

BULETIN Palawija

PENANGGUNG JAWAB:

Kepala Balitkabi

Dewan Redaksi

Ketua

Prof. Dr. Didik Harnowo

Teknologi Benih

Wakil Ketua

Eriyanto Yusnawan, PhD

Penyakit Tanaman

ANGGOTA

Prof. Dr. Made Jana Mejaya, MSc

Pemuliaan Tanaman

Dr. Heru Kuswantoro

Pemuliaan Tanaman

Ir. Joko Susilo Utomo, PhD

Pasca Panen Mekanisasi Pertanian

Ir. Fachrur Rozi, MS

Ekonomi Pertanian

Dr. Andy Wijanarko

Ilmu Tanah

Ir. Erliana Ginting, MSc

Teknologi Pangan

Prof. Dr. Arief Harsono

Ekofisiologi Tanaman

Ir. Abdullah Taufiq, MP

Ilmu Tanah

Dr. Agustina Asri Rahmianna

Ekofisiologi Tanaman

MITRA BESTARI

Dr. Sc.Agr. Agung Karuniawan, MScAgr

Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS

Ilmu Tanah

Prof. Dr. Ratya Anindita

Ekonomi Pertanian

Prof. Dr. Subiyakto

Entomologi

Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS, PhD

Penyakit Tanaman

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

Mekanisasi Pertanian

Prof. Dr. Harijono, M.App. SE

Teknologi Pangan

REDAKSI PELAKSANA

Bambang Sri Koentjoro, SP, MKom

Dian Adi Anggraeni, STP, M.AgrSc, MAP

Dr. Runik Dyah Purwaningrahyu, SP, MP

Apri Sulistyio, SP, MSi

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAg

SEKRETARIAT

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAg

FREKUENSI TERBIT

Dua nomor per tahun: Mei dan Oktober

ALAMAT

Redaksi Buletin Palawija

Balitkabi, Jalan Raya Kendalpayak km 8 Kotak Pos 66

Malang 65101 Tel. 0341-801468 Fax. 0341-801496

e-mail: bpalawija@gmail.com

ISSN 1693-1882

E-ISSN 2615-8108

Daftar Isi

Volume 17 Nomor 1 Mei 2019

Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Mung Bean Seed Cultivars from Optimized Extraction Treatment

Eriyanto Yusnawan, Sutrisno,

Afandi Kristiono 1-9

Evaluasi Toleransi Sumber Daya Genetik Kedelai terhadap Cekaman Salinitas

Abdullah Taufiq, Novita Nugrahaeni,

Gatut Wahyu Anggoro Susanto 10-20

Evaluasi Mutu Tahu dari Beberapa Varietas Unggul Kedelai Dibuat oleh Beberapa Pengrajin

Alvi Yani, Joko Susilo Utomo 21-29

Pengembangan Model Simulasi Swasembada Kedelai Berbasis Web SIWAKA.INS

I Ketut Tastra, Farid Rakhmat Abadi

Bambang Sri Koentjoro 30-39

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Ubi Kayu dengan Tingkat Pupuk yang Berbeda di Lahan Tegakan Jati Muda

Sri Wahyuningsih, Sutrisno 40-45

Keunggulan Kompetitif Agronomis dan Ekonomis Lima Belas Genotipe Kedelai pada Tumpangsari dengan Jagung

Titik Sundari, Siti Mutmaidah,

Yuliantoro Baliadi 46-56

Indeks Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1

Tahun 2019 57

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

KATA PENGANTAR

Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1 berisi empat artikel komoditas kedelai, satu artikel kacang hijau, dan satu artikel ubi kayu. Keempat artikel tentang kedelai tersebut terkait dengan : a) Evaluasi toleransi sumber daya genetik kedelai terhadap cekaman salinitas, b) Evaluasi mutu tahu dari beberapa varietas unggul kedelai yang dibuat oleh beberapa pengrajin, c) Pengembangan model simulasi swasembada kedelai berbasis web SIWAKA.INS, dan d) Keunggulan kompetitif agronomis dan ekonomis lima belas genotipe kedelai pada tumpangsari dengan jagung. Artikel tentang kacang hijau yakni *Total phenolic content and antioxidant activity of mung bean seed cultivars from optimized extraction treatment*, sedangkan artikel tentang ubi kayu yakni Pertumbuhan dan produktivitas beberapa varietas ubi kayu dengan tingkat pupuk yang berbeda di lahan tegakan jati muda. Komoditas jagung pada terbitan ini tidak muncul sebagai artikel tersendiri, tetapi menjadi satu dengan artikel kedelai dalam sistem tumpangsari. Informasi dalam artikel yang terbit kali ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan bagi pengambilan kebijakan untuk pengembangan komoditas kedelai, kacang hijau, ubi kayu, dan jagung berbasis agroekosistem/spesifik lokasi.

Redaksi

BULLETIN Palawija

PENANGGUNG JAWAB:

Kepala Balitkabi

Dewan Redaksi

Ketua

Prof. Dr. Didik Harnowo

Teknologi Benih

Wakil Ketua

Eriyanto Yusnawan, PhD

Penyakit Tanaman

ANGGOTA

Prof. Dr. Made Jana Mejaya, MSc

Pemuliaan Tanaman

Dr. Heru Kuswantoro

Pemuliaan Tanaman

Ir. Joko Susilo Utomo, PhD

Pasca Panen Mekanisasi Pertanian

Ir. Fachrur Rozi, MS

Ekonomi Pertanian

Dr. Andy Wijanarko

Ilmu Tanah

Ir. Erliana Ginting, MSc

Teknologi Pangan

MITRA BESTARI

Dr. Sc.Agr. Agung Karuniawan, MScAgr

Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS

Ilmu Tanah

Prof. Dr. Ratya Anindita

Ekonomi Pertanian

Prof. Dr. Subiyakto

Entomologi

Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS, PhD

Penyakit Tanaman

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

Mekanisasi Pertanian

Prof. Dr. Harijono, M.App. SE

Teknologi Pangan

REDAKSI PELAKSANA

Bambang Sri Koentjoro, SP, MKom

Dian Adi Anggraeni, STP, M.AgrSc, MAP

Dr. Runik Dyah Purwaningrahyu, SP, MP

Apri Sulisty, SP, MSi

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAgr

SEKRETARIAT

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAgr

FREKUENSI TERBIT

Dua nomor per tahun: Mei dan Oktober

ALAMAT

Redaksi Buletin Palawija

Balitkabi, Jalan Raya Kendalpayak km 8 Kotak Pos 66

Malang 65101 Tel. 0341-801468 Fax. 0341-801496

e-mail: bpalawija@gmail.com

ISSN 1693-1882

E-ISSN 2615-8108

Daftar Isi

Volume 17 Nomor 1 Mei 2019

Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Mung Bean Seed Cultivars from Optimized Extraction Treatment

Eriyanto Yusnawan, Sutrisno,

Afandi Kristiono 1-9

Evaluasi Toleransi Sumber Daya Genetik Kedelai terhadap Cekaman Salinitas

Abdullah Taufiq, Novita Nugrahaeni,

Gatut Wahyu Anggoro Susanto 10-20

Evaluasi Mutu Tahu dari Beberapa Varietas Unggul Kedelai Dibuat oleh Beberapa Pengrajin

Alvi Yani, Joko Susilo Utomo 21-29

Pengembangan Model Simulasi Swasembada Kedelai Berbasis Web SIWAKA.INS

I Ketut Tastra, Farid Rakhmat Abadi

Bambang Sri Koentjoro 30-39

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Ubi Kayu dengan Tingkat Pupuk yang Berbeda di Lahan Tegakan Jati Muda

Sri Wahyuningsih, Sutrisno 40-45

Keunggulan Kompetitif Agronomis dan Ekonomis Lima Belas Genotipe Kedelai pada Tumpangsari dengan Jagung

Titik Sundari, Siti Mutmaidah,

Yuliantoro Baliadi 46-56

Indeks Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1

Tahun 2019 57

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

KATA PENGANTAR

Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1 berisi empat artikel komoditas kedelai, satu artikel kacang hijau, dan satu artikel ubi kayu. Keempat artikel tentang kedelai tersebut terkait dengan : a) Evaluasi toleransi sumber daya genetik kedelai terhadap cekaman salinitas, b) Evaluasi mutu tahu dari beberapa varietas unggul kedelai yang dibuat oleh beberapa pengrajin, c) Pengembangan model simulasi swasembada kedelai berbasis web SIWAKA.INS, dan d) Keunggulan kompetitif agronomis dan ekonomis lima belas genotipe kedelai pada tumpangsari dengan jagung. Artikel tentang kacang hijau yakni *Total phenolic content and antioxidant activity of mung bean seed cultivars from optimized extraction treatment*, sedangkan artikel tentang ubi kayu yakni Pertumbuhan dan produktivitas beberapa varietas ubi kayu dengan tingkat pupuk yang berbeda di lahan tegakan jati muda. Komoditas jagung pada terbitan ini tidak muncul sebagai artikel tersendiri, tetapi menjadi satu dengan artikel kedelai dalam sistem tumpangsari. Informasi dalam artikel yang terbit kali ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan bagi pengambilan kebijakan untuk pengembangan komoditas kedelai, kacang hijau, ubi kayu, dan jagung berbasis agroekosistem/spesifik lokasi.

Redaksi

Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Mung bean Seed Cultivars from Optimized Extraction Treatment

Fenolik Total dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Kacang Hijau dari Perlakuan Ekstraksi yang Dioptimasi

Eriyanto Yusnawan*, Sutrisno, Afandi Kristiono

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jalan Raya Kendalpayak Km. 8 Malang
e-mail: eyusnawan@litbang.pertanian.go.id

NASKAH DITERIMA 13 FEBRUARI 2019; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 21 MEI 2019

ABSTRACT

Secondary metabolites are produced by plants both during normal growth and under biotic and abiotic stresses. Apart from genetic and environmental factors, the secondary metabolite contents are also influenced by analytical methods. The aims of this study were to obtain suitable solvents and extraction treatments which produced high total flavonoid and phenolic contents as well as antioxidant activity in shiny and dull green mung beans. An extraction of 0.5 g sample with grade ≤ 80 mesh in 70% acetone was selected to estimate the contents of total flavonoids and phenolics. A treatment of shaking the sample in 70% acetone (1:10 w/v) for 2 h and followed by 18 h of maceration with twice extractions showed the highest amounts of flavonoid as well as phenolic contents. Total flavonoid and phenolic contents of 14 mung bean cultivars ranged from 1.28 to 2.35 mg CE/g and 3.74 to 6.58 mg GAE/g, respectively. Antioxidant activity represented by percentage of DPPH inhibition varied from 66.8 to 91.5%. A dull green mung bean cultivar Vima 1 had the highest total flavonoid and phenolic contents (2.35 mg CE/g and 6.58 mg GAE/g). Antioxidant activity of Vima 1 cultivar (91.5%) was not different from those of Perikutut (91.5%), Murai (90.1%) and Sriti (88.9%). The small quantity of sample (0.5 g) combined with the simple extraction treatment was effective in quantifying the different contents of total flavonoids and phenolics in mung bean seeds.

Keywords: antioxidant activity, extraction, phenolic, flavonoid, mung bean

ABSTRAK

Metabolit sekunder merupakan senyawa yang dihasilkan tanaman selama pertumbuhannya, baik dalam kondisi normal maupun tercekam. Kandungan metabolit sekunder, selain dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, juga dipengaruhi oleh metode analisis yang digunakan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan jenis pelarut dan perlakuan ekstraksi yang menghasilkan kandungan flavonoid dan fenolik total tinggi serta aktivitas antioksidan biji kacang hijau. Perlakuan ekstraksi untuk analisis kandungan flavonoid dan fenolik total menggunakan bobot sampel 0,5 g, ukuran partikel ≤ 80 mesh dan pelarut 70% aseton. Kandungan flavonoid dan fenolik total tertinggi diperoleh pada ekstraksi dengan

pengocokan selama 2 jam dalam pelarut 70% aseton (1:10 b/v) diikuti maserasi selama 18 jam dan dua kali ekstraksi. Kandungan flavonoid dan fenolik total dari 14 varietas kacang hijau berkisar antara 1,28-2,35 mg CE/g dan 3,74-6,58 mg GAE/g dengan aktivitas antioksidan antara 66,8% hingga 91,5%. Kacang hijau dengan warna kulit biji hijau kusam, yaitu Vima 1, memiliki kandungan flavonoid dan fenolik total tertinggi, masing-masing 2,35 mg CE/g dan 6,58 mg GAE/g. Aktivitas antioksidan dari varietas Vima 1 (91,5%) tidak berbeda dengan Perikutut (91,5%), Murai (90,1%) dan Sriti (88,9%). Penggunaan sampel 0,5 g dan diekstrak dengan cara sederhana efektif untuk mengukur perbedaan kandungan flavonoid dan fenolik total pada biji kacang hijau.

Kata kunci: aktivitas antioksidan, ekstraksi, fenolik, flavonoid, kacang hijau

INTRODUCTION

Mung beans are rich in starch, oligosaccharides, proteins, amino acids, fibre, polyphenols, and natural antioxidants (Kim *et al.* 2012; Tang *et al.* 2014). Regarding to their good nutrients and high bioactive compounds as well as good taste and flavor, mung bean seeds are considerably utilized for both traditional and industrial foods (Tang *et al.* 2014). Sprouts, porridge, weaning food, snacks, cookies, and transparent noodle are some foods prepared from mung bean.

During the growth phase, plants normally produce secondary metabolites such as phenolic compounds including phenolic acids (benzoic and cinnamic acid derivatives), simple phenols, flavonoids, stilbenes, tannins, lignans, and lignins (Chon 2013). The production of these compounds significantly increase when the plants are triggered by both biotic and abiotic stresses as well as symbiotic micro-organisms such as infection by plant pathogens, wounding caused by insect pests and herbivores, excess amount of UV radiation, and nodulation (Boue *et al.* 2009; Couto *et al.* 2011; Dardanelli *et*

al. 2012; Silva *et al.* 2013). The roles of secondary metabolites, particularly phenolic compounds are to protect the seedling from infection of soil borne pathogens after germination (Swamy *et al.* 2016). These compounds are also beneficial to protect leaves, fruits, and seeds against plant pathogens at the later growth of the crops (Lygin *et al.* 2009; Mikulic-Petkovsek *et al.* 2011; Ruiz-Garcia and Gomez-Plaza 2013).

A number of phenolic content analyses in seeds of leguminous crops has been studied (Nithiyanantham *et al.* 2012; Siger *et al.* 2012; Boudjou *et al.* 2013) for either determination of total phenolic contents or an individual phenolic or a group of phenolic compounds (Chon 2013). Prior to be quantified, the targeted compounds must be extracted from the samples using suitable solvents and extraction treatments. Therefore, extraction and sample preparation techniques as the first step of any secondary metabolite studies are essential as they would influence the final results and outcome (Azmir *et al.* 2013).

Various extraction methods of plant phenolic compounds can be conducted either using traditional or non-traditional methods for specific goals. Traditional techniques include solid liquid extraction, soxhlet extraction, sonication and blending, while microwave heating, extrusion, enzyme digestion, electric field, ohmic heating, supercritical fluids, and accelerated solvents belong to non-traditional methods (Ghafoor *et al.* 2012; Azmir *et al.* 2013). Even though traditional methods are considered time consuming and need large amount of samples, sorbent, and organic solvents (Mustafa and Turner, 2011), these approaches are still applied in many laboratories where access to modern equipments is limited.

In particular for mung bean, extraction of defatted mung bean was conducted through stirring and sonicating in acidified 80% ethanol for 1 h (Lee *et al.* 2011). Ethyl acetate, methanol, *n*-hexane, and *n*-butanol were also used to extract dry seeds and sprout of mung beans by boiling the samples under reflux (Kim *et al.* 2012). Repeated extraction up to three times was done for mung bean seeds and sprouts using methanol (99.8%) and shaking for 20 minutes (Pajak *et al.* 2014).

Studies on the extraction efficiency of mung bean secondary metabolites, particularly employing different concentration levels of organic solvents as well as extraction methods are still limited. Yusnawan (2018) extracted soybean flour using methanol, ethanol, and acetone in combination with several traditional extraction methods. The similar treatments

for extraction of mung bean flour have not been carried out yet. Therefore, this current study aimed to investigate effects of different concentration levels of organic solvent, particle sizes, and traditional extraction methods on total flavonoid and phenolic contents as well as antioxidant activity in mung bean seeds. The optimized extraction method was then used to determine the contents of the secondary metabolites in selected mung bean cultivars.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of Mung Bean Sample

Intact seeds of 14 mung bean cultivars, *i.e.* Betet, Walet, Gelatik, Parkit, Merpati, Sriti, Kenari, Murai, Perkutut, Sampeong, Kutilang, Vima 1, Vima 2, and Vima 3 were crushed into fine powder using a sample mill. The powder was gradually sieved to obtain different particle sizes ($>70 - \leq 60$ mesh, $>80 - \leq 70$ mesh, and ≤ 80 mesh). All seeds were obtained from mung bean germplasm collection of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute.

Trial 1: Extraction of Mung Bean Flour using Different Solvents

Organic solvents of acetone, methanol and ethanol with different concentration levels (50%, 70% and 80%) were used to extract mung bean secondary metabolites (Yusnawan 2018). Acetic acid at a final concentration of 0.5% was added into solvents to acidify the solvents. Mung bean flour of Vima 1 cultivar and the extraction solvents (1:10 w/v) were shaken for 2 h in capped amber glass prior to 18 h of maceration. Twice extractions were conducted. The supernatant obtained from the first and the second extractions were pooled and stored at 4 °C. Total flavonoid and phenolic contents as well as antioxidant activity were determined based on the wet basis of the samples, and the optimized concentration was used for trial 2.

Trial 2: Effect of Different Weights of Mung Bean Flour in Combination with Particle Sizes on Secondary Metabolites

Three weight samples of mung bean flour (0.5 g, 1.0 g, and 2.5 g) in combination with three particle sizes ($>70 - \leq 60$ mesh, $>80 - \leq 70$ mesh, and ≤ 80 mesh) were extracted with the optimized solvent obtained from trial 1. Total flavonoid and phenolic contents as well as antioxidant capacity were determined, and the optimized treatment was used for trial 3.

Trial 3: Effect of Different Extraction Treatments on Mung Bean Secondary Metabolites

Treatments of shaking, maceration and ultrasonic assisted extraction (UAE) were employed to extract the secondary metabolites. There were 12 combinations derived from these treatments:

- 1) the sample in extraction solvent (1:20 w/v) were shaken for 2 h and macerated for 18 h, and the supernatant was collected after centrifugation,
- 2) the sample in extraction solvent (1:10 w/v) was shaken for 2 h and macerated for 18 h and then centrifuged (this procedure repeated twice), then the supernatant obtained from the first and the second extraction was combined,
- 3) the sample in extraction solvent (1:20 w/v) was macerated for 20 h, and the supernatant was collected,
- 4) the sample in extraction solvent (1:10 w/v) was macerated for 20 h, and then centrifuged (this procedure repeated twice), then the first and the second supernatant were pooled,
- 5) UAE for 5 min followed by maceration for 20 h was conducted to the sample in extraction solvent (1:20 w/v), and the supernatant was collected,
- 6) the same procedure as treatment 5 was performed with prolong UAE for 10 min,
- 7) twice extractions of UAE for 5 min followed by maceration for 20 h of the sample in extraction solvent (1:10 w/v), and then the two supernatants were pooled,
- 8) the same treatment as that of 7 was performed with prolong UEA for 10 min,
- 9) UAE for 5 min was carried out to the sample in extraction solvent (1:20 w/v), and then the supernatant was collected,
- 10) the same treatment as that of 9 was conducted with prolong UAE for 10 min,
- 11) twice extractions of UEA for 5 min of the sample in extraction solvent (1:10 w/v) was performed, and the supernatant obtained from the first and the second extractions was pooled,
- 12) the same treatment as that of 11 was carried out with prolong UAE for 10 min.

Total flavonoid (Lee *et al.* 2011) and phenolic contents (Kim *et al.* 2012) as well as antioxidant capacity (Yusnawan 2018) were determined.

Total Flavonoid Content Determination

Determination of total flavonoid content in samples using following procedure developed by Lee

et al. (2011) with a minor modification. The sample extracts and distilled water at ratio of 1:5 v/v were thoroughly mixed in a tube. Sodium nitrite solution (1:20 v/v) was added to the sample and mixed. After incubation for 6 min, aluminum chloride solution was added and incubated for 5 min. Prior to addition of distilled water, sodium hydroxide (1000 μ L) was added to the mixed solution. After being thoroughly mixed, absorbance values were measured at 510 nm using a spectrophotometer. Total flavonoid contents in the sample were expressed as catechin equivalents per gram of the sample (mg CE/g).

Total Phenolic Content Determination

An assay to determine total phenolic content was conducted according to Kim *et al.* (2012) with a slight modification. The mung bean extracts were diluted in distilled water (1:60 v/v) and Folin Ciocalteu's reagent was added (250 μ L). Incubation for 8 min was carried out after the solution was added with sodium carbonate (750 μ L) and distilled water. After incubation for 2 h, the absorbance value of the samples was spectrophotometrically determined at 765 nm. Total phenolic content was expressed as gallic acid equivalent per gram of sample (mg GAE/g).

Antioxidant Activity Determination

Mung bean extracts (1:19 v/v) were reacted in 1 mM ethanolic DPPH solution, and then it incubated in the dark room for 30 min to allow complete reaction. Absorbance values (A) of the control and sample were measured using a spectrophotometer at 515 nm (Yusnawan 2018). Discoloration percentage which represents antioxidant activity of the mung bean extracts was calculated as follows:

$$\text{percent discoloration} = [1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})] \times 100\%$$

Contents of Flavonoids, Phenolics and Antioxidant Activity

Dry seeds of 14 mung bean cultivars which had dull green *testa*/seed coat color (Vima 3, Vima 1, Murai, Sriti, Gelatik, Betet) and shiny seed coat color (Vima 2, Kutilang, Sampeong, Perkutut, Kenari, Merpati, Parkit, Walet) were finely crushed as described in the sample preparation. The samples were extracted using the optimized method obtained from trial 3. The data were analyzed in a completely randomized design with triplicate. Least significant difference was calculated to determine the differences among the treatments.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of Solvents on Secondary Metabolite Contents

Solvents used for extraction significantly influenced the contents of total flavonoids and phenolics in mung bean seeds (Table 1). Acetone gave higher values than both methanol and ethanol. Acetone at a concentration of 70% yielded the highest total flavonoid and phenolic contents as well as antioxidant activity, and therefore it was selected for further optimization. The result was in accordance with Zhang *et al.* (2013) which showed that extraction using acetone-based solvent resulted in higher total phenolic and flavonoid contents as well as DPPH scavenging capacity in mung beans than those of extracted in methanol. Kumar *et al.* (2010) also used 70% aqueous acetone to extract antioxidant components from yellow, green, and black soybeans.

Effect of Quantity and Particle Sizes of Mung Bean Flour Sample on Secondary Metabolites

The sample quantities in combination with the particle sizes influenced contents of total flavonoid and phenolic compounds extracted with 70% acetone (Table 2). Extraction using the smallest particle size showed the highest contents of total flavonoid and phenolic contents. Quantity of 0.5 g mung bean flour sample with particle size ≤ 80 mesh was not different from those of 1.0 and 2.5 g at the same particle sizes, and therefore it was chosen for practical extraction.

Small particle size of soybean sample (100 mesh) was also used by Kumar *et al.* (2010) to extract total phenolic contents from different seed coat colors. Yusnawan (2018) also used 0.5 g of sample flour with particle size $\leq 177 \mu\text{m}$ (or equal to ≤ 80 mesh) to extract phenolic and flavonoid contents in soybean seeds. Smaller particle size has larger surface contact between target analyte and extraction solvent, and therefore enhancing extraction efficiency (Azwanida 2015).

Effect of Different Extraction Treatments on Mung Bean Secondary Metabolites

The highest amounts of total flavonoid and phenolic contents (2.45 mg CE/g and 5.63 mg GAE/g) were obtained from treatment of shaking sample for 2 h followed by maceration for 18 h in 70% acetone (1:10 w/v) with twice extractions. Lesser amounts of these compounds (1.96 mg CE/g and 4.64 mg GAE/g) were obtained using the same treatment in a single extraction. Antioxidant activity measured using the combination of shaking and maceration treatments with single or twice extractions, on the other hand, showed the same values with 5-10 min of UAE treatment combined with maceration (Table 3).

Twice extractions in combination with overnight maceration to extract phenolic contents in soybeans was also used by Kumar *et al.* (2010). The repeated extraction allowed more time for analytes to contact with the solvents, and therefore extracted more phenolic contents. However, Yusnawan (2018) found the same amounts of extract soybean flavonoid and phenolic contents, either extracted with UAE followed

Table 1. Total flavonoid and phenolic contents, and antioxidant activity of Vima 1 mung bean cultivar extracted using different solvents

No.	Solvent	Total flavonoid content (mg CE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Inhibition of DPPH (%)
1	50% acetone	0.88 d	4.18 b	62.59 c
2	70% acetone	2.29 a	5.96 a	90.55 a
3	80% acetone	1.39 c	4.29 b	66.84 c
4	70% acidified acetone	1.60 b	5.89 a	82.67 b
5	50% methanol	0.30 gh	2.60 cd	22.96 d
6	70% methanol	0.33 g	2.18 e	18.64 de
7	80% methanol	0.47 f	1.68 f	13.26 f
8	70% acidified methanol	0.21 h	2.35 cde	22.16 d
9	50% ethanol	0.45 f	2.70 c	23.93 d
10	70% ethanol	0.62 e	2.19 e	16.27 ef
11	80% ethanol	0.54 ef	1.37 f	12.36 f
12	70% acidified ethanol	0.50 f	2.27 de	19.03 de

The numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different, LSD ($\alpha = 0.05$).

Table 2. Total flavonoid and phenolic contents, and antioxidant activity of Vima 1 mung bean cultivar extracted using various sample quantity and particle sizes

No.	Combination of sample weight and particle size	Total flavonoid content (mg CE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Inhibition of DPPH (%)
1	0.5 g, >70 – ≤60 mesh	1.81 bc	4.51 cd	84.07 a
2	0.5 g, >80 – ≤70 mesh	1.78 c	4.65 bc	83.65 a
3	0.5 g, ≤80 mesh	2.06 a	5.16 a	82.96 a
4	1.0 g, >70 – ≤60 mesh	1.74 c	4.72 abc	82.11 ab
5	1.0 g, >80 – ≤70 mesh	1.76 c	4.77 abc	83.19 a
6	1.0 g, ≤80 mesh	2.07 a	5.08 ab	85.38 a
7	2.5 g, >70 – ≤60 mesh	1.38 d	4.04 de	69.19 c
8	2.5 g, >80 – ≤70 mesh	1.35 d	3.98 e	68.29 c
9	2.5 g, ≤80 mesh	2.02 ab	4.91 abc	76.58 b

The numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different, LSD ($\alpha = 0.05$).

Table 3. Total flavonoid and phenolic contents, and antioxidant activity of Vima 1 mung bean cultivar extracted using different extraction methods

No.	Extraction method	Total flavonoid content (mg CE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Inhibition of DPPH (%)
1	Shaking-maceration-1 x 10 mL extraction	1.96 c	4.64 c	86.95 abc
2	Shaking-maceration-2 x 5 mL extraction	2.45 a	5.63 a	90.51 a
3	Maceration-1 x 10 mL extraction	1.87 cd	4.65 c	83.61 c
4	Maceration-2 x 5 mL extraction	2.21 b	5.19 b	89.24 ab
5	UAE 5 min-maceration-1 x 10 mL extraction	1.82 d	4.85 bc	85.61 bc
6	UAE 10 min-maceration-1 x 10 mL extraction	1.49 e	4.16 d	74.63 d
7	UAE 5 min-maceration-2 x 5 mL extraction	2.11 b	5.07 b	90.22 ab
8	UAE 10 min-maceration-2 x 5 mL extraction	2.17 b	5.21 b	88.62 ab
9	UAE 5 min-1 x 10 mL extraction	0.63 g	1.75 f	13.09 g
10	UAE 10 min-1 x 10 mL extraction	0.65 g	1.87 f	12.90 g
11	UAE 5 min-2 x 5 mL extraction	0.92 f	2.93 e	36.02 f
12	UAE 10 min-2 x 5 mL extraction	0.96 f	3.07 e	42.91 e

The numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different, LSD ($\alpha = 0.05$).

UAE = ultrasound-assisted extraction

by maceration and repeated twice or with shaking followed by maceration. This suggests that UEA gives the same effect as shaking because it enhances plant cell disruption that facilitate solvent penetration and mass transfers (Yusnawan 2018).

Total Flavonoid Content in Mung Bean Cultivars

Several flavonoid compounds are found in mung beans (Wang *et al.* 2008; Prokudina *et al.* 2012). Polyhydroxy substitutions in most flavonoids are classified as polyphenols and they have significant DPPH radical scavenging activity (Tang *et al.* 2014). Total flavonoid content of 14 mung bean samples varied significantly (Figure 1). Total flavonoid content of the six dull green mung bean cultivars varied from 1.51 to 2.35 mg CE/g, and the highest content was found in Vima 1 (2.35 mg CE/g). Eight shiny green mung bean cultivars had lower values of

flavonoid content ranging from 1.28 to 2.06 mg CE/g, and the highest content was observed in Perkutut cultivar. The difference of total flavonoid contents between dull and shiny mung bean cultivars needs to be further studied.

Genotypic variations of total flavonoid contents in mung beans were also investigated by Zhang *et al.* (2013). The highest value obtained from a particular cultivar was about 3.3 folds higher than the lowest one. The difference of the highest to the lowest flavonoid contents in the current study was much lower than found by Zhang *et al.* (2013) that was about 1.84 times, and it because of different flavonoid standard used. Lee *et al.* (2011) investigated a defatted sample of mung bean extracted with ethanol, and found the total flavonoid content of 1.49 mg CE/g, which was within the range of total flavonoid contents (1.28 to 2.35 mg CE/g) observed in the present study.

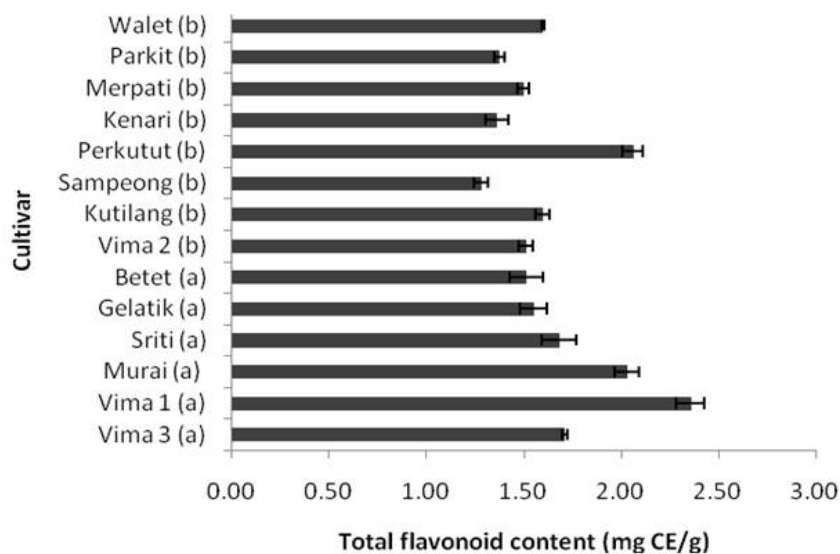


Figure 1. Total flavonoid content of fourteen mung bean cultivars. Bars represent standard deviation. (a) dull green and (b) shiny green seed coat

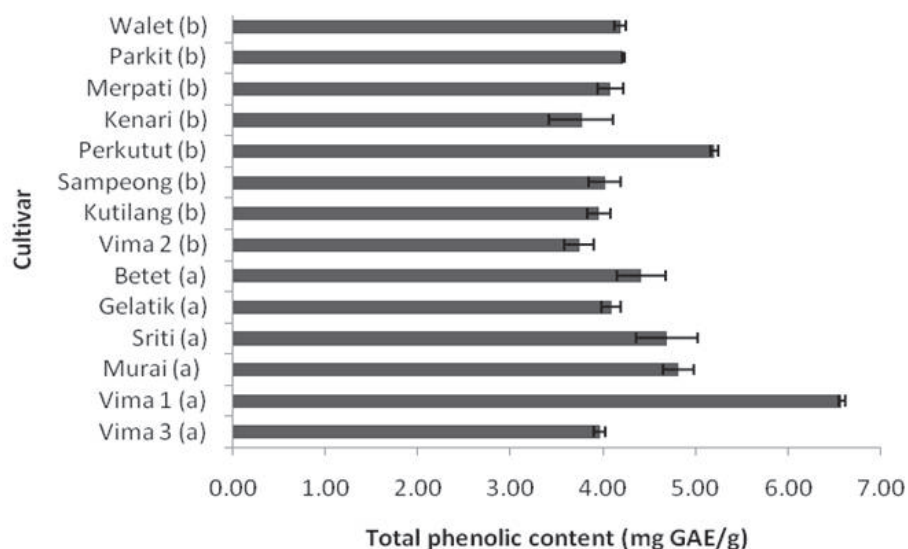


Figure 2. Total phenolic content of fourteen mung bean cultivars. Bars represent standard deviation. (a) dull green and (b) shiny green seed coat.

Total Phenolic Content in Mung Bean Cultivars

Mung beans are rich in phenolic acids which contribute to antioxidant activity. These phenolic acids are synthesized through phenylpropanoid, shikimate, and pentose phosphate pathways (Tang *et al.* 2014). The dull green mung bean cultivar of Vima 1 having the highest value of total flavonoid content also exhibited the highest total phenolic content (6.58 mg GAE/g) (Figure 2). The total phenolic contents of the dull group varied from 3.97 to 6.58 mg GAE/g, slightly higher than the contents in shiny green group (3.74 to 5.20 mg GAE/g). Among the shiny group, Perkutut cultivar showed the highest value (5.20 mg GAE/g). Among the 14

cultivars studied, Vima 1 has the highest phenolic content followed by Perkutut. Again, the genotypes of mung bean could be the reason in the difference of total phenolic contents and the compounds which are responsible for the high phenolic contents, but still needs to be investigated further.

Variations in total phenolic contents of mung bean cultivars have also been reported by Zhang *et al.* (2013). In their study, the phenolic contents of ten mung bean samples extracted with acetone-water (1:1 v/v) varied from 1.86 to 5.07 mg GAE/g, whereas those extracted in pure methanol ranged from 0.08 to 0.28 mg GAE/g. The lowest and the highest contents of total phenolics were still less than in the current study (3.74 to 6.58 mg GAE/g).

