

**Pengaruh Ukuran Benih terhadap Mutu Kecambah Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.)
Varietas Vima 4 dan Vimil 1**

*Effect of Seed Size on Sprout Quality of Mung Beans (*Vigna radiata* L.) cv. Vima 4 and Vimil 1*

Nadia Rolin¹, Ahmad Zamzami^{2*}, Abdul Qadir²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ahmadzamzami@apps.ipb.ac.id

Disetujui: 17 November 2023/ *Published Online* Januari 2024

ABSTRACT

National consumption of mung bean continues to increase, so increasing production needs to be done by increasing plant productivity. Plant productivity can be increased by using high quality seeds. The research aimed to analyze the effect of seed size on the quality of mung bean varieties Vima 4 and Vimil 1. The research was conducted at the Seed Processing Laboratory, Seed Quality Storage and Testing Laboratory, and Seed Biophysics Laboratory, Department of Agronomy and Horticulture, Bogor Agricultural University in January-April 2022. The research was arranged using a single factor randomized complete block design (CRD), namely seed size with four levels of size (large, medium, small, and mixed). Seeds of Vima 4 varieties have a diameter (large: ≥ 0.43 cm; medium: 0.39-0.42 cm; small: ≤ 0.38 cm; mixed: $0.38 \geq x \geq 0.43$) and Vimil 1 varieties have diameters (large: ≥ 0.38 cm; medium: 0.33- 0.37 cm; small: ≤ 0.34 cm; and mixed: $0.34 \geq x \geq 0.38$). The results showed that the germination rate and vigor index of mung bean seeds of the Vima 4 variety were not significantly different between large and medium sized seeds. Seed size did not significantly affect the germination percentage and vigor index of the mung bean variety Vimil 1, but significantly affected the electrical conductivity value. Large seeds have the highest imbibition rate. The viability and vigor of seeds selected with air screen cleaner showed that large and medium-sized seeds were better.

Keywords: imbibition, germination, seed diameter, vigor

ABSTRAK

Konsumsi kacang hijau nasional terus meningkat sehingga peningkatan produksi perlu dilakukan dengan meningkatkan produktivitas tanaman. Produktivitas tanaman dapat ditingkatkan salah satunya dengan menggunakan benih bermutu tinggi. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh ukuran benih terhadap mutu kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan Benih, Laboratorium Penyimpanan dan Pengujian Mutu Benih, serta Laboratorium Biofisika Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor pada bulan Januari-April 2022. Penelitian disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu ukuran benih dengan empat taraf ukuran (besar, sedang, kecil dan campuran). Benih varietas Vima 4 memiliki diameter (besar: ≥ 0.43 cm; sedang: 0.39-0.42 cm; kecil: ≤ 0.38 cm; campuran: $0.38 \geq x \geq 0.43$) serta varietas Vimil 1 memiliki diameter (besar: ≥ 0.38 cm; sedang: 0.33- 0.37 cm; kecil: ≤ 0.34 cm; dan campuran: $0.34 \geq x \geq 0.38$). Hasil penelitian menunjukkan daya berkecambah dan indeks vigor benih kacang hijau varietas Vima 4 tidak berbeda nyata antara benih berukuran besar dan sedang. Ukuran benih tidak berpengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan dan indeks vigor kacang hijau varietas Vimil 1, namun berpengaruh nyata terhadap nilai daya hantar listrik. Benih berukuran besar memiliki laju imbibisi paling tinggi. Viabilitas dan vigor benih hasil seleksi dengan air *screen cleaner* memperlihatkan bahwa yang lebih baik terdapat pada benih berukuran besar dan sedang.

