilohy dan Sopacua 2014). Lebih lanjut dikemukakan bahwa Rhizobium

**Gambar 5.** Bentuk hubungan antara dosis Rhizobium dengan hasil biji kedelai per hektare. Palopo, MT Januari-Mei 2023

adalah salah satu jenis bakteri yang dapat ber-simbiosis mutualisme dengan tanaman polong (Leguminosae) dengan cara membentuk bintil pada akar tanaman, dan lewat bintil akar inilah bakteri Rhizobium memfiksasi N₂ dari udara sehingga dapat digunakan tanaman dalam pembentukan senyawa asam amino yang penting dalam sintesis protein untuk penyusunan protoplasma sel selama pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Interaksi antara perlakuan konsentrasi POC berbahan baku kulit ari kedelai (limbah proses pembuatan tempe) dengan dosis Rhizobium tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan dan hasil kedelai. Perbedaan pertumbuhan dan hasil biji disebabkan oleh pengaruh dosis Rhizobium. Aplikasi Rhizobium dosis 7 g/kg benih menunjukkan hasil yang terbaik pada jumlah polong (98,56 polong/tanaman), bobot polong segar (54,35 g/tanaman), bobot biji kering (452,50 g/3,75 m²), hasil biji (1,20 t/ha), jumlah bintil akar (10,53 bintil) dan kadar protein (31,80%).

Penggunaan pupuk organik cair (POC) berbahan baku kulit ari kedelai limbah dari proses pembuatan tempe diperlukan konsentrasi lebih besar dari 15 ml/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Allito BB, Ewusi-Mensah N, Logah V, Hunegnaw DK. 2021. Legume-rhizobium specificity effect on nodulation, biomass production and partitioning on faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientific Reports* 11(1): 3678. 13 p.
- Ardini SAS, Ferizqo FA. 2022. Efektivitas pupuk organik cair kulit ari kedelai untuk pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal GEMA Lingkungan Kesehatan* 20(1): 65-70.
- Bachtiar B, Ghulamahdi M, Melati M, Guntoro D, Sutandi A. 2016. Kebutuhan nitrogen tanaman kedelai pada tanah mineral dan mineral bergambut dengan budidaya jenuh air. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(3): 217-227.
- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2021. Statistik Indonesia. <https://www.bps.go.id/publication/>. (Diakses 26 Juli 2023)
- Elfarisna, Puspitasari RT, Sukrianto. 2018. Penggunaan pupuk organik cair dalam budidaya kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 3(2): 103-110.
- Elrisa R, Mahmuda. 2020. Aplikasi pupuk organik cair dari limbah pertanian dan perumahan terhadap produksi kedelai. *Jurnal Triton* 11 (1): 58 – 64.
- Fuskah E, Purbajanti ED, Anwar S. 2021. The response of soybean plants due to inoculation of Rhizobium bacteria and different fertilizer application. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 803 (2021) 012018. 7 p.
- Fuskah E, Darmawati A. 2016. Pertumbuhan dan produksi kedelai akibat inokulasi bakteri Rhizobium dan penambahan hara air laut. *Jurnal Pastura Pastura: Journal of Tropical Forage Science*. 6(1):7-10.
- Herliana O, Harjoso T, Anwar AHS, Fauzi A. 2019. The effect Rhizobium and N fertilizer on growth and yield of black soybean (*Glycine max* (L) Merrill). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 255 (2019) 012015. 8 p.
- Karim HA, Fitriani, Linnanengseh, Hasti. 2019. Kajian pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada pemberian pupuk organik bioslurry kotoran sapi. *J. Agropantae* 8(2) :1-6
- Krisdiana, R. 2012. Daya saing dan faktor determinan usahatani kedelai di lahan sawah. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan*, 31(1): 6-12.
- Kuswardina A, Abror M. 2023. Pengaruh aplikasi pupuk organik cair limbah kulit nanas terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada merah (*Lactuca sativa* var. Crispa). *Procedia of Engineering and Life Science* vol. 4. 7 p.
- Nadapdap, HJ. 2016. Dinamika produktivitas padi, jagung, dan kedelai di Pulau Jawa, Indonesia. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 17(1): 1-10.
- Nyaguthii MC. 2017. Soybean (*Glycine max*) Response to Rhizobia Inoculation as Influenced by Soil Nitrogen Levels. [Thesis]. Kenyatta University, Kenya. [unpublished]
- Meitasari AD, Wicaksono KP. 2017. Inokulasi Rhizobium dan perimbangan nitrogen pada tanaman kedelai varietas Wilis. *Plantropical: Journal of Agricultural Science* 2(1):55-63.
- Muafa K, Saputri RAA, Masithoh SC. 2021. Inovasi pembuatan tempe berbagai rasa guna meningkatkan nilai jual sekaligus komoditas utama Kelurahan Purwosari. *Jurnal Bina Desa* 3(1):18-23.
- Pattipeilohy M, Sopacua R. 2014. Pengaruh inokulasi bakteri *Rhizobium japonicum* terhadap pertumbuhan kacang kedelai (*Glycine max* L.). *Biopendix: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan* 1(1): 49-55.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor . 70/Permentan/SR. 140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. 109 p.
- Purwaningsih S. 2015. Pengaruh inokulasi Rhizobium terhadap pertumbuhan tanaman kedelai varietas Wilis di rumah kaca. *Jurnal Berita Biologi* 14(1): 69-76.
- Risandi LS. 2022. Penyebab ketergantungan Indonesia terhadap impor kedelai. *Industri dan Pembangunan Budget Issue Brief* 2(3): 1-2.

- Samudin S, Kuswanto H. 2018. Effect of Rhizobium inoculation to nodulation and growth of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) germplasm. *Legume Research*, 41(2): 303-310.
- Sari R, Prayudyaningsih R. 2015. Rhizobium: Pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Info Teknis EBONI* 12(1): 51-64.
- Setyawan G, Huda S. 2022. Analisis pengaruh produksi kedelai, konsumsi kedelai, pendapatan per kapita, dan kurs terhadap impor kedelai di Indonesia. *Kinerja* 19(2): 215-225.
- Sisworo WH, Mutrosuhardjo MM, Rasyid H, Myers RJK. 2001. Application of Biofertilizer and Chemical Fertilizers: An Integrated Approach. *AgroBio Bulletin*. Buletin AgroBio. Balai Pemeliharaan Bioteknologi Tanaman Pangan. Bogor.
- Sucahyono D, Harnowo D. 2014. Kesesuaian antara kedelai hitam dan bakteri penambat N simbiotik. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.
- Sutanto. 2002. Penerapan Pertanian Organik: Pemasyarakatan dan Pengembangannya. Kanisius. Yogyakarta. 219 p.
- Suwardiyono S, Maharani F, Harianingsih H. 2019. Pembuatan pupuk organik cair dari air dari rebusan olahan kedelai menggunakan effective microorganisme. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia* 4(2):44-48.
- Taufiq A, Sundari T. 2012. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija* 23(-): 13-26.
- Widyabudiningsih D, Troskialina L, Fauziah S, Shalihattunnisa S, Riniati R, Djenar NS, Abdilah F. 2021. Pembuatan dan pengujian pupuk organik cair dari limbah kulit buah-buahan dengan penambahan bioaktivator EM4 dan variasi waktu fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Analysis* 4(1):30-39.
- Yuan K, Reckling M, Ramirez MDA, Djedidi S, Fukuhara I, Ohyama T, Yokohama T, Bellingrath-Kimura SD, Halwani M, Egamberdieva D, Ohkama-Ohtsu N. 2020. Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation at cold conditions in Central Europe. *Microbes Environ.* 35 (1): 1–13.