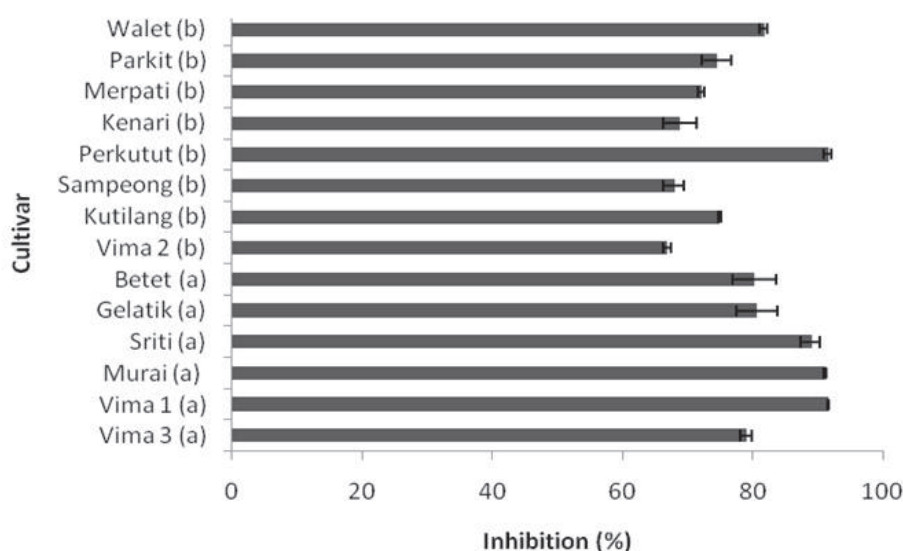


Figure 3. Antioxidant activity of fourteen mung bean cultivars. Bars represent standard deviation. (a) dull green and (b) shiny green seed coat.

Different secondary metabolite contents which were influenced by the extraction solvents were also investigated in this present study. This indicates that differences in total phenolic contents are determined by genotype, extraction solvent and extraction treatment.

Antioxidant Activity in Mung Bean Cultivars

Antioxidant activity as indicated by DPPH radical scavenging activity in 14 mung bean cultivars varied significantly (Figure 3). Antioxidant activities of three dull green mung bean cultivars, *i.e.* Vima 1 (91.5%), Murai (91.1%) and Sriti (88.9%) were similar to that of a shiny green mung bean, Perkutut (91.5%). Wider range of antioxidant activities from 66.8% to 91.5% were found in the shiny green group as compared to those in dull green mung bean cultivars, which ranged from 79.0% to 91.5%.

Antioxidant activity positively correlated to total flavonoid contents ($r = 0.85$, $p < 0.05$) and total phenolic contents ($r = 0.78$, $p < 0.05$). This finding was in agreement with Zhang *et al.* (2013) that found a strong positive correlation of water-acetone extract of mung beans between DPPH scavenging capacity and total phenolic contents ($r = 0.95$, $p < 0.01$) as well as between the antioxidant activity and total flavonoid contents ($r = 0.87$, $p < 0.01$). Flavones, flavonoids, isoflavone, and isoflavonoids are major flavonoid compounds in mung beans having high antioxidant activity. At least 44 individual compound of flavonoids have been identified in the mung bean seeds and sprouts (Wang *et al.* 2008; Prokudina *et al.* 2012). Two major antioxidant components of flavonoids, *i.e.* vitexin and isovitexin have been confirmed with HPLC, NMR and MS techniques

(Li *et al.* 2012; Zhang *et al.* 2013). Total phenolic contents of these two compounds varied depending on the cultivars, ranging from 4.41 to 5.01 mg/100 mL and 4.74 to 5.25 mg/100 mL for vitexin and isovitexin, respectively (Li *et al.* 2012).

Phenolic acids also contribute to antioxidant activity in legumes. Compounds of *p*-hydroxybenzoic, protocatechuic, syringic, gallic acid, vanillic acid, gentisic acid, shikimic acid, *p*-coumaric, cinnamic acid, caffeic acid, ferulic acid, chlorogenic acid, salicylic acid, and 3-hydroxycinnamic acid are phenolic acids identified in mung beans (Sosulski and Dabrowski 1984; Sawa *et al.* 1999; Zhang *et al.* 2013). Instead of phenolics compounds, tocopherols, carotenoids, phytic acid, saponins or *L*-ascorbic acid that are normally present in legumes may also collectively contribute to antioxidant activity (Lee *et al.* 2011; Pająk *et al.* 2014). Mung bean seeds contain high tocopherols (α -tocopherol ranged from 1.1 to 10.1 mg/kg, γ -tocopherol ranged from 60.7 to 80.9 mg/kg, and δ -tocopherol ranged from 4.6 to 11.2 mg/kg) and these contents depend on the cultivars (Anwar *et al.* 2007).

CONCLUSION

Extraction of secondary metabolites in mung beans using finer particle (≤ 80 mesh) produced higher amounts of total flavonoids and phenolics, and antioxidant activity. Shaking the sample in 70% acetone (1:10 w/v) for 2 h followed by maceration for 18 h with twice extractions is an effective and simple method for analyzing total flavonoid and phenolic contents. Small quantity of sample (0.5 g) is as effective as 1.0 g and 2.5 g for assessing total flavonoid and phenolic contents in mung beans,

and this is more practical and efficient particularly during assessing a large number of samples.

REFERENCES

- Anwar F, Latif S, Przybylski R, Sultana B, Ashraf M. 2007. Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. *Journal of Food Science* 72(7): S503-S510.
- Azmir J, Zaidul I, Rahman M, Sharif K, Mohamed A, Sahena F, Jaharul K, Ghafoor N, Norulaini, Omar A. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering* 117(4): 426-436.
- Azwanida N. 2015. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal and Aromatic Plants* 4(3): 1-6.
- Boudjou S, Oomah BD, Zaidi F, Hosseinian F. 2013. Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. *Food Chemistry* 138(2-3): 1543-1550.
- Boue SM, Cleveland TE, Carter-Wientjes C, Shih BY, Bhatnagar D, McLachlan JM, Burow, ME. 2009. Phytoalexin-enriched functional foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(7): 2614-2622.
- Chon S. 2013. Total polyphenols and bioactivity of seeds and sprouts in several legumes. *Current Pharmaceutical Design* 19(34): 6112-6124.
- Couto C, Silva LR, Valentão P, Velázquez E, Peix A, Andrade PB. 2011. Effects induced by the nodulation with *Bradyrhizobium japonicum* on *Glycine max* (soybean) metabolism and antioxidant potential. *Food Chemistry* 127(4): 1487-1495.
- Dardanelli MS, de Córdoba FJF, Estévez J, Contreras R, Cubo MT, Rodríguez-Carvajal MÁ, Gil-Serrano AM, Lopez-Baena JF, Bellogin R, Manyani H., Ollero FJ, Megias M. 2012. Changes in flavonoids secreted by *Phaseolus vulgaris* roots in the presence of salt and the plant growth-promoting rhizobacterium *Chryseobacterium balustinum*. *Applied Soil Ecology* 57: 31-38.
- Ghafoor K, Al-Juhaimi FY, Choi YH. 2012. Supercritical fluid extraction of phenolic compounds and antioxidants from grape (*Vitis labrusca* B.) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 67(4): 407-414.
- Kim D, Jeong SC, Gorinstein S, Chon S. 2012. Total polyphenols, antioxidant and antiproliferative activities of different extracts in mungbean seeds and sprouts. *Plant Foods for Human Nutrition* 67(1): 71-75.
- Kumar V, Rani A, Dixit AK, Pratap D, Bhatnagar D. 2010. A comparative assessment of total phenolic content, ferric reducing-anti-oxidative power, free radical-scavenging activity, vitamin C and isoflavones content in soybean with varying seed coat colour. *Food Research International* 43(1): 323-328.
- Lee JH, Jeon JK, Kim SG, Kim SH, Chun T, Imm J. 2011. Comparative analyses of total phenols, flavonoids, saponins and antioxidant activity in yellow soy beans and mung beans. *International Journal of Food Science & Technology* 46(12): 2513-2519.
- Li H, Cao D, Yi J, Cao J, Jiang W. 2012. Identification of the flavonoids in mungbean (*Phaseolus radiatus* L.) soup and their antioxidant activities. *Food Chemistry* 135(4): 2942-2946.
- Lygin AV, Li S, Vittal R, Widholm JM, Hartman GL, Lozovaya VV. 2009. The importance of phenolic metabolism to limit the growth of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology* 99(12): 1412-1420.
- Mikulic-Petkovsek M, Slatnar A, Veberic R, Stampar F, Solar A. 2011. Phenolic response in green walnut husk after the infection with bacteria *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 76(3): 159-165.
- Mustafa A, Turner C. 2011. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta* 703(1): 8-18.
- Nithiyanantham S, Selvakumar S, Siddhuraju P. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L. *Journal of Food Composition and Analysis* 27(1): 52-60.
- Pająk P, Socha R, Gałkowska D, Rożnowski J, Fortuna T. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chemistry* 143: 300-306.
- Prokudina E, Havlíček L, Al-Maharik N, Lapčík O, Strnad M, Gruz J. 2012. Rapid UPLC-ESI-MS/MS method for the analysis of isoflavonoids and other phenylpropanoids. *Journal of Food Composition and Analysis* 26(1-2): 36-42.
- Ruiz-García Y, Gómez-Plaza E. 2013. Elicitors: A tool for improving fruit phenolic content. *Agriculture* 3(1): 33-52.
- Sawa T, Nakao M, Akaike T, Ono K, Maeda H. 1999. Alkylperoxyl radical-scavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications for the anti-tumor-promoter effect of vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(2): 397-402.
- Siger A, Czubinski J, Kachlicki P, Dwiecki K, Lampart-Szczapa E, Nogala-Kalucka M. 2012. Antioxidant activity and phenolic content in three lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis* 25(2): 190-197.
- Silva LR, Pereira MJ, Azevedo J, Mulas R, Velazquez E, González-Andrés F, Valentao P, Andrade PB. 2013. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* enhances the organic and fatty acids content of soybean (*Glycine*

- max* (L.) Merrill) seeds. Food Chemistry 141(4): 3636-3648.
- Sosulski FW, Dabrowski KJ. 1984. Composition of free and hydrolyzable phenolic acids in the flours and hulls of ten legume species. Journal of Agricultural and Food Chemistry 32(1): 131-133.
- Swamy MK, Akhtar MS, Sinniah UR. 2016. Root exudates and their molecular interactions with rhizospheric microbes. In: Plant, Soil and Microbes (pp. 59-77). Springer, Cham.
- Tang D, Dong Y, Ren H, Li L, He C. 2014. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). Chemistry Central Journal 8(1): 4.
- Wang M, Gillaspie A, Morris J, Pittman R, Davis J, Pederson G. 2008. Flavonoid content in different legume germplasm seeds quantified by HPLC. Plant Genetic Resources 6(1): 62-69.
- Yusnawan E. 2018. Effects of different extraction methods on total phenolic content and antioxidant activity in soybean cultivars. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 102 (2018) 102039.
- Zhang X, Shang P, Qin F, Zhou Q, Gao B, Huang H, Yang H, Shi H, Yu LL. 2013. Chemical composition and antioxidative and anti-inflammatory properties of ten commercial mung bean samples. LWT-Food Science and Technology 54(1): 171-178.
-

Evaluasi Toleransi Sumber Daya Genetik Kedelai terhadap Cekaman Salinitas

Evaluation of Soybean Germplasm Tolerance to Salinity Stress

Abdullah Taufiq*, Novita Nugrahaeni, Gatut Wahyu Anggoro Susanto

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jalan Raya Kendalpayak Km. 8 Malang

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

NASKAH DITERIMA 2 FEBRUARI 2019; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 22 MEI 2019

ABSTRAK

Varietas kedelai toleran cekaman salinitas merupakan komponen utama budi daya kedelai pada tanah salin. Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi toleransi sumber daya genetik kedelai terhadap cekaman salinitas. Sebanyak 202 aksesori kedelai koleksi plasma nutfah Balitkabi dievaluasi pada lahan salin di Desa Lohgung, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan pada Juli-Oktober 2017. Evaluasi dilakukan pada dua lingkungan salinitas tanah, yaitu DHL (daya hantar listrik) 4,7-8,4 dS/m (L1) dan 8,8-15,4 dS/m (L2). Setiap aksesori ditanam dalam baris tunggal sepanjang 4 m dan jarak antarbaris 30 cm. Pengamatan terdiri atas DHL tanah, populasi dan tinggi tanaman akhir, komponen hasil dan hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah aksesori yang mengalami penurunan tinggi tanaman, populasi tanaman, dan bobot 100 biji $\geq 50\%$ akibat peningkatan salinitas dari L1 menjadi L2 hanya 2-4 aksesori, sedangkan untuk peubah jumlah polong isi dan hasil biji masing-masing 76 dan 64 aksesori. Berdasarkan jumlah aksesori pada tingkat penurunan peubah $\geq 50\%$, terindikasi bahwa peubah jumlah polong isi dan hasil biji lebih sesuai digunakan sebagai indikator penilaian toleransi terhadap cekaman salinitas. Toleransi terhadap salinitas dari aksesori yang diuji beragam. Teridentifikasi 52% aksesori tidak toleran dan 36% aksesori toleran salinitas L1 dengan hasil 1,5-3,0 t/ha, sedangkan 13% aksesori toleran salinitas L2 dengan hasil 1,5-1,8 t/ha kecuali satu aksesori dengan hasil 2,3 t/ha. Berdasarkan kenampakan gejala keracunan salin, sebagian besar aksesori yang tidak toleran termasuk inkluder dan hanya sebagian kecil yang ekskluder.

Kata kunci: kedelai, plasma nutfah, salinitas, toleransi

ABSTRACT

Soybean cultivar tolerant to salinity stress is a primary component in cultivating soybean on saline soil. The research to identify the tolerance of 202 soybean germplasm collections to salinity stress was conducted on saline soil at Lohgung village, Brondong Sub District, Lamongan District in July to October 2017. All accessions originated from ILETRI germplasm bank. The accessions evaluated at two salinity conditions *i.e* 4.7-8.4 dS/m (L1) and 8.8-15.4 dS/m (L2). Each accession was planted in a single row plot with 4 m long and 30 cm interrow wide. Collected data consisted of soil electrical conductivity, final plant population and plant height,

yield and yield attributes. Results showed that only 2-4 accessions with reduction of plant height, plant population, and 100 seeds weight of $\geq 50\%$ due to increasing salinity from L1 to L2, 76 accessions for number of filled pod, and 64 accessions for seed yield. Based on number accession affected and variable reduction $\geq 50\%$ indicates that number of filled pods and yields are more suitable as indicators of tolerance to salinity stress. The tolerance to salinity stress varied among accessions. Among 202 accessions evaluated, 52% was identified as intolerant and 36% tolerant at salinity L1 with the yield 1.5-3.0 t/ha, while 13% tolerant at salinity L2 with the yield 1.5-1.8 t/ha except one accession with the yield 2.3 t/ha. Based on salt injury symptoms, majority of the intolerant accessions were classified as includer and only some as excluder.

Keywords: soybean, germplasm, salinity, tolerance

PENDAHULUAN

Salinitas merupakan cekaman abiotik yang berpengaruh buruk bagi tanaman kedelai pada fase perkecambahan (Cokkizgin 2012; Agarwal *et al.* 2015; Kandil *et al.* 2015) dan fase generatif (Dolatabadian *et al.* 2011; Farhoudi dan Tafti 2011; Taufiq dan Purwaningrahayu 2013). Tanaman yang mengalami cekaman mengalokasikan energi lebih besar untuk menghadapi cekaman dibandingkan untuk pertumbuhannya (Munns dan Gilliam 2015).

Cekaman salinitas menurunkan respirasi aerob, merusak rambut akar, dan menghambat perkembangan bintil akar (Duzan *et al.* 2004), menurunkan fiksasi N (Mudgal 2004), dan serapan N (Van Hoorn *et al.* 2001). Penurunan fiksasi N terjadi karena penurunan leghaemoglobin dalam bintil akar dan aktivitas nitrat reduktase (Abd-El Baki *et al.* 2000; Flores *et al.* 2000; Duzan *et al.* 2004), serta aktivitas nitrogenase (Amirjani 2010). Cekaman salinitas menurunkan klorofil daun (Wang *et al.* 2001; Ghassemi-Golezani *et al.* 2011), biomas tanaman dan hasil biji (Van Hoorn *et al.* 2001; Mindari *et al.* 2009; Bustingorri dan Lavado 2011), kandungan gibberelin dan asam salisilat (Hamayun *et al.* 2010),

aktivitas enzim antioksidan katalase dan peroksidase, kandungan K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Cekaman salinitas meningkatkan asam absisat dan asam jasmonat (Hamayun *et al.* 2010), diamine oksidase, prolin, dan Na^+ (Amirjani 2010).

Toleransi varietas kedelai terhadap cekaman salinitas beragam. Varietas Wilis, Tanggamus, dan Gema toleran hingga DHL 5,8 dS/m (Purwaningrahyu *et al.* 2015), varietas Tidar, Lokon, Ringgit, Kipas Putih, dan Anjasmoro toleran pada DHL 2,88 dS/m sejak fase generatif (Susanto *et al.* 2016). Varietas Lokon, Wilis, Kipas Putih, Ringgit, dan Tidar tidak mampu bertahan hidup hingga panen, tetapi Anjasmoro mampu bertahan pada DHL 15,3-15,8 dS/m (Putri *et al.* 2017). Beberapa galur kedelai toleran hingga DHL 12,2 dS/m (Purwaningrahyu *et al.* 2015), toleran pada DHL 11,7-14,4 dS/m (Putri *et al.* 2017). Varietas toleran mampu memanfaatkan energi secara efisien pada kondisi tercekam, sehingga menghasilkan biomas lebih banyak (Munns dan Gilliam 2015). Varietas kedelai yang toleran salin mampu menghambat penyerapan Na, tetapi penyerapan K tetap tinggi (Essa 2002). Toleransi Varietas Anjasmoro berkaitan dengan kemampuannya menyerap K lebih banyak, sedangkan Galur Karat 13 mempunyai kemampuan menghambat penyerapan Na (Taufiq *et al.* 2016).

Penilaian toleransi terhadap cekaman salinitas dapat dilakukan berdasarkan perbedaan karakter antara kondisi cekaman dengan tanpa cekaman (Rosielle dan Hamblin 1981), kemampuan bertahan hidup dan parameter pertumbuhan (Munns dan James 2003), indeks toleransi cekaman (Naghavi *et al.* 2013), dan skor keracunan garam (Ledesma *et al.* 2016). Toleransi juga dapat dinilai berdasarkan produksi osmolit dan senyawa antioksidan, perubahan konsentrasi asam absisat dan giberelin, rasio K^+/Na^+ , konsentrasi ion Na, Cl dan K (Xu *et*

al. 2011; Anitha dan Usha 2012; Kondetti *et al.* 2012; Wu *et al.* 2014; Kandil *et al.* 2015).

Pengembangan kedelai di Indonesia akan dihadapkan pada masalah salinitas, mengingat salah satu target pengembangannya berada di lahan pasang surut (LPS) melalui program SERASI (Selamatkan rawa sejahteraan petani), yaitu di Jambi, Sumsel, Lampung, Kalsel, Kalbar, dan Kalteng. Lahan pasang surut di Indonesia sekitar 20,1 juta ha, dan 39% diantaranya tergolong agak salin hingga salin (Suwanda dan Noor 2014). Kedelai tergolong peka salinitas, meskipun kepekaannya beragam antargenotip (Ghassemi-Golezani *et al.* 2011). Varietas toleran salin menjadi kunci utama keberhasilan budi daya kedelai pada tanah salin. Oleh karena itu, pencarian sumber gen ketahanan sangat diperlukan. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi sumber daya genetik kedelai toleran cekaman salinitas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada lahan salin di Desa Lohgung, Kecamatan Berondong, Kabupaten Lamongan pada Juli-Oktober 2017. Penelitian ini merupakan identifikasi awal untuk mengetahui respons aksesori terhadap salinitas. Sebanyak 202 aksesori kedelai dievaluasi pada dua lingkungan cekaman salinitas ($L1=4,7-8,4$ dS/m dan $L2=8,8-15,4$ dS/m). Semua aksesori berasal dari koleksi plasma nutfah Balitkabi, terdiri dari 39 aksesori introduksi (dari USA, Taiwan, Australia, Philippina, Meksiko, Jepang, dan Madagaskar), 114 aksesori varietas lokal (dari Jawa Timur, Jawa Tengah, Bali, NTB, DIY dan Lampung), dan 49 aksesori hasil persilangan (dari Balittan Bogor/BB Biogen, Balittan Sukamandi/BB Padi, dan Balittan Malang/Balitkabi) (Tabel 1). Setiap aksesori ditanam pada plot baris tunggal sepanjang 4 m, jarak antarbaris 30 cm, dan jarak dalam baris 15

Tabel 1. Aksesori plasma nutfah kedelai yang digunakan dalam penelitian. Lamongan, MK II 2017

No.	Asal aksesori	No. aksesori (MLGG #) ¹⁾
1	Lokal	3, 5, 6, 9, 10, 12, 14, 15, 19, 20, 22-24, 26, 27, 105, 120, 121, 123, 124, 127, 128, 133, 135, 158, 159, 162, 164-167, 169, 170, 172-177, 179, 183, 185, 187, 189, 193, 237-239, 240, 273-276, 285, 286, 290, 292-302, 316, 321, 322, 325, 327, 329, 336, 372, 376, 377, 379, 381, 382, 387, 388, 393-395, 465, 466, 476, 478, 479, 484, 486, 490-492, 500, 502, 507, 519, 522-523, 525, 529, 530, 587, 592, 593, 610, 611, 617, 655, 656, 752, 753
2	Introduksi	103, 110, 112, 113, 115, 137, 195, 198, 207, 213, 225, 228-230, 233-234, 236, 242, 244, 250, 254, 257-258, 260, 306, 349, 357, 439, 552-553, 590-591, 597, 614, 615, 625, 638, 657, 1115, 1117
3	Persilangan	35, 40-42, 47, 50, 52, 54-56, 59, 61-63, 66, 69-71, 75-78, 83-84, 88-90, 99, 132, 147, 148, 417, 535-537, 570, 580, 582, 583, 612, 639, 645, 649, 650, 658, 696, 706, 709, 710, 712

¹⁾Nomor aksesori mempunyai awalan MLGG diikuti nomor urut sesuai nomor dalam katalog plasma nutfah kedelai; tanda hubung “-” berarti sampai dengan.

cm, 2-3 biji/lubang. Penempatan aksesi-aksesi tersebut dalam setiap lingkungan dilakukan secara acak (berdasarkan bilangan acak).

Penanaman benih dengan cara ditugal kemudian ditutup. Pupuk dasar 250 kg Phonska + 100 kg SP36 dan 2,5 t/ha pupuk organik diaplikasikan setelah tanam dengan cara disebar. Pupuk Urea 100 kg/ha diaplikasikan pada 15 hari setelah tanam (HST) dengan cara dilarik pada jarak sekitar 7 cm dari barisan tanaman, kemudian ditutup bersamaan dengan penyiangan ke-1. Penjarangan pada 7-10 HST dengan menyisakan 2 tanaman/rumpun. Penyiangan ke-2 pada 50 HST. Pengairan diberikan enam kali (0, 17, 38, 46, 66, dan 82 HST), menggunakan air dari sumur di sekitar lokasi penelitian dengan DHL 3,8-4,0 dS/m dan pH 6,9-7,5. Pengendalian hama pemakan daun dengan insektisida berbahan aktif fipronil, deltametrin, dan klorantraniliprol, serta hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) dengan insektisida piridaben. Panen dilakukan saat fase masak fisiologis, dilaksanakan tiga kali (80, 86, dan 91 HST) sesuai umur masak setiap aksesi yang diuji.

Pengamatan terdiri atas: DHL saat tanam berumur 15-20 HST dan 45-55 HST (diukur di lapang dengan *portable EC meter* pada kedalaman 0-15 cm setiap interval 10 baris tanaman, dan setiap baris diukur tiga titik), jumlah tanaman saat panen, tinggi tanaman saat panen, jumlah polong isi, bobot biji, dan bobot 100 biji. Analisis data menggunakan metode statistik deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

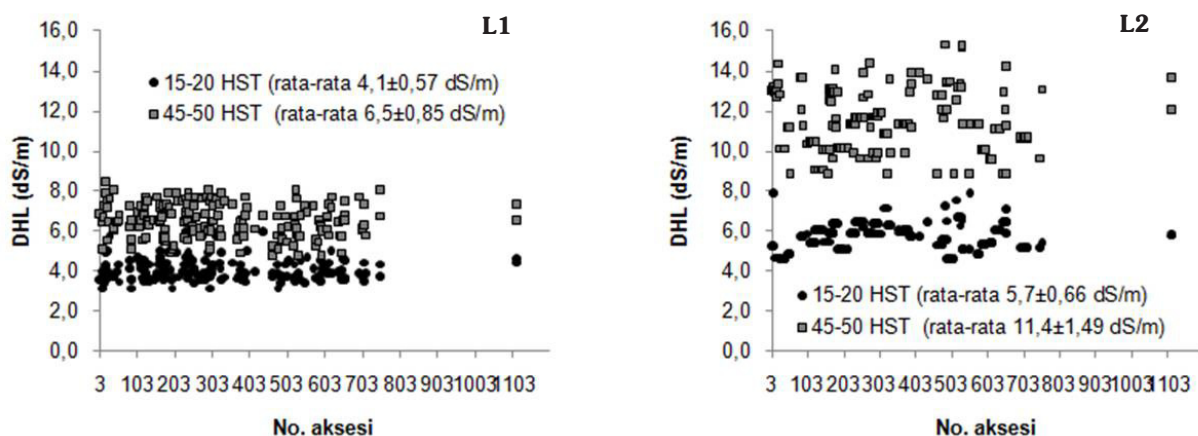
Salinitas Tanah

Salinitas tanah, diindikasikan oleh nilai Daya Hantar Listrik (DHL), pada setiap lingkungan beragam (Gambar 1), dan keragamannya meningkat pada saat 45 HST yang ditunjukkan oleh makin

besarnya nilai standar deviasi (std) (Tabel 2). DHL di lingkungan L1 pada 15 HST 3,2-5,9 dS/m (rata-rata $4,1 \pm 0,57$ dS/m) dan pada 45 HST 4,7-8,4 dS/m (rata-rata $6,5 \pm 0,85$ dS/m). DHL di lingkungan L2 pada 15 HST 4,5-7,8 dS/m (rata-rata $5,7 \pm 0,66$ dS/m) dan pada 45 HST 8,8-15,4 dS/m (rata-rata $11,4 \pm 1,49$ dS/m). Peningkatan DHL tersebut disebabkan oleh akumulasi garam yang terjadi akibat proses evaporasi. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan cekaman salinitas di setiap lingkungan dengan meningkatnya umur tanaman. Dengan demikian, cekaman salinitas pada fase generatif pada L1 adalah 4,7-8,4 dS/m dan pada L2 adalah 8,8-15,4 dS/m.

Jones (2002) mengelompokkan salinitas tanah menjadi non salin (DHL <1,0 dS/m), salinitas sangat rendah (DHL 1,1-2,0 dS/m), salinitas sedang (DHL 2,1-4,0 dS/m), salinitas agak tinggi (DHL 4,0-8,0 dS/m), dan salinitas tinggi (DHL 8,8-16,0 dS/m). Berdasarkan klasifikasi Jones (2002) tersebut, tingkat cekaman salinitas pada L1 tergolong agak tinggi, dan pada L2 tergolong tinggi.

Salinitas berpengaruh terhadap tanaman kedelai sejak perkecambahan hingga panen. Benih kedelai gagal berkecambah pada DHL >7 dS/m (Mindari *et al.* 2009), bahkan pada DHL 5 dS/m (Amin 2011). Klorofil daun turun akibat peningkatan DHL dari 5 dS/m menjadi 10 dS/m (Wang *et al.* 2001), bahkan pada peningkatan dari 3 dS/m menjadi 6 dS/m (Ghassemi-Golezani *et al.* 2011). Bobot kering tanaman turun 50% pada DHL 4 dS/m (Bustingorri dan Lavado 2011). Hasil biji turun 12% pada DHL 4,2 dS/m dan 46% pada 7,0 dS/m (Van Hoorn *et al.* 2001), turun 50% pada DHL 7,5 dS/m dan tidak mengalami penurunan pada DHL 5 dS/m (Mindari *et al.* 2009), turun 80% pada DHL 4 dS/m (Bustingorri dan Lavado 2011). Batas kritis kedelai berdasarkan penurunan hasil 10% adalah

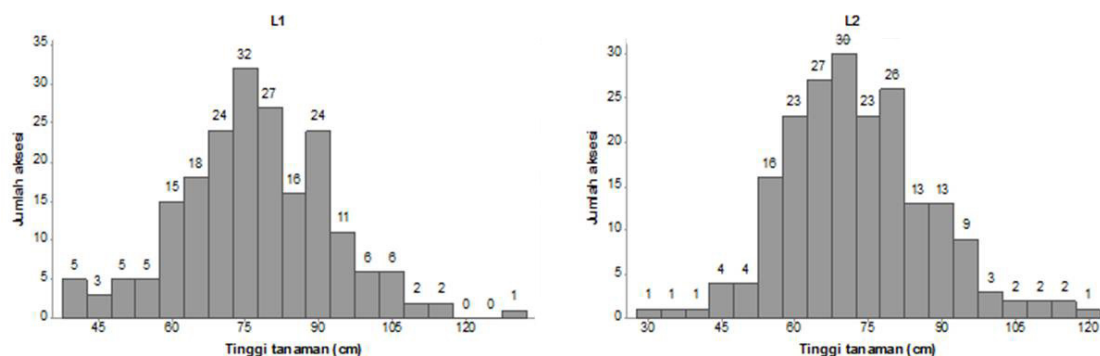
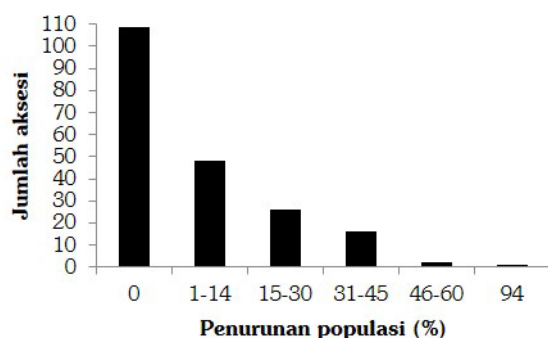


Gambar 1. DHL tanah pada lingkungan cekaman salinitas L1 (4,7-8,4 dS/m) dan L2 (8,8-15,4 dS/m). Lamongan, MK II 2017

Tabel 2. Daya hantar listrik (DHL) tanah pada dua lingkungan pada 15 HST dan 45 HST. Lamongan, MK II 2017

Lingkungan	DHL pada 15 HST (dS/m)				DHL pada 45 HST (dS/m)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Std	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Std
L1	3,2	5,9	4,1	0,6	4,7	8,4	6,5	0,8
L2	4,5	7,8	5,7	0,7	8,8	15,4	11,4	1,5

Keterangan: HST: Hari setelah tanam

**Gambar 2.** Sebaran tinggi tanaman aksesi kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4dS/m).**Gambar 3.** Penurunan tinggi tanaman aksesi kedelai akibat peningkatan salinitas dari L1 (4,7-8,4 dS/m) menjadi L2 (8,8-15,4 dS/m) Lamongan. MK II 2017

5 dS/m (Yadav *et al.* 2011). Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perbedaan lingkungan cekaman salinitas pada penelitian ini berpeluang dapat digunakan untuk mengevaluasi toleransi dari aksesi yang diuji.

Pertumbuhan Tanaman

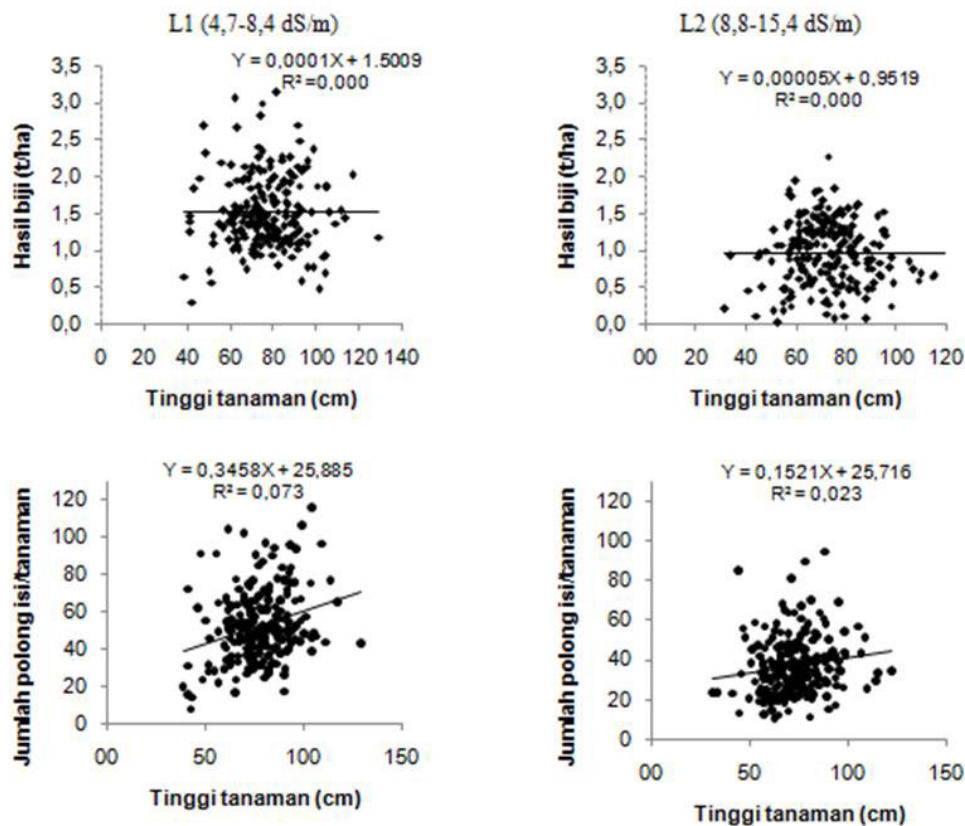
Indikator pertumbuhan tanaman menggunakan tinggi tanaman akhir (saat panen). Tinggi tanaman aksesi yang diuji beragam dari 39 cm hingga 128 cm pada L1, sedangkan pada L2 dari 31 cm hingga 122 cm, tetapi sebagian besar mempunyai tinggi tanaman 60-90 cm pada kedua lingkungan (Gambar 2).

Aksesi yang diuji memberikan respons beragam terhadap peningkatan dari salinitas L1 menjadi L2.