Kata kunci: diameter benih, imbibisi, perkecambahan, vigor

PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) merupakan salah satu komoditas kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi dan kaya akan manfaat, sebagai bahan pangan, pakan ternak, dan obat-obatan. Kacang hijau merupakan salah satu tanaman pangan sumber protein nabati. Kandungan protein dalam kacang hijau sebesar 22% menempati urutan ketiga setelah kedelai dan kacang tanah (Purwono dan Rudi, 2005). Menurut data Kementerian Pertanian (2019), terjadi penurunan besaran luas panen kacang hijau sebesar 10,499 ha (5.47%) yang diikuti dengan penurunan produksi kacang hijau sebesar 11,330 ton (5.47%). Kebutuhan konsumsi nasional kacang hijau semakin meningkat setiap tahunnya. Kekurangan produksi tersebut terpaksa harus dipenuhi dengan mengimpor dari negara lain, seperti India, Filipina dan Thailand. Tahun 2018 Indonesia mengimpor kacang hijau sebesar 97 ton dan pada tahun 2019 Indonesia mengimpor kacang hijau sebesar 84 ton. Upaya peningkatan produktivitas kacang hijau dapat dilakukan dengan pemilahan benih (ukuran benih) yang memiliki mutu tinggi dan vigor tinggi sebagai langkah awal dalam usaha membudidayakan tanaman kacang hijau (Abdillah *et al.*, 2017).

Benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dibandingkan benih yang berukuran kecil sehingga diharapkan pertumbuhannya lebih baik. Menurut Rosmaiti *et al.* (2016), menyatakan perlakuan ukuran benih pada kacang tanah berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun pada umur 25, 50 dan 75 HST, jumlah polong, produksi perumpun dan berat 100 butir dengan ukuran benih besar sebesar 0.41–0.50 g. Hal ini juga sudah dilaporkan pada benih jagung dimana penggunaan benih berukuran besar dengan diameter >8 mm memiliki penurunan hasil lebih kecil dibandingkan benih yang berukuran kecil <8 mm setelah disimpan dalam waktu 18 bulan. Hal ini menunjukkan ukuran benih berpengaruh terhadap daya simpannya. Untuk beberapa spesies, benih yang lebih kecil dapat mempunyai masa hidup yang lebih singkat dan laju deteriorasi lebih cepat (Arief dan Saenong, 2006).

Hasnah (2013) menjelaskan bahwa ukuran benih berkorelasi positif dengan luas area dan berat kotiledon. Penggunaan benih berukuran besar memiliki kemampuan untuk muncul ke permukaan tanah lebih cepat dan kemampuan untuk tumbuh pada kondisi yang kurang menguntungkan. Hal ini dapat dipergunakan dalam proses seleksi benih untuk menghasilkan bibit siap tanam yang vigor di lapangan. Magagula dan Ossom (2011) juga

menjelaskan, perkecambahan dan pertumbuhan bibit sangat dipengaruhi oleh jumlah cadangan makanan yang tersimpan dalam benih. Mutu benih sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sewaktu benih masih berada pada tanaman dan perbedaan varietas yang berhubungan dengan ukuran benih (Sanoto *et al.*, 2017). Menurut (Zareian *et al.*, 2013), ukuran benih dan bobot benih akan mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman, persentase hasil, tingkat pasar, dan efisiensi panen.

Ukuran benih sangat erat kaitannya dengan perkecambahan. Hasil penelitian pada benih Minda (*Melia azedarach* L.) berukuran besar, sedang, dan kecil dengan ukuran benih kecil (panjang <11 mm dan diameter <6.5 mm), benih sedang (panjang 11–14mm dan diameter 6.5–8.5 mm), dan benih besar (panjang >14 mm dan diameter >8.5 mm) menunjukkan bahwa benih berukuran besar (3.7193% KN/etmal) memiliki kecepatan berkecambah tertinggi, diikuti oleh benih sedang dan kecil, begitu pun dengan daya berkecambahnya (Suida dan Megawati, 2009). Secara umum, penelitian mengenai hubungan ukuran biji terhadap perkecambahan sudah banyak dilakukan, namun pada benih kacang hijau masih jarang dilakukan.

Varietas Vima 4 dan Vimil 1 merupakan varietas unggul baru lokal yang mempunyai banyak keunggulan dan semakin banyak diminati oleh petani. Varietas Vima 4 memiliki ukuran benih yang jauh lebih besar dibandingkan dengan varietas Vimil 1. Perbedaan ukuran yang cukup signifikan ini yang nantinya akan dilihat pengaruhnya terhadap mutu benih. Hal ini tentunya akan sangat bermanfaat bagi produsen benih agar dapat menghasilkan dan memasarkan benih yang bermutu tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh ukuran benih terhadap mutu dan perkecambahan kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari–April 2022. Pemilihan ukuran dan bobot 1000 butir benih dilakukan di Laboratorium Pengolahan Benih, *Seed Center* IPB. Pengujian mutu benih dilaksanakan di Laboratorium Penyimpanan dan Pengujian Mutu Benih serta Laboratorium Biologi dan Biofisika Benih, IPB. Benih yang digunakan adalah benih kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1 dengan kelas benih dasar (*foundation seed*) yang belum disortasi dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi), Malang, Jawa Timur. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Air Screen Cleaner* (ASC) model *Clipper Office Tester*, jangka sorong,