Dormansi Benih Kacang Bambara (*Vigna subterranea* L. Verdc): Faktor Penyebab dan Metode Pematahannya

*Dormancy of Bambara Groundnut Seed (Vigna subterranea L. Verdc):
Causes and Breaking Methods*

Maryati Sari, Satriyas Ilyas*, M Rahmad Suhartanto, Abdul Qadir

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*email: satriyas_ilyas@apps.ipb.ac.id

NASKAH DITERIMA 11 Mei 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 8 SEPTEMBER 2023

ABSTRAK

Benih kacang bambara mengalami dormansi tetapi belum diketahui dengan pasti faktor penyebabnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab dormansi (percobaan I) dan mendapatkan metode pematahan dormansi benih kacang bambara (percobaan II). Kedua percobaan disusun dalam rancangan petak tersarang. Percobaan I, perlakuan sebelum penecambahan (kontrol, skarifikasi mekanik, perendaman KNO₃, dan skarifikasi diikuti perendaman KNO₃) tersarang pada periode *after-ripening* (1, 2, 3 bulan). Percobaan II, perlakuan pematahan dormansi (kontrol, pemanasan kering 40°C 48 jam, pemanasan kering 50°C 48 jam, perendaman air 6 jam, perendaman air 12 jam, pemanasan kering 40°C 48 jam diikuti perendaman air 6 jam, pemanasan kering 40°C 48 jam diikuti perendaman air selama 12 jam, pemanasan kering 50°C 48 jam diikuti perendaman air 6 jam, pemanasan kering 50°C 48 jam diikuti perendaman air 12 jam) tersarang pada jenis lanras (Sukabumi dan Tasikmalaya). Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih kacang bambara memiliki dormansi *after-ripening*. Faktor penyebab dormansi adalah keseimbangan hormon GA dan ABA dan rendahnya permeabilitas testa. Penyimpanan kering (kadar air benih 12%) mampu memperbaiki keseimbangan hormon dan meningkatkan permeabilitas testa dengan persistensi dormansi 3,0–3,9 bulan. Pematahan dormansi pada benih kacang bambara lanras Sukabumi (umur 3 minggu setelah panen) dapat dilakukan dengan pemanasan kering 50°C selama 48 jam, dan perlakuan perendaman air 12 jam dengan atau tanpa didahului pemanasan kering dengan peningkatan daya tumbuh dari 59,3 % menjadi 85,3–91,3 %.

Kata kunci: *after-ripening*, benih keras, lignin, persistensi dormansi, viabilitas benih

ABSTRACT

Bambara groundnut seeds experience dormancy. However, the causative factor (s) of the dormancy is still uncertain. Therefore, this study aimed to investigate the factors responsible for seed dormancy (experiment I) and to find methods of breaking the dormancy (experiment II). Both experiments were arranged in a

nested plot design. Experiment I, pre-treatment before germination (control, mechanical scarification, KNO₃ immersion, and scarification followed by KNO₃ immersion) was nested in the after-ripening period (1, 2, 3 months). Experiment II, dormancy-breaking treatments (control, dry heating at 40°C for 48 hours, dry heating at 50°C for 48 hours, water immersion for 6 hours, water immersion for 12 hours, dry heating at 40°C for 48 hours followed by 6 hours of water immersion, dry heating at 40°C for 48 hours followed by water immersion for 12 hours, dry heating at 50°C for 48 hours followed by water immersion for 6 hours, dry heating at 50°C for 48 hours followed by water immersion for 12 hours) were nested in the landraces (Sukabumi and Tasikmalaya). The results showed that bambara groundnut seeds indicated after-ripening dormancy. Factors that responsible for seed dormancy were hormonal (GA and ABA) balance and low testa permeability. Dry storage (seeds with the moisture content of 12%) improved hormonal balance and increased testa permeability with a dormancy persistence of 3.0–3.9 months. The 50°C dry heating treatment for 48 hours or the 12-hour immersion in water with or without dry heating effectively broke the dormancy of the Sukabumi landrace seeds (3 weeks after harvested) with the increase of field emergence from 59.3 % to 85.3–91.3 %.

Keywords: *after-ripening*, *hard seed*, *lignin*, *persistence of dormancy*, *seed viability*

PENDAHULUAN

Kacang bambara atau kacang bogor (*Vigna subterranea* L. Verdc) telah lama dikenal di Indonesia, namun hingga saat ini masih tergolong dalam *underutilized crops*. Pemanfaatan produknya masih terbatas sebagai makanan ringan atau makanan selingan dan penanamannya masih sangat terbatas. Ketersediaan benih dan pengembangan varietas unggul sangat diperlukan karena komoditas ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai tanaman pangan alternatif. Kacang bambara merupakan sumber karbohidrat kaya protein dengan berbagai kandungan mineral, yaitu kalsium, zat besi, zink, magnesium, dan mangan (Adebola *et al.* 2017).

Sebagian genotipe kacang bambara peka terhadap perkecambahan di lapangan sebelum panen (Sari *et al.* 2021), namun umumnya memiliki sifat dorman (Miya dan Modi 2017). Benih yang dorman berkecambah lambat dan tidak serempak. Keberadaan dormansi pada benih kacang bambara dapat mengganggu kegiatan penanamannya, baik pada kegiatan penelitian maupun pada kegiatan produksi di tingkat petani. Keseragaman pengisian dan kemasakan polong saat panen menjadi rendah. Koné *et al.* (2015) melaporkan bahwa perkecambahan *in vitro* benih kacang bambara bertesta lebih lambat dibandingkan benih tanpa testa maupun perkecambahan *excised embryo*. Miya dan Modi (2017) menguatkan hasil penelitian tersebut dan mengemukakan bahwa benih kacang bambara memiliki dormansi akibat testa yang keras. Namun demikian, sebuah penelitian lain berhasil meningkatkan perkecambahan benih kacang bambara tanpa perlakuan skarifikasi ataupun perlakuan lain yang biasa dilakukan untuk meningkatkan laju imbibisi. Ilyas dan Sopian (2013) berhasil meningkatkan perkecambahan benih kacang bambara menggunakan perlakuan *matrix-conditioning* dengan atau tanpa pemberian *Rhizobium*. Daya berkecambah benih (dipanen umur 125 hari, diuji 28 hari setelah panen) meningkat dari 17,3% menjadi 68,0 - 70,7%. Peningkatan daya berkecambah sangat nyata tetapi perkecambahan yang dihasilkan masih kurang dari 80%.

Ketepatan dalam mengidentifikasi faktor penyebab dormansi sangat penting untuk mendapatkan metode pematihan dormansi yang tepat. Benih dari famili yang sama dapat memiliki mekanisme dormansi yang sangat berbeda. Hambatan perkecambahan pada benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dikendalikan oleh hormon (Rajan *et al.* 2020), sedangkan dormansi pada benih asam jawa (*Tamarindus indica* Linn) disebabkan oleh kulit benih yang keras (Abubakar dan Muhammad, 2013). Perbedaan faktor penyebab dormansi antara kedua jenis legum tersebut mengakibatkan keduanya memerlukan metode pematihan dormansi yang berbeda. Benih dengan dormansi fisiologi seperti pada kacang tanah, direkomendasikan oleh ISTA (2018) antara lain dengan perlakuan pemanasan $40 \pm 2^\circ\text{C}$ untuk mengatasi dormansi. Skarifikasi merupakan metode yang banyak dianjurkan pada pematihan dormansi benih keras. Selain itu penelitian Masara *et al.* (2015) menunjukkan bahwa dormansi kulit keras pada benih okra dapat diatasi dengan perendaman dalam air pada suhu 30°C selama 12 jam, sama baiknya dengan hasil pematihan dormansi menggunakan

perlakuan skarifikasi fisik. Benih padi yang baru dipanen mengalami dormansi fisiologis yang disebut *after-ripening*. Pemanasan benih pada suhu 50°C selama 48 jam diikuti dengan perendaman dalam air atau KNO_3 1% selama 24 jam efektif mematahkan dormansi benih padi gogo varietas Kalimutu dan Way Rarem yang baru dipanen (Ilyas dan Diarni 2007). Pada padi sawah varietas IPB 3S, perendaman benih dalam KNO_3 0,2% selama 36 jam pada suhu $28\text{--}30^\circ\text{C}$ dapat mematahkan dormansi benih yang baru dipanen dengan daya berkecambah 94,3% dibandingkan dengan tanpa perlakuan hanya 16,8% (Putri *et al.* 2023).