Sebanyak 93 aksesi tidak mengalami penurunan tinggi tanaman, 89 aksesi dengan penurunan <32%, 16 aksesi dengan penurunan 33-49%, dan 4 aksesi (aksesi 12, 185, 395 dan 530) dengan penurunan >50% (Gambar 3). Tinggi tanaman tidak menunjukkan pola hubungan yang erat dengan jumlah polong isi maupun dengan hasil biji (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa pada lingkungan salin, aksesi dengan batang yang lebih tinggi tidak selalu mempunyai jumlah polong dan hasil biji yang lebih tinggi. Pengamatan lapang menunjukkan bahwa aksesi yang tidak toleran salin dapat tumbuh tinggi, tetapi tidak membentuk polong, atau berpolong tetapi biji tidak berkembang.

Populasi Tanaman Panen

Pada kondisi cekaman salinitas, populasi tanaman saat panen dapat menjadi indikator kemampuan tanaman bertahan hidup. Populasi tanaman saat panen dari aksesi yang diuji pada salinitas L1 maupun L2 beragam, dan sebagian besar ($\geq 75\%$) dari populasi awal (Gambar 5). Pada salinitas lingkungan L1, terdapat 9 aksesi dengan populasi <50%, 8 aksesi dengan populasi 38-43% (aksesi 84, 89, 240, 242, 285, 294, 658, dan 752), dan 1 aksesi (aksesi 242) dengan populasi terendah (19%). Pada salinitas lingkungan L2, terdapat 10 aksesi dengan populasi <50% (aksesi 174, 187, 274, 293, 316, 500, 535, 658, 709, dan 1115), 6 aksesi dengan populasi 30-46%, dan 4 aksesi dengan populasi sekitar 6% (aksesi 293, 274, 316, dan 1115). Pada lingkungan L1 terdapat kecenderungan hasil biji semakin tinggi



Gambar 4. Hubungan tinggi tanaman dengan hasil biji dan jumlah polong isi aksesi kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017

dengan meningkatnya populasi ($r=0,27^{**}$), tetapi tidak demikian pada L2 (Gambar 6) karena tanaman yang mampu bertahan hidup pada salinitas tinggi gagal membentuk polong, atau berpolong tetapi biji tidak berkembang. Berdasarkan populasi tanaman, terdapat peluang mendapatkan sumber gen yang mampu bertahan hidup hingga salinitas L2 (DHL 8,8-15,4 dS/m).

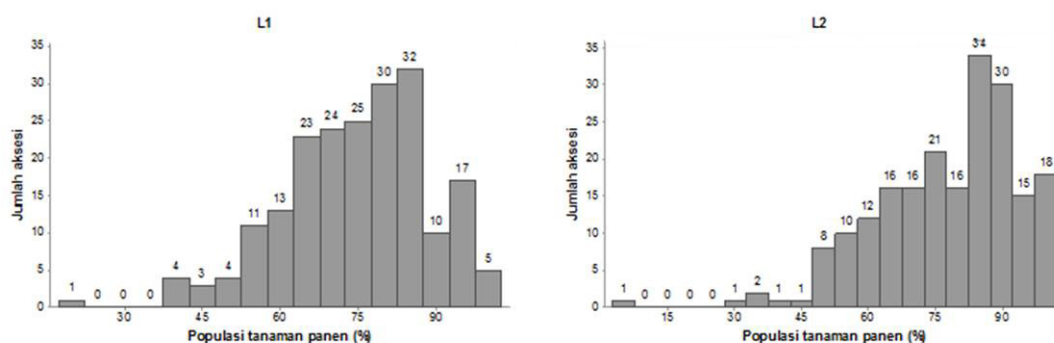
Peningkatan salinitas dari L1 menjadi L2 menurunkan populasi tanaman saat panen, yang mengindikasikan banyak tanaman mati. Hasil ini sejalan dengan laporan Ahmadvand *et al.* (2012) bahwa persentase tanaman hidup semakin turun pada peningkatan salinitas dari 0 dS/m menjadi 4 dS/m dan 8 dS/m. Merujuk pada aksesi yang diuji, terdapat 74 aksesi dengan penurunan <30%, 2 aksesi dengan penurunan 46-60% (aksesi 174 dan 535), 1 aksesi dengan penurunan 94% (aksesi 293), dan 109 aksesi tidak mengalami penurunan (Gambar 7).

Komponen Hasil dan Hasil Biji

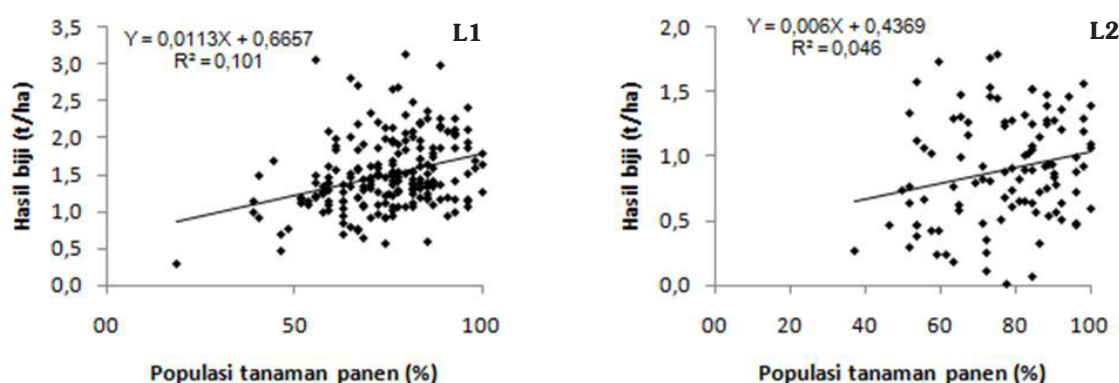
Komponen hasil yang diamati adalah jumlah polong isi/tanaman (JPI) dan ukuran biji dengan indikator bobot 100 biji (BJ). JPI, BJ, dan hasil biji aksesi-aksesi yang diuji beragam pada L1 maupun L2. JPI pada L1 sebagian besar 30-67 polong dan

22-45 polong pada L2. BJ pada L1 dan L2 sebagian besar <10 g atau berbiji kecil, tetapi terdapat dua aksesi (aksesi 379 dan 617) pada L1 dengan BJ 12-14 g dan BJ >14 g (aksesi 1115 dan 1117), serta empat aksesi pada L2 dengan BJ 12-14 g, yaitu aksesi 175, 379, 617, dan 1117 (Gambar 8). Aksesi 175 merupakan salah satu dari tiga aksesi (Aksesi 59, 99, dan 175) dengan ukuran biji pada salinitas L2 lebih besar dibandingkan pada L1, dan hal ini mungkin merupakan salah satu strategi tanaman untuk mempertahankan tingkat hasil. Peningkatan salinitas dari L1 menjadi L2 menyebabkan penurunan JPI dan BJ yang beragam. JPI 27 aksesi turun 66-87%, 49 aksesi turun 44-65%, 44 aksesi turun 22-43%, 24 aksesi turun <20%, dan 58 aksesi tidak mengalami penurunan (Gambar 9A). BJ dari dua aksesi turun 46-60%, 22 aksesi turun 31-45%, 57 aksesi turun 16-30%, 73 aksesi turun <15%, dan 48 aksesi tidak mengalami penurunan (Gambar 9B). Pada aksesi yang mengalami penurunan ukuran biji, terdapat kecenderungan bahwa persentase penurunan semakin besar dengan semakin besar ukuran biji ($R^2=0,24$ atau $r=49^{**}$) (Gambar 9C).

Hasil biji pada L1 maupun L2 beragam dari rendah hingga tinggi. Semakin tinggi tingkat cekaman, semakin sedikit aksesi yang memberikan hasil tinggi (Gambar 10). Peningkatan salinitas me-



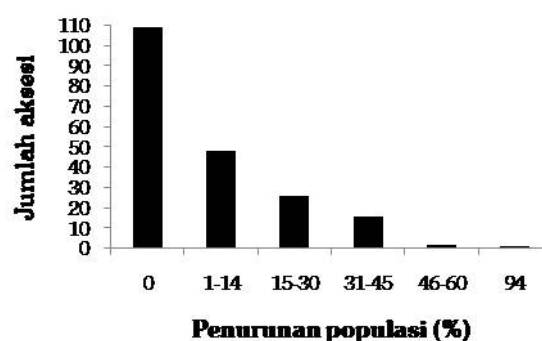
Gambar 5. Sebaran persentase populasi tanaman saat panen aksesori kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4 dS/m).



Gambar 6. Hubungan persentase populasi tanaman saat panen dengan hasil biji aksesori kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4 dS/m)

nyebabkan penurunan hasil yang beragam antar aksesori, dan aksesori-aksesori yang mempunyai hasil tinggi pada L1 cenderung hasilnya tinggi pada L2 (Gambar 11A). Dari 202 aksesori, hasil biji 63 aksesori turun $\geq 50\%$, 65 aksesori turun 25-49%, 48 aksesori turun $< 25\%$, dan 26 aksesori tidak mengalami penurunan. Sebagian besar aksesori-aksesori dengan penurunan hasil $< 25\%$ dan yang tidak mengalami penurunan adalah aksesori dengan hasil biji sangat rendah pada cekaman L1, yang berarti aksesori-aksesori tersebut sudah mengalami cekaman berat pada L1. Van Hoorn *et al.* (2001) melaporkan penurunan hasil biji 12% pada DHL 4,2 dS/m dan 46% pada DHL 7,0 dS/m. Bustingorri dan Lavado (2011) melaporkan penurunan hasil kedelai 80% pada DHL 4 dS/m. Mindari *et al.* (2009) melaporkan penurunan hasil 50% pada DHL 7,5 dS/m dan tidak terjadi penurunan pada DHL 5 dS/m. Perbedaan penurunan hasil pada tingkat DHL yang relatif sama disebabkan perbedaan genotipe yang digunakan.

Pada cekaman L1 terdapat 104 aksesori dengan hasil biji $< 1,5$ t/ha, 64 aksesori diantaranya dengan hasil biji $< 1,2$ t/ha, dan hasil aksesori-aksesori tersebut turun hingga 99% pada cekaman L2. Hal ini menunjukkan aksesori-aksesori tersebut tidak toleran pada



Gambar 7. Penurunan populasi tanaman saat panen aksesori kedelai akibat peningkatan salinitas dari L1 (4,7-8,4 dS/m) menjadi L2 (8,8-15,4 dS/m). Lamongan, MK II 2017

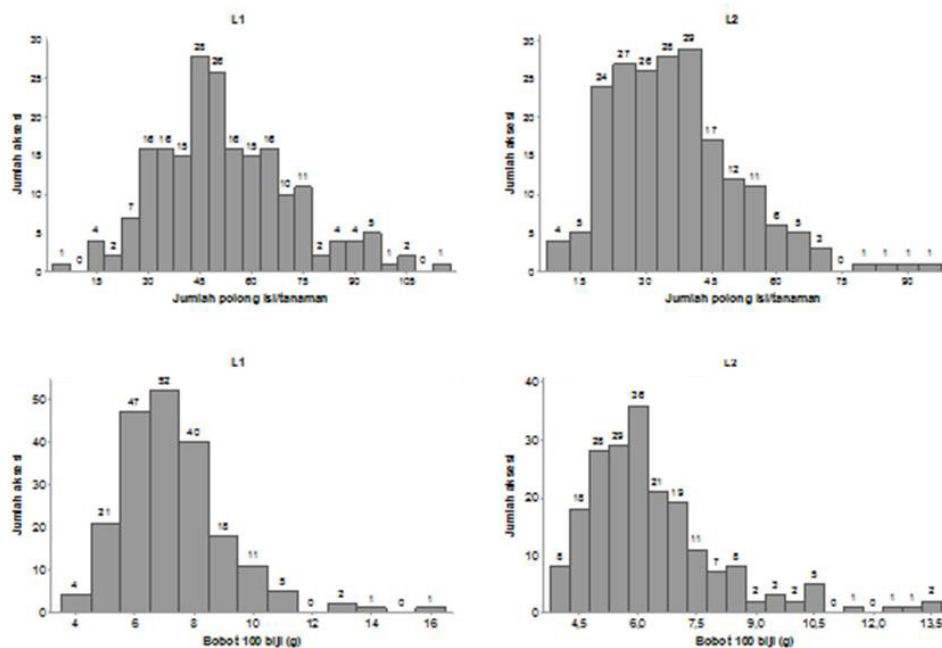
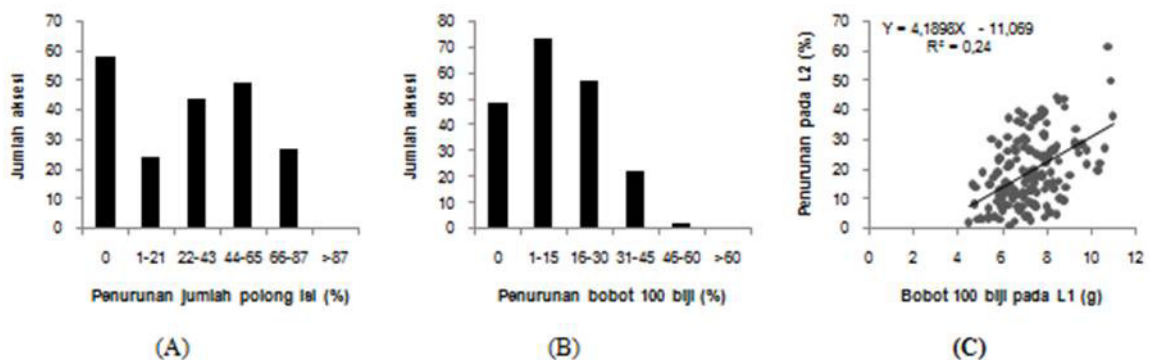
tingkat cekaman L1, dan berdasarkan sebaran salinitasnya dapat dipilah menjadi tiga kelompok. Aksesori-aksesori yang tidak toleran pada DHL yang bersangkutan, tidak semuanya menunjukkan gejala keracunan garam pada daun (Tabel 3). Gejala keracunan garam pada daun umumnya adalah nekrosis, kecuali aksesori 15 dimana daun tetap hijau tetapi bentuknya tidak sempurna.

Pada cekaman L1 terdapat 46 aksesori dengan hasil biji 1,5-1,9 t/ha dan 27 aksesori dengan hasil 2,0-3,0 t/ha, tetapi hasil aksesori-aksesori tersebut turun 14-95%

Tabel 3. Aksesori yang tidak toleran pada cekaman salinitas L1 (4,7-8,4 dS/m). Lamongan, MK II 2017

DHL (dS/m)	Nomor aksesori (MLGG #) ¹⁾		
	Hasil biji <1 t/ha	Hasil biji 1,0-1,2 t/ha	Hasil biji 1,3-1,4 t/ha
4,7-6,0	69, 173 , 198, 492 , 582	10 , 88, 120, 172 , 174 , 177, 230, 298 , 388 , 465, 580, 615, 638, 645, 649	90, 128, 176, 297, 376, 466, 491, 535 , 583, 712
6,1-6,9	59, 89, 115, 147, 242 , 321, 590	5, 9 , 14, 22 , 54 , 70, 71, 78, 110, 123, 124, 233, 285, 286, 295 , 306 , 322, 379 , 439	35, 52, 83, 103, 164, 238, 382, 417 , 478 , 484, 500 , 525, 530, 553, 597 , 612, 1117
7,0-8,0	26 , 84, 207, 240, 614, 658, 1115	15 , 56, 121, 127, 236, 293, 299, 486, 529, 617	66, 75, 132, 158, 167 , 187 , 225, 234 , 254 , 290, 292, 300, 523

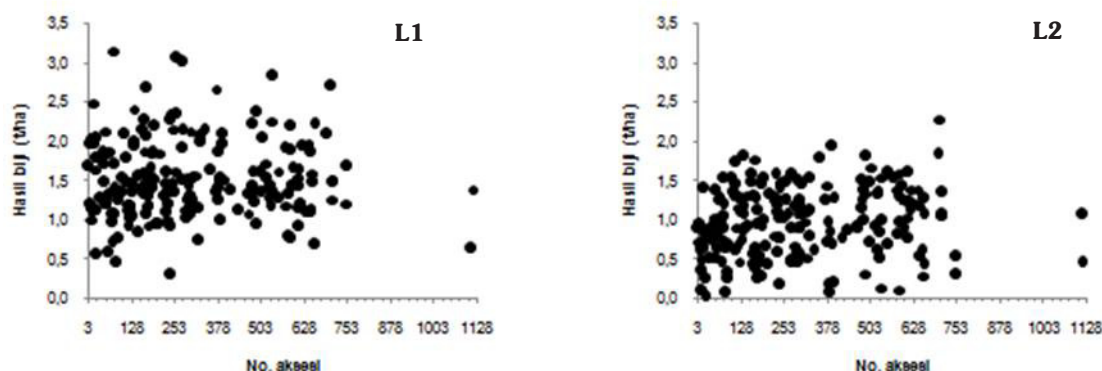
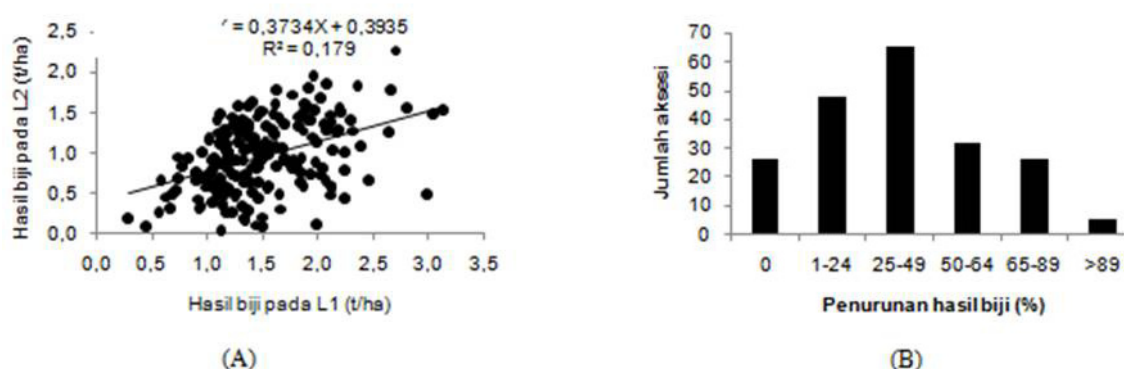
¹⁾ nomor aksesori yang **bold** dan *italic* bergejala keracunan garam pada daun sejak berumur 15 hari

**Gambar 8.** Sebaran jumlah polong isi dan bobot 100 biji aksesori kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4 dS/m)**Gambar 9.** Persentase penurunan jumlah polong isi (A) dan bobot 100 biji (B), dan hubungan bobot 100 biji dengan persentase penurunannya (C) aksesori kedelai akibat peningkatan salinitas dari L1 (4,7-8,4 dS/m) menjadi L2 (8,8-15,4 dS/m). Lamongan, MK II 2017

Tabel 4. Aksesori yang toleran pada cekaman salinitas L1(4,7-8,4 dS/m). Lamongan, MK II 2017

DHL (dS/m)	No. aksesori (MLGG #) ¹⁾	
	Hasil biji 1,5-2,0 t/ha	Hasil biji 2,1-3,0 t/ha
4,7-6,0	23, 42, 47, 62, 76, 193, 381, 476, 522, 650	-
6,1-6,9	3, 40, 50, 63, 112, 148, 162, 166, 179, 228, 229, 302, 377, 387, 519, 587, 593, 610, 611, 655, 656, 710, 752	6, 12 , 105, 133, 137, 170, 237, 239, 250, 257, 273, 274, 296 , 329, 536, 592, 639, 657
7,0-8,0	27, 41, 175, 183, 185, 213, 260, 276, 301, 316, 395 , 625, 709	19, 20, 24, 55, 165, 325, 336, 372, 394

¹⁾nomor aksesori yang **bold** dan *italic* bergejala keracunan garam pada daun sejak berumur 45 hst

**Gambar 10.** Hasil biji aksesori kedelai pada dua lingkungan salinitas. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4 dS/m)**Gambar 11.** Hubungan hasil biji pada L1 dengan L2 (A), persentase penurunan hasil biji aksesori kedelai (B) akibat peningkatan salinitas dari L1 menjadi L2. Lamongan, MK II 2017. (L1=4,7-8,4 dS/m; L2=8,8-15,4 dS/m)

pada cekaman L2. Hal ini menunjukkan aksesori-aksesori tersebut toleran pada cekaman L1, tetapi tidak toleran pada cekaman L2, dan berdasarkan sebaran salinitasnya dapat dipilah menjadi tiga kelompok (Tabel 4). Semua aksesori pada Tabel 4 tidak menunjukkan gejala keracunan garam pada DHL yang bersangkutan, kecuali aksesori 12, 296, 395, 650, 655, 656, dan 710 dengan gejala daun nekrosis. Menurut Ledesma *et al.* (2016) aksesori keracunan garam yang bergejala nekrosis termasuk tidak toleran dengan klasifikasi inkluder, sedangkan yang bergejala selain nekrosis termasuk ekskluder (seperti aksesori 15).

Berdasarkan hasil biji $\geq 1,5$ t/ha, terdapat 25 aksesori dengan hasil biji 1,5-3,1 t/ha pada L1 dan 1,5-2,3 t/ha pada L2 (Tabel 5). Semua aksesori pada Tabel 5 tidak menunjukkan gejala keracunan garam pada DHL yang bersangkutan, kecuali aksesori 135 dengan gejala daun tetap hijau tetapi bentuknya tidak normal, yang menurut Ledesma *et al.* (2016) termasuk toleran dengan klasifikasi ekskluder. Hal ini menunjukkan bahwa aksesori-aksesori tersebut masih toleran pada tingkat cekaman L2. Aksesori-aksesori tersebut mempunyai bobot 100 biji <10 g, kecuali aksesori 77, 490, 591, dan 706 dengan bobot 100 biji 10-11 g, dan tidak mengalami penurunan

Tabel 5. Aksesori yang toleran hingga cekaman salinitas 8,8-15,4 dS/m Lamongan, MK II 2017

DHL (dS/m)	Nomor aksesori (MLGG #) ¹⁾	Hasil biji (t/ha)
9,1-10,7	99, 113, 135 , 159, 189, 195, 591, 696 706	1,5-1,8 2,3
11,0-12,0	244, 294, 357, 479, 490, 552, 570 77, 537	1,5-1,8 1,5
13,0-14,0	275, 327, 393, 502, 507 169, 258	1,5-1,9 1,5-1,8

¹⁾ nomor aksesori yang *bold* dan *italic* bergejala keracunan garam pada daun sejak berumur 15 hst

ukuran biji pada tingkat cekaman L2 hanya aksesori 591. Kemampuan bertahan hidup aksesori-aksesori tersebut pada cekaman L2 masih tergolong baik karena tingkat kematiannya <30%, tinggi tanaman 50-80 cm kecuali aksesori 195, 189, dan 327 (>90 cm).

Berdasarkan persentase penurunan $\geq 50\%$ dari peubah-peubah yang diamati, terdapat 32% aksesori untuk peubah JPI, 32% aksesori untuk peubah hasil biji, dan 1-2% aksesori untuk peubah populasi tanaman, tinggi tanaman dan bobot 100 biji. Berdasar persentase penurunan dan jumlah aksesori yang terpengaruh, terdapat indikasi bahwa peubah hasil biji dan jumlah polong isi lebih peka terhadap pengaruh salinitas dibandingkan populasi tanaman, tinggi tanaman, dan bobot 100 biji. Parida dan Das (2005) mendefinisikan bahwa toleransi terhadap salinitas merupakan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan menyelesaikan siklus hidupnya. Oleh karena itu, evaluasi toleransi lebih didasarkan pada peubah hasil biji. Berdasarkan hasil biji, terdapat peluang mendapatkan sumber genetik kedelai dari koleksi plasma nutfah kedelai Balitkabi dengan hasil biji >2 t/ha pada tingkat cekaman salinitas L1 maupun L2.

KESIMPULAN

Jumlah aksesori yang mengalami penurunan tinggi tanaman, populasi tanaman, dan bobot 100 biji $\geq 50\%$ akibat peningkatan cekaman salinitas dari 4,7-8,4 dS/m menjadi 8,8-15,4 dS/m sangat sedikit (2-4 aksesori), sedangkan untuk jumlah polong isi dan hasil biji masing-masing 76 dan 64 aksesori. Berdasarkan jumlah aksesori dan penurunan peubah $\geq 50\%$ terindikasi bahwa peubah jumlah polong isi dan hasil biji lebih sesuai sebagai indikator penilaian toleransi terhadap cekaman salinitas. Teridentifikasi 51,5% aksesori tidak toleran dan 36,1% aksesori toleran salinitas 4,7-8,0 dS/m. Teridentifikasi 12,5% aksesori toleran salinitas 9-14 dS/m, terdiri atas 9 aksesori (aksesori 99, 113, 135, 159, 189, 195, 591, 696, 706) toleran salinitas 9-10 dS/m, 9 aksesori (aksesori 77, 244, 294, 357, 479, 490, 537, 552, 570) toleran salinitas 11,0-12,0 dS/m, dan 7 aksesori (aksesori 169, 258, 275,

327, 393, 502, 507) toleran salinitas 13,0-14,0 dS/m. Hasil biji aksesori-aksesori yang toleran salinitas 9-14 dS/m sebagian besar 1,5-1,8 t/ha, kecuali satu aksesori (aksesori 706) dengan hasil 2,3 t/ha. Berdasarkan kenampakan gejala keracunan salin, sebagian besar aksesori yang tidak toleran termasuk inkluder dan hanya sebagian kecil yang ekskluder.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Wido Sendiko dan Sunoto yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian di lapang, serta Ibu Yatik yang membantu pengamatan dan prosesing panen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal N, Kumar A, Agarwal S, Singh A. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 4(2): 123-134.
- Ahmadvand G, Soleimani F, Saadatian B, Pouya M. 2012. Effects of seed priming on germination and emergence traits of two soybean cultivars under salinity stress. *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 3:234-241.
- Amin M. 2011. Adaptation of Suitable Crops in Saline Soils of Noakhali District. Technical Bulletin No. 02. Krishi Gobeshona Foundation, Bangladesh. 5 p.
- Amirjani MR. 2010. Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. *American Journal of Plant Physiology* 5(6): 350-360.
- Anitha T, Usha R. 2012. Effect of salinity stress on physiological, biochemical and antioxidant defense systems of high yielding cultivars of soybean. *International Journal of Pharma and Bio Science* 3(4):851-864.
- Baki GK Abd-El, Siefritz F, Man H-M, Weiner H, Kaldenhoff R, Kaiser WM. 2000. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. *Plant, Cell & Environment* 23(5): 515-521.

- Bustingorri C, Lavado RS. 2011. Soybean growth under stable versus peak salinity. *Scientia Agricola* 68(1): 102-108.
- Cokkizgin A. 2012. Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40(1): 177-182.
- Dolatabadian A, Sanavy SAMM, Ghanati F. 2011. Effect of salinity on growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean. *Notulae Scientie Biologicae*. 3(1): 41-45.
- Duzan HM, Zhou X, Souleimanov A, Smith DL. 2004. Perception of *Bradyrhizobium japonicum* nod factor by soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] root hairs under abiotic stress conditions. *Journal of Experimental Botany* 55(408): 2641-2646.
- Essa TA. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188(2): 86-93.
- Farhoudi R, Tafti MM. 2011. Effect of salt stress on seedlings growth and ions homeostasis of soybean (*Glycine max*) cultivars. *Advances in Environmental Biology* 5(8): 2522-2526.
- Flores P, Botella MA, Martinez V, Cedra A. 2000. Ionic and osmotic effects on nitrate reductase activity in tomato seedlings. *Journal of Plant Physiology* 156(4): 552-557.
- Ghassemi-Golezani K, Taifeh-Noori M, Oustan S, Moghaddam M, Rahmani SS. 2011. Physiological performance of soybean cultivars under salinity stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding* 1(1): 1-7.
- Hamayun M, Khan SA, Khan AL, Shinwari ZK, Hussain J, Sohn E, Kang SM, Kim YH, Khan MA, Lee IJ. 2010. Effect of salt stress on growth attributes and endogenous growth hormones of soybean cultivar Hwangkeumkong. *Pakistan Journal of Botany* 42(5): 3103-3112.
- Jones Jr JB. 2002. *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils and Their Fertility*. CRC Press, USA. 450 hlm.
- Kandil AA, Sharief AE, Ahmed KR. 2015. Performance of some soybean *Glycine max* (L.) Merrill. cultivars under salinity stress to germination characters. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 6(3): 48-56.
- Kondetti P, Jawali N, Apte SK, Shitole MG. 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* L. Merrill) varieties at germination and early seedling growth. *Annals of Biological Research* 3(3): 1489-1498.
- Ledesma F, Lopez C, Ortiz D, Chen P, Korth KL, Ishibashi T, Zeng A, Orazaly M, Florez-Palacios L. 2016. A simple greenhouse method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Science* 56(2): 585-594.
- Mindari W, Maroeto, Syekhfani. 2009. Ameliorasi air salin menggunakan pupuk organik untuk meningkatkan produksi tanaman kedelai dan jagung dalam rotasi. *Penelitian Hibah Bersaing DP2M Dikti TA*. 2009. 37 hlm.
- Mudgal V. 2004. *Physiological Studies on Growth and Nitrogen Metabolism in Cicer arietinum* L. under Saline Conditions. [Ph.D. Thesis]. Rohilkhand University, India.
- Munns R, Gilliam M. 2015. Salinity tolerance of crops – what is the cost?. *New Phytologist* 208(3): 668-673.
- Munns R, James RA. 2003. Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253(1): 201-218.
- Naghavi MR, Aboughadareh AP, Khalili M. 2013. Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions. *Notulae Scientie Biologicae* 5(3): 388-393.
- Parida AK, Das AB. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60(3): 324-349.
- Purwaningrahyu RD, Sebayang HT, Syekhfani NA. 2015. Resistance level of some soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes toward salinity stress. *Journal of Biological Research* 20: 7-14.
- Putri PH, Susanto GWA, Taufiq A. 2017. Evaluasi ketahanan sumber daya genetik kedelai terhadap cekaman salinitas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 1(3): 233-242.
- Rosielle AA, Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science* 21(6): 943-946.
- Susanto GWA, Taufiq A, Putri PH. 2016. Penilaian genotipe (koleksi plasma nutfah) kedelai (*Glycine max*(L.) Merr.) pada kondisi salin. Hlm. 312-324. Dalam : Taryono, Supriyanta, Kristamtini (eds.). *Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Lokal dalam Mendukung Keberhasilan Program Pemuliaan*. Prosiding Seminar Nasional PERIPI Komda Jateng-DIY. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suwanda MH, Noor M. 2014. Kebijakan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk mendukung kedaulatan pangan nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan, Edisi Khusus, Desember 2014*: 31-40.
- Taufiq A, Purwaningrahyu RD. 2013. Pengaruh cekaman salin terhadap keragaan varietas kacang hijau pada fase perkecambahan. Hlm. 465-477. Dalam: Saleh N *et al.* (Eds) *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2013*. Balai Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi.

- Taufiq A, Wijanarko A, Kristiono A. 2016. Pengaruh genotipe dan ameliorasi terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah salin. *Buletin Palawija* 14(1): 1-8.
- Van Hoorn JW, Katerji N, Hamdy A, Mastorilli M. 2001. Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil. *Agricultural Water Management* 51(2): 87-98.
- Wang D, Shannon MC, Grieve CM. 2001. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research* 69(3): 267-277.
- Wu G, Zhou Z, Chen P, Tang X, Shao H, Wang H. 2014. Comparative ecophysiological study of salt stress for wild and cultivated soybean species from the Yellow River Delta, China. *The Scientific World Journal*: 1-13.
- Xu X, Fan R, Zheng R, Li C, Yu D. 2011. Proteomic analysis of seed germination under salt stress in soybean. *Journal of Zhejiang University Science* 12(7): 507-517.
- Yadav S, Mohammad I, Aqil A, Shamsul H. 2011. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *Journal of Environmental Biology* 32(5): 667-685.
-

Evaluasi Mutu Tahu dari Beberapa Varietas Unggul Kedelai dibuat oleh Beberapa Pengrajin

Evaluation of the Quality of Tofu Prepared from Selected Soybean Cultivars and Processors

Alvi Yani^{1*} dan Joko Susilo Utomo²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung

Jl Z.A. Pagar Alam No,1 A. Raja Basa. Bandar Lampung, Indonesia

²Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang 65101, Indonesia

*email : alvi_yani64@yahoo.com

NASKAH DITERIMA 27 SEPTEMBER 2018; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 20 Mei 2019

ABSTRAK

Varietas unggul kedelai nasional berpeluang besar sebagai bahan baku tahu yang sudah menjadi menu harian bagi penduduk Indonesia. Peningkatan produksi kedelai dalam negeri memerlukan informasi kesesuaian penggunaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas tahu yang dibuat oleh pengrajin dari berbagai varietas unggul kedelai. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus – November 2016 di Kelurahan Gunung Sulah, Kecamatan Way Halim, Bandar Lampung yang merupakan sentra pengrajin tahu dan tempe. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan perlakuan empat varietas kedelai: Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, dan Gepak Kuning, serta kedelai impor sebagai pembanding dan empat pengrajin sebagai ulangan. Analisis mutu tahu meliputi karakter fisik, kimia dan uji organoleptik yang melibatkan 25 orang panelis. Varietas/jenis kedelai tidak berpengaruh terhadap sifat fisiko-kimia tahu (rendemen, kekerasan, warna, kadar air, protein, lemak, karbohidrat, abu, serat kasar). Hal ini disebabkan oleh bervariasinya teknik atau kondisi pengolahan tahu oleh masing-masing pengrajin, meskipun tahap pengolahannya sama. Secara keseluruhan, sifat sensoris tahu dari varietas unggul kedelai disukai oleh panelis. Tidak ada perbedaan tingkat kesukaan aroma tahu mentah antara varietas unggul kedelai dengan kedelai impor, tetapi untuk parameter lainnya seperti warna, tekstur, dan penampilan tahu mentah, Varietas Argomulyo, Anjasmoro dan Gepak Kuning memberikan nilai kesukaan yang lebih tinggi. Untuk tahu rebus, Varietas Argomulyo dan Anjasmoro memberikan nilai kesukaan tertinggi dari semua kriteria organoleptik yang diujikan.

Kata kunci: kedelai, mutu, organoleptik, proksimat, varietas unggul

ABSTRACT

The improved cultivars of soybean are promising for ingredients of tofu, a popular side dish in the daily Indonesian diet. Increasing of domestic soybean production requires information on its suitability for food use. This study intends to obtain information on the

quality of tofu produced from improved soybean cultivars and prepared by different processors. The study was conducted in August until November 2016 at Gunung Sulah Village, Way Halim Subdistrict, Bandar Lampung District, which is the central area for tofu and tempe production. The trial was arranged in a randomized block design with four soybean cultivars as the treatment, namely Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, Gepak Kuning and imported soybean as a control, while four tofu processors as replicates. Analysis of tofu quality included physical and chemical characters as well as sensorial attributes used 25 panelists. Soybean cultivars (Anjasmoro, Argomulyo, Grobogan and Gepak Kuning) and imported soybean did not affect the physico-chemical characters of tofu (yield, hardness, color, moisture, and protein, fat, carbohydrate, ash, crude fiber contents). This is due to differences in tofu preparation methods done by processors even though the processing steps were similar. The overall sensorial attributes of tofu prepared from improved soybean cultivars were preferred by panelists. There was no difference in aroma acceptance of un-cooked tofu between the improved cultivars and imported soybean, but for other criteria, such as color, texture, and appearance of un-cooked tofu, Argomulyo, Anjasmoro and Gepak Kuning cultivars gave higher scores of preferences. Cooked tofu prepared from Argomulyo and Anjasmoro cultivars showed the highest scores of all sensorial attributes tested.