Metode pematihan dormansi yang efektif sangat diperlukan agar benih yang telah diproduksi dapat segera digunakan setiap saat diperlukan. Metode pematihan dormansi yang tepat akan lebih mudah diperoleh bila diketahui faktor penyebab dormansi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab dormansi dan memperoleh metode pematihan dormansi benih kacang bambara yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Institut Pertanian Bogor, pada bulan Januari hingga November 2017. Penelitian dilakukan melalui dua tahap percobaan. Percobaan pertama untuk mempelajari faktor penyebab dormansi. Hasil percobaan pertama menjadi dasar percobaan kedua, yaitu untuk mendapatkan metode pematihan dormansi yang tepat.

Percobaan 1:

Penentuan faktor penyebab dormansi

Benih yang digunakan adalah lanras Sukabumi, dipanen dari Kebun Situ Uncal, Dramaga, Bogor. Panen dilakukan pada umur 137 hari dengan kriteria polong dan benih telah mengeras, bernas, dan sehat. Benih dikeringkan hingga kadar air 12%. Selama periode *after-ripening*, benih disimpan dalam bentuk biji dalam kemasan plastik polipropilen pada suhu kamar ($27\text{--}29^\circ\text{C}$).

Percobaan disusun dalam rancangan petak tersarang dengan tiga ulangan. Perlakuan pematihan dormansi (PD) tersarang pada periode *after-ripening* (PAR). Perlakuan pematihan dormansi terdiri atas kontrol (PD1), skarifikasi mekanik (PD2), perendaman dalam KNO_3 1% selama 2 jam (PD3), dan skarifikasi mekanik diikuti perendaman dalam KNO_3 1% selama 2 jam (PD4). Periode *after-ripening* terdiri atas 1, 2, dan 3 bulan setelah panen (BSP).

Skarifikasi adalah pengikisan lapisan palisade yang terdapat pada bagian terluar kulit benih yang keras (Bewley *et al.* 2013). Skarifikasi mekanik pada percobaan ini dilakukan dengan cara mengamplas testa (Φ 3–5 mm) pada posisi yang berseberangan dengan letak hilum, dilanjutkan perendaman benih dalam KNO_3 1% selama 2 jam pada suhu kamar ($27\text{--}29^\circ\text{C}$) dalam kondisi terang.

Pengamatan dilakukan pada viabilitas benih, karakter fisik, kimia, dan fisiologi benih. Uji viabilitas benih dilakukan terhadap benih yang telah diberi perlakuan kemudian dikecambahkan menggunakan media pasir steril. Pengecambahan dilakukan pada suhu $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Penyiraman dilakukan setiap hari untuk menjaga media tetap lembab. Daya berkecambah (DB) adalah persentase benih yang mampu menghasilkan kecambah normal. Intensitas dormansi (ID) adalah persentase benih yang tidak berhasil memunculkan radikula dan tidak mati hingga akhir pengamatan daya berkecambah. Pengujian dilakukan sebanyak tiga ulangan, setiap ulangan terdiri atas 25 butir benih. Penghitungan jumlah benih yang berkecambah dimulai pada 5 hari setelah tanam (HST), dan diakhiri pada 15 HST. Pengamatan ini diperpanjang setengah dari hitungan akhir yang ditetapkan (10 HST), sesuai rekomendasi ISTA (2018) untuk pengujian pada benih dorman. Persistensi dormansi 80 (PD_{80}) dan PD_{100} merupakan waktu yang diperlukan hingga benih memiliki daya berkecambah mencapai 80% atau 100% berdasarkan nilai ekstrapolasi dari persamaan regresi nilai daya berkecambah selama periode *after-ripening*.

Pengamatan karakter fisik meliputi bobot 100 butir benih, berat jenis benih, tebal testa, dan permeabilitas benih. Tebal testa diamati menggunakan mikroskop Olympus DP 25 dengan pembesaran 10 kali. Pengamatan dilakukan pada 10 butir benih, masing-masing pada tiga titik pengukuran. Permeabilitas benih dinilai berdasarkan kecepatan imbibisi benih. Kecepatan imbibisi ditetapkan berdasarkan laju pertambahan bobot dari 10 g benih yang direndam dalam 100 ml air destilata dan diukur pertambahan bobotnya setiap 1 jam selama 6 jam pengamatan. Bobot 100 butir benih, berat jenis benih, dan kecepatan imbibisi benih ditetapkan berdasarkan nilai tengah dari 10 kali pengukuran.

Pengamatan karakter kimia benih meliputi kandungan lignin dan tanin. Kandungan lignin diuji berdasarkan metode gravimetri. Analisis kandungan tanin dilakukan berdasarkan metode kromatografi menggunakan spektrofotometer HITACHI U-2010 pada panjang gelombang 725 nm. Sampel analisis kandungan lignin dan tanin masing-masing diambil dari $\pm$ 20 butir benih yang dihaluskan. Pengujian dilakukan sebanyak tiga ulangan.

Pengamatan karakter fisiologi benih dilakukan pada benih 1 BSP berdasarkan sensitivitas respons benih terhadap kehadiran hormon eksogen (ABA dan GA_3). Sebanyak 525 butir benih diskarifikasi untuk memastikan tidak ada hambatan imbibisi yang menghalangi masuknya hormon eksogen tersebut. Pengecambahan dilakukan dengan metode antarkertas dalam kotak plastik berukuran $15\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$. Sebanyak tiga lapis tisu *towel* digunakan sebagai media perkecambahan. Tisu *towel* dilipat menjadi dua bagian sehingga tiga lapis sebagai alas dan tiga lapis sebagai penutup. Benih disusun di antara lapisan kertas tersebut dan dilembabkan menggunakan 20 ml larutan hormon. Konsentrasi larutan hormon eksogen untuk pengujian adalah air destilata (0 ppm ABA, 0 ppm GA_3), ABA (2,5, 5, dan 10 ppm), GA_3 (100, 250, dan 500 ppm). Pengecambahan dilakukan pada alat pengecambah benih dalam kondisi gelap pada suhu $27\text{--}29^\circ\text{C}$. Pengamatan dilakukan pada 10 HST terhadap persentase muncul radikula (minimum 2 mm) dan panjang radikula. Pengujian dilakukan sebanyak tiga ulangan, masing-masing ulangan menggunakan 25 butir benih.

Percobaan 2: Penentuan metode pematihan dormansi yang tepat

Benih dipanen dari pertanaman di Kebun Kampung Manggis, Dramaga, Bogor pada awal Oktober 2017. Penelitian dilakukan saat benih masih dalam periode *after-ripening*, yaitu berumur 3 minggu setelah panen (MSP). Benih sebelum digunakan dikeringkan terlebih dahulu hingga kadar air 10% dan disimpan dalam kemasan plastik pada suhu kamar ($27\text{--}29^\circ\text{C}$).

Percobaan dilakukan dengan rancangan petak tersarang. Perlakuan pematihan dormansi tersarang pada jenis lanras. Lanras yang digunakan yaitu lanras Sukabumi dan lanras Tasikmalaya. Perlakuan pematihan dormansi meliputi kontrol (P1), pemanasan kering 40°C selama 48 jam (P2), pemanasan kering 50°C selama 48 jam (P3), perendaman dalam air selama 6 jam (P4), perendaman dalam air selama 12 jam (P5), pemanasan kering 40°C selama 48 jam diikuti perendaman dalam air selama 6 jam (P6), pemanasan kering 40°C selama 48 jam diikuti perendaman dalam air selama 12 jam (P7), pemanasan kering 50°C selama 48 jam diikuti perendaman dalam air selama 6 jam (P8), pemanasan kering 50°C selama 48 jam diikuti perendaman dalam air selama 12 jam (P9). Pada setiap perlakuan perendaman, sebanyak 110 butir benih direndam dalam 250 ml air pada wadah plastik berukuran $15\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$.

Perendaman dilakukan pada kondisi terang pada suhu kamar (27–29°C). Percobaan dilakukan sebanyak tiga ulangan.

Pengamatan dilakukan terhadap kadar air benih setelah perlakuan pematangan dormansi (± 5 g per sampel), daya tumbuh di lapangan, kecepatan tumbuh, dan bobot kering bibit (50 butir per sampel). Pengamatan daya tumbuh dan kecepatan tumbuh diamati pada 10 HST, dan pengamatan bobot kering bibit dilakukan saat 15 HST. Pengamatan ini dilakukan menggunakan 50 butir benih per sampel.

Data dianalisis dengan sidik ragam dan pada parameter yang menunjukkan pengaruh perlakuan yang nyata dilanjutkan dengan uji Duncan (DMRT) pada $\alpha : 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor penyebab dormansi benih

Benih kacang bambara pada percobaan ini memiliki daya berkecambah rendah dan intensitas dormansi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa benih dalam kondisi dorman. Pada 1 BSP, benih kacang bambara hanya memiliki rata-rata daya berkecambah 41,7% dengan intensitas dormansi 28,3% (Tabel 1). Intensitas dormansi berkurang seiring dengan dilaluinya periode awal penyimpanan benih dalam kondisi kering yang diikuti dengan peningkatan daya berkecambah pada bulan kedua (Tabel 1). Dormansi ini dikenal dengan istilah dormansi *after-ripening*.

Intensitas dormansi berkurang dari 24,4% (kontrol) menjadi 10,9% pada perlakuan skarifikasi mekanik (Tabel 1). Penipisan sebagian testa akibat skarifikasi diduga telah memicu proses perkecambah-

an akibat meningkatnya laju imbibisi. Testa memiliki peran penting dalam mengendalikan imbibisi, dimana imbibisi yang lambat diduga berkaitan dengan kandungan lignin yang tinggi pada testa kacang bambara. Lignin merupakan komponen yang cukup dominan pada testa benih kacang bambara (Olaleye *et al.* 2013). Kandungan lignin pada testa kacang bambara mencapai $44,87 \pm 0,8$ % dengan ketebalan testa $140,8 \pm 32,6 \mu\text{m}$ (Tabel 2). Sementara kandungan lignin pada testa kedelai hanya 4–7% (Krzyzanowski *et al.* 2008). Ran *et al.* (2015) melaporkan bahwa kandungan lignin pada benih *Brassica napus* memiliki hubungan dengan ketebalan testa dan rasio testa terhadap benih. Benih dengan kandungan lignin yang lebih rendah memiliki testa yang lebih tipis.

Intensitas dormansi yang berkurang secara nyata pada perlakuan skarifikasi belum diiringi dengan peningkatan daya berkecambah secara nyata (Tabel 1). Daya berkecambah meningkat secara nyata dari 60% tanpa perlakuan atau dengan skarifikasi saja (57,8%) maupun KNO_3 saja (57,3%) menjadi 72% ketika benih diberi perlakuan skarifikasi kemudian direndam dalam KNO_3 sebelum dikecambahkan (Tabel 1). Perendaman dalam KNO_3 merupakan pendekatan untuk mengatasi masalah fisiologi. Senyawa KNO_3 dikenal sebagai anti inhibitor untuk mematahkan dormansi *after-ripening*. Penggunaan KNO_3 bahkan direkomendasikan pada pengujian benih padi yang bermasalah dengan dormansi *after-ripening* (ISTA 2018). Berkurangnya intensitas dormansi yang semakin nyata pada perlakuan skarifikasi yang diikuti perendaman dalam KNO_3 (6,2%) dibandingkan perlakuan skarifikasi tanpa perendaman dalam KNO_3 (10,9%) juga membuktikan adanya masalah fisiologi keseimbangan hormon pada periode *after-ripening* yang mengakibatkan dormansi benih.

Tabel 1. Daya berkecambah dan intensitas dormansi benih kacang bambara lanras Sukabumi selama tiga bulan periode *after-ripening*. Bogor, 2017.

Perlakuan pematangan dormansi	Periode <i>after-ripening</i> (BSP)							
	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata
	Daya berkecambah (%)				Intensitas dormansi (%)			
Kontrol	36,0	66,7	77,3	60,0 b	45,3 a	18,7 a	9,3	24,4 a
Skarifikasi mekanik	40,0	73,3	60,0	57,8 b	17,3 ab	13,3 a	2,0	10,9 b
Perendaman KNO_3 1% selama 2 jam	29,3	73,3	69,3	57,3 b	38,7 a	14,7 a	1,3	18,2 ab
Skarifikasi + KNO_3 1% 2 jam	61,3	84,0	70,7	72,0 a	12,0 b	1,3 b	5,3	6,2 c
Rata-rata	41,7 B	74,3 A	69,3 A		28,3 A	12,0 B	4,5 C	

Keterangan: Huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf kapital yang sama pada baris yang sama pada setiap tolak ukur menunjukkan angka tidak berbeda nyata pada DMRT ($\alpha : 0,05$). Analisis data daya berkecambah dilakukan setelah data ditransformasi pada arcsin $(\sqrt{x/100}) \cdot 180/\pi$. Pr > F untuk PAR: <0,0001**; PD: 0,0247*; PAR(PD): 0,1306^m; KK: 12,58%. Analisis data intensitas dormansi dilakukan setelah data ditransformasi pada $\sqrt{(x+0,5)}$, Pr > F untuk PAR: <0,0001**; PD: 0,0004**; PAR(PD): 0,0171*; KK: 29,88%, *: berbeda nyata; **: berbeda sangat nyata; ^m: tidak nyata; KK: koefisien keragaman, BSP: bulan setelah panen.

Tabel 2. Karakter fisik dan kimia benih kacang bambara lanras Sukabumi. Bogor, 2017.

Karakter	Satuan	Nilai (rata-rata)
Tanin benih	mg/100 g	140,8 ± 32,6
Lignin testa	%	44,9 ± 0,8
Ketebalan testa	μm	140,8 ± 32,6
Bobot benih	g/100 butir	95,5 ± 9,8
Berat jenis benih	g/cm ³	1,75 ± 0,06

Benih yang memiliki dormansi *after-ripening* secara umum memiliki kepekaan terhadap kehadiran hormon GA₃ dan ABA. Perkecambahan benih kacang bambara pada media dengan berbagai konsentrasi GA₃ menunjukkan respons kuadratik pada pola hubungan antara konsentrasi GA₃ eksogen dan persentase muncul radikula maupun panjang radikula (Gambar 1). Pengujian pada media dengan berbagai konsentrasi ABA juga menunjukkan adanya respons benih kacang bambara terhadap kehadiran ABA eksogen. Hanya 10% benih kacang bambara yang mampu memunculkan radikula pada konsentrasi ABA 2,5 ppm, dan tidak ada benih yang mampu memunculkan radikula pada konsentrasi ABA yang lebih tinggi meskipun ABA tidak menghambat pemanjangan akar setelah radikula berhasil muncul. Kondisi tersebut menunjukkan respons nyata benih terhadap kehadiran ABA karena pada 0 ppm ABA eksogen (kontrol) sebanyak 60% benih mampu memunculkan radikula (data tidak ditampilkan).