Keywords: soybean, quality, organoleptic, proximate, cultivars

PENDAHULUAN

Kedelai adalah salah satu sumber protein nabati yang paling populer bagi masyarakat Indonesia dan umumnya dikonsumsi dalam bentuk tempe dan tahu. Kebutuhan kedelai terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kebutuhan bahan baku industri olahan pangan seperti tahu, tempe, kecap, susu kedelai, tauco, dan snack (Damardjati *et al.* 2005). Produk kedelai

sebagai bahan olahan pangan berpotensi dan berperan dalam menumbuhkembangkan industri kecil dan menengah. Menurut Londo *et al.* (2017), lebih dari 90% kedelai di Indonesia digunakan sebagai bahan pangan olahan yaitu sekitar 88% untuk tahu dan tempe, 10% untuk pangan olahan lain, dan 2% untuk benih.

Rata-rata kebutuhan kedelai per tahun sebesar 2,2 juta ton, namun 67,9% pemenuhan kebutuhan kedelai tersebut harus diimpor, karena produksi dalam negeri tidak mampu mencukupi permintaan produsen tempe dan tahu (Kementerian Pertanian 2016). Rata-rata konsumsi tahu tahun 2012-2015 sebesar 7,26 kg/kapita/tahun (Pusat Data dan Informasi Pertanian 2016). Peningkatan produksi kedelai dalam negeri melalui penggunaan varietas unggul baru diharapkan dapat menurunkan ketergantungan terhadap kedelai impor sebagai bahan pangan (Ginting *et al.* 2009). Disamping warna dan ukuran biji yang sesuai untuk produk olahan kedelai, varietas unggul kedelai juga harus memiliki potensi hasil yang cukup tinggi, yakni lebih dari 2 t/ha. Seiring dengan upaya peningkatan produksi tersebut, informasi kesesuaian varietas unggul kedelai untuk produk pangan perlu disosialisasikan untuk mempercepat laju adopsinya baik di tingkat petani maupun pengrajin/industri.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) telah menghasilkan beberapa varietas unggul kedelai dengan produksi hasil tinggi diantaranya Anjasmoro, Argomulyo, Grobogan, dan Gepak Kuning dengan keunggulan potensi hasil lebih dari 2 t/ha dan kadar protein antara 35,3–43,9% bk (Balitkabi 2016). Beberapa varietas unggul kedelai tersebut telah dikembangkan di Provinsi Lampung untuk meningkatkan produksi kedelai dan perlu didukung dengan aspek pascapanen, yakni pemanfaatannya sebagai salah satu parameter keberhasilan pengembangan varietas unggul kedelai. Untuk itu, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lampung mengintroduksi penggunaan varietas unggul kedelai sebagai bahan baku tahu. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang kesesuaian varietas unggul kedelai sekaligus untuk mengurangi penggunaan kedelai impor yang selama ini dominan sebagai bahan baku pembuatan tahu. Pada tahun 2016 luas panen kedelai di Lampung mencapai 8.407 ha dengan total produksi 9.960 t (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2016).

Tahu dibuat melalui proses penggumpalan susu kedelai. Menurut Ginting *et al.* (2009) dan Maurice (2011), tahu diproses dengan mengekstrak kedelai yang kemudian digumpalkan dengan menggunakan

penggumpal (koagulan) seperti batu tahu (kalsium sulfat), biang (*whey*), dan asam asetat atau *glucono delta lactone* (GDL) yang kemudian dipres/tekan. Poysa dan Woodrow (2002) menyatakan tahu merupakan gel protein kedelai, sehingga kualitas tahu terutama rendemen dan tingkat kekerasannya (*hardness*) sangat ditentukan oleh jumlah protein yang dapat terekstrak dalam susu kedelai sebelum digumpalkan. Tahapan pengolahan tahu adalah pembersihan biji kedelai, perendaman biji, penggilingan biji, perebusan, penambahan penggumpal dan pengepresan atau pencetakan (Rekha dan Vijayalakshmi 2013).

Menurut Mujoo *et al.* (2003), varietas kedelai dan teknik pengolahan yang digunakan merupakan faktor penentu rendemen dan kekerasan tahu. Murdia dan Wadhwani (2010) menyatakan kualitas tahu ditentukan oleh metode koagulasi, kondisi prosesing, kandungan protein dan *hardness* tahu. Krisdiana (2005) menyatakan pengrajin tahu cenderung memilih bahan baku kedelai dengan warna biji kuning (33%), hijau (30%), dan kuning kehijauan (20%) serta ukuran biji yang beragam, yaitu biji besar (36%), sedang (33%), dan kecil (18%). Yulifianti dan Ginting (2013) melaporkan bahwa tahu berbahan baku Varietas Anjasmoro, Argomulyo, Kaba, Grobogan, dan Gema memiliki rendemen, kekerasan, kadar air, dan abu yang berbeda, namun kadar protein dan kecerahan warnanya relatif sama.

Di Indonesia sebagian besar tahu dihasilkan oleh pengrajin tahu dengan urutan proses pengolahan yang standar dan sebagian besar merupakan warisan turun temurun. Walaupun urutan proses yang dilakukan sama yaitu dari sortasi biji kedelai sampai pengepresan tahu, namun kondisi proses masing-masing pengrajin tersebut berbeda sehingga dapat berpengaruh terhadap kualitas tahu yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan varietas unggul kedelai sebagai bahan baku terhadap kualitas tahu yang dihasilkan oleh pengrajin. Diharapkan, informasi ini bermanfaat bagi para pengrajin tahu dalam memilih varietas kedelai yang sesuai dengan kualitas tahu yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus–November 2016 di sentra pengrajin tahu dan tempe di Kelurahan Gunung Sulah, Kecamatan Way Halim, Bandar Lampung, di Laboratorium BPTP Lampung, dan di Politeknik Negeri Lampung. Bahan yang digunakan terdiri atas empat varietas yaitu Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, dan Gepak

Kuning yang diperoleh dari pertanaman di Kabupaten Pringsewu pada musim tanam MK I dan kedelai impor sebagai pembanding. Sebanyak lima kg biji kedelai dari masing-masing varietas diolah menjadi tahu.

Urutan proses pengolahan tahu oleh pengrajin adalah sama, namun kondisi proses berbeda. Proses pembuatan tahu cara pengrajin diawali dengan pembersihan dan sortasi. Lima kg biji kedelai direndam dalam air bersih selama 5-6 jam pada suhu ruang. Selanjutnya biji kedelai digiling menjadi bubur dengan mesin penggiling, sambil ditambahkan air sedikit demi sedikit (perbandingan air:biji kedelai = 1:8). Bubur kedelai yang diperoleh kemudian dididihkan selama 15 menit. Selama perebusan ini dijaga agar tidak berbuih dengan cara menambahkan air dan diaduk. Selanjutnya dilakukan penyaringan bubur kedelai dengan kain saring dan diperoleh susu kedelai dan ampas. Ampas sisa penyaringan kemudian ditambah air hangat beberapa kali sampai susu kedelai yang diperoleh jernih. Jumlah ampas basah kurang lebih 70% sampai 90% dari bobot kering kedelai. Tahap berikutnya adalah penambahan larutan penggumpal pada susu kedelai, didiamkan ± 20 menit pada suhu 50-60 °C sambil diaduk perlahan sampai terbentuk gumpalan. Larutan penggumpal yang digunakan adalah *whey* atau cairan hasil pengepresan tahu yang telah dipisahkan dan disimpan selama 24 jam. Gumpalan yang masih bercampur dengan cairan lalu dituang ke dalam cetakan tahu yang telah dialasi kain saring. Tahap terakhir adalah pengepresan atau pencetakan padatan tahu dengan memberi beban di atasnya sehingga cairan terpisah. Selanjutnya cetakan dibuka dan tahu dipotong/dikecilkan ukurannya sesuai dengan yang dikehendaki. *Whey* dibuang dan sebagian lagi disimpan dan dibiarkan terfermentasi untuk selanjutnya digunakan sebagai larutan penggumpal pada proses berikutnya.

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Macam varietas kedelai sebagai perlakuan yaitu Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, Gepak Kuning dan kedelai impor sebagai pembanding dan

empat pengrajin sebagai blok/ulangan.

Pengamatan sifat fisik biji yakni bobot 100 biji dan warna (L^* , a^* , b^*) menggunakan alat *Chromameter Minolta Model CR-400/DP-400* (Whetzel 2015; Almegakm 2016). Selain itu juga diamati kandungan kimia biji kedelai, meliputi kadar air dan abu (metode gravimetri), protein (metode Gunning), lemak (metode ekstraksi langsung dengan Soxhlet), serat kasar (metode hidrolisis asam-basa), dan karbohidrat (*by different*) yang dianalisis berdasarkan AOAC (2005). Analisis mutu tahu dilakukan berdasarkan SNI 01-3142-1998 yang meliputi analisis fisik dan kimia (BSN 1998). Parameter tahu yang diamati adalah rendemen (bobot tahu/bobot biji), warna (L^* , a^* , b^*), dan *hardness* (tingkat kekerasan) menggunakan *Hardness Tester* (Model KM-1 Kiya Seisakusho, Tokyo). Untuk parameter kimia meliputi kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar, dan karbohidrat (AOAC 2005). Uji organoleptik dilakukan dengan *Hedonic test* untuk mengetahui tingkat preferensi konsumen terhadap aroma, warna, tekstur, dan penampilan tahu mentah, serta aroma, warna, rasa, tekstur, dan penampilan untuk tahu matang dengan melibatkan 25 orang panelis. Analisis data dilakukan dengan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji Duncan (DMRT) pada taraf 5% (Steel dan Torrie 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisiko-kimia Biji Kedelai

Informasi sifat fisiko-kimia biji kedelai diperlukan sebagai data dukung dalam deskripsi varietas unggul untuk melengkapi keunggulan varietas yang dilepas disamping keunggulan agronomisnya (Ratnaningsih *et al.* 2017). Komposisi kimia dan sifat fisik empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Kadar air antara 6,00–8,76% bb cukup rendah berada di bawah standar yang ditetapkan SNI yaitu 13% (BSN 1995). Kadar air biji kedelai yang rendah akan aman untuk disimpan.

Tabel 1. Komposisi kimia empat varietas kedelai dan kedelai impor.

Varietas	Air (% bb)	Abu (% bb)	Protein (% bb)	Lemak (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Serat Kasar (% bb)
Anjasmoro	6,75 $\pm$ 0,04	3,92 $\pm$ 0,11	35,26 $\pm$ 0,01	12,64 $\pm$ 0,08	31,52 $\pm$ 0,28	9,91 $\pm$ 0,06
Grobogan	7,66 $\pm$ 0,01	4,55 $\pm$ 0,01	29,82 $\pm$ 0,01	9,75 $\pm$ 0,23	34,92 $\pm$ 0,14	13,31 $\pm$ 0,09
Argomulyo	7,22 $\pm$ 0,08	5,17 $\pm$ 0,01	33,50 $\pm$ 0,01	12,95 $\pm$ 0,05	31,99 $\pm$ 0,19	9,17 $\pm$ 0,07
Gepak Kuning	6,00 $\pm$ 0,11	4,20 $\pm$ 0,09	35,73 $\pm$ 0,07	10,13 $\pm$ 0,02	31,25 $\pm$ 0,04	12,69 $\pm$ 0,10
Kedelai Impor	8,76 $\pm$ 0,03	4,34 $\pm$ 0,05	31,47 $\pm$ 0,06	12,08 $\pm$ 0,07	30,88 $\pm$ 0,21	12,46 $\pm$ 0,19

Keterangan: bb = bobot basah

Kadar abu antara 3,92–5,17% bb, relatif sedikit di bawah dan hampir sama dengan lima varietas unggul yang dilaporkan Yulifianti dan Ginting (2013) yaitu 5,30–5,90%. Kadar protein antara 29,82–35,73% bb. Kadar protein kedelai impor tampak lebih rendah dibandingkan dengan beberapa varietas unggul kedelai. Protein merupakan komponen makro nutrien yang diunggulkan pada produk berbasis kedelai. Kandungan protein kedelai menunjukkan kualitas kedelai tersebut (Astawan *et al.* 2013) yang berpengaruh terhadap rendemen dan tingkat kekerasan tahu yang dihasilkan (Ginting *et al.* 2009).

Kadar lemak antara 9,75–12,95%. Kedelai impor umumnya memiliki kadar lemak lebih besar dibandingkan kedelai lokal. Peningkatan kadar protein akan diikuti dengan berkurangnya kadar lemak dan karbohidrat dalam kedelai (Moraes *et al.* 2006). Analisis karbohidrat dilakukan dengan metode *by difference*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelima varietas kedelai memiliki kadar karbohidrat antara 30,88–34,92%. Menurut Astuti (2000), karbohidrat yang terkandung dalam biji kedelai sebagian besar berupa karbohidrat kompleks, meliputi sukrosa, pati dan oligosakarida penyebab flatulensi, seperti stakiosa dan rafinosa. Kadar serat kasar kedelai antara 9,17–13,31%.

Sifat Fisiko-kimia Tahu

Berdasarkan analisis sidik ragam, varietas kedelai yang digunakan ternyata tidak mempengaruhi sifat

fisiko-kimia tahu. Tabel 2 menyajikan sifat fisik tahu yang meliputi rendemen, kekerasan dan warna, sedangkan Tabel 3 menyajikan sifat kimia tahu yang meliputi kadar air, abu, protein, lemak, serat, dan karbohidrat.

Tabel 2 menunjukkan tidak ada perbedaan antarvarietas. Rendemen tahu dari empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor antara 256,67–300,75% bb. Tidak berbedanya rendemen antarvarietas kedelai tersebut kemungkinan karena jumlah air yang ditambahkan oleh pengrajin berbeda-beda mengikuti konsentrasi susu kedelai yang dihasilkan. Mujoo *et al.* (2003) dan Ginting *et al.* (2009) menyatakan bahwa varietas kedelai dan teknik pengolahan yang digunakan merupakan faktor penentu rendemen dan kekerasan tahu. Hasil penelitian Yulifianti dan Ginting (2013) mengamati tidak adanya korelasi antara kadar protein biji dengan rendemen tahu dengan arti kata bahwa kadar protein bukan satu-satunya penentu rendemen tahu. Dari penelitian ini diketahui bahwa pengrajin juga salah satu penentu besaran rendemen tahu.

Kekerasan tahu merupakan karakteristik tahu yang penting bagi konsumen dalam menentukan preferensinya. Kekerasan tahu yang dihasilkan oleh empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor tersebut antara 0,29–0,34 kgf. Dalam penelitian ini kekerasan tahu tidak dipengaruhi oleh varietas kedelai tetapi dipengaruhi oleh pengrajin, terutama jumlah air yang ditambahkan, konsentrasi peng-

Tabel 2. Rendemen, *hardness* dan warna tahu dari empat varietas kedelai dan satu kedelai impor yang diolah oleh empat pengrajin

Varietas	Rendemen (% bb)	Kekerasan (kgf)	Warna		
			L*	a*	B*
Anjasmoro	300,75 ± 34,18 a	0,30 ± 0,07 a	90,50 ± 1,21 a	0,73 ± 0,30 a	14,06 ± 0,49 a
Grobogan	256,67 ± 27,89 a	0,29 ± 0,07 a	91,06 ± 1,12 a	0,51 ± 0,48 a	16,94 ± 0,53 a
Argomulyo	293,67 ± 36,76 a	0,32 ± 0,11 a	90,68 ± 0,69 a	1,29 ± 0,67 a	12,79 ± 1,56 a
Gepak Kuning	293,67 ± 12,64 a	0,34 ± 0,10 a	90,79 ± 2,01 a	1,04 ± 1,15 a	12,87 ± 1,28 a
Kedelai impor	281,33 ± 25,18 a	0,34 ± 0,09 a	89,37 ± 1,43 a	2,17 ± 0,80 a	12,51 ± 0,83 a

Keterangan : Angka selajur diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%; bb = berat basah

L* = Tingkat kecerahan berkisar dari 0 (gelap/hitam) hingga 100 (cerah/putih), a* = koordinat merah / hijau, b* = koordinat kuning / biru.

Tabel 3. Komposisi kimia tahu dari empat varietas unggul kedelai dan satu kedelai impor yang diolah oleh empat pengrajin

Varietas	Air (% bb)	Protein (% bb)	Lemak (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Abu (% bb)	Serat Kasar (% bb)
Anjasmoro	81,68 ± 1,02 a	7,40 ± 1,89 a	4,32 ± 1,33 a	5,37 ± 1,90 a	0,44 ± 0,08 a	0,80 ± 0,18 a
Grobogan	81,48 ± 0,75 a	6,06 ± 1,20 a	5,47 ± 0,68 a	5,55 ± 0,85 a	0,59 ± 0,13 a	0,85 ± 0,20 a
Argomulyo	82,25 ± 0,36 a	7,17 ± 7,17 a	4,37 ± 0,93 a	4,98 ± 2,07 a	0,43 ± 0,03 a	0,80 ± 0,16 a
G. Kuning	82,08 ± 0,42 a	8,44 ± 8,44 a	4,85 ± 0,63 a	3,31 ± 0,86 a	0,54 ± 0,09 a	0,78 ± 0,14 a
Kedelai impor	80,75 ± 0,82 a	7,30 ± 0,78 a	5,12 ± 1,44 a	5,65 ± 1,33 a	0,53 ± 0,08 a	0,63 ± 0,12 a

Keterangan : Angka selajur diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%; bb = berat basah

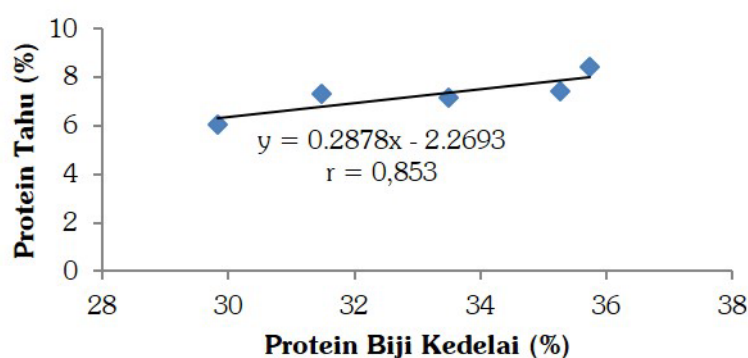
gumpal dan pemberian beban pada saat pengepresan/pencetakan. Oleh karena itu, meskipun prosedur yang dilakukan oleh keempat pengrajin sama, tetapi tingkat kekerasan yang dihasilkan berbeda. Selain itu, tingkat kekerasan tahu dapat dipengaruhi oleh kadar protein dan fraksi protein biji kedelai. Biji kedelai dengan kandungan fraksi protein 11S (hasil fraksinasi globulin) dan nisbah fraksi 11S/7S tinggi, mempunyai kecenderungan untuk menghasilkan rendemen tahu yang tinggi dan tekstur tahu yang keras (Mujoo *et al.* 2001; Ginting *et al.* 2009). Menurut Prihelista *et al.* (2017), kekerasan tahu dipengaruhi oleh kadar protein dan padatan di susu kedelai. Semakin tinggi kadar protein bahan baku, semakin kokoh gumpalan protein yang terbentuk sehingga air yang tertahan semakin sedikit. Disamping itu, pengepresan tahu juga menjadi salah satu faktor penentu kepadatan tekstur tahu.

Nilai L^* antara 89,37–91,06 menunjukkan tingkat kecerahan dari tahu tersebut. Nilai a^* antara 0,51–2,17 dan nilai b^* antara 12,51–16,94. Nilai L^* yang semakin besar menunjukkan semakin cerah atau menuju putih, nilai a^* (-) semakin hijau, nilai a^* (+) semakin merah, nilai b^* (-) semakin biru, nilai b^* (+) semakin kuning. Tidak terdapat perbedaan warna antara tahu yang dihasilkan dari kelima varietas kedelai. Hal ini berkaitan dengan kulit biji kedelai yang berwarna kuning untuk semua varietas kedelai.

Tabel 3 menyajikan kadar air tahu dari empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor antara 80,75–82,25% bb. Meskipun tidak tercantum dalam SNI, kadar air tahu perlu dianalisis. Menurut Midayanto dan Yuwono (2014), kadar air tahu yang diambil dari beberapa pasar di Malang antara 78,82%–85,27%, sedangkan menurut Yulifianti dan Ginting (2013) kadar air beberapa varietas kedelai tahu berbeda nyata dengan kisaran 75,1 sampai 77,2%. Pada penelitian ini, kadar air tahu dari

beberapa varietas kedelai tidak berbeda nyata yang erat kaitannya dengan perbedaan proses pengolahan yang dilakukan oleh pengrajin, terutama cara penyaringan/ekstraksi. Ekstraksi yang kurang optimal menyebabkan kadar air tinggi karena kadar padatan terlarutnya rendah. Selain itu, kadar air tahu juga dapat dipengaruhi oleh proses pengepresan, semakin besar beban/tekanan yang diterima massa tahu maka semakin banyak air yang keluar sehingga massa tahu menjadi semakin padat dan lebih sedikit menyimpan air.

Kadar protein tahu dari empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor antara 6,06–8,44% bb. Kadar protein tersebut berada di bawah persyaratan SNI untuk tahu yang ditetapkan BSN (1998), yaitu minimum 9,0% bb. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan pada saat proses penggumpalan oleh pengrajin. Menurut Yulifianti dan Ginting (2013), kandungan protein tahu juga ditentukan oleh nisbah antara jumlah air dengan biji kedelai saat ekstraksi, jenis penggumpal, dan lama serta bobot beban yang digunakan pada saat pencetakan tahu. Kohyama *et al.* (1995) menyatakan bahwa kandungan protein tahu berhubungan dengan kemampuan koagulan untuk menggumpalkan atau membentuk padatan tahu melalui denaturasi protein yang utamanya diakibatkan oleh panas dan penambahan koagulan. Selain itu, tinggi atau rendahnya kadar protein tahu dapat dipengaruhi oleh besarnya kandungan air yang hilang dari bahan. Nilai protein yang terukur akan semakin besar jika jumlah air yang hilang semakin besar. Kandungan protein yang terukur tergantung pada jumlah bahan-bahan yang ditambahkan dan sebagian besar dipengaruhi oleh kandungan air (Sebranek 2009). Bila dilihat kadar protein biji dari masing-masing varietas kedelai terdapat korelasi positif dengan kadar protein tahu dengan nilai $r=0,853$ (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan protein biji kedelai dengan protein tahu

Kadar lemak tahu dari empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor antara 4,32–5,47% bb. Kadar lemak ini sesuai dengan persyaratan SNI untuk tahu (BSN 1998), yakni minimum 0,5% bb dan kadar abu maksimum 1,0% bb. Tidak terdapat perbedaan kadar lemak tahu yang dihasilkan beberapa varietas kedelai, namun antar pengrajin terjadi perbedaan. Hal ini disebabkan oleh waktu dan suhu proses perebusan/pemanasan. Menurut Windsor (2001), protein akan terkoagulasi jika bahan dipanaskan sehingga banyak air dan lemak akan keluar. Kehilangan kadar lemak dan air dapat terjadi karena denaturasi protein pada jaringan dalam tingkatan yang dapat menyebabkan penurunan daya ikat air dan sifat emulsifikasi protein.

Kadar karbohidrat antara 3,31–5,65% bb, sementara kadar abu antara 0,43–0,59% bb, dan kadar serat kasar antara 0,63–0,85% bb. Kadar abu yang diperoleh sesuai dengan persyaratan SNI untuk tahu (BSN 1998) yakni maksimum 1,0% bb, sedang kadar serat masih berada di bawah persyaratan SNI yaitu minimum 0,1% (BSN 1998). Kadar serat tahu dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut karena proses penyaringan/ekstraksi yang kurang sempurna oleh keempat pengrajin, sehingga serat halus dari ampas tahu masih terikut dalam filtrat. Oleh karena itu, pengrajin perlu memperhatikan ukuran saringan yang digunakan agar memenuhi standar mutu tahu tersebut.

Secara keseluruhan perbedaan varietas tidak menyebabkan perbedaan komposisi fisiko-kimia tahu. Hal tersebut karena terdapat variasi teknik pembuatan oleh pengrajin walaupun mengikuti alur pembuatan yang sama. Pengaruh penambahan air saat ekstraksi kedelai, waktu perebusan, dan jumlah air yang ditambahkan oleh pengrajin yang berbeda-beda mengikuti konsentrasi susu kedelai yang dihasilkan. Demikian pula perbedaan proses penggumpalan, konsentrasi penggumpal yang diberikan, dan cara pengepresan tahu oleh pengrajin dapat mempengaruhi mutu tahu yang dihasilkan walaupun menggunakan varietas yang berbeda dan

alur proses yang sama. Penentuan suhu dan waktu proses dapat bervariasi antarpengrajin karena tidak berbasis alat ukur yang baku, sedangkan proses ekstraksi sangat ditentukan oleh suhu dan waktu. Hasil penelitian Yulifianti *et al.* (2015) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kadar air, kadar abu, dan kadar protein dari varietas Dena 1 dan Gepak Kuning yang diolah oleh pengrajin tahu. Obatolu (2008) menyatakan kualitas tahu dipengaruhi oleh jenis koagulan yang ditambahkan ke dalam susu kedelai.

Sifat Organoleptik Tahu Mentah

Hasil uji organoleptik tahu mentah menunjukkan adanya pengaruh varietas terhadap tingkat kesukaan warna, tekstur dan penampilan tahu kecuali aroma (Tabel 4). Tingkat kesukaan panelis terhadap tahu mentah agak disukai hingga disukai dan perbedaan antarperlakuan relatif kecil.

Skor warna tahu mentah antara 3,34–3,75 (agak suka hingga suka). Yulifianti dan Ginting (2013) menyatakan warna tahu mentah dari enam varietas unggul kedelai yang diuji disukai oleh konsumen dengan nilai 3,6–3,9. Menurut Aryanti *et al.* (2016), penentuan mutu bahan makanan pada umumnya sangat tergantung pada beberapa faktor seperti citarasa, warna, tekstur, dan nilai gizinya. Tetapi sebelum faktor-faktor lain dipertimbangkan, secara visual, faktor warna akan sangat menentukan.

Tabel 4 menginformasikan tidak ada perbedaan warna yang nyata antara tahu mentah dari Varietas Anjasromo, Grobogan, Argomulyo dan Gepak Kuning. Tahu mentah dari kedelai impor memiliki skor terendah untuk kriteria warna. Hal ini sesuai dengan pengamatan warna tahu menggunakan *Chromameter Minolta* (Tabel 2) dimana tidak terdapat perbedaan nilai L^* antarvarietas, namun nilai L^* kedelai impor cenderung lebih rendah dibandingkan dengan empat varietas unggul kedelai. Panelis cenderung menyukai tahu yang berwarna cerah. Yulifianti dan Ginting (2013) menyatakan bahwa tahu mentah dari enam genotipe kedelai

Tabel 4. Sifat organoleptik tahu mentah berbahan baku empat varietas unggul kedelai dan satu kedelai impor

Varietas	Warna	Aroma	Tekstur	Penampilan
Anjasromo	3,69 ± 0,17 a	3,43 ± 0,21 a	3,61 ± 0,15 ab	3,76 ± 0,16 ab
Grobogan	3,69 ± 0,19 ab	3,28 ± 0,23 a	3,45 ± 0,14 b	3,53 ± 0,17 b
Argomulyo	3,66 ± 0,22 a	3,48 ± 0,24 a	3,67 ± 0,20 ab	3,83 ± 0,17 a
Gepak Kuning	3,75 ± 0,19 a	3,54 ± 0,11 a	3,74 ± 0,15 a	3,81 ± 0,22 ab
Kedelai impor	3,34 ± 0,17 b	3,42 ± 0,20 a	3,50 ± 0,10 ab	3,56 ± 0,09 ab

Keterangan:

- Angka selanjutnya yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.

- Skor penilaian: 1 = sangat tidak suka; 2 = tidak suka; 3 = agak suka; 4 = suka; dan 5 = sangat suka

Tabel 5. Sifat organoleptik tahu rebus berbahan baku empat varietas unggul kedelai dan satu kedelai impor

Varietas	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	Penampilan
Anjasromo	3,66 ± 0,27 a	3,60 ± 0,03 a	3,46 ± 0,16 a	3,40 ± 0,22 ab	3,40 ± 0,19 b
Grobogan	3,20 ± 0,23 b	3,21 ± 0,06 c	3,03 ± 0,17 b	3,26 ± 0,28 b	3,17 ± 0,20 b
Argomulyo	3,72 ± 0,23 a	3,63 ± 0,12 a	3,50 ± 0,26 a	3,62 ± 0,25 a	3,73 ± 0,23 a
Gepak kuning	3,19 ± 0,13 b	3,37 ± 0,05 b	3,39 ± 0,15 a	3,23 ± 0,07 b	3,13 ± 0,13 b
Kedelai impor	3,20 ± 0,07 b	3,39 ± 0,12 b	3,40 ± 0,22 a	3,32 ± 0,11 ab	3,34 ± 0,10 b

Keterangan:

-Angka selajur yang diikuti huruf sama, tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.

-Skor penilaian: 1 = sangat tidak suka; 2 = tidak suka; 3 = agak suka; 4 = suka; dan 5 = sangat suka

(kedelai unggul) memberikan nilai kesukaan terhadap warna dan aroma tahu yang relatif sama (suka).

Skor aroma tahu antara 3,28–3,54 (agak disukai panelis). Tidak ada perbedaan yang nyata antar-varietas. Panelis menyukai aroma tahu mentah yang dihasilkan oleh empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor.

Skor tekstur tahu mentah antara 3,45–3,74 (agak suka hingga suka). Tahu dari Varietas Gepak Kuning, Anjasromo, Argomulyo dan kedelai impor memiliki tekstur yang disukai panelis dengan skor tekstur yang tidak berbeda nyata. Sedangkan tahu dari varietas Grobogan agak disukai dan memberikan nilai terendah (Tabel 4). Tekstur tahu yang disukai panelis tersebut tidak lunak dan sedikit padat, yang merupakan kriteria tekstur tahu yang disukai oleh konsumen (Midayanto dan Yuwono 2014). Hasil pengujian organoleptik tahu ini berbeda dengan pengukuran kekerasan tahu dengan *hardness texture* yang lebih dipengaruhi oleh pengrajin (Tabel 2). Perbedaan tekstur/kekerasan tahu mentah yang dihasilkan pengrajin diduga disebabkan oleh tidak samanya suhu susu kedelai pada saat penambahan penggumpal. Menurut Midayanto dan Yuwono (2014), pengaruh waktu dan suhu koagulasi menyebabkan perbedaan tekstur tahu. Semakin singkat waktu koagulasi dan rendah suhu koagulasi yang digunakan maka tekstur tahu yang dihasilkan cenderung lunak. Priherlista *et al.* (2017) menyatakan penggumpalan protein oleh bahan penggumpal akan berlangsung secara cepat dan serentak di seluruh bagian cairan susu kedelai, sehingga sebagian besar air yang semula tercampur dalam susu kedelai akan terperangkap di dalamnya. Selain itu tekstur tahu yang keras juga disebabkan oleh lama penekanan pada gumpalan dan pengepresan.

Tingkat kesukaan terhadap penampilan tahu mentah antara agak suka hingga suka (Tabel 4). Tahu mentah dari varietas Argomulyo mempunyai

nilai tertinggi (3,83) walau tidak berbeda nyata dengan Varietas Anjasromo, Gepak Kuning dan impor, sedangkan nilai terendah adalah tahu dari Varietas Grobogan (3,53). Secara keseluruhan panelis menyukai tahu mentah yang dihasilkan oleh varietas unggul kedelai baik warna, aroma, tekstur dan penampilan.

Sifat Organoleptik Tahu Rebus

Hasil uji organoleptik tahu rebus juga menunjukkan adanya pengaruh varietas terhadap tingkat kesukaan warna, aroma, rasa, tekstur, dan penampilan tahu (Tabel 5). Tingkat kesukaan panelis terhadap tahu rebus agak disukai hingga disukai.

Skor warna tahu rebus antara 3,19–3,72, yaitu agak suka hingga suka. Skor warna tertinggi adalah tahu rebus dari Varietas Anjasromo dan Argomulyo, sedangkan yang lebih rendah adalah tahu rebus dari varietas Grobogan, Gepak Kuning dan kedelai impor. Secara keseluruhan nilai warna tahu mentah (Tabel 4) mengalami perubahan setelah menjadi tahu rebus (cenderung turun skornya). Pengaruh panas menyebabkan perubahan warna tahu, namun tingkat kesukaan panelis tetap berada pada kisaran agak suka hingga suka.

Nilai aroma tahu rebus dari empat varietas unggul dan kedelai impor antara 3,21–3,63 yaitu agak suka hingga suka. Nilai aroma tertinggi adalah tahu rebus dari Varietas Anjasromo dan Argomulyo, sedangkan yang terendah adalah tahu rebus dari Varietas Grobogan.

Tingkat kesukaan terhadap rasa tahu rebus yang tinggi dihasilkan tahu dari Varietas Anjasromo, Argomulyo, Gepak Kuning dan impor yaitu antara 3,39–3,50 (agak suka hingga suka), sedangkan varietas Grobogan memberikan nilai rasa yang paling rendah (3,03). Hal ini dapat disebabkan tiga varietas unggul kedelai dan kedelai impor tersebut memiliki kadar protein tinggi (Tabel 1), dimana pada protein terdapat gugus asam amino (NH_2) pada rantai

polipeptida yang menimbulkan rasa gurih pada produk makanan yang dihasilkan (Lehninger 1996 dalam Santoso dan Suliana 2009). Sedangkan kadar protein varietas Grobogan lebih kecil dibanding yang lainnya (Tabel 1).

Tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur tahu rebus dari empat varietas unggul kedelai dan kedelai impor antara 3,23–3,62, tertinggi adalah tahu rebus dari Varietas Argomulyo diikuti Anjasromo dan impor serta terendah adalah tahu rebus dari Varietas Grobogan dan Gepak Kuning. Walaupun tingkat kekerasan tahu dari empat varietas unggul dan kedelai impor tidak berbeda (Tabel 2), namun setelah menjadi tahu rebus panelis cenderung menyukai tekstur tahu dari Varietas Argomulyo, Anjasromo dan kedelai impor. Hal ini disebabkan tekstur tahu dari varietas tersebut lebih keras dan tidak lembek, sedangkan dari Varietas Grobogan dan Gepak Kuning agak lembek. Makin terstruktur dan padatnya jaringan protein pada tahu akan menghasilkan sifat tekstur yang tinggi (Li *et al.* 2015).