Tuttle *et al.* (2015) mengemukakan bahwa kehadiran GA eksogen pada tahap pertama dormansi *after-ripening* (*very dormant*) tidak dapat mendorong terjadinya perkecambahan, sedangkan kehadiran ABA eksogen pada tahap keempat (*fully after-ripening*) tidak akan menekan perkecambahan. Berdasarkan pengelompokan tahapan dormansi *after-ripening* oleh Tuttle *et al.* (2015) dan hasil penelitian ini, benih kacang bambara lanras Sukabumi umur 1 BSP berada pada tahap kedua

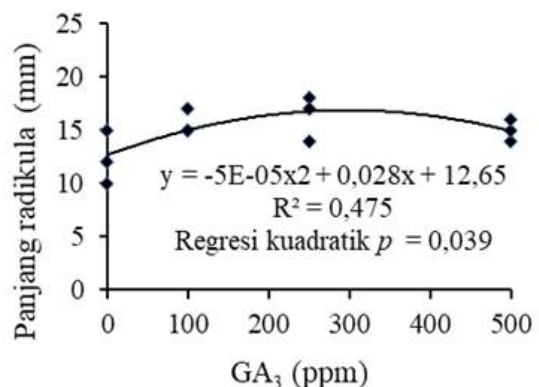
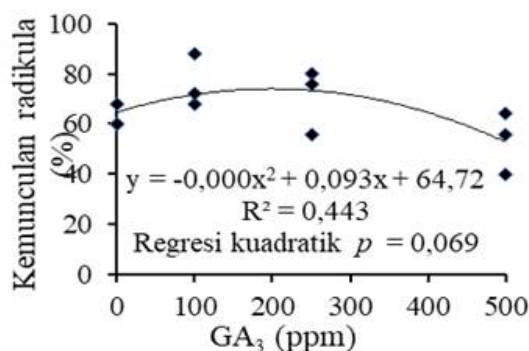
atau ketiga dormansi *after-ripening* (*partially after-ripening*). Benih kacang bambara pada umur 1 BSP masih dormant tetapi sudah memungkinkan untuk ditanam dengan perlakuan pematihan dormansi yang tepat karena sudah cukup peka untuk merespons perlakuan pematihan dormansi yang diberikan.

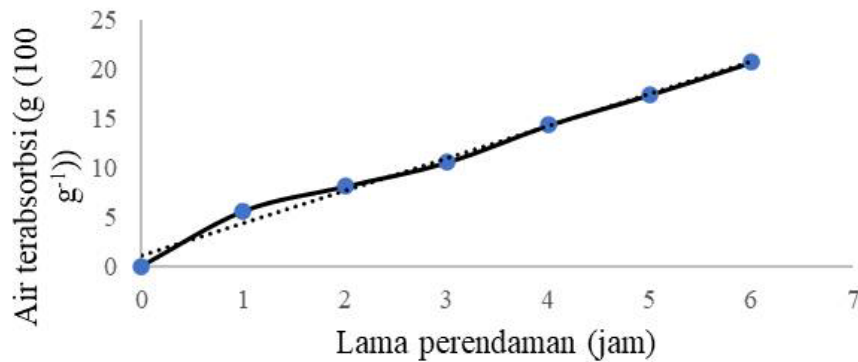
Testa kacang bambara tidak sepenuhnya *impermeabel* (Gambar 2), namun cukup menghambat proses imbibisi. Oleh karena itu perendaman benih dalam KNO₃ tanpa skarifikasi tidak dapat mengurangi intensitas dormansi dan meningkatkan daya berkecambah secara nyata (Tabel 1). Kedua masalah tersebut, baik hambatan fisik maupun hambatan fisiologi, harus diatasi sekaligus.

Persistensi Dormansi

Intensitas dormansi semakin berkurang seiring dengan semakin lamanya benih berada dalam penyimpanan kering atau yang dikenal dengan periode *after-ripening*. Selama periode tersebut benih secara bertahap mampu mengatasi kedua faktor penyebab dormansi, baik faktor fisik maupun fisiologi, sehingga intensitas dormansi benih tanpa pematihan dormansi berkurang dari 45,3% menjadi 9,3% (Tabel 1). Nelson *et al.* (2017) mengemukakan bahwa *after-ripening* merupakan proses biologi yang terjadi pada kadar air benih 5–15%, ketika sebagian besar metabolisme terhenti. Selama periode *after-ripening*, terjadi proses biologi yang melibatkan gen-gen pengendali hormon GA dan ABA yang menentukan kesiapan benih berkecambah.

Intensitas dormansi semakin berkurang seiring semakin lama periode *after-ripening* yang dilaluinya. Hasil pengamatan menunjukkan intensitas dormansi berkurang dari 28,3% pada 1 BSP menjadi 4,5% pada 3 BSP (Tabel 1). Periode *after-ripening* yang diperlukan benih untuk mematahkan dormansinya biasa dikenal sebagai persistensi dormansi. Nilai persistensi dormansi dapat diduga melalui

**Gambar 1.** Respons benih kacang bambara lanras Sukabumi terhadap hormon GA₃ eksogen. Bogor, 2017.



Gambar 2. Absorpsi pada benih kacang bambara lanras Sukabumi selama perendaman dalam air. Bogor, 2017.

pendekatan kurva peningkatan daya berkecambah benih selama periode *after-ripening* hingga minimal 80% benih diharapkan mampu tumbuh menjadi kecambah normal. Berdasarkan persamaan linier sederhana $y = 20,667x + 18,667$ (y = daya berkecambah (%), x = periode *after-ripening* (BSP) dan $R^2 = 0,6618$) diperoleh nilai persistensi dormansi 3,0 BSP dan mencapai 3,9 BSP bila diharapkan semua benih viabel mampu berkecambah normal pada waktu yang diharapkan. Hal ini berarti petani perlu menunggu minimal 3,0–3,9 bulan sebelum benih kacang bambara, khususnya lanras Sukabumi, dapat ditanam tanpa dormansi.

Pengaruh perlakuan pematangan dormansi terhadap intensitas dormansi benih tergantung pada periode *after-ripening* yang telah dilalui benih tersebut. Saat benih berumur 1 dan 2 BSP, perlakuan pematangan dormansi dengan skarifikasi kemudian diikuti perendaman dalam KNO_3 sangat diperlukan untuk mengurangi intensitas dormansi. Saat benih berumur 3 BSP, benih tanpa perlakuan pematangan dormansi (kontrol) memiliki intensitas dormansi yang tidak berbeda nyata dengan benih yang diberi perlakuan skarifikasi diikuti perendaman dalam KNO_3 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan benih terhadap KNO_3 semakin berkurang dan permeabilitas benih semakin meningkat seiring berlalunya periode *after-ripening*. Perubahan tersebut diduga karena keseimbangan hormon yang semakin mendukung proses perkecambahan, termasuk dalam pelunakan dan pecahnya testa selama proses perkecambahan. Dugaan ini diperkuat dengan hasil penelitian Leubner-Metzger (2002) pada benih tembakau yang menunjukkan bahwa pelunakan dan pecahnya testa dipengaruhi oleh GA dan ABA. Perlakuan ABA mampu menunda pecahnya testa. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa penyimpanan yang dilalui selama periode *after-ripening* juga mengurangi kebutuhan benih terhadap GA eksogen untuk memecahkan testa pada

benih yang diimbibisikan dalam gelap (Leubner-Metzger 2002). Berdasarkan fakta bahwa hambatan testa semakin berkurang seiring berlalunya periode *after-ripening*, dapat dipahami bila petani tidak menghadapi masalah dormansi benih keras saat menggunakan benih yang telah beberapa bulan disimpan meskipun Miya dan Modi (2017) mengemukakan adanya dormansi akibat kulit keras pada benih kacang bambara. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa benih keras atau rendahnya permeabilitas pada benih kacang bambara bersifat sementara dan akan menghilang ketika periode *after-ripening* telah terlewati.

Metode pematangan dormansi

Menurut Manggung *et al.* (2015) benih empat jenis lanras kacang bambara (Bogor testa hitam, Sukabumi testa hitam, Sumedang testa hitam, dan Sumedang testa cokelat) hanya memerlukan waktu 8–10 hari untuk berkecambah. Pada percobaan ini, benih kacang bambara lanras Sukabumi yang diuji saat berumur 3 MSP baru memiliki daya tumbuh 59,3% pada 10 HST, sedangkan lanras Tasikmalaya baru memiliki daya tumbuh 45,3% (Tabel 3). Percobaan 1 memberikan informasi bahwa rendahnya perkecambahan pada benih yang baru dipanen disebabkan adanya dormansi *after-ripening*. Dormansi tersebut akan hilang saat benih telah melewati kondisi penyimpanan kering selama 3,0–3,9 bulan.

Penelitian Miya dan Modi (2017) menunjukkan benih kacang bambara memiliki dormansi benih keras. Skarifikasi mekanik dan kimia dilaporkan mampu meningkatkan daya tumbuh, namun menurunkan vigornya di lapangan. Berdasarkan percobaan 1 diketahui bahwa selama periode *after-ripening* ada dua faktor yang menyebabkan dormansi benih kacang bambara yaitu keseimbangan hormon (faktor fisiologi) dan permeabilitas testa yang rendah (faktor fisik). Perlakuan pematangan dormansi yang dipilih harus dapat mengatasi kedua

Tabel 3. Pengaruh perlakuan pematihan dormansi pada dua lanras kacang bambara terhadap daya tumbuh (%) dan kecepatan tumbuh (% per hari) di lapangan^{a)}. Bogor, 2017.

Pematihan dormansi	Daya tumbuh (%)			Kecepatan tumbuh (% per hari)		
	Skb	Tsm	Rata-rata	Skb	Tsm	Rata-Rata
Kontrol	59,3	45,3	52,3 c	6,35	4,79	5,57 c
Pemanasan 40°C 48 jam	69,3	39,3	54,3 bc	7,57	4,14	5,85 bc
Pemanasan 50°C 48 jam	86,0	72,7	79,3 a	9,27	7,96	8,61 a
Perendaman dalam air 6 jam	86,7	62,7	74,7 ab	9,77	6,65	8,21 ab
Perendaman dalam air 12 jam	90,7	72,0	81,3 a	10,21	8,00	9,10 a
Pemanasan 40°C 48 jam + perendaman 6 jam	85,3	55,3	70,3 abc	9,25	5,95	7,60 abc
Pemanasan 40°C 48 jam + perendaman 12 jam	85,3	70,7	78,0 a	9,65	7,79	8,72 a
Pemanasan 50°C 48 jam + perendaman 6 jam	88,0	56,0	75,2 ab	9,80	6,04	8,30 ab
Pemanasan 50°C 48 jam + perendaman 12 jam	91,3	63,3	77,3 a	10,50	7,12	8,81 a
Rata-rata	82,4 A	59,8 B		9,15 A	6,51 B	

^{a)} Pengujian dilakukan pada umur benih 3 MSP. Pengamatan dilakukan hingga 10 HST.

Keterangan: Huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf kapital yang sama pada baris yang sama pada setiap tolak ukur menunjukkan angka tidak berbeda nyata pada DMRT (α : 0,05). Pr > F daya tumbuh untuk Lanras : 0,0001^{**}; PD : 0,0415^{*}; Lanras(PD) : 0,9658^{ns}; KK : 24,01%. Pr > F kecepatan tumbuh untuk Lanras : 0,0001^{**}; PD : 0,0256^{*}; Lanras(PD) : 0,9536^{ns}; KK : 25,03%. Skb : lanras Sukabumi; Tsm : lanras Tasikmalaya; * : berbeda nyata; ** : berbeda sangat nyata; ^{ns} : tidak nyata;

masalah tersebut. Percobaan 1 menginformasikan perlakuan skarifikasi mekanik yang diikuti dengan perendaman dalam KNO₃ mampu mengatasi kedua masalah penyebab dormansi, namun perlakuan tersebut tidak praktis untuk diaplikasikan di luar laboratorium.

Empat perlakuan yang memberikan hasil terbaik adalah pemanasan 50°C selama 48 jam, perendaman dalam air selama 12 jam, dan pemanasan 40°C atau 50°C selama 48 jam yang diikuti perendaman dalam air selama 12 jam. Secara praktis, dapat dipilih dua perlakuan terbaik, yaitu perendaman dalam air selama 12 jam atau pemanasan pada suhu 50°C selama 48 jam. Perlakuan tersebut mampu meningkatkan daya tumbuh di lapangan dari rata-rata 52,3% menjadi 79,3% (pemanasan 50°C selama 48 jam) sampai 81,3% (perendaman dalam air selama 12 jam) (Tabel 3).

Stratifikasi merupakan metode pengaturan suhu selama periode tertentu dengan tujuan untuk mematahkan dormansi (Kim *et al.* 2019). Hasil penelitian ini membuktikan bahwa pemanasan kering atau stratifikasi pada suhu 50°C selama 48 jam terbukti mampu meningkatkan daya tumbuh benih di lapangan dari rata-rata 52,3% menjadi 79,3% (Tabel 3). Pemanasan kering ini efektif untuk mematahkan dormansi benih kacang bambara karena dapat mengatasi masalah fisiologi sekaligus masalah rendahnya permeabilitas testa. Dormansi fisik dan fisiologi dapat diatasi dengan perlakuan skarifikasi dan stratifikasi (Choi *et al.* 2016). Pemanasan kering merupakan perlakuan alternatif selain perlakuan KNO₃ yang direkomendasikan ISTA (2018) untuk mengatasi dormansi *after-ripening*

pada benih padi yang terjadi karena hambatan fisiologi. Pemanasan kering juga mampu mengatasi masalah permeabilitas yang rendah, sebagaimana hasil penelitian Chaodumrikul *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa pemanasan kering mampu mengatasi masalah dormansi benih keras pada okra (*Luffa cylindrica*).

Intensitas dormansi pada lanras Tasikmalaya dilaporkan lebih tinggi dibanding lanras Sukabumi (Sari *et al.* 2021), demikian juga yang ditemukan pada penelitian ini. Lanras Sukabumi memiliki daya tumbuh rata-rata 82,4% dengan daya tumbuh pada kontrol tanpa pematihan dormansi 59,3%, sedangkan lanras Tasikmalaya memiliki daya tumbuh rata-rata masih 59,8% dengan daya tumbuh pada kontrol tanpa pematihan dormansi 45,3% (Tabel 3). Perlakuan pemanasan kering 50°C selama 48 jam cukup efektif pada lanras Sukabumi karena berhasil meningkatkan daya tumbuh dari 59,3% menjadi 86% (Tabel 3). Interaksi antara perlakuan pematihan dormansi dengan lanras tidak ditemukan pada semua tolak ukur pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa pola peningkatan daya tumbuh dan kecepatan tumbuh di lapangan tidak berbeda pada kedua lanras (Tabel 3). Perlakuan pemanasan kering 50°C selama 48 jam mampu meningkatkan daya tumbuh benih lanras Sukabumi sebesar 26,7% (dari 59,3 % menjadi 86%) dan 27,4% pada lanras Tasikmalaya (dari 45,3% menjadi 72,7%) (Tabel 3).