Skor penampilan tahu rebus dari empat varietas unggul dan kedelai impor 3,13–3,73, yaitu agak suka hingga suka. Skor tertinggi untuk penampilan tahu tampak pada tahu rebus dari Varietas Argomulyo, sedangkan varietas lainnya dan kedelai impor tidak berbeda nyata. Secara umum panelis menyukai tahu rebus yang dihasilkan oleh varietas unggul kedelai.

Hasil uji organoleptik secara keseluruhan menunjukkan bahwa tahu yang paling disukai oleh konsumen adalah tahu dari Varietas Argomulyo dan Anjasromo. Varietas kedelai Argomulyo dan Anjasromo adalah varietas unggul populer yang dilepas oleh Balitkabi. Varietas Argomulyo dilepas tahun 1998 dengan produktivitas 1,5–2,0 t/ha, bobot 100 biji 16 g dan umur masak 80–82 hari. Kedelai Varietas Anjasromo dilepas pada tahun 2002 dengan produktivitas sebesar 3–2,25 t/ha, bobot 100 biji adalah 14,8–15,3 g, dan umur masak 83–93 hari (Balitkabi 2016).

KESIMPULAN

Penggunaan varietas unggul kedelai (Anjasromo, Argomulyo, Grobogan, dan Gepak Kuning) dan kedelai impor tidak berpengaruh terhadap sifat fisiko-kimia tahu yang diolah oleh pengrajin dengan teknik pengolahan yang bervariasi, meskipun tahap pengolahannya sama. Hal ini menunjukkan peran penting pengrajin dalam menentukan mutu tahu yang dihasilkan. Tahu yang dihasilkan dari varietas unggul kedelai cukup disukai oleh panelis. Tidak ada perbedaan tingkat kesukaan aroma tahu mentah

antara varietas unggul kedelai dengan kedelai impor, namun warna, tekstur dan penampilan tahu mentah dari Varietas Argomulyo, Anjasromo dan Gepak Kuning lebih disukai. Untuk tahu rebus, Varietas Argomulyo dan Anjasromo memberikan skor kesukaan tertinggi untuk kriteria organoleptik yang diujikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC.2005. Official methods of analysis of AOAC International. 18th Edition. AOAC International Suite 500481 North Frederick Avenue Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Almegakm. 2016. Mengidentifikasi perbedaan warna menggunakan koordinat $L^*a^*b^*$ atau $L^*C^*h^*$. <http://analisawarna.com/2015/08/17/mengidentifikasi-perbedaan-warna-menggunakan-lab-at> (Diakses 12 Juni 2016).
- Aryanti N, Kurniawati D, Maharani A, Wardhani DH. 2016. Karakteristik dan analisis sensorik produk tahu dengan koagulan alami. *Jurnal Ilmiah Teknosains* 2(2) : 73-81.
- Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Ichsan N. 2013. Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari berbagai varietas kedelai. *Jurnal Pangan* 22(3): 241-252.
- Astuti M, Meliala A, Dalais SF, Wahlqvist ML. 2000. Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 9(4): 322-325.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2016. Provinsi Lampung dalam Angka. BPS Provinsi Lampung.
- Balitkabi. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Kedelai 1918-2016. balitkabi.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/09/kedelai.pdf (Diakses 18 Desember 2018).
- BSN. 1995. Kedelai. SNI 01-3922-1995. Badan Standardisasi Nasional. ICS. Jakarta. 10 hlm.
- BSN. 1998. Tahu. SNI 01-3142-1998. Badan Standardisasi Nasional. CS 67.060. Jakarta. 12 hlm.
- Damardjati DS., Marwoto, Swastika DKS, Arsyad DM, Hilman Y. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kedelai. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Ginting E, Antarlina SS, Widowati S. 2009. Varietas kedelai unggul untuk bahan baku industri pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(3): 79-87.
- Kementerian Pertanian. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan: Kedelai. Pusat Data dan Informasi Pertanian. Kementan, Jakarta.
- Krisdiana R. 2005. Preferensi industri tahu dan tempe dalam menggunakan bahan baku kedelai di Jawa

- Timur. Hlm. 540-548. Dalam: Makarim A.K, Marwoto, Adie MM, Rahmianna AA, Heriyanto, Tastra IK (eds.). Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Kohyama K., Sano Y, Doi E.1995. Rheological characteristics and gelation mechanism of tofu (soybean curd). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43(7): 1808-1812.
- Li M, Chen F, Yang B, Lai S, Yang H, Liu K, Bu G, Fu C, Deng Y, 2015. Preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants. *Food Chemistry* 167: 168–174.
- Londo M, Benu MN, Katiandagho TM. 2017. Analisis keuntungan pengrajin tahu berdasarkan cara pembayaran di Kecamatan Malalayang, Kota Manado. *Agri-Sosioekonomi* 13(1A): 155 –168.
- Maurice N. 2011. Tofu : A Coagulated Soymilk Product. https://www.academia.edu/14929396/Tofu_A_Coagulated_Soymilk_Product (Diakses 12 Desember 2018).
- Midayanto DN, Yuwono SS. 2014. Penentuan atribut mutu tekstur tahu untuk direkomendasikan sebagai syarat tambahan dalam Standar Nasional Indonesia (in Press Oktober 2014). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2(4): 259-267.
- Moraes RMA, Jose IC, Ramos FG, de Barros EG, Moreira MA. 2006. Biochemical characteristics of soybean's protein. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 41(5): 725-729.
- Mujoo R, Trinh DT, Ng PKW. 2003. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *Food Chemistry* 82(2): 265-273.
- Murdia LK, Wadhwani R. 2010. Effect of processing parameters on texture and yield of tofu. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 3(2): 232-241.
- Obatolu VA. 2008. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. *European Food Research and Technology* 226 (3): 467–472.
- Poysa V, Woodrow L. 2002. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. *Food Research International* 35(4): 337-345.
- Priherlista R, Kartikawati D, Ilminingtyas D. 2017. Pengaruh rasio substitusi kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dan jenis bahan penggumpal terhadap sifat fisik, kimia dan organoleptik tahu press. *Serat Acitya* 6(2): 60-68.
- Pusat Data dan Informasi Pertanian. 2016. Bab V. Konsumsi dan Neraca Penyediaan Penggunaan Kedelai. Dalam: Buletin Konsumsi Pangan 2016. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian 7(2) : 31-42.
- Ratnaningsih, Ginting E, Adie MM, Harnowo D. 2017. Sifat fisikokimia dan kandungan serat pangan galur-galur harapan kedelai. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* 14(1): 35-45.
- Rekha CR, Vijayalakshmi G. 2013. Influence of processing parameters on the quality of soycurd (tofu). *Journal of Food Science and Technology*. 50 (1): 176-180.
- Santoso B, Suliana G. 2009. Pengaruh varietas kedelai terhadap mutu tahu yang dihasilkan. *Buana Sains* 9(2):137-140.
- Sebraneck J. 2009. Basic curing ingredients. Dalam: Tarte R (ed). *Ingredients in Meat Product. Properties, Functionality and Applications*. Hlm. 1-23. Springer Science, New York.
- Steel RGD, Torrie JH. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistik. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Whetzel N. 2015. Measuring color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b* - AN-1005b. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b>. (Diakses 12 Juni 2016).
- Windsor ML. 2001. Fish Meal. Torrey Research Station, United Kingdom.
- Yulifianti R, Ginting E. 2013. Karakteristik tahu dari beberapa varietas unggul kedelai. Hlm. 330-338. Dalam: Rahmianna AA, Yusnawan E, Taufiq A, Sholihin, Suharsono, Sundari T, Hermanto (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.
- Yulifianti R, Ginting E, Sundari T. 2016. Karakteristik tahu dari kedelai varietas toleran naungan Dena 2. Hlm. 331 – 339. Dalam: Rahmianna AA, Yusnawan E, Taufiq A, Sholihin, Suharsono, Sundari T, Hermanto (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. ..

Pengembangan Model Simulasi Swasembada Kedelai Berbasis Web SIWAKA.INS

Development of a Web-Based Soybean Self-Sufficiency Simulation Model SIWAKA.INS

I Ketut Tastra*, Farid Rakhmat Abadi, Bambang Sri Koentjoro

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak. KM 8. PO Box 66 Malang 65101
*e-mail: iktastra@yahoo.com

NASKAH DITERIMA 18 FEBRUARI 2019; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 21 MEI 2019

ABSTRAK

Model simulasi swasembada kedelai berbasis web yang mudah diakses dan dioperasikan perlu dikembangkan agar informasi yang diperlukan dalam proses pengambilan keputusan tersedia dengan cepat. Laboratorium Dinamika Sistem Balitkabi sejak Januari hingga Februari 2018 telah mengembangkan model simulasi swasembada kedelai berbasis web yaitu SIWAKA.INS yang merupakan pengembangan dari skrip program simulasi SIWAKA.SIM, yang dikembangkan menggunakan program simulasi *open source* Insightmaker.com. Tujuan penelitian adalah melakukan validasi model simulasi swasembada kedelai SIWAKA.INS. Hasil validasi menunjukkan bahwa model simulasi SIWAKA.INS cukup layak untuk diterapkan dalam memperkirakan tercapainya swasembada kedelai nasional dengan nilai $R^2=1$ dan $RMSE=4,88e-14$ t. Hasil simulasi SIWAKA.INS menggunakan input model perluasan areal (PPA) 9,0%/tahun, peningkatan produktivitas (LAJUY) 9,5%/tahun, kehilangan hasil pascapanen (KHKDL) 7,5%/tahun, kenaikan penduduk (KB) 1,5%/tahun, dan peningkatan konsumsi kedelai (LAJUK) 1,0%/tahun, menunjukkan bahwa swasembada kedelai dapat tercapai pada tahun 2020-2045. Untuk periode tahun 2020-2024, simulasi tingkat swasembada kedelai mencapai 0,09-1,26 juta t, pada tingkat hasil kedelai 1,66-1,80 t/ha dan luas areal kedelai 1,66-2,35 juta ha. SIWAKA.INS bersifat *open source* dan dapat diakses di <https://Insightmaker.com/insight/65139/SIWAKA-INS>.

Kata kunci: kedelai, model simulasi, swasembada

ABSTRACT

Web-based soybean self-sufficiency simulation models that are easily accessed and operated need to be developed. Therefore, the information that is required for decision-making process is quickly available. The ILETRI System Dynamics Laboratory developed a web-based self-sufficiency simulation model from January to February 2018, named SIWAKA.INS. The SIWAKA.INS was developed from the SIWAKA.SIM simulation program script using an open source simulation program of Insightmaker.com. The purpose of the study was to validate the SIWAKA.INS soybean self-sufficiency simulation model. The results showed that the SIWAKA.INS simulation model was quite feasible to

be applied in estimating the achievement of national soybean self-sufficiency with a value of $R^2=1$ and $RMSE=4.88e-14$ t. Simulation of soybean self-sufficiency using SIWAKA.INS application with inputs model consisted of area expansion rate (PPA) 9.0%/year, productivity increase (LAJUY) 9.5%/year, post harvest yield loss (KHKDL) 7.5%/year, population increase (KB) 1.5%/year, and soybean consumption increase (LAJUK) 1.0%/year indicate that soybean self-sufficiency will be achieved in 2020-2045. For the period of 2020-2024, simulation showed that the level of soybean self-sufficiency reached 0.09-1.26 million tones at soybean yield level of 1.66-1.80 t/ha and harvest area of 1.66-2.35 million ha. The SIWAKA.INS is an open source program, and it can be accessed at <https://Insightmaker.com/insight/65139/SIWAKA-INS>.

Keywords: soybean, simulation model, self-sufficiency

PENDAHULUAN

Model simulasi swasembada kedelai berbasis web belum tersedia. Hal ini menjadi salah satu kendala bagi pengguna, utamanya pengambil kebijakan yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan informasi dalam proses pengambilan keputusan, baik untuk tujuan praktis manajemen atau menentukan penelitian yang dibutuhkan. Model simulasi berbasis WEB merupakan instrumen yang menggunakan sumberdaya dan teknologi yang ditawarkan *World Wide Web* (WEB). Salah satu ciri adanya interaksi antara pengguna dengan penyedia perangkat model simulasi adalah penggunaan fasilitas antarmuka grafis atau *graphical user interface* (GUI) (Byrne *et al.* 2010). Simulasi berbasis model menggunakan mesin pencari untuk menyajikan informasi dan menerima input bersifat dinamis dalam berbagai bidang dan lingkungan (Zeng *et al.* 2017). Menurut Byrne *et al.* (2010), keunggulan model simulasi berbasis WEB adalah mudah digunakan, mudah dalam kolaborasi antarpengembang, kemudahan penyebaran dan lisensi, memungkinkan penggunaan ulang, dapat digunakan pada lebih dari satu sistem operasi, mudah dikontrol, jangkauan luas, mudah dimodifikasi, dan berintegrasi dinamis dengan

berbagai aplikasi dengan kemampuan operasional yang luas.

Model simulasi berbasis WEB telah diterapkan dalam pemodelan simulasi tanaman, dan merupakan perangkat handal dalam menggambarkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, pengujian hipotesis, dan hubungan antarkomponen guna meningkatkan pemahaman terhadap sistem produksi tanaman (Boote *et al.* 2013). Dengan demikian, memiliki potensi besar dalam mendukung sistem pengambilan keputusan di bidang pertanian (Khishnan *et al.* 2016; Feng *et al.* 2019). Selain itu, ada aspek pembelajaran dalam model berbasis WEB sehingga akan mempermudah penerapan teori dalam kegiatan praktis oleh pengguna (Barisone *et al.* 2016).

Beberapa pemodelan simulasi tanaman berbasis WEB telah dikenalkan, seperti Web Infocrop (Krishnan *et al.* 2016), Mobedis (Hossard *et al.* 2017), dan model simulasi berbasis WEB umum (*general-purpose simulation*) oleh Tastra *et al.* (2017) yang menggunakan software berbasis WEB Insightmaker.com untuk pemodelan simulasi potensi hasil tanaman kedelai (SUCSOY.INS) di Indonesia. Insightmaker.com telah dikembangkan oleh Roe (2014) sebagai perangkat lunak pengembangan model simulasi yang bersifat bebas pakai (*open source*), dan dapat diakses melalui alamat <http://Insightmaker.com>.

Upaya mencapai swasembada kedelai yang berkelanjutan perlu didukung peningkatan produksi kedelai nasional. Tingkat produksi kedelai dipengaruhi luas areal, produktivitas, tingkat kehilangan hasil, pertumbuhan penduduk, dan tingkat konsumsi kedelai (Kementerian Pertanian 2015). Faktor-faktor tersebut dapat diakomodasi dalam *summary* model simulasi swasembada kedelai, seperti yang telah digunakan oleh Tastra *et al.* (2012) dalam mensimulasi swasembada kedelai nasional, dimana model tersebut berguna untuk memprediksi capaian swasembada kedelai dari berbagai kombinasi input yang bisa dilakukan.

Model simulasi swasembada kedelai yang mudah diakses oleh para pengambil kebijakan, termasuk peneliti, sangat diperlukan. Menjawab tantangan tersebut, suatu model simulasi swasembada kedelai telah dikembangkan oleh Tastra *et al.* (2012) menggunakan perangkat lunak Powersim dalam SIWAKA.SIM, tetapi model simulasi tersebut tidak dapat diakses oleh pengguna melalui internet. Untuk itu, SIWAKA.SIM telah ditulis ulang menggunakan perangkat lunak berbasis WEB Insightmaker.com, yang selanjutnya disebut SIWAKA.INS.

SIWAKA.INS perlu divalidasi agar keluaran model simulasi yang dihasilkan dapat merepresentasikan SIWAKA.SIM dengan memanfaatkan keunggulan teknologi informasi berbasis WEB. Tujuan penelitian ini adalah untuk memvalidasi keluaran SIWAKA.INS dibandingkan dengan keluaran SIWAKA.SIM, sebagai acuan untuk pengembangan *summary* model simulasi swasembada kedelai nasional berbasis WEB.

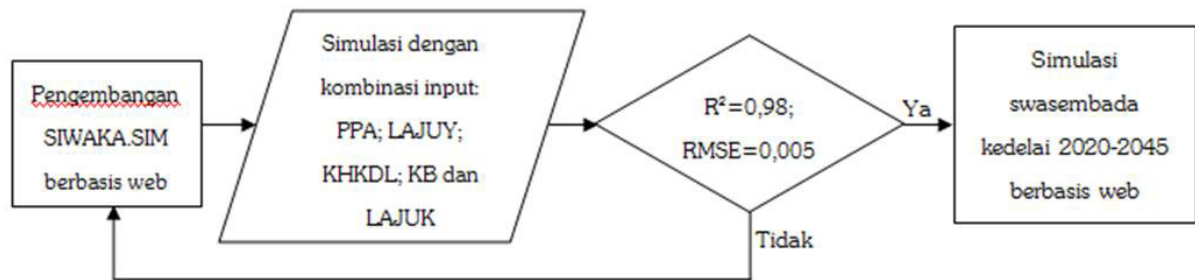
BAHAN DAN METODE

Pengembangan model simulasi swasembada kedelai (SIWAKA.SIM) berbasis WEB dilakukan di Laboratorium Sistem Dinamik Balitkabi dari Januari hingga Februari 2018. SIWAKA.SIM ditulis dalam program simulasi berbasis WEB menjadi SIWAKA.INS (Gambar 1). Asumsi yang digunakan dalam model SIWAKA.INS adalah bahwa semua kedelai yang dihasilkan petani mampu ditampung oleh BULOG pada tingkat harga yang layak ekonomis. Dengan demikian, tercapainya swasembada kedelai nasional secara teknis merupakan keluaran dari kombinasi lima masukan utama dalam model SIWAKA.INS yaitu perluasan areal kedelai (PPA, %/tahun), laju peningkatan produktivitas kedelai nasional (LAJUY, %/tahun), rata-rata tingkat kehilangan hasil pasca panen kedelai nasional (KHKDL, %/tahun), laju kenaikan jumlah penduduk (KB, %/tahun), dan laju peningkatan konsumsi kedelai (LAJUK, %/tahun).

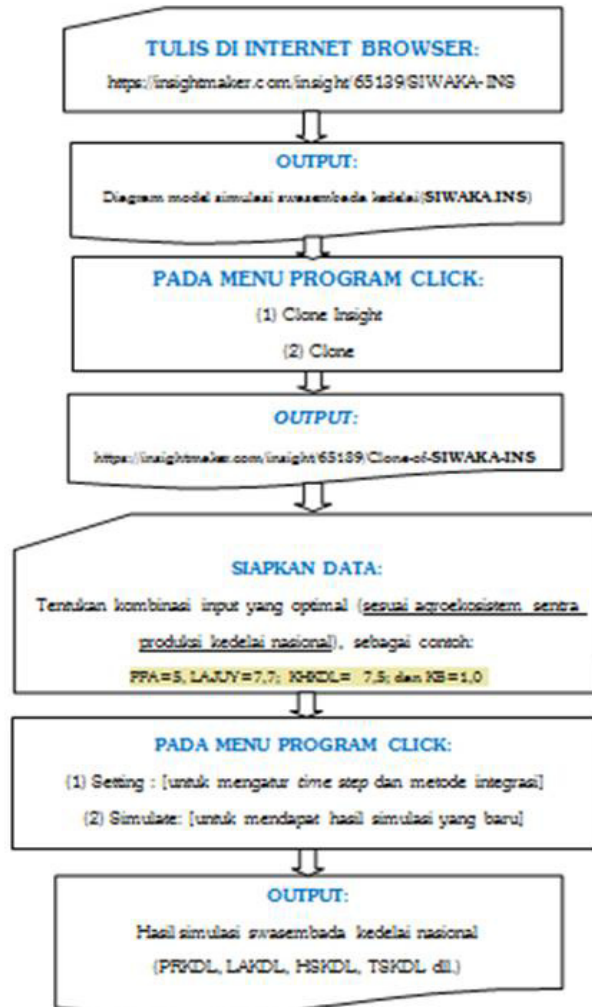
Bahan yang digunakan adalah skrip program simulasi SIWAKA.SIM (Tastra *et al.* 2012) dan *open source* program simulasi Insightmaker.com. Prosedur penggunaan SIWAKA.INS seperti diuraikan pada Gambar 2. Sebelum menggunakan SIWAKA.INS, pengguna harus melakukan *login* terlebih dahulu di <https://Insightmaker.com>.

SIWAKA.INS dapat diakses menggunakan peramban internet pada alamat <https://Insightmaker.com/insight/65139/SIWAKA-INS>, sehingga memunculkan perangkat antarmuka Insightmaker.com. Untuk dapat menggunakan perangkat lunak *open source* ini, perlu melakukan registrasi terlebih dahulu sehingga dapat *login* ke halaman Insightmaker.com. Selanjutnya akan muncul diagram model simulasi swasembada kedelai, dan pengguna dapat mulai melakukan simulasi dengan meng-*clone* halaman tersebut dengan memilih pada menu program clone insight/clone, sehingga alamat menjadi <https://Insightmaker.com/insight/65139/Clone-of-SIWAKA-INS>,

Terdapat lima masukan utama dalam SIWAKA.INS (Tabel 1). Keterangan peubah dan simbol yang



Gambar 1. Diagram alir pengembangan model simulasi swasembada kedelai SIWAKA.SIM berbasis WEB



Gambar 2. Prosedur penggunaan model simulasi SIWAKA

digunakan disajikan dalam Lampiran 1. Validasi model simulasi swasembada kedelai SIWAKA.INS dilakukan dengan cara membandingkan *output* simulasi SIWAKA.INS dengan *output* simulasi SIWAKA.SIM. *Input* yang digunakan pada kedua model adalah sama, yaitu PPA=5%/tahun, LAJUY=7,7%/tahun, KHKDL=7,5%/tahun, KB=1,5%/tahun, dan LAJUK=1,0%/tahun. *Output* dari kedua model dianalisis menggunakan teknik regresi linier. Parameter koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dijadikan sebagai tolok

ukur untuk menentukan validitas model SIWAKA.INS. Model simulasi SIWAKA.INS dinyatakan layak digunakan dalam memperkirakan swasembada kedelai nasional jika $R^2 > 0,98$ dan $RMSE < 0,005$.

Setelah validasi model, dilakukan analisis kepekaan untuk parameter kunci yang memberikan peluang cukup besar tercapainya swasembada kedelai, yaitu tingkat produksi kedelai nasional. Berdasarkan informasi deskripsi varietas unggul kedelai (Balitkabi 2016), maka nilai parameter laju peningkatan hasil kedelai (LAJUY) dinaikkan dari 8,7%/tahun menjadi 13,7%/tahun (Tabel 1), sedangkan nilai parameter PPA, KHKDL, KB dan LAJUK dianggap tetap. Simulasi dimulai tahun 2008 hingga 2045, menggunakan data awal BPS tahun 2008 (Tastra *et al.* 2012).

Secara umum tampilan model simulasi SIWAKA.INS dalam insightmaker.com dalam diagram *causal loop* seperti pada Gambar 3 yang dapat diakses melalui <https://Insightmaker.com/insight/65139/SIWAKA.INS>.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Model Simulasi SIWAKA.INS

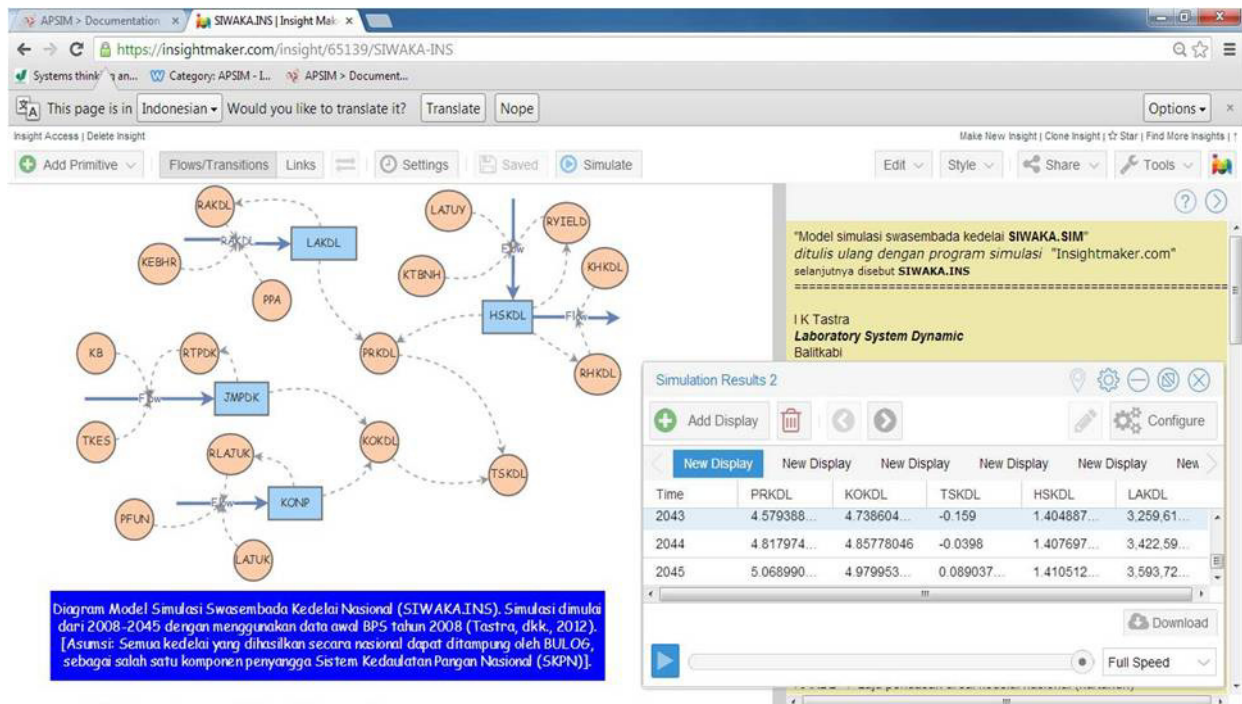
Hasil simulasi dari model yang diuji berupa luas lahan kedelai (LAKDL), konsumsi kedelai (KOKDL), produksi kedelai (PRKDL), tingkat hasil kedelai (HSKDL), dan tingkat swasembada kedelai (TSKDL). Hasil simulasi SIWAKA.INS kemudian dibandingkan dengan hasil SIWAKA.SIM (Tastra *et al.* 2012). Semua model regresi linier yang digunakan mempunyai koefisien determinasi (R^2)=1 dan RMSE kecil (Gambar 4-10). Hal ini menunjukkan bahwa SIWAKA.INS cukup layak digunakan untuk memperkirakan tercapainya swasembada kedelai nasional.

Aplikasi Model Simulasi SIWAKA.INS

Penerapan model simulasi SIWAKA.INS dapat dilihat pada prediksi (perkiraan) tercapainya

Tabel 1. Lima kombinasi input analisis kepekaan model simulasi SIWAKA.INS (Keterangan simbol pada Lampiran 1)

Parameter	Skenario swasembada kedelai					
	A	B	C	D	E	F
PPA (%/tahun)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
LAJUY (%/tahun)	8,7	9,7	10,7	11,7	12,7	13,7
KHKDL (%/tahun)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
KB (%/tahun)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
LAJUK (%/tahun)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Gambar 3.** Tampilan user interface SIWAKA.INS dalam Insightmaker.com (keterangan simbol pada Lampiran 1)

swasembada kedelai sebagai dampak dari upaya peningkatan produktivitas kedelai (LAJUY) melalui diseminasi varietas unggul kedelai (Tabel 2). Berdasarkan tujuh skenario swasembada kedelai (A s/d F) yang dicoba, tahun capaian swasembada kedelai beragam, yaitu tahun 2035-2045 (skenario A), 2029-2045 (skenario B), 2025-2045 (skenario C), 2023-2045 (skenario D), 2021-2045 (skenario E), dan 2020-2045 (skenario F). Hal tersebut menunjukkan bahwa makin tinggi laju peningkatan hasil kedelai (LAJUY), makin cepat swasembada kedelai tercapai.

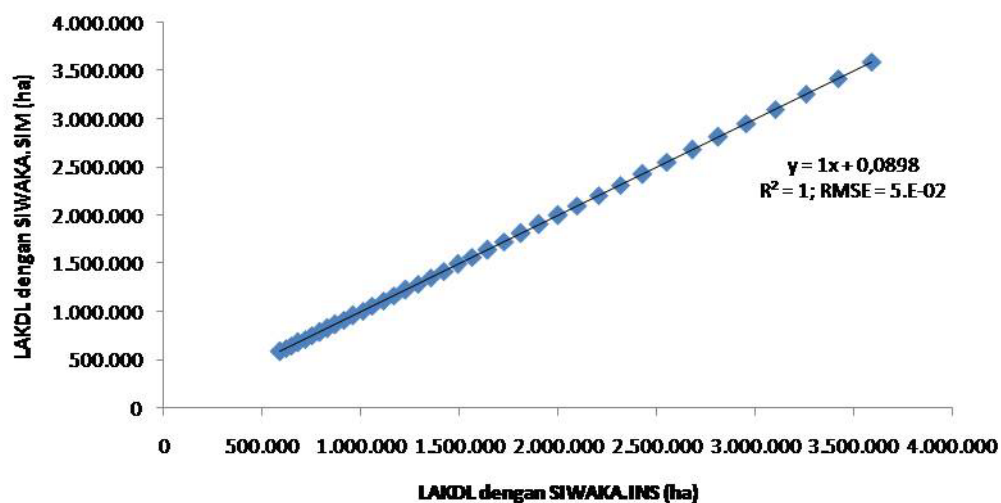
Dengan meningkatkan laju peningkatan produktivitas kedelai, maka swasembada kedelai nasional akan lebih cepat tercapai menurut persamaan $y = -2,885x + 2057$ ($R^2 = 0,913$) (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa upaya peningkatan produktivitas kedelai nasional secara berkelanjutan melalui rekayasa inovasi varietas unggul baru perlu dilakukan.

Skenario F menunjukkan swasembada kedelai dapat tercapai dalam kurun waktu 2020-2045, pada tingkat hasil kedelai 2,70-12,13 t/ha dan luas areal 1,06-3,59 juta ha (Tabel 2). Dari segi hasil kedelai yang mencapai 12,13 t/ha (tahun 2045) kurang realistis dibandingkan dengan tingkat produktivitas varietas unggul yang ada (Balitkabi 2016). Untuk itu dicoba skenario swasembada kedelai dengan laju peningkatan produktivitas lebih rendah (LAJUY=8,0-10,0%/tahun), namun diimbangi dengan peningkatan perluasan areal kedelai PPA dari 5%/tahun menjadi 9%/tahun (Tabel 3).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa swasembada kedelai dapat dicapai pada tahun 2019-2045 (skenario E) pada tingkat hasil kedelai 1,72-3,27 t/ha dan pada tahun 2020-2045 (skenario D) pada tingkat hasil kedelai 1,66-2,73 t/ha. Dari dua skenario ini, skenario D lebih realistis untuk dipilih mengingat laju adopsi varietas unggul kedelai di Indonesia masih relatif lambat. Untuk periode tahun 2020-2024,

Tabel 2. Ringkasan perkiraan tercapainya swasembada kedelai sebagai dampak dari upaya peningkatan produktivitas kedelai (LAJUJY) melalui diseminasi varietas unggul kedelai

Parameter	Skenario swasembada kedelai					
	A	B	C	D	E	F
Perluasan areal kedelai,PPA (%/tahun)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Peningkatan produktivitas kedelai,LAJUJY (%/tahun)	8,7	9,7	10,7	11,7	12,7	13,7
Kehilangan hasil pasca panen,KHKDL (%)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Peningkatan jumlah penduduk,(%/tahun)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Peningkatan konsumsi kedelai,LAJUK (%/tahun)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Luas areal kedelai, LAKDL (juta ha)	2,20 - 3,59	1,65- 3,59	1,35- 3,59	1,23- 3,59	1,11- 3,59	1,06- 3,59
Tingkat hasil kedelai, HSKDL (t/ha)	1,80 - 2,03	2,07- 2,93	2,24- 4,20	2,43- 6,00	2,53- 8,55	2,70- 12,13
Total produksi kedelai, PRKDL (juta t)	3,98 - 7,31	3,41- 10,53	3,03- 15,10	2,98- 21,57	2,82- 30,72	2,86- 3,59
Total konsumsi kedelai, KOKDL (juta t)	3,88 - 4,97	3,35- 4,98	3,03- 4,98	2,88- 4,98	2,74- 4,98	2,68- 4,98
Tingkat swasembada kedelai, TSKDL (juta t)	0,10 - 2,33	0,06- 5,55	0,00- 10,12	0,10- 16,59	0,08- 25,74	0,19- 38,61
Tahun tercapainya swasembada kedelai	2035-2045	2029-2045	2025-2045	2023-2045	2021-2045	2020-2045

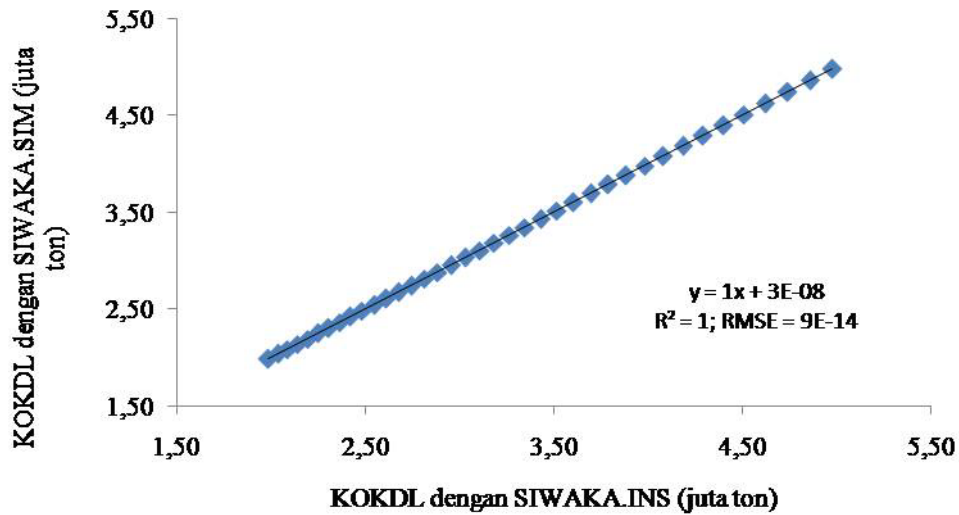
**Gambar 4.** Hubungan luas lahan kedelai (LAKDL) hasil simulasi dengan SIWAKA.INS dan SIWAKA.SIM

simulasi tingkat swasembada kedelai mencapai 0,09-1,26 juta t, pada tingkat hasil 1,66-1,80 t/ha dan luas areal 1,66-2,35 juta ha (Tabel 4).