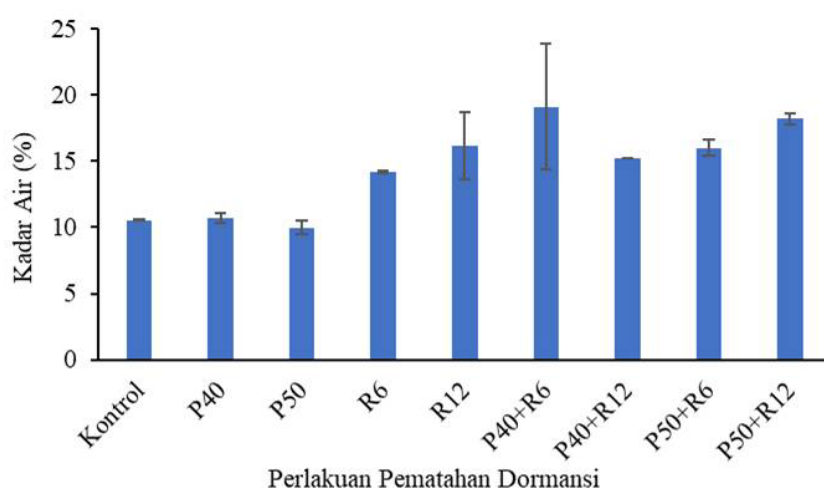
Benih tanaman pangan dapat dinyatakan mengalami patah dormansi ketika daya tumbuhnya telah mencapai 80%. Keberhasilan pematihan dormansi, khususnya pada lanras Tasikmalaya yang masih memiliki daya tumbuh kurang dari 80% pada

perlakuan tersebut, masih mungkin ditingkatkan dengan memperpanjang waktu pemanasan. Shiratsuchi *et al.* (2017) melaporkan bahwa pemanasan kering dengan suhu 50°C selama 5 hari efektif dilakukan pada benih padi yang memiliki dormansi *after-ripening*.

Suhu 50°C pada dasarnya merupakan suhu yang aman bagi benih ortodoks yang telah dikeringkan, namun munculnya benih keras yang *irreversible* perlu diwaspadai dalam penambahan waktu pemanasan kering. Hubungan dormansi dengan penurunan kadar air pada proses pengeringan benih kacang bambara meningkatkan rasio GA/ABA, namun impermeabilitas testa juga meningkat (Sari *et al.* 2020). Benih keras *impermeabel* dan tidak dapat balik dapat muncul pada benih legum bila kadar air benih terlalu rendah, sebagaimana hasil penelitian Shereena dan Salim (2006) pada benih *Pisum*

sativum yang diturunkan kadar airnya hingga 7,9%. Penelitian kali ini menunjukkan pemanasan kering 50°C selama 48 jam tidak menurunkan kadar air benih kacang bambara (tetap pada kisaran kadar air 10%) (Gambar 3), sehingga penambahan waktu pemanasan kering 50°C untuk meningkatkan efektivitas pematihan dormansi benih kacang bambara diduga akan tetap aman.

Permasalahan yang mungkin muncul pada metode pematihan dormansi dengan pemanasan kering adalah kebutuhan biaya selama proses pemanasan. Perendaman dalam air selama 12 jam merupakan alternatif pemecahan masalah tersebut. Perlakuan ini efektif untuk mematahkan dormansi benih kacang bambara dengan atau tanpa didahului dengan pemanasan kering. Perlakuan perendaman dalam air selama 12 jam mampu meningkatkan daya tumbuh benih lanras Sukabumi dari 59,3%



Gambar 3. Kadar air benih kacang bambara lanras Tasikmalaya setelah perlakuan pemataham dormansi. Keterangan: P40: pemanasan kering pada suhu 40°C selama 48 jam, P50: pemanasan kering pada suhu 50°C selama 48 jam, R6: perendaman dalam air selama 6 jam, R12: perendaman dalam air selama 12 jam. Bogor, 2017.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan pematihan dormansi pada dua lanras kacang bambara terhadap bobot kering bibit (g per bibit) di lapangan^{a)}. Bogor, 2017.

Pematahan dormansi	Lanras Sukabumi	Lanras Tasikmalaya	Rata-rata
Kontrol	0,14	0,16	0,15 a
Pemanasan 40°C 48 jam	0,14	0,15	0,15 a
Pemanasan 50°C 48 jam	0,16	0,19	0,17 a
Peredaman 6 jam	0,17	0,17	0,17 a
Perendaman 12 jam	0,18	0,18	0,18 a
Pemanasan 40°C 48 jam + perendaman 6 jam	0,14	0,17	0,16 a
Pemanasan 40°C 48 jam + perendaman 12 jam	0,17	0,18	0,17 a
Pemanasan 50°C 48 jam + perendaman 6 jam	0,18	0,19	0,18 a
Pemanasan 50°C 48 jam + perendaman 12 jam	0,20	0,19	0,19 a
Rata-rata	0,16 A	0,17 A	

^{a)}Pengujian dilakukan pada umur benih 3 MSP, Pengamatan dilakukan pada umur 15 HST.

Keterangan: Huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf kapital yang sama pada baris yang sama menunjukkan angka tidak berbeda nyata pada DMRT (α : 0,05). Pr > F untuk Lanras: 0,2245^{ns}; PD: 0,2817^{ns}; Lanras (PD): 0,9596^{ns}; KK: 18,41%, *: berbeda nyata; **: berbeda sangat nyata; ^{ns}: tidak nyata;

menjadi 90,7% dan meningkatkan daya tumbuh lanras Tasikmalaya dari 45,3% menjadi 72% (Tabel 3). Perlakuan pematihan dormansi tersebut dinilai aman karena peningkatan daya tumbuh dan kecepatan tumbuh (Tabel 3) diperoleh tanpa terjadi penurunan bobot kering bibit (Tabel 4).

Penelitian ini menghasilkan dua metode pematihan dormansi benih kacang bambara yang dapat diaplikasikan sesuai kebutuhan. Benih dorman yang akan segera ditanam oleh petani dapat dipatahkan melalui perendaman dalam air selama 12 jam karena metode ini cepat, mudah, dan hampir tanpa biaya. Benih kacang bambara yang akan segera dipasarkan setelah panen dapat dipatahkan dormansinya dengan metode pemanasan kering 50°C karena benih akan sampai ke tangan petani konsumen dalam kondisi siap tanam tanpa perlu khawatir mengalami kerusakan karena kadar air tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Benih kacang bambara memiliki dormansi *after-ripening* dengan dua faktor penyebab, yaitu masalah fisiologi keseimbangan hormon dan masalah fisik permeabilitas testa yang rendah. Dormansi tersebut patah secara alami selama benih dalam penyimpanan kering. Persistensi dormansi benih pada lanras Sukabumi mencapai 3,0–3,9 bulan.

Pematihan dormansi pada benih kacang bambara (umur 3 minggu setelah panen) dapat dilakukan secara efektif dengan pemanasan kering 50°C selama 48 jam atau dengan perlakuan perendaman dalam air selama 12 jam. Tidak ada interaksi antara jenis lanras dengan perlakuan pematihan dormansi. Kedua lanras memberikan respons peningkatan perkecambahan yang sama. Daya tumbuh lanras Tasikmalaya pada kedua perlakuan tersebut meningkat dari 45,3 % menjadi 72,7% dan 72%. Perlakuan yang sama mampu mematahkan dormansi benih lanras Sukabumi secara efektif dengan peningkatan daya tumbuh dari 59,3% menjadi 86% dan 90,7%.

Daya simpan benih kacang bambara setelah mengalami pematihan dormansi melalui metode pemanasan kering perlu diteliti sebelum direkomendasikan sebagai perlakuan pematihan dormansi untuk benih yang masih akan disimpan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar ZA, Muhammad A. 2013. Breaking seed dormancy in tamarind (*Tamarindus indica*) a case study of gombe local government area. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 17(1): 83-87.
- Adebola M, Adelanwa M, Mohammed M, Esson A. 2017. Variation mineral compositions of some bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Vredc.) accessions. *Recent Research in Science and Technology* 26: 06–09.
- Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. 2013. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3rd Ed. Springer Publishing, New York.
- Chaodumrikul S, Kaewson P, Chulaka P, Chanprasert W. 2016. Breaking seed dormancy in smooth loofah (*Luffa cylindrica* (L.) M. Roem) using scarification and dry heat treatment. *Agriculture and Natural Resources* 50(2): 85–88.
- Choi GE, Ghimire B, Lee H, Jeong MJ, Kim HJ, Ku JJ, Lee KM, Son SW, Lee CH, Park JI, Suh GU. 2016. Scarification and stratification protocols for breaking dormancy of *Rubus* (Rosaceae) species in Korea. *Seed Sci. Technol.* 44 (2): 239-252.
- Ilyas S, Diarni WT. 2007. Persistensi dan pematihan dormansi benih pada beberapa varietas padi gogo. *Jurnal Agrista* 11(2): 92-101.
- Ilyas S, Sopian O. 2013. Effect of seed maturity and invigoration on seed viability and vigor, plant growth, and yield of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Vredcourt). *Proc. 2nd Int. Symp. on Underutilized Plants Species "Crops for the Future–Beyond Food Security"*. F. Massawe *et al.* (Eds.). ActaHort 979: 695–702.
- ISTA [International Seed Testing Association]. 2018. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2018. International Seed Testing Association. Zurich. Switzerland.
- Kim SY, Warpeha KM, Huber SC. 2019. The brassinosteroid receptor kinase, BRI1, plays a role in seed germination and the release of dormancy by cold stratification. *Plant Physiol* 241(8): 1-8.
- Koné M, Koné T, Silué N, Soumahoro AB, Kouakou TH. 2015. In vitro seeds germination and seedling growth of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Vredc. (Fabaceae)). *Scientific World Journal* 2015: 1–8.
- Krzyzanowski FC, Neto JBF, Mandarino JMG, Kaster M. 2008. Evaluation of lignin content of soybean seed coat stored in a controlled environment. *Revista Brasileira de Sementes* 30(2): 220–223.
- Leubner-Metzger G. 2002. Seed after-ripening and over-expression of class I α -1,3 glucanase confer maternal effects on tobacco testa rupture and dormancy release. *Planta* 215(6): 959–968.
- Manggung RER. 2015. Studi fenologi, morfologi, dan penentuan masak fisiologi benih kacang bambara (*Vigna subterranea* (L.) Vredc.) berdasarkan konsep

- photothermal unit*. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Indonesia. [tidak dipublikasikan]
- Miya S, Modi AT. 2017. Overcoming the physical seed dormancy in bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.) by scarification: A seed quality study slindile precious. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 7: 13–24.
- Masara C, Chitamba J, Nhuvira C. 2015. Evaluation of different seed dormancy breaking techniques on okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seed germination. *African Journal of Agricultural Research* 10(17): 1952-1956.
- Nelson SK, Ariizumi T, Steber CM. 2017. Biology in the dry seed: Transcriptome changes associated with dry seed dormancy and dormancy loss in the *Arabidopsis* GA-insensitive *sleepy1-2* mutant. *Frontier in Plant Science* 22(8): 2158.
- Olaleye AA, Adeyeye EI, Adesina AJ. 2013. Chemical composition of bambara groundnut (*V. subterranea* L. Verdc) seed parts. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 48(3): 167–178.
- Putri AA, Widajati E, Ilyas S. 2023. Determination of physiological maturity and methods for breaking dormancy of rice seeds of IPB 3S variety. *International Conference on Modern and Sustainable Agriculture (ICOMSA)*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1133 (2023) 012006 IOP Publishing.
- Rajan D, Kumar R, Devyani K, Ramya MJ. 2020. Role of ethrel and storage in dormancy breaking in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(2): 2550-64.
- Ran X, Wan H, Li J, Liang Y, Xu J. 2015. An Investigation of the relationship between lignin content and seed coat traits in yellow-seeded *Brassica napus* L. *Academia Journal of Agricultural Research* 3(1): 1–8.
- Sari M, Ilyas S, Suhartanto MR, Qadir A. 2020. Perubahan perilaku dormansi selama proses desikasi pada benih kacang bambara (*Vigna subterranea* L. Verdc.). *Jurnal Agronomi Indonesia* 48(1): 37-43.
- Sari M, Ilyas S, Suhartanto MR, Qadir A. 2021. Pre-harvest sprouting on high-level seed dormancy of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) landraces. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 22(12): 5617–5623.
- Shereena J, Salim N. 2006. Influence of seed moisture content and leakage on germination and viability in *Pisum sativum* L. seeds. *International Journal of Botany* 2: 277–430.
- Shiratsuchi H, Ohdaira Y, Yamaguchi H, Fukuda A. 2017. Breaking the dormancy of rice seeds with various dormancy levels using steam and high temperature treatments in a steam nursery cabinet. *Journal Plant Production Science* 20: 183–192.
- Tuttle KM, Martinez SA, Schramm EC, Takebayashi Y, Seo M, Steber CM. 2015. Grain dormancy loss is associated with changes in ABA and GA sensitivity and hormone accumulation in bread wheat, *Triticum aestivum* (L.). *Seed Science Research* 25(2): 179–193.

Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1 Tahun 2023, hlm 1-60

Sri Wahyuni Indiaty	1
Titik Sundari	21
Yuliantoro Baliadi	32

Daftar Isi

<i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acarina: Tetranychidae) dan Faktor Ekstrinsik Penentu Pertumbuhan Populasi	
Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani, Sri Wahyuni Indiaty	1-12
Diversity of Agronomic Characters of Pigeon Pea (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.) Genetic Resources	
Pratanti Haksiwi Putri, Novita Nugrahaeni, Rudy Soehendi	13-20
Peningkatan Produksi Kedelai pada Sistem Wanatani Berbasis Jati dengan Varietas Unggul Baru dan Perbaikan Budidaya	
Herdina Pratiwi, Agustina Asri Rahmianna, Titik Sundari	21-31
Sistem Agroekonomi Komoditas Porang (<i>Amorphophalus muelleri</i> Blume)	
Siti Mutmaidah, Fachrur Rozi, Yuliantoro Baliadi, Agustina Shinta Hartati Wahyuningtyas, Fitria Dina	32-41
Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Ari Kedelai dan Rhizobium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (<i>Glycine max</i> L.)	
Syatrianty Andi Syaiful, Rusnadi Padjung, Rika Wulandari	42-49
Dormansi Benih Kacang Bambara (<i>Vigna subterranea</i> L. Verdc): Faktor Penyebab dan Metode Pematahannya	
Maryati Sari, Satriyas Ilyas, M Rahmad Suhartanto, Abdul Qadir	50-59
Indeks Buletin Palawija Volume 21 Nomor 1 Tahun 2023	60

Indeks Penulis

Agustina Asri Rahmianna	21
Agustina Shinta Hartati Wahyuningtyas	32
Abdul Qadir	50
Fachrur Rozi	32
Fitria Dina	32
Herdina Pratiwi	21
Marida Santi Yudha Ika Bayu	1
Maryati Sari	50
M Rahmad Suhartanto	50
Novita Nugrahaeni	13
Pratanti Haksiwi Putri	13
Rika Wulandari	42
Rudy Soehendi	13
Rusnadi Padjung	42
Satriyas Ilyas	50
Syatrianty Andi Syaiful	42
Siti Mutmaidah	32

Indeks Subjek

after-ripening	50
analisis klaster	13
analisis komponen utama	13
benih keras	50
<i>cajanus cajan</i>	13
fotoperiod	1
<i>Glycine max</i>	21, 42
hasil biji	42
jarak tanam	21
karakterisasi	13
kelayakan ekonomi	32
kulit ari kedelai	42
lahan terbuka	32
lignin	50
naungan	21
naungan pohon jati	32
pemupukan NPK	21
persistensi dormansi	50
porang	32
pupuk organik cair	42
Rhizobium	42
suhu	1
tanaman inang	1
<i>Tectona grandis</i>	21
<i>Tetranychus urticae</i>	1
usaha tani	32
viabilitas benih	50
waktu perkembangan	1