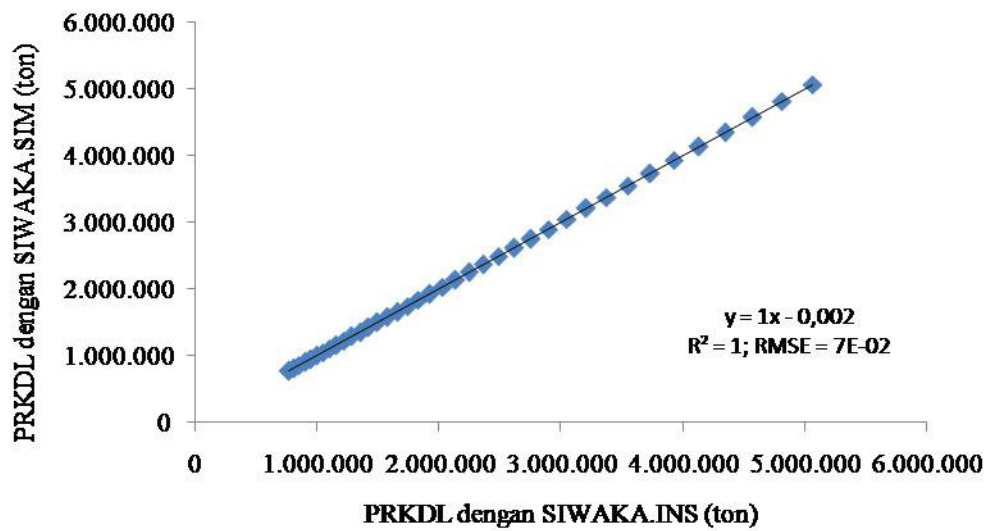
Jumlah penduduk merupakan salah satu parameter kunci yang menentukan tercapainya swasembada kedelai, oleh karena dengan mengetahui jumlah penduduk yang tepat dapat dihitung kebutuhan kedelai mendekati kebenaran (Gambar 2). Untuk itu, hasil simulasi jumlah penduduk dengan menggunakan SIWAKA.INS perlu diverifikasi dengan data acuan yang ada secara nasional. Berdasarkan validasi simulasi jumlah penduduk dibandingkan dengan data acuan BPS (2018), maka jumlah penduduk dalam kurun waktu 2015-2030 sudah mendekati realistis (Gambar 9). Jumlah penduduk pada tahun 2015 mendekati 260 juta jiwa dan tahun 2030 mendekati 300 juta jiwa. Dengan demikian, perkiraan tercapainya swasembada kedelai dalam periode tahun 2020-2024 cukup realistis.

Untuk tahun 2045 dengan nilai parameter KB=1,5%/tahun, hasil simulasi jumlah penduduk (JMPDK) lebih tinggi dibandingkan dengan data acuan BPS (2018) (Gambar 10). Hal ini disebabkan oleh perbedaan pendekatan atau metode yang digunakan. Model simulasi SIWAKA.INS dikembangkan berdasarkan pendekatan *state variable* (Tastra et al. 2012), sedangkan data acuan BPS (2018) menggunakan model logistik. Untuk itu, SIWAKA.INS perlu dikembangkan lebih lanjut untuk dapat menentukan laju peningkatan jumlah penduduk (KB) yang lebih tepat.

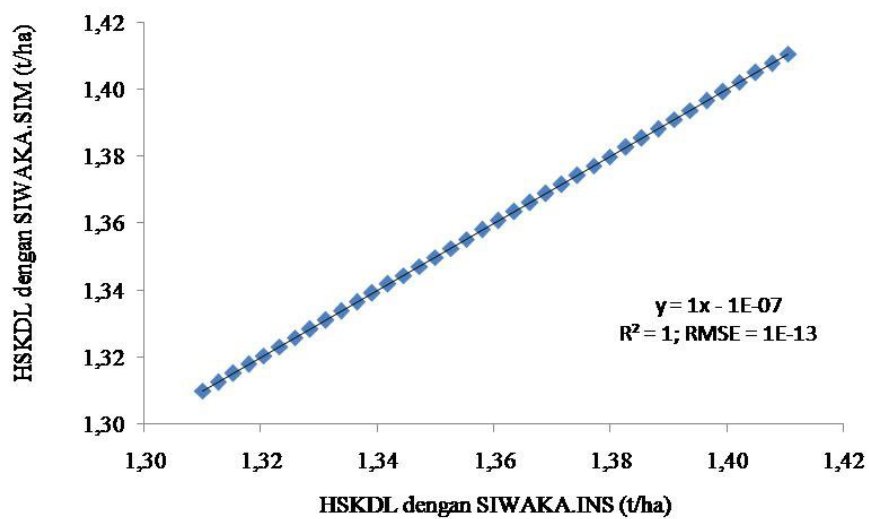
Untuk melakukan simulasi dengan skenario yang baru, dapat dimasukkan kombinasi input yang optimal, mengacu pada agroekosistem sentra produksi kedelai tingkat nasional atau propinsi. Jika SIWAKA.INS digunakan untuk sentra produksi kedelai tingkat propinsi, maka data awal BPS tahun 2008 (Tastra et al. 2012) harus diganti dengan data BPS tahun 2008 tingkat propinsi, kemudian simulasi



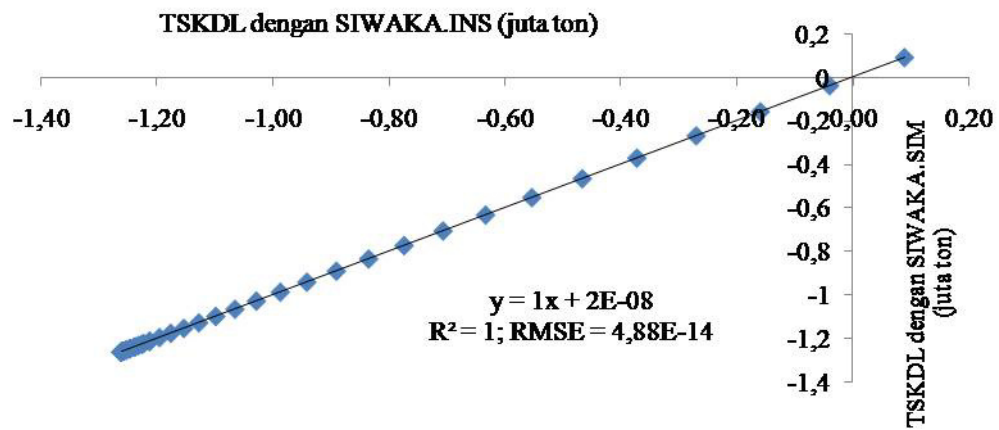
Gambar 5. Hubungan konsumsi kedelai (KOKDL) hasil simulasi dengan SIWAKA.INS dan SIWAKA.SIM



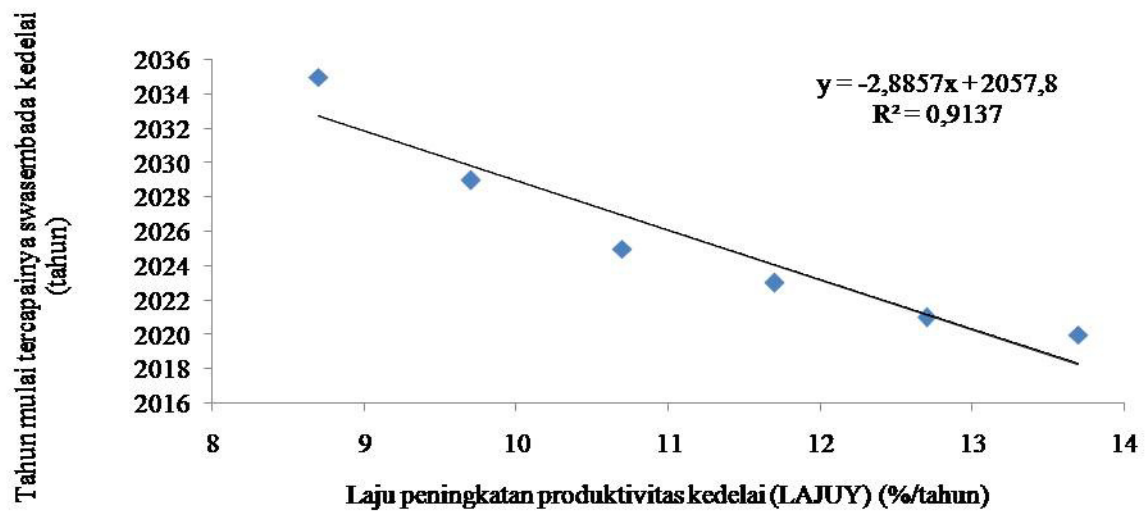
Gambar 6. Hubungan produksi kedelai (PRKDL) hasil simulasi SIWAKA.INS dan SIWAKA.SIM



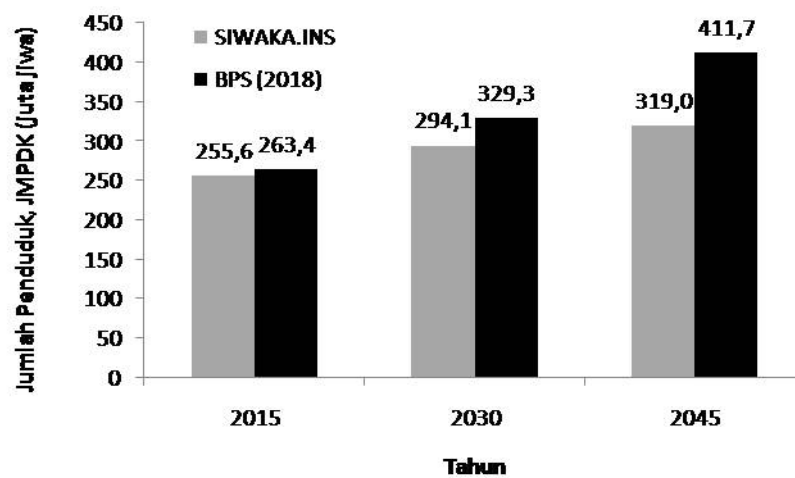
Gambar 7. Hubungan tingkat hasil kedelai (HSKDL) hasil simulasi SIWAKA.INS dan SIWAKA.SIM



Gambar 8. Hubungan tingkat swasembada kedelai (TSKDL) hasil simulasi SIWAKA.INS dan SIWAKA.SIM



Gambar 9. Pengaruh laju peningkatan produktivitas kedelai terhadap tahun tercapainya swasembada kedelai nasional



Gambar 10. Jumlah penduduk berdasarkan simulasi SIWAKA.INS dan data acuan BPS (2018)

Tabel 3. Ringkasan perkiraan tercapainya swasembada kedelai sebagai dampak dari upaya peningkatan produktivitas kedelai (LAJUY) melalui diseminasi varietas unggul kedelai

Parameter	Skenario swasembada kedelai				
	A	B	C	D	E
Perluasan areal kedelai, PPA (%/tahun)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Peningkatan produktivitas kedelai, LAJUY (%/tahun)	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Kehilangan hasil pasca panen, KHKDL (%/tahun)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Peningkatan jumlah penduduk, KB (%/tahun)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Peningkatan konsumsi kedelai, LAJUK (%/tahun)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Luas areal kedelai, LAKDL (juta ha)	2,15 - 14,33	1,97 - 14,33	1,81 - 14,33	1,66 - 14,33	1,52 - 14,33
Tingkat hasil kedelai, HSKDL (t/ha)	1,41 - 1,58	1,51 - 1,89	1,59 - 2,27	1,66 - 2,73	1,72 - 3,27
Total produksi kedelai, PRKDL (juta t)	3,04 - 22,58	2,97 - 27,13	2,88 - 32,47	2,76 - 39,07	2,62 - 46,81
Total konsumsi kedelai, KOKDL (juta t)	2,88 - 4,98	2,81 - 4,98	2,74 - 4,98	2,68 - 4,98	2,61 - 4,98
Tingkat swasembada kedelai, TSKDL (juta t)	0,16 - 17,16	0,16 - 22,15	0,14 - 27,59	0,09 - 34,09	0,01 - 41,83
Tahun tercapainya swasembada kedelai	2023 - 2045	2022 - 2045	2021-2045	2020-2045	2019-2045

Tabel 4. Hasil simulasi swasembada kedelai pada kombinasi input perluasan areal (PPA) 9,0%/tahun, peningkatan hasil kedelai (LAJUY) 9,5%/th, kehilangan hasil pascapanen (KHKDL) 7,5%/tahun, kenaikan jumlah penduduk (KB) 1,5%/tahun, dan peningkatan laju konsumsi kedelai(LAJUK) 1,0%/tahun

Tahun	JMPD (juta)	KKON (kg/kap/tahun)	PKOKDL (juta t)	TSKDL (juta t)	PRKDL (juta t)	YIELD (t/ha)	LAKDL (ha)
2020	284	9,43	2,68	0,09	2,76	1,66	1.662.105
2021	288	9,53	2,74	0,33	3,07	1,69	1.811.694
2022	292	9,62	2,81	0,60	3,41	1,73	1.974.747
2023	297	9,72	2,88	0,91	3,80	1,76	2.152.474
2024	301	9,81	2,96	1,26	4,22	1,80	2.346.197

dapat dilakukan dengan memilih menu *simulate* pada menu program tersebut.

Penggunaan model simulasi SIWAKA.INS dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja secara fleksibel, asal tersedia jaringan internet pada PC pengguna. Pengembangan model juga dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan pengguna maupun keperluan profesional lainnya dalam upaya untuk meningkatkan presisi model simulasi yang dilakukan. Dengan demikian, beberapa keunggulan tersebut akan dapat diperoleh, dan pada akhirnya dapat mempermudah prediksi produksi kedelai nasional oleh peneliti, profesional, maupun pengambil kebijakan.

SIWAKA.INS bersifat *open source* dan pengguna dapat mengembangkan lebih lanjut sesuai dengan agroekosistem sentra produksi kedelai tingkat nasional atau propinsi dalam memilih kombinasi *input* yang optimal.

KESIMPULAN

Model simulasi SIWAKA.SIM dapat dikembangkan berbasis WEB ke dalam SIWAKA.INS menggunakan program simulasi Insightmaker.ins. Model simulasi swasembada kedelai SIWAKA.INS layak digunakan untuk memperkirakan tercapainya

swasembada kedelai nasional. Model tersebut dapat dijalankan menggunakan lima kombinasi masukan utama, yaitu perluasan areal kedelai (PPA, %/tahun), laju peningkatan produktivitas kedelai nasional (LAJUY, %/tahun), rata-rata tingkat kehilangan hasil pascapanen kedelai nasional (KHKDL, %/tahun), laju kenaikan jumlah penduduk (KB, %/tahun), dan laju peningkatan konsumsi kedelai (LAJUK, %/tahun).

Pada kombinasi *input* model simulasi SIWAKA.INS dengan PPA 9,0%/tahun, LAJUY 9,5%/tahun, KHKDL 7,5%/tahun, KB 1,5%/tahun, dan LAJUK 1,0%/tahun, swasembada kedelai dapat tercapai pada tahun 2020-2045. Untuk periode tahun 2020-2024, simulasi tingkat swasembada kedelai mencapai 0,09-1,26 juta t, potensi hasil kedelai 1,66-1,80 t/ha, dan ketersediaan areal kedelai 1,66-2,35 juta ha.

Dukungan pengambil kebijakan dapat dilakukan dengan upaya penelitian dan pengembangan varietas unggul serta inovasi teknologi untuk menjaga tingkat produktivitas 1,66-1,88 t/ha, serta upaya peningkatan luas areal pertanaman dengan pengembangan kawasan kedelai nasional guna memenuhi target 1,66-2,35 juta ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Balitkabi. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/publikasi/deskripsi-varietas/> (Diakses 8 Februari 2019).
- BPS. 2018. Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045. Badan Pusat Statistik (BPS). Jakarta.
- Barisone M, Bagnasco A, Aleo G, Catania G, Bona M, Scaglia SG, Zanini M, Timmins F, Sasso L. 2016. The effectiveness of web-based learning in supporting the development of nursing students' practical skills during clinical placements: A qualitative study. *Nurse Education in Practise*, In Press.
- Byrne J, Heavey C, Byrne PJ. 2010. A review of web-based simulation and supporting tools. *Simulation Modelling Practice and Theory* 18(3): 253 - 276.
- Boote KJ, Jones JW, White JW, Asseng S, Lizaso JJ. 2013. Putting mechanisms into crop production models. *Plant Cell Environment* 36(9) : 1658 - 1672.
- Feng Q, Engel BA, Flanagan DC, Huang CH, Yen H, Yang L. 2019. Design and development of a web-based interface for the Agricultural Policy Environmental eXtender (APEX) model. *Environmental Modelling Software* 111: 368-374.
- Hossard L, Bregaglio S, Philibert A, Ruget F, Resmond R, Delmotte S. 2017. A web application to facilitate crop model comparison in ensemble studies. *Environmental Modelling & Software* 97: 259 - 270.
- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015 - 2019. Kementerian Pertanian Indonesia, Jakarta.
- Krishnan P, Sharma RK, Dass A, Kukreja A, Srivastav R, Singhal R, Bandyopadhyay KK, Lal K, Manjaiah KM, Chhokar RS, Gill SC. 2016. Web-based crop model: Web InfoCrop – Wheat to simulate the growth and yield of wheat. *Computers and Electronics in Agriculture* 127: 324 - 335.
- Roe SF. 2014. Insight maker: A general-purpose tool for web-based modeling & simulation. *Simulation Modelling Practise and Theory* 47: 28 - 45.
- Tastra IK, Koentjoro BS, Abadi FR. 2017. Pengembangan model simulasi potensi hasil kedelai berbasis web (Sucsoy.Ins). Hlm. 296-313. Dalam: Sundari T, Sholihin, Iswanto R, Rozi F, Wjanarko A, RD Purwaningrahyu, Suryantini, Ginting E, Yusnawan E, Indiaty SW (eds). *Prosiding Seminar Nasional Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2017*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang.
- Tastra IK, Ginting E, Fatah GSA. 2012. Menuju swasembada kedelai melalui penerapan kebijakan yang sinergis. *Iptek Tanaman Pangan* 7(1): 47-57.
- Zeng, H, Alarcon, VJ, Kingery, W, Selim, HM, Zhu, J. 2002. A web-based simulation system for transport and retention of dissolved contaminants in soil. *Computers and Electornics in Agriculture* 33(2):105-120.

Lampiran 1. Keterangan simbol peubah dan parameter model simulasi SIWAKA.INS

Simbol	Keterangan	Unit
JMPDK	Jumlah Penduduk	juta jiwa
KONP	Tingkat konsumsi kedelai	kg/kapita/tahun
KOKDL	Total konsumsi kedelai nasional	juta t
LAKDL	Luas areal kedelai nasional	ha
HSKDL	Rata-rata tingkat hasil kedelai nasional	t/ha
PRKDL	Total produksi kedelai nasional	juta t
LAJUY	Persentase peningkatan produktivitas kedelai nasional	%/tahun
KTBNH	Faktor tingkat ketersediaan benih (0: tak tersedia; 1:tersedia)	-
RYIELD	Laju peningkatan hasil kedelai	t/ha/tahun
RHKDL	Laju tingkat kehilangan hasil pascapanen	t/ha/tahun
KHKDL	Persentase tingkat kehilangan hasil pasca panen per tahun	%/tahun
RAKDL	Laju perluasan areal kedelai nasional	ha/tahun
KEBHR	Kebijakan harga kedelai di tingkat petani dan pengrajin (0:tak ada; 1:ada)	-
PPA	Program perluasan areal kedelai nasional	%/tahun
RTPDK	Laju peningkatan jumlah penduduk	jiwa/tahun
KB	Laju peningkatan jumlah penduduk	%/tahun
TKES	Faktor tingkat kesehatan masyarakat (1:kesehatan terjamin, 0:tak terjamin)	-
LAJUK	Peningkatan konsumsi kedelai	%/tahun
RLAJUK	Laju konsumsi kedelai nasional	kg/kapita/tahun
PFUN	Faktor pengembangan pangan fungsional berbasis kedelai (1:berkembang, 0: tak berkembang)	-
TSKDL	Tingkat swasembada kedelai (-:belum swasembada, >=0:sudah swasembada)	juta t

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Ubi Kayu dengan Tingkat Pupuk yang Berbeda di Lahan Tegakan Jati Muda

Growth and Productivity of Cassava Cultivars in Different Fertilizer Levels under Teak Stand

Sri Wahyuningsih* dan Sutrisno

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak, KM 8, PO Box 66 Malang 65101
*e-mail: sri.wahyuningsih1980@gmail.com

NASKAH DITERIMA 1 AGUSTUS 2018; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 20 MEI 2019

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan pada lahan jati umur 2 tahun di Perum Perhutani KPH Blora, Desa Bogem, Kecamatan Japah. Percobaan menggunakan rancangan petak terbagi, diulang empat kali. Petak utama adalah lima varietas ubi kayu yaitu: Adira 4, Malang 4, Litbang UK 2, Cecek Ijo, dan UJ 5. Anak petak adalah tiga dosis pemupukan yaitu: a) 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 KCl (input rendah), b) 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 KCl, (input sedang), c) 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg pupuk kandang (input tinggi). Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat pengaruh interaksi antara varietas dengan pemberian pupuk terhadap hasil ubi kayu. Hasil ubi kayu dengan input rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut adalah 25,38 t, 27,29 t, dan 25,81 t/ha. Rata-rata hasil ubi tertinggi diperoleh Varietas Malang 4 (32,01 t/ha), kemudian diikuti Adira 4, Cecek ijo, UJ 5, dan Litbang UK 2, masing-masing 28,22 t, 27,64 t, 23,43 t dan 21,50 t/ha. Varietas Malang 4 memberikan hasil tertinggi dengan perlakuan input sedang (33,00 t/ha).

Kata kunci: jati muda, pemupukan, ubi kayu

ABSTRACT

Research was conducted under 2 years old teak stand at Perum Perhutani KPH Blora, Bogem Village, Japah Sub District. The research used a split plot design, repeated four times. The main plot was five cultivars of cassava: Adira 4, Malang 4, Litbang UK 2, Cecek Ijo, and UJ 5. The subplot was three levels of fertilizer input: a) 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 KCl (low input), b) 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 KCl (medium input), c) 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg manure (high input). The results showed that there was no interactive effect between cultivars and the level of fertilizers to the yield of cassava. The yield of cassava using low, medium and high inputs were 25.38 t, 27.29 t, and 25.81 t/ha, respectively. The highest yield of cassava was Malang 4 cultivar (32.01 t/ha), followed by Adira 4, Cecek ijo, UJ 5, and Litbang UK 2 by 28.22 t, 27.64 t, 23.43 t and 21.5 t/ha respectively. Malang 4 cultivar gave the highest yield (33.00 t/ha) with medium input fertilizer.

Keywords: teak forest, fertilization, cassava

PENDAHULUAN

Kebutuhan ubi kayu akan semakin meningkat di masa yang akan datang sejalan dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri berbahan baku ubi kayu (Falade dan Akingbala 2010). Namun, produksi ubi kayu telah mengalami penurunan sejak lima tahun terakhir seiring dengan berkurangnya luas panen. Pada tahun 2011, total produksi ubi kayu di Indonesia mencapai 24 juta t dengan luas panen sebesar 1,1 juta ha. Pada tahun 2015, produksi ubi kayu mengalami penurunan sebesar 3 juta t dan pengurangan luas panen sekitar 200 ribu ha (BPS 2018). Permasalahan ini secepatnya perlu diatasi dengan usaha peningkatan produksi melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi (Agus 2011; Pretty *et al.* 2011; Godfray dan Garnett 2014; Udondian dan Robinson 2018). Usaha intensifikasi dapat dilakukan dengan perakitan varietas unggul baru maupun perakitan teknologi produksi yang lebih unggul dari yang sudah ada di sentra produksi (Ceballos *et al.* 2012; Radjit *et al.* 2014; Tadele 2017). Ekstensifikasi akan mendorong perluasan lahan pertanian ke arah areal baru, diantaranya ke kawasan hutan atau perkebunan. Salah satu kawasan hutan yang mempunyai potensi besar untuk pengembangan ubi kayu adalah kawasan hutan jati yang dikelola oleh Perum Perhutani karena telah diatur tata ruangnya dengan intensif.

Perum Perhutani Induk mengelola kawasan hutan di Pulau Jawa dan Madura seluas 2.445.006 ha, terdiri dari hutan produksi seluas 1.806.448 ha dan hutan lindung seluas 638.558 ha (Perhutani 2018). Perum Perhutani telah menerapkan sistem Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat (PHBM), yaitu pengelolaan kawasan hutan bersama masyarakat ataupun pihak lain (*stakeholders*). Masyarakat desa di sekitar kawasan hutan telah dikoordinir dalam wadah Lembaga Masyarakat Desa di sekitar Hutan (LMDH) (Perhutani 2012). Euforia kebebasan pada awal reformasi meng-

akibatkan penjarahan dan penebangan hutan produksi yang dikelola Perhutani oleh masyarakat, dan hingga kini masih menyisakan lahan yang terbuka atau berupa hutan produksi berumur muda yang masih cukup luas. Hal ini sangat berpeluang untuk dimanfaatkan dengan menanam ubi kayu sehingga dapat meningkatkan ketahanan pangan dan pendapatan petani di sekitar hutan. Nasution (2012) mengemukakan bahwa apabila lahan hutan di seluruh Indonesia digarap 20% saja, maka akan menghasilkan 378 juta ton ubi kayu dan 324 juta ton kimpul per musim tanam. Varietas jati JPP yang dikembangkan Perum Perhutani saat ini merupakan stek pucuk yang mempunyai sifat pertumbuhan sangat cepat. Menurut Perhutani, jenis jati JPP dapat dipanen pada umur 20 tahun, sedangkan jenis lama yang biasa ditanam baru dapat dipanen pada umur 60 tahun. Namun dikhawatirkan bahwa keberadaan tanaman ubi kayu akan berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon jati.

Petani di sekitar kawasan hutan telah lama melakukan penanaman ubi kayu secara sederhana di bawah tegakan jati meskipun telah dilarang oleh Perhutani karena tidak mengikuti persyaratan yang disepakati. Persyaratan tersebut diantaranya adalah tanaman ubi kayu hanya diperbolehkan ditanam pada kawasan hutan jati berumur muda (dibawah 3 tahun), penanaman tidak diperbolehkan dekat pohon jati (minimal berjarak 1 m) dan para petani dilarang mengganggu maupun merempes tegakan jati tanpa memberi tahu Perhutani. Oleh karena itu, untuk merespons masalah ini perlu dirakit teknologi baku penanaman ubi kayu di bawah tegakan jati sehingga diperoleh hasil yang saling menguntungkan baik pihak petani maupun Perhutani. Dengan demikian fungsi hutan sebagai penyangga kehidupan masyarakat tradisional dapat dirasakan, serta dapat mendukung program diversifikasi pangan non beras.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk NPK pada pertumbuhan dan hasil lima varietas ubi kayu yang ditanam di lahan tegakan jati.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan tegakan jati kawasan Perum Perhutani KPH Blora, di Desa Bogem, Kecamatan Japah, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Lahan yang digunakan adalah petak yang ditanami pohon jati varietas JPP (Jati Plus Perhutani) berumur 2 tahun seluas 2 ha. Varietas jati ini mempunyai sifat pertumbuhan yang cepat dan berumur pendek (umur 20 tahun dapat ditebang). Kondisi lahan pada percobaan cukup beragam, di

beberapa tempat solum tanah cukup dangkal dan berbatu, kemiringan lahan antara 10-15%.

Pengolahan tanah dan pembuatan gulud untuk tanaman ubi kayu dilakukan menggunakan cangkul. Jarak tanam tegakan jati adalah 3 m x 3 m. Setiap lorong di antara tegakan pohon jati dibuat 2 guludan dengan jarak antargulud 1 m. Ukuran petak 3 m x 4 m, stek ubi kayu ditanam pada guludan dengan jarak 100 cm x 80 cm sehingga setiap petak berisi 10 tanaman. Populasi tanaman adalah 7.500 tanaman per ha atau sekitar 60% dari populasi normal. Tanah diolah sedalam sekitar 25 cm dan stek ditanam dengan cara menancapkan ke tanah sedalam 3-5 cm. Penelitian menggunakan rancangan petak terbagi, diulang empat kali. Petak utama adalah lima varietas ubi kayu yaitu: Adira 4, Malang 4, Litbang UK 2, Cecek Ijo, dan UJ 5. Anak petak adalah tiga level pemupukan yaitu: a) 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl kg/ha (input rendah), b) 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl kg/ha (input sedang), dan c) 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg pupuk kandang/ha (input tinggi). Dosis pupuk berdasarkan luasan efektif yang tertanami ubi kayu. Semua pupuk diberikan pada saat tanam, kecuali pupuk Urea diberikan dua kali yaitu 1/3 dosis pada saat tanam dan sisanya diberikan pada saat tanaman berumur tiga bulan. Satu minggu sebelum tanam lahan disemprot dengan herbisida.

Pengamatan meliputi analisis tanah sebelum dan sesudah percobaan, tinggi tanaman saat panen, panjang umbi, diameter umbi, jumlah umbi (besar dan kecil), bobot umbi/tanaman, hasil umbi/plot, dan kadar pati. Jumlah tanaman sampel yang diamati sebanyak 10 tanaman.

Data dianalisis menggunakan ANOVA. Apabila terdapat perbedaan, maka dilakukan analisis perbandingan nilai tengah dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Topografi tanah lokasi penelitian adalah bergelombang agak miring 10-15% ke arah timur. Hasil analisis tanah sebelum percobaan menunjukkan bahwa tanah bereaksi agak masam, kadar N tanah sangat rendah, C organik rendah, kalium rendah, kadar P_2O_5 tinggi (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis tanah tersebut, tanah tempat percobaan tergolong kurang subur karena solum tanah dangkal dan berbatu, topografi lahan miring menyebabkan aliran permukaan menjadi cukup tinggi meskipun pada lokasi percobaan sudah dibentuk teras. Hasil ubi kayu sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan

Tabel 1. Hasil analisis tanah di bawah tegakan jati sebelum dan sesudah percobaan berlangsung. Blora, MT Januari-Oktober

Unsur(*)	Nilai			
	Sebelum percobaan	Kriteria	Sesudah percobaan	Kriteria
pH	5,66	Agak Masam	5,50	Agak Masam
C-org (%)	1,89	Rendah	1,27	Rendah
N (%)	0,14	Rendah	0,18	Rendah
P ₂ O ₅ (ppm)	19,46	Tinggi	167,00	Sangat Tinggi
K (me/100g)	0,37	Rendah	0,36	Rendah
Ca (me/100g)	4,88	Rendah	-	
CTK	8,91	Rendah	8,08	Rendah

Keterangan: (*) Dianalisis di Laboratorium Kimia Tanah Balitkabi

tanah (Ezui *et al.* 2016; Kintche *et al.* 2017). Oleh karena itu, untuk memperbaiki keberlanjutan peningkatan produksi diperlukan pupuk kimia maupun organik (Pypers *et al.* 2012; Temegne dan Ngome 2017; Biratu *et al.* 2018).

Hasil analisis tanah setelah percobaan menunjukkan bahwa status hara tidak banyak berubah dibandingkan sebelum tanam, kecuali kadar P₂O₅ meningkat 8 kali (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman ubi kayu tidak menguras hara apabila diberi pupuk yang cukup. Kandungan P yang tinggi diduga akibat residu dari pupuk yang diberikan pada tanaman jati, mengingat sebagian lokasi percobaan adalah areal demplot pohon jati. Kandungan K di lokasi percobaan rendah diduga karena pencucian yang terjadi oleh tingginya curah hujan (Mengel dan Kirkby 1982).

Pengaruh interaksi terjadi antara varietas dan level pemupukan terhadap tinggi tanaman. Pertumbuhan tanaman tertinggi dicapai oleh Varietas Litbang UK 2 pada semua perlakuan level pemupukan. Varietas Malang 4 pada perlakuan input rendah tidak berbeda nyata dibandingkan Litbang UK 2 (Tabel 2). Semua varietas ubi kayu yang diuji tumbuh sangat tinggi pada semua perlakuan input pupuk yang berbeda. Hal ini diduga karena kondisi ternaung pohon jati yang subur sehingga tanaman mengalami etiolasi.

Pengaruh interaksi antara varietas dan input pupuk juga terjadi pada panjang, jumlah, dan diameter umbi besar (Tabel 3, 4 dan 5). Umbi besar terpanjang diperoleh Varietas Cecek Ijo pada perlakuan input rendah (48,80 cm), sedangkan umbi terpendek adalah Varietas UJ 5 pada perlakuan input rendah. Panjang umbi besar Varietas Malang 4, Litbang UK 2, dan Adira 4 tidak dipengaruhi oleh perbedaan input pupuk (Tabel 3). Jumlah umbi besar terbanyak diperoleh Varietas UJ 5 pada perlakuan input sedang dan input rendah. Varietas Cecek Ijo mencapai jumlah umbi terbanyak pada perlakuan input rendah. Sedangkan jumlah umbi besar Varietas

Tabel 2. Tinggi tanaman lima varietas ubi kayu pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Varietas	Tinggi tanaman (cm)		
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah
Cecek Ijo	328,4 gh	311,0 hi	262,6 i
Malang 4	397,6 ef	418,2 de	532,4 ab
Litbang UK 2	519,0 ab	529,4 ab	551,0 a
Adira 4	339,2 gh	375,6 efg	360,4 fg
UJ 5	447,2 ed	488,2 bc	372,4 efg

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

Malang 4, Litbang UK 2 dan Adira 4 tidak dipengaruhi oleh perbedaan input pupuk (Tabel 4).

Interaksi antara varietas dengan input pupuk juga terjadi pada diameter umbi besar (Tabel 5). Umbi Varietas Litbang UK 2 mencapai diameter terbesar (63,53 mm) pada perlakuan input sedang, sedangkan Varietas Adira 4 mencapai diameter terbesar (61,08 mm) pada perlakuan input tinggi. Diameter umbi untuk Varietas Cecek Ijo dan Malang 4 tidak dipengaruhi oleh perbedaan input.

Dilihat dari sebaran data komponen hasil di atas, ternyata bahwa panjang, jumlah maupun diameter umbi untuk setiap varietas memberikan nilai yang sangat beragam pada setiap perlakuan input. Harapannya bahwa perkembangan umbi terbesar terjadi pada perlakuan input tinggi, tetapi kenyataannya tidak terjadi demikian. Pada perlakuan input tinggi, sebagian besar tanaman menjadi mudah roboh karena tanaman terlalu subur, hujan deras dan angin kencang yang sering terjadi ketika pertanaman masih di lapang, dan tanahnya berpasir. Di samping itu, pertumbuhan individu tanaman ubi kayu juga beragam dalam satu hamparan karena terpengaruh oleh

Tabel 3. Rata-rata panjang umbi lima varietas ubi kayu pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Varietas	Panjang umbi (cm)		
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah
Cecek Ijo	40,48 b	35,88 bc	48,80 a
Malang 4	35,32 bcd	35,20 bcd	32,64 cde
Litbang UK 2	26,40 ef	29,48 cdef	30,00 cdef
Adira 4	31,40 cdef	32,20 cdef	33,04 cde
UJ 5	28,64 def	32,56 cde	25,40 f

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

Tabel 4. Jumlah umbi besar lima varietas ubi kayu pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober.

Varietas	Jumlah umbi besar		
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah
Cecek Ijo	4,08 cd	4,56 cd	5,84 b
Malang 4	4,76 bcd	5,08 bcd	4,76 bcd
Litbang UK 2	4,32 cd	4,12 cd	5,08 bcd
Adira 4	5,16 bcd	4,00 b	5,20 bc
UJ 5	4,84 bcd	7,24 a	7,24 a

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

pertumbuhan tanaman jati yang beragam dalam satu hamparan. Tanaman ubi kayu yang berada di bawah tegakan jati yang subur mendapatkan tingkat naungan yang lebih besar, sehingga perkembangan umbinya terhambat.

Rata-rata panjang, jumlah dan diameter umbi kecil hanya dipengaruhi oleh varietas (Tabel 6). Varietas UJ 5 memiliki umbi kecil dengan panjang, jumlah dan diameter umbi yang tinggi di antara varietas yang dicoba, berturut-turut 16,57 cm, 6,54 cm dan 34,47 cm. Diameter umbi kecil UJ 5 tidak berbeda nyata dengan Litbang UK 2 dan Adira 4. Umbi kecil terbentuk karena pertumbuhan umbi yang berdesakan atau perkembangan umbi yang terlambat dibandingkan umbi yang lain. Apabila semua umbi yang terbentuk dalam satu pohon bobotnya di bawah 200 g, kemungkinan besar disebabkan oleh kekurangan hara atau faktor lain seperti pengolahan tanah yang kurang sempurna atau kondisi iklim yang kurang mendukung.

Hasil umbi yang diperoleh setiap varietas di bawah tegakan pohon jati berbeda nyata (Tabel 7).

Tabel 5. Diameter umbi besar varietas ubi kayu pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Varietas	Diameter umbi besar (mm)		
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah
Cecek Ijo	51,12 def	47,52 ef	46,16 f
Malang 4	51,80 de	52,84 de	52,84 de
Litbang UK 2	51,96 de	63,53 a	59,76 abc
Adira 4	61,08 ab	54,68 cd	52,24 de
UJ 5	55,76 bcd	56,92 abc	52,32 de

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

Tabel 6. Rata-rata panjang umbi kecil, jumlah umbi kecil dan diameter umbi kecil pada lima varietas ubi kayu dan tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Perlakuan	Panjang umbi kecil (cm)	Jumlah umbi kecil	Diameter umbi kecil (mm)
Varietas :			
Cecek Ijo	14,64 ab	4,87 b	26,23 b
Malang 4	11,13 c	5,46 b	29,39 b
Litbang UK 2	12,97 bc	5,78 ab	36,05 a
Adira 4	15,97 a	5,06 b	38,09 a
UJ 5	16,57 a	6,54 a	34,47 a
Input :			
Tinggi	14,38 a	5,92 a	32,48 a
Sedang	13,85 a	5,60 a	34,01 a
Rendah	14,54 a	5,13 a	32,05 a

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

Varietas Malang 4 memberikan hasil tertinggi (32,01 t/ha), meskipun tidak berbeda dengan hasil umbi varietas Adira 4 (28,22 t/ha). Varietas UJ 5 hanya mencapai 23,43 t meskipun mempunyai jumlah umbi besar (Tabel 4) dan kecilnya (Tabel 6) terbanyak tetapi panjang umbi besar lebih pendek dibandingkan varietas yang lain (Tabel 3). Demikian juga Varietas Litbang UK 2 memberikan hasil terendah (21,50 t/ha) meskipun mempunyai diameter terbesar dibandingkan varietas yang lain (Tabel 5). Salah satu sifat dari Varietas Litbang UK 2 adalah bobot jenis umbi yang agak ringan sehingga bobot umbinya lebih ringan dibandingkan varietas lain meskipun umbinya besar.

Perbedaan input pupuk yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil umbi, bahkan terlihat penggunaan input pupuk

sedang (125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha) memberikan hasil yang lebih tinggi (27,29 t/ha) dari perlakuan input rendah maupun tinggi. Pada input pupuk tinggi (200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5 t kompos/ha), tanaman banyak yang roboh karena terlalu subur. Oleh karena itu, pilihan input pupuk yang dapat dianjurkan adalah penggunaan input pupuk sedang. Hasil umbi yang dicapai oleh Varietas Malang 4 dan Adira 4 dinilai sudah cukup tinggi meskipun di bawah tegakan pohon jati dan populasinya hanya mencapai 60% dari pertanaman monokultur. Di samping itu terdapat pengaruh naungan dari pohon jati yang mencapai 40-60%.

Varietas Litbang UK 2 mempunyai kadar pati yang terendah, yaitu 18,60% (Tabel 8), sedangkan kadar pati tertinggi diperoleh Varietas Adira 4 (22,87%). Kadar pati tidak dipengaruhi oleh perbedaan input pupuk. Menurut Li *et al.* (2016), kadar pati lebih dipengaruhi oleh fisiologi, biokimia, dan ekspresi gen tanaman.

KESIMPULAN

Diantara tegakan pohon jati jarak tanam 3 m x 3 m, berdasarkan ketentuan Perum Perhutani dapat

ditanami ubi kayu dua baris, sehingga populasi tanaman 60% dari populasi monokultur. Pada kondisi yang demikian Varietas Malang 4 mampu tumbuh lebih baik dan memberikan hasil umbi lebih tinggi (32,01 t/ha) dari Varietas Adira 4, Cecek Ijo, UJ 5, dan Litbang UK 2. Secara teknis, dosis pupuk yang dianjurkan adalah 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 KCl kg/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada Bapak Budhi Santosa Radjit (Alm.) yang telah membantu dan membimbing dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F. 2011. Environmental and sustainability issues of Indonesian Agriculture. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(4): 140-147.
- Biratu GK, Elias E, Ntawuruhunga P, Sileshi GW. 2018. Cassava response to the integrated use of manure and NPK fertilizer in Zambia. *Heliyon* 4(8), e00759.
- BPS. 2018. Luas panen dan produksi ubi kayu di Indonesia. <https://www.bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html#subjekViewTab3>. (Diakses 14 Februari 2019).

Tabel 7. Hasil umbi lima varietas ubi kayu di bawah tegakan jati pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Varietas	Hasil umbi (t/ha)			Rata-rata
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah	
Cecek Ijo	25,11	23,76	28,05	25,64 bc
Malang 4	34,16	33,00	28,88	32,01 a
Litbang UK 2	21,62	22,28	20,63	21,51 c
Adira 4	30,53	28,88	25,25	28,22 ab
UJ 5	17,66	28,55	24,09	23,43 c
Rata-rata (t/ha)	25,81 a	27,29 a	25,38 a	

Keterangan:

Angka sekolom atau sebaris yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

Tabel 8. Kadar pati lima varietas ubi kayu di bawah tegakan jati pada tiga input pupuk. Blora, MT Januari-Oktober

Varietas	Kadar pati (%)			Rata-rata
	Input tinggi	Input sedang	Input rendah	
Cecek Ijo	21,95	21,40	23,05	22,13 a
Malang 4	23,05	21,35	23,05	22,48 a
Litbang UK 2	20,25	17,00	18,55	18,60 b
Adira 4	21,95	23,05	23,60	22,87 a
UJ 5	19,70	21,40	22,50	21,21 a
Rata-rata	21,38 a	20,84 a	22,15 a	

Keterangan:

Angka sekolom atau sebaris yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut BNT 5%; Input tinggi: 200 kg Urea + 200 kg SP36 + 125 kg KCl + 5000 kg kompos/ha; Input sedang: 125 kg Urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl/ha; Input rendah: 100 kg Urea + 125 kg SP36 + 75 kg KCl/ha

- Ceballos H, Kulakow P, Hershey C. 2012. Cassava breeding: Current status, bottlenecks and the potential of biotechnology tools. *Tropical Plant Biology* 5(1): 73-87.
- Godfray HCJ, Garnett T. 2014. Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: biological sciences* 369(1639): 20120273.
- Ezui KS, Franke AC, Mando A, Ahiabor BDK, Tetteh FM, Sog-bedji J, Janssen BH, Giller KE. 2016. Fertiliser requirements for balanced nutrition of cassava across eight locations in West Africa. *Field Crops Research* 185: 69-78.
- Falade KO, Akingbala JO. 2010. Utilization of cassava for food. *Food Reviews International* 27(1): 51-83.
- Kintche K, Hauser S, Mahungu NM, Ndonda A, Lukombo S, Nhamo N, Uzokwe VNE, Yomeni M, Ngamitshara J, Ekoko B, Mbala M, Akem C, Pypers P, Matungulu KP, Kehbila A, Vanlauwe B. 2017. Cassava yield loss in farmer fields was mainly caused by low soil fertility and suboptimal management practices in two provinces of the Democratic Republic of Congo. *European Journal of Agronomy* 89: 107-123.
- Li YZ, Zhao JY, Wu SM, Fan XW, Luo XL, Chen BS. 2016. Characters related to higher starch accumulation in cassava storage roots. *Scientific Reports* 6:19823.
- Mengel K, Kirkby EA. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Nasution M. 2012. Hutan Indonesia punya 945 juta tanaman pangan. Seminar Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia (ICMI), Jakarta, 17 Juli 2012. www.beritasatu.com (Diakses 31 Juli 2012).
- Perhutani. 2012. Hutan, tanah, air untuk masa depan. <http://perumperhutani.com> (Diakses 10 Agustus 2012).
- Perhutani. 2018. Wilayah kerja. <http://www.bumn.go.id/perhutani/halaman/128> (Diakses 5 Oktober 2018).
- Pretty J, Toulmin, Camilla, Williams S. 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9(1): 5-24.
- Pypers P, Bimponda W, Jean-Paul Lodi-Lama, Lele B, Mulumba R, Kachaka C, Boeckx P, Merckx R, Vanlauwe B. 2012. Combining mineral fertilizer and green manure for increased, profitable cassava production. *Agronomy Journal* 104(1): 178-187.
- Radjit BS, Widodo Y, Saleh N, Prasetyaswati N. 2014. Teknologi untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan usahatani ubi kayu di lahan kering ultisol. *Iptek Tanaman Pangan* 9(1): 51-62.
- Tadele Z. 2017. Raising crop productivity in Africa through intensification. *Agronomy* 7(1): 22.
- Temegne CN, Ngome FA. 2017. Fertility management for cassava production in the centre region of cameroon. *Journal of Experimental Agriculture International* 16(5): 1-8.
- Udondian NS, Robinson EJZ. 2018. Exploring agricultural intensification: A case study of Nigerian government rice and cassava initiatives. *International Journal of Agricultural Economics* 3(5): 118-128.

Keunggulan Kompetitif Agronomis dan Ekonomis Lima Belas Genotipe Kedelai pada Tumpangsari dengan Jagung

Agronomic and Economic Competitiveness of Fifteen Soybean Genotypes Intercropping with Maize

Titik Sundari, Siti Mutmaidah*, Yuliantoro Baliadi

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak. KM 8. PO Box 66 Malang 65101
*e-mail: sitiasdianto@yahoo.co.id

NASKAH DITERIMA 2 FEBRUARI 2019; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 22 MEI 2019

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat keunggulan kompetitif agronomis dan ekonomis 15 genotipe kedelai pada tumpangsari jagung dengan kedelai. Penelitian dilaksanakan di KP Kendalpayak Malang pada Maret-Juli 2018, menggunakan 12 galur harapan kedelai dan tiga varietas pembanding, yaitu Dena 1 dan Dena 2 (toleran naungan) serta Grobogan (ukuran biji besar dan umur genjah). Perlakuan disusun berdasarkan rancangan petak terbagi, empat ulangan. Petak utama adalah pola tanam (monokultur dan tumpangsari jagung dengan kedelai), sedangkan anak petak adalah 15 genotipe kedelai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumpangsari menurunkan hasil kedelai dan jagung masing-masing 61,53% dan 31,05% dibandingkan monokultur. Pada pola tanam tumpangsari, hasil jagung tertinggi dicapai pada tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/Pander-395-2, dan hasil kedelai tertinggi dicapai pada tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/IT-7-2. Genotipe kedelai berpengaruh nyata terhadap nilai koefisien kepadatan relatif (K), nilai agresivitas (A), nisbah kesetaraan lahan (NKL), nisbah kompetitif (NK), dan kehilangan hasil aktual (KHA) pada tumpangsari jagung dengan kedelai. Genotipe Grob/IT-7-2 merupakan kompetitor terkuat, dan memiliki dominasi terbesar bagi tanaman jagung dalam tumpangsari jagung dengan kedelai. Namun, berdasarkan nisbah R/C, indeks keuntungan finansial (IKF), nisbah kesetaraan pendapatan (NKP), dan nisbah kesetaraan lahan (NKL), keuntungan terbesar dicapai pada tumpangsari jagung dengan kedelai genotipe Grob/IT-7-7.

Kata kunci: agronomis, ekonomis, jagung, kedelai, kompetitif, tumpangsari

ABSTRACT

This research aimed to determine the level of agronomic and economic competitiveness of 15 soybean genotypes intercropped with maize. The research was conducted at Kendalpayak Research Station Malang during March to July 2018, using 12 soybean promising lines and three check cultivars, i.e. Dena 1 and Dena 2 (shading tolerant) and Grobogan (large seed size and early maturity). The treatments were arranged in a split plot design, four replications. The main plot was the cropping pattern (monoculture and intercropping maize with soybean), and the subplot was 15 soybean

genotypes. The results showed that the yields of soybean and maize under intercropping decreased by 61.53% and 31.05%, respectively, compared to those of monoculture of each crop. The highest maize yield was achieved in intercropping of maize with Grob/Pander-395-2 soybean genotype, and the highest soybean yield was achieved by Grob/IT-7-2 genotype intercropped with maize. In intercropping maize with soybean, soybean genotypes significantly affected the relative crowding coefficient (K), aggressivity (A), land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), and actual yield loss (AYL). The Grob/IT-7-2 genotype was the strongest competitor and the greatest dominance for maize intercropping with soybean. However, based on R/C ratio, monetary advantage indices (MAI), income equivalent ratio (IER) and LER, the highest benefit was achieved when maize was intercropped with Grob/IT-7-7 soybean genotype.

Keywords: agronomic, economic, maize, soybeans, competitive, intercropping

PENDAHULUAN

Tumpangsari merupakan budi daya tanaman yang melibatkan dua spesies tanaman atau lebih yang tumbuh bersama dan hidup berdampingan untuk sementara waktu. Sistem tanam tumpangsari memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan monokultur (Lithourgidis *et al.* 2011). Tumpangsari berperan penting dalam keberlanjutan pembangunan pertanian dan produksi pangan di seluruh dunia (Rodríguez-Navarro *et al.* 2010; Miyazawa *et al.* 2014), dan merupakan salah satu upaya intensifikasi pertanian untuk meningkatkan produksi pertanian pada kondisi ketersediaan lahan yang terbatas (Phala *et al.* 2011). Tumpangsari juga dapat meningkatkan produksi per satuan luas melalui penggunaan sumber daya yang efektif, termasuk air, unsur hara, dan energi matahari (Nasri *et al.* 2014), memberikan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan monokultur dalam hal hasil dan efisiensi penggunaan lahan (Mao *et al.* 2012). Keuntungan tumpangsari tersebut dapat dicapai apabila masing-masing spesies tanaman yang ditanam memiliki waktu dan ruang yang cukup

untuk memaksimalkan hubungan timbal balik, dan meminimalkan kompetisi di antara keduanya. Menurut Yang *et al.* (2015), keberhasilan tumpangsari ditentukan oleh spesies tanaman yang digunakan, nisbah penanaman, kondisi pertumbuhan, dan pola pengaturan tanaman. Perubahan pola tata ruang dan populasi tanaman dapat mempengaruhi produktivitas tanaman dalam tumpangsari (Oseni dan Aliyu 2010). Oleh karena itu, pemilihan spesies tanaman dalam sistem tumpangsari sangat penting.

Tumpangsari jagung dengan kedelai merupakan tumpangsari yang dianggap penting. Tumpangsari jagung dengan kedelai telah banyak diterapkan (Yang *et al.* 2014), dan mempunyai potensi untuk menjaga kesuburan tanah (Sanginga dan Woomer 2009). Pada tumpangsari jagung dengan kedelai, hasil panen dapat dimaksimalkan dengan mengatur nisbah baris 2:2 atau 1:2 baris (Undie *et al.* 2012). Nisbah baris, kerapatan tanaman, dan jarak baris yang ideal dicapai melalui pengaturan pola tata ruang (Undie *et al.* 2012; Yang *et al.* 2015). Menurut Zhang *et al.* (2011) dan Yang *et al.* (2015), tumpangsari dapat memberikan keuntungan berupa hasil yang lebih tinggi berdasarkan nisbah kesetaraan lahan (NKL), dengan perbandingan baris jagung:kedelai 2:2. Keuntungan hasil tersebut dicapai karena adanya efek baris pinggir, dan perilaku kompetisi tanaman yang dipengaruhi oleh perubahan pola tata ruang. Nisbah kesetaraan lahan umum digunakan dalam sistem tumpangsari untuk mengukur produktivitas lahan, dan juga sebagai indikator untuk menentukan keberhasilan tumpangsari (Brintha dan Seran 2009).

Kompetisi merupakan salah satu faktor utama yang berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan dan hasil tanaman dalam tumpangsari dibandingkan dengan monokultur. Pengaruh kompetisi antar tanaman pada tumpangsari dapat dinilai berdasarkan indeks koefisien kepadatan relatif (K), nisbah kompetisi (NK), agresivitas (A), kehilangan hasil aktual (KHA), dan keuntungan antar tanaman (KAT) (Banik *et al.* 2000). Indeks tersebut menggambarkan perilaku kompetitif dalam tumpangsari (Lithourgidis *et al.* 2011). Indeks koefisien kepadatan relatif digunakan untuk menentukan tingkat kompetitif atau dominasi dari jenis tanaman yang ditumpangsarkan dan digunakan untuk mengevaluasi dan membandingkan kemampuan kompetitif dari satu spesies dengan spesies lainnya dalam tumpangsari (Zhang *et al.* 2011). Agresivitas digunakan untuk menunjukkan kompetisi interspesies dalam tumpangsari dengan menghubungkan perubahan hasil dua komponen

tanaman (Agegnehu *et al.* 2006). Nisbah kompetitif merupakan cara lain untuk mengevaluasi kemampuan kompetitif spesies yang berbeda dalam tumpangsari (Willey dan Rao 1980). Parameter ini lebih baik dibandingkan dengan parameter koefisien kepadatan relatif dan agresivitas karena lebih menguntungkan dan memungkinkan pengukuran daya saing tanaman lebih baik. Nisbah R/C digunakan sebagai indikator untuk menilai keuntungan relatif suatu usahatani. Menurut Rahim dan Hastuti (2008), nisbah R/C menunjukkan besarnya penerimaan yang diperoleh sebagai manfaat dari biaya yang dikeluarkan.

Pertumbuhan dan hasil tanaman pada pola tumpangsari dipengaruhi oleh rasio penanaman, pengaturan spasial, kepadatan tanaman, kultivar, dan persaingan antara komponen campuran (Rezaei-Chianeh *et al.* 2011). Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keunggulan kompetitif agronomis dan ekonomis 15 genotipe kedelai pada tumpangsari dengan jagung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Kendalpayak Malang pada bulan Maret-Juli 2018. Penempatan perlakuan disusun berdasarkan rancangan petak terbagi, diulang empat kali. Petak utama adalah pola tanam, yaitu monokultur dan tumpangsari jagung varietas Bima 19 dengan kedelai. Sedangkan, anak petak adalah 12 galur harapan kedelai toleran naungan dan tiga varietas pembanding yaitu Dena 1 dan Dena 2 (pembanding toleran naungan) dan Grobogan (pembanding ukuran biji besar dan umur genjah). Kedelai ditanam dua minggu setelah tanam jagung, sehingga pada saat kedelai memasuki fase generatif terjadi cekaman kekurangan cahaya yang lebih berat.

Pada sistem tanam monokultur, jarak tanam kedelai 35 cm × 20 cm (dua tanaman per rumpun), sedangkan jarak tanam jagung 70 cm × 20 cm (satu tanaman per rumpun), pada plot seluas 9,6 m². Pada sistem tumpangsari jagung+kedelai, jagung ditanam dua minggu sebelum kedelai dalam baris ganda dengan jarak tanam 2,1 m × (0,35 m × 0,20 m), satu tanaman per rumpun, sedangkan kedelai ditanam dalam lorong antarbaris ganda jagung (2,1 m) dengan jarak tanam 35 cm × 20 cm (dua tanaman per rumpun) sebanyak 6 baris. Perbandingan jumlah baris jagung:kedelai dalam satu plot adalah 4:6. Sebelum tanam benih diberi perlakuan insektisida Karbosulfan. Penyiangian dilakukan pada 2-4 minggu setelah tanam (mst).

Pemupukan jagung dilakukan bertahap, yaitu pada 7-10 hari setelah tanam (hst) sebanyak 100 kg Urea + 300 kg Phonska/ha atau setara 90 kg N + 45 kg P₂O₅ + 45 kg K₂O/ha, dan pada 35-45 hst sebanyak 250 kg Urea/ha atau setara 112,5 kg N/ha. Pemupukan pada kedelai dilakukan pada 7-10 hst menggunakan 150 kg Phonska + 100 kg SP36/ha atau setara 22,5 kg N + 58,5 kg P₂O₅ + 22,5 kg K₂O/ha. Pemupukan dengan cara dilarrik 10 cm dari tanaman. Pengairan diberikan pada saat setelah tanam, pemupukan, pembungaan, pembentukan dan pengisian polong. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap 5 hari. Panen dilakukan setelah polong masak fisiologis.

Pengamatan terdiri atas hasil biji, intensitas cahaya pada jam 12.00-13.00 WIB mulai saat tanam hingga panen dengan interval dua minggu. Analisis ragam digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan, sedangkan untuk perbandingan nilai tengah digunakan uji BNT (beda nyata terkecil) pada taraf 5%. Intensitas cekaman naungan yang disebabkan oleh kanopi tanaman jagung dihitung berdasarkan rumus Fischer dan Maurer (1978):

$$IC\% = \left[1 - \left(\frac{RY_{tk}}{RY_{mk}} \right) \right] \times 100\%$$

dimana RY_{tk} = rata-rata hasil kedelai pada tumpangsari dan RY_{mk} = rata-rata hasil kedelai pada monokultur.

Tingkat keunggulan kompetitif dinilai berdasarkan beberapa parameter yaitu:

1. Koefisien kepadatan relatif (K)

Indikator dominasi relatif satu spesies terhadap spesies yang lain dalam tumpangsari, dihitung berdasarkan rumus Ghosh (2004)

$$K_j = \frac{[Y_{tj} \times P_{tk}]}{[Y_{mj} - Y_{tj}] \times P_{tj}}$$

$$K_k = \frac{[Y_{tk} \times P_{tj}]}{[Y_{mk} - Y_{tk}] \times P_{tk}}$$

dimana K_j = dominasi relatif jagung, K_k = dominasi relatif kedelai, P_j = luas lahan dalam tumpangsari yang digunakan untuk jagung (67%), P_{tk} = luas lahan dalam tumpangsari yang digunakan untuk kedelai (33%), Y_{mj} = hasil jagung monokultur, Y_{tj} = hasil jagung tumpangsari, Y_{mk} = hasil kedelai monokultur, Y_{tk} = hasil kedelai tumpangsari.

2. Agresivitas (A)

Agresivitas dihitung dengan persamaan Agegnehu et al. (2006):

$$A_j = \left(\frac{Y_{tj}}{Y_{mj} \times P_{tj}} \right) - \left(\frac{Y_{tk}}{Y_{mk} \times P_{tk}} \right)$$

$$A_k = \left(\frac{Y_{tk}}{Y_{mk} \times P_{tk}} \right) - \left(\frac{Y_{tj}}{Y_{mj} \times P_{tj}} \right)$$

Apabila $A = 0$ berarti kedua tanaman sama-sama kompetitif, A_j = positif berarti jagung yang dominan, dan apabila A_k = positif berarti kedelai yang dominan.

3. Nisbah kesetaraan lahan (NKL)

Dihitung dengan rumus Mao et al. (2012):

$$NKL = (NKL_j + NKL_k)$$

$$NKL_j = \frac{Y_{tj}}{Y_{mj}}$$

$$NKL_k = \frac{Y_{tk}}{Y_{mk}}$$

NKL_j = nisbah kesetaraan lahan parsial dari jagung, NKL_k = nisbah kesetaraan lahan parsial dari kedelai, Y_j = hasil jagung pada tumpangsari, Y_{mj} = hasil jagung pada monokultur, Y_k = hasil kedelai pada tumpangsari, Y_{mk} = hasil kedelai pada monokultur.

4. Nisbah kompetitif (NK)

Dihitung dengan persamaan Willey dan Rao (1980):

$$NK_j = \left(\frac{NKL_j}{NKL_k} \right) \left(\frac{P_{tk}}{P_{tj}} \right)$$

$$NK_k = \left(\frac{NKL_k}{NKL_j} \right) \left(\frac{P_{tj}}{P_{tk}} \right)$$

Apabila $NK_j < 1$ artinya terdapat manfaat positif dalam tumpangsari, dan bila $NK_j > 1$ artinya terdapat manfaat negatif dalam tumpangsari.

5. Kehilangan hasil aktual (KHA)

Dihitung dengan rumus Banik et al. (2000):

$$KHA_{ts} = KHA_j - KHA_k$$

dimana KHA_{ts} = kehilangan hasil aktual tumpangsari, KHA_j = kehilangan hasil aktual jagung, KHA_k = kehilangan hasil aktual kedelai.

$$KHA_j = \left[\left(\frac{Y_{tj}/P_{tj}}{Y_{mj}/P_{mj}} \right) - 1 \right]$$

$$KHA_k = \left[\left(\frac{Y_{tk}/P_{tk}}{Y_{mk}/P_{mk}} \right) - 1 \right]$$

dimana: Y_j = hasil jagung pada tumpangsari, Y_{mj} = hasil jagung pada monokultur, P_j = proporsi jagung dalam tumpangsari, P_{mj} = proporsi jagung dalam monokultur. Nilai KHA positif

menunjukkan bahwa tumpangsari menguntungkan, dan negatif menunjukkan kerugian (Dhima *et al.* 2007).

6. Indeks keuntungan finansial (IKF)

Indeks keuntungan finansial dihitung dengan rumus Layek *et al.* (2014):

$$IKF = \frac{\text{Nilai gabungan tumpangsari} \times (NKL-1)}{NKL}$$

Nilai gabungan tumpangsari di setiap sistem tanam adalah harga pasar terendah yang berlaku untuk setiap komponen tanaman pada saat penelitian

7. Nisbah kesetaraan pendapatan (NKP)

Nilai NKP dihitung dengan rumus Ghaffarzadeh (1979):

$$NKP = \frac{PK_{tj}}{PK_{mj}} + \frac{PK_{tk}}{PK_{mk}}$$

Dimana PK_{tj} dan PK_{tk} = penerimaan per hektar untuk jagung tumpangsari dan kedelai tumpangsari, PK_{mj} dan PK_{mk} = penerimaan per hektar jagung monokultur dan kedelai monokultur

8. Nisbah R/C

Dihitung dengan persamaan Soekartawi (2002):

$$\text{Nisbah } R/C = \frac{PT}{TR} = \frac{P \times Q}{FC + VC}$$

Dimana PT=penerimaan total, TR=total biaya produksi, P=harga, Q=produksi yang dihasilkan

petani, FC=biaya tetap, VC=biaya tidak tetap. Kriteria: $R/C > 1$ berarti menguntungkan, dan $R/C < 1$ berarti merugikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan Hasil

Hasil kedelai dan jagung dalam sistem monokultur lebih tinggi dibandingkan dengan hasil dalam sistem tumpangsari (Tabel 1). Hasil kedelai tumpangsari antara 0,75 hingga 1,00 t/ha, sedangkan monokultur antara 2,08 hingga 2,39 t/ha. Hasil jagung tumpangsari antara 3,99 hingga 5,06 t/ha, sedangkan monokultur 6,77 t/ha. Tumpangsari jagung+kedelai menyebabkan pengurangan hasil kedelai 61,53% dan jagung 31,05%. Hal ini sejalan dengan Khonde *et al.* (2018), bahwa hasil kedelai monokultur lebih tinggi dibandingkan dengan hasil kedelai tumpangsari dengan tingkat pengurangan hasil mencapai 55,1%. Hasil penelitian Sasaki *et al.* (2016) menunjukkan bahwa pengurangan hasil kedelai tumpangsari 40-60% dari hasil monokultur. Pengurangan hasil kedelai tersebut disebabkan oleh pengurangan jumlah populasi kedelai serta pengaruh naungan dari kanopi tanaman jagung.

Interaksi antara pola tanam dengan genotipe kedelai berpengaruh nyata terhadap hasil kedelai. Hal ini menunjukkan bahwa respons genotipe terhadap pola tanam berbeda. Tumpangsari jagung dengan kedelai menyebabkan terjadinya

Tabel 1. Hasil kedelai dan jagung pada monokultur dan tumpangsari. Malang, MT Maret-Juli 2018

Genotipe	Hasil (t/ha)			Pengurangan hasil (%)	
	Kedelai		Jagung	Kedelai	Jagung
	Monokultur	Tumpangsari	Tumpangsari		
Grob/IT-7-7	2,08 e	0,89 g	5,03 b	57,01	25,78
Grobogan	2,08 e	0,83 ghijk	4,97 bc	60,07	26,66
Grob/Pander-397-6	2,19 cd	0,87 ghi	3,99 f	60,23	41,06
Grob/IT-17-1	2,31 ab	0,85 ghij	4,67 de	63,38	31,09
IBK/Argop-276-3	2,29 b	0,88 ghi	4,52 e	61,47	33,31
Grob/Pander-395-2	2,14 cde	0,80 ijk	5,06 b	62,77	25,33
Dena 1	2,23 bc	0,83 ghijk	4,61 de	62,71	31,98
Dena 2	2,22 bc	0,80 hijk	4,54 e	64,05	32,94
Grob/Pander-428-1	2,17 cd	0,80 hijk	4,46 e	63,23	34,19
Grob/IT-7-5	2,17 cde	0,86 ghi	5,04 b	60,16	25,55
Grob/IT-7-2	2,17 cd	1,00 f	4,55 e	53,80	32,87
Grob/IAC-453-7	2,13 de	0,86 ghi	4,77 cd	59,53	29,54
IBK/Argop-296-10	2,39 a	0,75 k	4,64 de	68,51	31,54
Grob/IT-7-3	2,23 bc	0,89 gh	4,65 de	60,18	31,31
Grob/IT-7-1	2,22 bc	0,76 jk	4,56 de	65,87	32,64
Jagung monokultur			6,77 a		
Rata-rata	2,20	0,84	4,80	61,53	31,05

Keterangan : Angka dalam satu kolom diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

pengurangan hasil kedelai maupun jagung. Pengurangan hasil kedelai lebih besar dibandingkan dengan pengurangan hasil jagung (Tabel 1). Pengurangan hasil kedelai beragam, tergantung genotipe, dengan kisaran 53,8% (Grob/IT-7-2) hingga 68,5% (IBK/Argop-296-10). Pengurangan hasil jagung antara 25,8% (tumpangsari dengan Grob/IT-7-7) hingga 41,1% (tumpangsari dengan Grob/Pander-397-6), tergantung pada genotipe kedelai yang ditumpangsarikan dengan jagung.

Intensitas cahaya di bawah kanopi jagung berkurang seiring dengan meningkatnya umur tanaman jagung, yang mengakibatkan terjadinya cekaman naungan (kekurangan cahaya) pada tanaman kedelai (Gambar 1). Naungan yang disebabkan oleh kanopi tanaman jagung mengakibatkan intensitas cekaman sebesar 61,8%, tergolong tinggi, sehingga menyebabkan kehilangan hasil kedelai yang tinggi, rata-rata 61,5%. Keterse-diaan intensitas cahaya yang rendah akibat efek naungan kanopi jagung merupakan faktor penting dalam menentukan hasil kedelai.

Hasil jagung pada tumpangsari berkurang rata-rata 31,1% (Tabel 1). Pengurangan hasil jagung tersebut disebabkan berkurangnya populasi jagung sebesar 20%. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil jagung tidak dipengaruhi oleh genotipe kedelai yang ditumpangsarikan dengan jagung. Sebaliknya komponen hasil dan hasil kedelai dipengaruhi secara nyata oleh pola tumpangsari (Abdel-Wahab dan El-Rahman 2016; Pierre *et al.* 2017).

Koefisien Kepadatan Relatif (K)

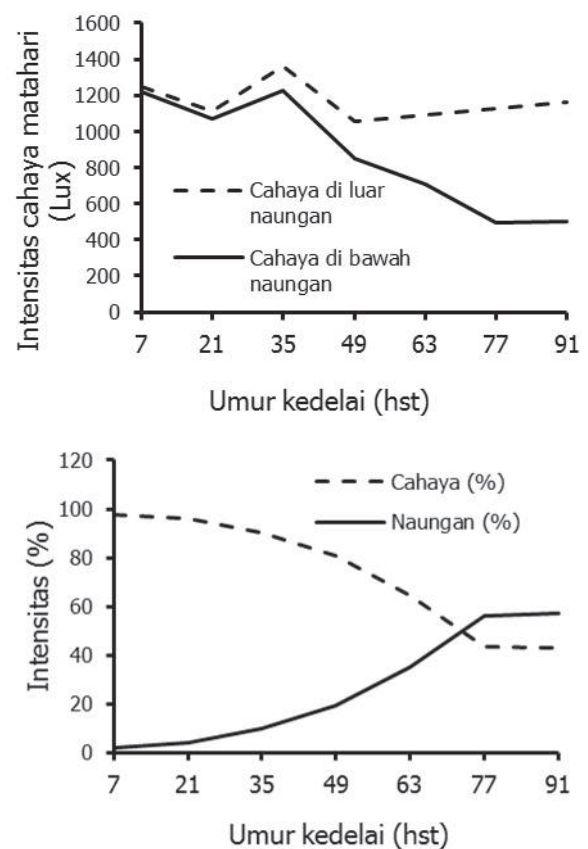
Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata genotipe kedelai terhadap koefisien kepadatan relatif (K), nilai agresivitas (A), nisbah kesetaraan lahan (NKL), nisbah kompetitif (NK), dan kehilangan hasil aktual (KHA) pada tumpangsari jagung dengan genotipe kedelai (Tabel 2 dan 3). Nilai K jagung antara 2,16-4,42 (rata-rata 3,43), lebih tinggi dari nilai K kedelai yaitu 0,31 (IBK/Argop-296-10) hingga 0,58 (Grob/IT-7-2), rata-rata 0,42 (Tabel 2). Artinya, pada tumpangsari jagung dengan kedelai, tanaman jagung lebih kompetitif dibandingkan dengan tanaman kedelai. Pada kondisi demikian, tanaman jagung berperan sebagai pesaing superior bagi kedelai. Dengan daya saing yang lebih kuat, tanaman jagung mampu menghasilkan kapasitas yang lebih besar untuk memperoleh sumber daya (cahaya matahari, air, dan unsur hara) yang dipersaingkan, yang secara langsung mempengaruhi kinerja komunitas dalam tumpangsari tersebut. Menurut Zhang *et al.* (2011),

tanaman dengan nilai K lebih tinggi menunjukkan bahwa tanaman tersebut lebih dominan dan lebih kompetitif dalam tumpangsari dibandingkan dengan tanaman yang lain.

Pada penelitian ini, nilai K kedelai pada tumpangsari jagung+kedelai, dengan nisbah 4 baris jagung:6 baris kedelai adalah <1 . Nilai tersebut berbeda dengan yang dicapai Cui *et al.* (2017) bahwa nilai K kedelai <1 dicapai pada nisbah baris jagung:kedelai adalah 1:1, dan nilai K kedelai >1 dicapai pada nisbah 2:2. Perbedaan hasil ini diduga karena perbedaan karakteristik dari varietas jagung dan kedelai, dan nisbah baris jagung:kedelai yang digunakan.

Nilai Agresivitas (A)

Nilai agresivitas (A) jagung adalah positif sedangkan kedelai negatif (Tabel 2), artinya tanaman jagung dalam tumpangsari jagung+kedelai lebih dominan dibandingkan tanaman kedelai. Dominasi tanaman jagung tertinggi (nilai A sebesar 1,25) ditunjukkan pada tumpangsari dengan genotipe Grob/Pander-395-2, dengan nilai A kedelai -1,25. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa genotipe Grob/Pander-395-2 merupakan genotipe yang



Gambar 1. Intensitas cahaya dan naungan pada tumpangsari jagung+kedelai, KP Kendalpayak, MK I 2018

Tabel 2. Nilai koefisien kepadatan relatif (K) dan agresivitas (A) genotipe kedelai dan jagung pada tumpangsari kedelai dengan jagung. Malang, MT Maret-Juli 2018

Genotipe	Koefisien kepadatan relatif (K)		Agresivitas (A)	
	Kedelai	Jagung	Kedelai	Jagung
Grob/IT-7-7	0,50 ab	4,32 a	-1,14 defg	1,14 bcde
Grobogan	0,45 bcd	4,16 a	-1,17 efgh	1,17 abcd
Grob/Pander-397-6	0,45 bcd	2,16 d	-0,81 a	0,81 h
Grob/IT-17-1	0,39 cdef	3,33 bc	-1,11 cdefg	1,11 bcdef
IBK/Argop-276-3	0,42 cde	3,01 c	-1,03 c	1,03 f
Grob/Pander-395-2	0,40 cde	4,42 a	-1,25 h	1,25 a
Dena 1	0,40 cde	3,21 bc	-1,08 cde	1,08 def
Dena 2	0,37 def	3,13 bc	-1,08 cde	1,08 def
Grob/Pander-428-1	0,39 cde	2,89 c	-1,03 c	1,03 f
Grob/IT-7-5	0,44 abc	4,40 a	-1,20 gh	1,20 ab
Grob/IT-7-2	0,58 a	3,07 c	-0,91 b	0,91 g
Grob/IAC-453-7	0,45 bc	3,59 b	-1,09 cdef	1,09 cdef
IBK/Argop-296-10	0,31 f	3,27 bc	-1,19 fgh	1,19 abc
Grob/IT-7-3	0,45 bcd	3,31 bc	-1,05 cd	1,05 ef
Grob/IT-7-1	0,35 ef	3,11 bc	-1,12 cdefg	1,12 bcdef
Rata-rata	0,42	3,43	-1,08	1,08

Keterangan : Angka dalam satu kolom diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

paling tidak mampu berkompetisi dengan tanaman jagung, dibandingkan dengan genotipe kedelai yang lain. Hal ini karena masing-masing genotipe mempunyai toleransi yang berbeda terhadap pola tanam tumpangsari, terutama responsnya terhadap cekaman naungan.

Dominasi tanaman jagung pada tumpangsari jagung+kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kedelai. Artinya, tanaman jagung merupakan pesaing superior bagi tanaman kedelai dalam memperoleh sumber daya yang dipersaingan (cahaya matahari, air, dan unsur hara). Hal ini, didukung oleh karakter tanaman jagung yang lebih besar dan tinggi dibandingkan tanaman kedelai. Oleh karena itu, perilaku persaingan antarspesies merupakan faktor penting dalam menentukan stabilitas struktural agroekosistem tumpangsari (Cui *et al.* 2017).

Nilai Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL)

Secara umum, nilai NKL tumpangsari jagung dengan beragam genotipe kedelai >1,0 kecuali dengan genotipe Grob/Pander-397-6 dengan nilai NKL 0,99 (Tabel 3). Hasil yang serupa disampaikan oleh Mahmoudi *et al.* (2013) dan Zhang *et al.* (2015), bahwa nilai NKL yang dicapai pada tumpangsari jagung+kedelai adalah >1,0. Hal ini menunjukkan tumpangsari lebih menguntungkan dibandingkan monokultur. Menurut Zhang *et al.* (2011), nilai NKL>1,0 diartikan bahwa pola tumpangsari mampu mendukung pertumbuhan dan hasil dari spesies tanaman yang ditumpangsarikan.

Sebaliknya, ketika nilai NKL<1,0 tumpangsari tidak menguntungkan dan persaingan interspesifik lebih kuat daripada interaksi interspesifik dalam sistem tumpangsari. Menurut Egbe *et al.* (2010) dan Matusso *et al.* (2013), nilai NKL=1,0 berarti tidak ada perbedaan dalam hasil antara monokultur maupun tumpangsari. Apabila nilai NKL>1,0 maka akan ada keuntungan hasil ketika kedua tanaman ditanam dalam tumpangsari dibandingkan monokultur. Namun apabila nilai NKL<1,0 maka akan lebih baik kedua tanaman ditanam secara terpisah (monokultur), karena akan menimbulkan kerugian apabila ditanam pada tumpangsari. Menurut Tsujimoto *et al.* (2015), nilai NKL>1,0 menunjukkan superioritas tumpangsari terhadap monokultur. Pada penelitian ini tumpangsari jagung dengan semua genotipe kedelai lebih menguntungkan dibandingkan monokultur atau terjadi superioritas tumpangsari terhadap monokultur, kecuali tumpangsari jagung dengan kedelai genotipe Grob/Pander-397-6 yang tidak menguntungkan. Artinya, genotipe Grob/Pander-397-6 tidak sesuai untuk tumpangsari dengan jagung, karena nilai NKL<1,0. Hal ini karena genotipe Grob/Pander-397-6 menjadi kompetitor yang kuat bagi tanaman jagung pada tumpangsari jagung+kedelai dibandingkan dengan genotipe kedelai lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai A genotipe Grob/Pander-397-6 lebih tinggi dan A jagung lebih rendah dibandingkan dengan genotipe lainnya pada tumpangsari jagung+kedelai (Tabel 2), yang menyebabkan hasil jagung berkurang 41,06% dan

Tabel 3. Nisbah kesetaraan lahan (NKL), nisbah kompetitif (NK) dan kehilangan hasil aktual (KHA) genotipe kedelai dan jagung pada tumpangsari kedelai dengan jagung. Malang, MT Maret-Juli 2018

Genotipe	Nisbah kesetaraan lahan (NKL)			Nisbah kompetitif (NK)		Kehilangan hasil aktual (KHA)		
	Kedelai	Jagung	TS	Kedelai	Jagung	Kedelai	Jagung	TS
Grob/IT-7-7	0,43 ab	0,74 a	1,17 a	0,39 b	2,59 d	-0,28 ab	0,86 a	0,57
Grobogan	0,40 bc	0,73 a	1,13 abc	0,36 bcd	2,78 bcd	-0,33 bcd	0,83 ab	0,50
Grob/Pander-397-6	0,40 cd	0,59 g	0,99 f	0,45 a	2,25 e	-0,33 bcd	0,47 e	0,14
Grob/IT-17-1	0,37 cd	0,69 bc	1,06 de	0,35 bcde	2,83 bcd	-0,39 def	0,72 cd	0,33
IBK/Argop-276-3	0,39 bcd	0,67 f	1,05 de	0,39 b	2,60 d	-0,36 cde	0,67 d	0,31
Grob/Pander-395-2	0,37 cd	0,75 a	1,12 bc	0,33 de	3,02 ab	-0,38 cdef	0,87 a	0,49
Dena 1	0,37 cd	0,68 cde	1,05 de	0,37 bcd	2,74 bcd	-0,38 cdef	0,70 cd	0,32
Dena 2	0,36 cd	0,67 def	1,03 ef	0,36 bcd	2,80 bcd	-0,40 ef	0,68 d	0,28
Grob/Pander-428-1	0,37 cd	0,66 f	1,03 ef	0,37 bcd	2,69 cd	-0,39 cdef	0,65 d	0,26
Grob/IT-7-5	0,40 bc	0,74 a	1,14 ab	0,36 bcd	2,81 bcd	-0,34 bcd	0,86 a	0,53
Grob/IT-7-2	0,46 a	0,67 ef	1,13 abc	0,46 a	2,19 e	-0,23 a	0,68 d	0,45
Grob/IAC-453-7	0,40 bc	0,70 b	1,11 bc	0,38 bc	2,62 d	-0,33 bc	0,76 bc	0,44
IBK/Argop-296-10	0,32 e	0,68 cd	1,00 f	0,31 e	3,27 a	-0,47 g	0,71 cd	0,24
Grob/IT-7-3	0,40 bc	0,69 cd	1,09 cd	0,39 b	2,60 d	-0,34 bcd	0,72 cd	0,38
Grob/IT-7-1	0,34 de	0,67 def	1,01 ef	0,34 cde	2,98 abc	-0,43 fg	0,68 cd	0,25
Rata-rata	0,38	0,69	1,07	0,37	2,72	-0,36	0,72	0,37

Keterangan : TS = tumpangsari, angka dalam satu kolom diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

kedelai 60,23% (Tabel 1) dibandingkan dengan hasil monokultur.

Nilai NKL tertinggi adalah 1,17 dicapai pada tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/IT-7-7 (Tabel 3). Artinya, untuk mendapatkan hasil yang sama dengan pola tumpangsari, diperlukan area 17% (0,17 ha) lebih luas apabila kedua tanaman ditanam monokultur. Tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/IT-7-7 memberikan keuntungan tertinggi diantara kombinasi tumpangsari yang diuji. Tumpangsari jagung dengan genotipe IBK/Argop-296-10 memberikan nilai NKL=1,0, artinya hasil yang dicapai pada pola monokultur tidak berbeda nyata dengan pola tumpangsari. Tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/Pander-397-6 memberikan nilai NKL<1,0, yaitu 0,99, artinya tumpangsari tidak memberikan keuntungan. Berdasarkan nilai NKL dapat dinyatakan bahwa tumpangsari jagung dengan genotipe kedelai yang diuji akan memberikan keuntungan, kecuali tumpangsari jagung dengan kedelai genotipe Grob/Pander-397-6 dan IBK/Argop-296-10 karena NKL<1 atau NKL=1. Tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/Pander-397-6 menyebabkan kehilangan hasil jagung tertinggi (41,06%) dan dengan IBK/Argop-296-10 menyebabkan kehilangan hasil kedelai tertinggi (68,51%) diantara kombinasi tumpangsari jagung dengan genotipe kedelai yang diuji (tabel 1). Hal ini menyebabkan kedua genotipe tersebut tidak direkomendasikan untuk tumpangsari dengan jagung.

Nisbah Kompetitif (NK)

Nisbah kompetitif (NK) jagung lebih besar dibandingkan dengan kedelai. Nilai NK jagung antara 2,19-3,27, sedangkan NK kedelai antara 0,31- 0,46 (Tabel 3). Hasil yang sama disampaikan Cui *et al.* (2017), bahwa jagung tumpangsari memiliki nilai NK lebih besar dibandingkan dengan kedelai tumpangsari pada nisbah baris jagung:kedelai 2:2 dan 1:1. Artinya, kemampuan kompetitif jagung lebih besar dibandingkan dengan kedelai yang menyebabkan tanaman kedelai tertekan oleh tanaman jagung. Menurut Wahla *et al.* (2009), nilai NK dipengaruhi oleh nisbah baris jagung:kedelai pada tumpangsari. Nisbah baris mempengaruhi jarak antara jagung dan kedelai. Jarak jagung dengan kedelai yang terlalu rapat menyebabkan berkurangnya cahaya matahari yang diterima tanaman kedelai, dan memperbesar terjadinya kompetisi dalam mendapatkan air dan unsur hara.

Kemampuan kompetitif jagung tertinggi ditunjukkan pada kombinasi tumpangsari jagung dengan genotipe IBK/Argop-296-10 (3,27) dan Grob/Pander-395-2 (3,02). Artinya, kompetisi jagung lebih tinggi dibandingkan genotipe kedelai IBK/Argop-296-10 dan Grob/Pander-395-2. Dengan kata lain kedua genotipe tersebut merupakan kompetitor terlemah bagi tanaman jagung dibandingkan dengan genotipe kedelai lain yang diuji. Nilai NK genotipe kedelai tertinggi dicapai genotipe Grob/IT-7-2 (0,46) disusul Grob/Pander-

Tabel 4. Analisis usahatani pada pola tanam monokultur dan tumpangsari kedelai dengan jagung. Malang, MT Maret-Juli 2018

Genotipe	Hasil biji (kg/ha)			Penerimaan (Rp x 1.000)		Keuntungan (Rp x 1.000)		Nisbah R/C		IKF (Rp x 1.000)	NKP
	MK	TK	TJ	MK	TJK	MK	TJK	M	T		
Grob/IT-7-7	2.080	890	5.030	16.016,0	28.733,5	2.597,1	11.686,6	1,19	1,69	4.174,95	1,17
Grobogan	2.080	830	4.970	16.016,0	28.010,5	2.597,1	10.963,6	1,19	1,64	3.222,45	1,13
Grob/Pander-397-6	2.190	870	3.990	16.863,0	24.055,5	3.444,1	7.008,6	1,26	1,41	(242,98)	0,99
Grob/IT-17-1	2.310	850	4.670	17.787,0	26.859,5	4.368,1	9.812,6	1,33	1,58	1.520,35	1,06
IBK/Argop-276-3	2.290	880	4.520	17.633,0	26.438,0	4.214,1	9.391,1	1,31	1,55	1.258,95	1,05
Grob/Pander-395-2	2.140	800	5.060	16.478,0	28.171,0	3.059,1	11.124,1	1,23	1,65	3.018,32	1,12
Dena 1	2.230	830	4.610	17.171,0	26.444,0	3.752,1	9.397,6	1,28	1,55	1.259,26	1,05
Dena 2	2.220	800	4.540	17.094,0	25.909,0	3.675,1	8.862,1	1,27	1,52	754,63	1,03
Grob/Pander-428-1	2.170	800	4.460	16.709,0	25.561,0	3.290,1	8.514,1	1,25	1,50	744,50	1,03
Grob/IT-7-5	2.170	860	5.040	16.709,0	28.546,0	3.290,1	11.499,1	1,25	1,67	3.505,65	1,14
Grob/IT-7-2	2.170	1.000	4.550	16.709,0	27.492,5	3.290,1	10.445,6	1,25	1,61	3.162,85	1,13
Grob/IAC-453-7	2.130	860	4.770	16.401,0	27.371,5	2.982,1	10.324,6	1,22	1,61	2.712,49	1,11
IBK/Argop-296-10	2.390	750	4.640	18.403,0	25.959,0	4.984,1	8.912,6	1,37	1,52	0,00	1,00
Grob/IT-7-3	2.230	890	4.650	17.171,0	27.080,5	3.752,1	10.033,6	1,28	1,59	2.236,00	1,09
Grob/IT-7-1	2.220	760	4.560	17.094,0	25.688,0	3.675,1	8.641,1	1,27	1,51	254,34	1,02
Rata-rata	2.201	844	4.670	16.950,3	26.821,3	3.531,4	9.774,4	1,26	1,57	1.838,78	1,07
Hasil Jagung Monokultur Rp 6.770				29.449,5		14.769,8		2,01			
Harga Jagung Rp 4.350											
Harga Kedelai Rp 7.700											
Total Biaya MJ Rp 14.679.750											
Total biaya MK Rp 13.418.910											
Total biaya TJK Rp 17.046.939											

Keterangan: MK= kedelai monokultur, TK= tumpangsari kedelai, TJ= tumpangsari jagung, T= tumpangsari, M=monokultur, IKF= indeks keuntungan finansial, TJK= tumpangsari jagung+kedelai, NKP = nisbah kesetaraan pendapatan

397-6 (0,45). Artinya, kedua genotipe tersebut merupakan kompetitor terkuat bagi tanaman jagung dibandingkan dengan genotipe kedelai lain yang diuji.

Kehilangan Hasil Aktual (KHA)

Nilai KHA jagung tumpangsari adalah positif dan nilai KHA kedelai tumpangsari adalah negatif, tetapi nilai total KHA positif (Tabel 3). Nilai KHA yang positif menunjukkan bahwa tumpangsari memberikan keuntungan, sedangkan negatif memberikan efek merugikan. Tumpangsari jagung dengan kedelai memberikan keuntungan bagi tanaman jagung, tetapi memberikan efek merugikan bagi kedelai, namun secara total menguntungkan. Efek merugikan bagi kedelai terjadi karena adanya efek naungan jagung sejak tanaman kedelai berumur 21 hari (Gambar 1). Namun demikian, tumpangsari jagung dengan kedelai masih menguntungkan yang ditunjukkan dengan nilai total KHA yang positif, yaitu antara 0,14 (Grob/Pander-397-6) hingga 0,57 (Grob/IT-7-7).

Analisis Usahatani

Usahatani tidak akan bertahan apabila tidak memberikan keuntungan bagi petani (Bahtiar 2010). Tingkat keuntungan merupakan faktor yang mempengaruhi adopsi suatu varietas unggul (Harianta 2011; Kadar 2016). Dalam hal ini,

keuntungan yang dicapai dari penggunaan varietas unggul baru harus lebih besar dibandingkan dengan varietas yang biasa digunakan petani.

Total biaya yang dikeluarkan untuk tumpangsari jagung+kedelai bertambah 27% dibandingkan dengan kedelai monokultur, dan 16% dibandingkan dengan jagung monokultur (Tabel 4). Hal ini disebabkan oleh waktu tanam, aplikasi pupuk dan pestisida, panen dan pascapanen kedelai yang berbeda dengan jagung, sehingga berpengaruh terhadap biaya tenaga kerja yang diperlukan. Waktu tanam jagung berbeda dengan kedelai, jagung ditanam dua minggu sebelum kedelai. Perbedaan waktu tanam berpengaruh terhadap kebutuhan tenaga kerja tanam menjadi dua kali lipat, yaitu untuk tanam jagung dan untuk tanam kedelai. Untuk mengurangi biaya tenaga kerja, penataan waktu tanam dalam tumpangsari perlu dilakukan. Menurut Nurmas (2011) hasil tanaman sangat dipengaruhi oleh waktu tanam. Menurut Yusuf *et al.* (2014) pemilihan waktu tanam kedelai atau jagung pada tumpangsari mempengaruhi penerimaan petani. Pemilihan waktu tanam tergantung pada pilihan tanaman utama atau yang paling diinginkan petani.

Penerimaan jagung monokultur lebih tinggi dibandingkan dengan penerimaan kedelai monokultur dan tumpangsari kedelai+jagung (Tabel 4). Hal ini disebabkan menurunnya produksi jagung 25,78-41,06% pada pola tanam tumpangsari. Hal

ini senada dengan Ceunfin *et al.* (2017) bahwa pada tumpangsari jagung+kedelai, hasil jagung berkurang 8,31-64%. Penerimaan jagung dari monokultur ke tumpangsari turun 31,01% atau Rp 9.312.100, dan keuntungan jagung dari monokultur ke tumpangsari turun 41,49% atau Rp 6.128.689.

Penerimaan dan keuntungan ekonomi usahatani tumpangsari jagung+kedelai lebih tinggi daripada kedelai monokultur. Selisih penerimaan kedelai antara tumpangsari dan monokultur antara Rp 9.072.500 (Grob/IT-17-1) hingga Rp 12.717.500 (Grob/IT-7-7). Tingginya selisih penerimaan tersebut karena tingginya biaya untuk aplikasi pestisida pada tanaman kedelai monokultur. Biaya tenaga kerja untuk aplikasi pestisida pada kedelai 76% lebih tinggi dari biaya jagung monokultur. Serangan hama dan penyakit pada kedelai lebih banyak dibanding pada tanaman jagung. Pada tumpangsari jagung+kedelai, biaya untuk aplikasi pestisida pada kedelai berkurang karena jagung dapat berperan sebagai *barrier* masuknya hama ke pertanaman kedelai. Penerapan tumpangsari akan lebih efisien menekan serangan hama apabila tanaman sela yang digunakan dapat menjadi penolak hama tanaman utama. Menurut Kristanto *et al.* (2013), intensitas serangan hama yang menyerang tanaman pada tumpangsari lebih rendah dibandingkan pada tanaman dengan pola monokultur. Lebih lanjut Inayati dan Marwoto (2011) menjelaskan bahwa intensitas serangan dan populasi hama pada kedelai lebih rendah dengan adanya jagung sebagai tanaman penghalang. Aji *et al.* (2015) juga melaporkan bahwa sistem *barrier* mampu menurunkan populasi kutu kebul sehingga intensitas serangan menurun.

Usahatani kedelai dan jagung pada monokultur dan tumpangsari menguntungkan secara ekonomis dengan nisbah R/C > 1. Nisbah R/C tertinggi pada tumpangsari jagung+kedelai dicapai pada tumpangsari jagung+genotipe Grob/IT-7-7 dengan nilai 1,69, artinya memperoleh penerimaan Rp 1.690 pada setiap penggunaan biaya Rp 1.000.

Nilai Indeks Keuntungan Finansial (IKF) dan Nisbah Kesetaraan Pendapatan (NKP)

Nilai indeks keuntungan finansial dan nisbah kesetaraan pendapatan memberikan informasi tentang keuntungan ekonomi dari sistem tumpangsari (Banik *et al.* 2000; Ghosh 2004; Layek *et al.* 2014). Tumpangsari jagung+genotipe kedelai mempunyai IKF bernilai positif atau menguntungkan, kecuali dengan genotipe Grob/Pander-397-9 yang bernilai negatif (Tabel 4). Menurut Ghosh (2004), semakin tinggi nilai IKF, maka semakin tinggi

profitabilitas suatu sistem tanam. Nilai IKF tertinggi dicapai genotipe Grob/IT 7-7 dengan nilai Rp 4.175.953/ha dan terendah pada genotipe Grob/IT 7-1 dengan nilai Rp 254.337/ha.

Nilai NKP tumpangsari beragam tergantung pada harga yang berlaku. Harga kedelai saat panen Rp 7.700-7.850/kg, sedangkan jagung Rp 4.350-4.700/kg. Seperti halnya nilai NKL, nilai NKP tertinggi 1,17 dicapai pada tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/IT-7-7 dan terendah pada tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/Pander-397-6 dengan nilai NKP 0,99. Artinya, tumpangsari jagung+kedelai genotipe Grob/Pander-397-6 memberikan keuntungan terendah diantara kombinasi tumpangsari yang diuji.

KESIMPULAN

Tumpangsari jagung dengan berbagai genotipe kedelai dengan proporsi 4:6 menurunkan hasil jagung dan kedelai. Genotipe kedelai Grob/IT-7-2 memiliki tingkat kompetitif/dominansi terkuat terhadap jagung dalam tumpangsari jagung+kedelai, sehingga memiliki tingkat kehilangan hasil aktual (KHA) terendah. Tumpangsari jagung dengan genotipe Grob/IT-7-7 lebih menguntungkan dibandingkan dengan genotipe kedelai lainnya, sehingga kedua genotipe ini lebih sesuai digunakan dalam pola tumpangsari dengan jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Wahab TI, El-Rahman RAA. 2016. Response of some soybean cultivars to low light intensity under different intercropping patterns with maize. *International Journal of Applied Agricultural Sciences* 2(2): 21-31.
- Aji TM, Hartono S, Sulandari S. 2015. Pengelolaan kutu kebul (*Bemisia tabaci* Gen.) dengan sistem barrier pada tanaman tembakau. *Jurnal Tanaman Indonesia* 15(1): 6-11.
- Agegnehu G, Ghizaw A, Sinebo W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25(3): 202-207.
- Bahtiar WR, Tenrirawe. 2010. Prospek produksi benih jagung komposit di Provinsi Sulawesi Utara. Hlm 574-580. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2010*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Banik P, Sasma IT, Ghosal PK. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* Var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185(1): 9-14.
- Brintha I, Seran TH. 2009. Effect of paired row planting of raddish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with

- vegetable amaranths (*Amaranthus tricolor* L.) on yield components in sandy regosol. *Journal of Agricultural Science* 4(1): 19- 28.
- Ceunfin S, Prajitno D, Suryanto P, Putra ETS. 2017. Penilaian kompetisi dan keuntungan hasil tumpangsari jagung kedelai di bawah tegakan kayu putih. *Savana Cendana* 2(1): 1-3.
- Cui L, Yang F, Wang X, Yong T, Liu T, Su B, Yang W. 2017. The competitive ability of intercropped soybean in two row ratios of maize-soybean relay strip intercropping. *Asian Journal of Plant Science and Research* 7(3): 1-10.
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dordas CA. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100(2-3): 249-256.
- Egbe OM, Alibo SE, Nwueze I. 2010. Evaluation of some extra-early-and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern guinea savannah of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(5): 845-858.
- Fischer RA, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29(5): 897- 912.
- Ghaffarzadeh M. 1979. Economic and biological benefits of intercropping berseem clover with oat in maize-soybean-oat rotations. *Journal of Production Agriculture* 10(2): 314-319.
- Ghosh PK. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research* 88(2): 227-237.
- Harianta YW. 2011. Adopsi inovasi pertanian di kalangan petani di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo. *Agrin* 15(2):164-174
- Inayati A, Marwoto. 2011. Pengendalian kutu kebul *Bemisia tabaci* Genn. menggunakan kombinasi tanaman penghalang dan insektisida kimia. Hlm 279-288. Dalam: Widjono A, Hermanto, Nugrahaeni N, Rahmianna AA, Suharsono, Rozi F, Ginting E, Taufiq A, Harsono A, Prayogo Y, Yusnawan E (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2011*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Kadar L, Siregar H, Putri EIK. 2016. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap adopsi varietas jagung putih di Kabupaten Grobogan-Jawa Tengah. *Informatika Pertanian* 25(2): 215-210.
- Khonde P, Tshiabukole K, Kankolongo M, Hauser S, Djamba M, Vumilia K, Nkongolo K. 2018. Evaluation of yield and competition indices for intercropped eight maize varieties, soybean and cowpea in the zone of savanna of South-West RD Congo. *Open Access Library Journal* 5(1): 1-18.
- Kristanto SP, Sutjipto, Soekarto. 2013. Pengendalian hama pada tanaman kubis dengan sistem tanam tumpangsari. *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): 7-9.
- Layek J, Ramkrushna GI, Das A, Ghosh A, Krishnappa R, Panwar AS, Azad TNS, Ngachan SV, Zodape ST, Buragohain J, Mawlong B. 2014. Seaweed sap as organic bio-stimulant for rice and maize production. *Research Bulletin* 82. ICAR Research Complex for NEH Region, Umiam, Meghalaya, India.
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA, Damalas CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy* 34(4): 287-294.
- Mahmoudi R, Ja K, Shidi, Pouryousef M. 2013. Evaluation of grain yield of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) in strip intercropping. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(9): 2388-2392.
- Mao L, Zhang L, Li W, Werf W, Sun J, Spiertz H, Li L. 2012. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research* 138 (1): 11-20.
- Matusso JMM, Mugwe JN, Mucheru-Muna M. 2013. Effects of different maize (*Zea mays* L.) soybean (*Glycine max* L. Merrill) intercropping patterns on yields and land equivalent ratio. *Journal of Cereals Oilseeds* 4(4): 48-57.
- Miyazawa K, Takeda M, Murakami T. 2014. Dual and triple intercropping: Potential benefits for annual green manure production. *Plant Production Science* 17(2): 194-201.
- Nasri R, Kashani A, Barary M, Paknejad F, Vazan S. 2014. Nitrogen uptake and utilization efficiency and the productivity of wheat in double cropping system under different rates of nitrogen. *International Journal of Bioscience* 4(4): 184-193.
- Nurmas A. 2011. Kajian waktu tanam dan kerapatan tanaman jagung pola tumpangsari dengan kacang tanah terhadap nilai LER dan indeks kompetisi. *Agriplus* 21(1): 62-67.
- Oseni TO, Aliyu IG. 2010. Effect of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid savannah of Nigeria. *International Journal of Agriculture and Biology* 12(1): 37-140.
- Phala B, Onial M, Balmford A, Green RE. 2011. Reconciling food production and biodiversity conservation: Land sharing and land sparing compared. *Science* 333(6047): 1289- 1291.
- Pierre HMJ, Kinama JM, Olubayo FM, Wanderi SW, Muthomi JW, Nzuve FM. 2017. Effect of intercropping maize and promiscuous soybean on growth and yield. *Journal of Experimental Agriculture International* 18(6): 1-21.
- Rahim A, Hastuti DRD. 2008. Pengantar, Teori dan Kasus Ekonomika Pertanian. Penebar Swadaya, Jakarta.

- RezaeiChianeh E, Nassab ADM, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K, Aharizad S, Shekari F. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research* 6(7):1786–1793.
- Rodríguez-Navarro DN, Oliver I, Contreras M. 2010. Soybean interactions with soil microbes, agronomical and molecular aspects. *Agronomy of Sustainable Development* 31(1): 173–190.
- Sanginga N, Woomer PL (eds). 2009. Integrated soil fertility management in Africa: principles, practices and development process. 263 p. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture-CIAT .
- Sasaki M, Miyazaki Y, Shimizu K, I Atta AMA El-Fattah, Gawad KA, Safina SA. 2016. Effects of intercropping of maize and soybean on growth, photosynthesis and yield in Nile Delta, Egypt. *Tropical Agricultural Research* 9(1): 12 – 18.
- Soekartawi. 2002. *Ekonomi Pertanian*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Tsujimoto Y, Pedro JA, Boina G, Murracama MV, Ito O, Tobita S, Oya T, Cuambe CE, Martinho C. 2015. Performance of maize-soybean intercropping under various N application rates and soil moisture conditions in Northern Mozambique. *Plant Production Science* 18(3): 365-376.
- Undie UL, Uwah DF, Attoe E. 2012. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. *Journal of Agricultural and Science* 4(4): 37–50.
- Wahla LH, Ahmad R, Ehsanullah AA, Jabbar A. 2009. Competitive functions of components crops in some barely based intercropping systems. *International Journal Agricultural Biology* 11(1): 69-71.
- Willey RW, Rao MR. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture* 16(2): 117–125.
- Yang F, Huang S, Gao R, Liu W, Yong T, Wang X, Wu X, Yang W. 2014. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: Far-red ratio. *Field Crops Research* 155(1): 245–253.
- Yang F, Wang X, Liao D, Lu F, Gao R, Liu W, Yong T, Wu X, Du J, Liu J, Yang W. 2015. Yield response to different planting geometries in maize-soybean relay strip intercropping systems. *Agronomy Journal* 107(1): 296-304.
- Zhang G, Yang Z, Dong S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and mayze intercropping system. *Field Crops Research* 124(1): 66-73.
- Zhang Y, Liu J, Zhang J, Liu H, Liu S, Zhai L, Wang H, Lei Q, Ren T, Yin C. 2015. Row ratios of intercropping maize and soybean can affect agronomic efficiency of the system and subsequent wheat. *PLoS One* 10(6): e0129245.
- Yusuf EA, Aiyelari, Lawal FA, Alawode VO, Bissallah G. 2014. Economic analysis of maize/soybean intercrop systems by partial budget in the Guinea savannah of Nigeria. *Continental Journal Agricultural Economics* 8(1): 1–8.

**Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1
Tahun 2019, hlm 1-57**

Daftar Isi

Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Mung Bean Seed Cultivars from Optimized Extraction Treatment	
Eriyanto Yusnawan, Sutrisno, Afandi Kristiono	1-9
Evaluasi Toleransi Sumber Daya Genetik Kedelai terhadap Cekaman Salinitas Abdullah Taufiq, Novita Nugrahaeni, Gatut Wahyu Anggoro Susanto	10-20
Evaluasi Mutu Tahu dari Beberapa Varietas Unggul Kedelai Dibuat oleh Beberapa Pengrajin Alvi Yani, Joko Susilo Utomo	21-29
Pengembangan Model Simulasi Swasembada Kedelai Berbasis Web SIWAKA.INS I Ketut Tastra, Farid Rakhmat Abadi, Bambang Sri Koentjoro	30-39
Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Ubi Kayu dengan Tingkat Pupuk yang Berbeda di Lahan Tegakan Jati Muda Sri Wahyuningsih, Sutrisno	40-45
Keunggulan Kompetitif Agronomis dan Ekonomis Lima Belas Genotipe Kedelai pada Tumpangsari dengan Jagung Titik Sundari, Siti Mutmaidah, Yuliantoro Baliadi	46-56
Indeks Buletin Palawija Volume 17 Nomor 1 Tahun 2019	57

Indeks Subjek

Activity	1
agronomic	46
Antioxidant	1
cassava	40
competitive	46
Cultivars	21
Extraction	1
fertilization	40
Flavonoid	1
germplasm	10
intercropping	46
maize	46
mung bean	1
organoleptic	21
Phenolic	1
proximate	21
quality	21
salinity	10
self-sufficiency	30
simulation model	30
soybean	10
soybean	21
Soybean	30
soybeans	46
teak forest	40
tolerance	10

Indeks Penulis

Abdullah Taufiq	10
Afandi Kristiono	1
Alvi Yani	21
Bambang Sri Koentjoro	30
Eriyanto Yusnawan	1
Farid Rakhmat Abadi	30
Gatut Wahyu Anggoro Susanto	10
I Ketut Tastra	30
Joko Susilo Utomo	21
Novita Nugrahaeni	10
Siti Mutmaidah	46
Sri Wahyuningsih	40
Sutrisno	1
Sutrisno	40
Titik Sundari	46
Yuliantoro Baliadi	46