timbangan digital, cawan petri, pinset, gelas ukur, tabung reaksi, *beaker glass*, oven, *hand sprayer*, *Ecogerminator* IPB 72-1, *conductivity meter*, termometer, dan kamera. Bahan yang digunakan adalah akuades, *screen* kawat, sodium hipoklorit, aluminium foil, kertas stensil dan plastik sebagai media pengujian.

Penelitian dilakukan berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor dan tiga ulangan. Faktor yang digunakan adalah ukuran benih yang dibagi menjadi empat taraf, yaitu benih berukuran besar, sedang, kecil dan campuran. Pemilahan ukuran benih mengacu pada bobot 1000 butir benih dari tiap varietas yang kemudian dikonversi menjadi diameter benih. Benih yang digunakan sebanyak 50 benih untuk setiap taraf dengan tiga kali ulangan.

Peubah yang diamati dalam penelitian ini yaitu:

- a. Pengukuran kadar air dan pemilahan ukuran benih

Penetapan kadar air benih dilakukan sebelum proses pemilahan benih. Kadar air diukur dengan menggunakan metode langsung menggunakan oven. Pemilahan ukuran benih dilakukan dengan menggunakan ASC model *Clipper Office Tester*. Benih kacang hijau dibagi menjadi empat taraf, yaitu benih berukuran besar, sedang, kecil dan campuran. Pengukuran masing-masing taraf diperoleh dari pengukuran diameter dengan ASC sebagai tolak ukur ukuran benih.

- b. Pengujian laju imbibisi

Laju imbibisi dilakukan dengan menyiapkan benih kacang hijau yang sudah dipilah sebanyak 50 benih per taraf dan merendamnya ke dalam akuades 60 ml dengan waktu 18 jam, 20 jam, 22 jam, 24 jam, dan 48 jam dan selanjutnya ditimbang.

$$= \frac{\text{berat awal} - \text{berat setelah perendaman}}{\text{waktu perendaman}}$$

- c. Uji mutu benih

Uji mutu benih dilakukan 1 minggu setelah pemilahan benih. Tolak ukur yang diamati yaitu daya berkecambah, indeks vigor, bobot kering kecambah normal, uji daya hantar listrik (DHL) dengan masing-masing sebanyak 50 benih. Pengujian mutu benih dilakukan dengan menggunakan metode uji kertas digulung didirikan dalam plastik (UKDdp). Benih dikecambahkan pada media kertas stensil yang digulung di dalam plastik pada *ecogerminator* tipe IPB 72-1 pada suhu (suhu 27-30 °C).

- d. Uji DHL (Daya Hantar Listrik)

Uji DHL dilakukan berdasarkan ISTA 2014. Benih kacang hijau sebanyak 50 butir dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi 250 mL akuades dan ditutup dengan aluminium

foil. *Beaker glass* yang berisi benih diinkubasi dalam ruangan bersuhu 21 °C selama 24 jam (sesuai standar ISTA untuk benih kapri). Pengujian DHL diawali dengan mengukur larutan blanko, setelah itu benih dikeluarkan dari air dan air rendaman benih tersebut diukur nilai DHLnya dengan alat *conductivity meter*

$$\text{DHL} (\mu \text{ mhos/cm g}) = \frac{x - \text{blanko}}{\text{berat benih}}$$

- e. Pengusangan cepat

Pengujian *accelerated ageing test* (AAT) dilakukan berdasarkan ISTA 2014 dengan menempatkan akuades sebanyak 40 ± 1 mL ke dalam *accelerated ageing box* yang diberi *screen tray* (*screen* kawat). Benih kacang hijau sebanyak 150 butir benih ditebar diatas *screen* kawat secara merata. *Accelerated ageing box* dimasukkan ke dalam oven bersuhu 41 °C selama 72 jam. *Accelerated ageing box* yaitu dengan menggunakan toples plastik transparan berukuran 11 cm x 11 cm x 5 cm; *screen* kawat diletakkan 3.5 cm dari dasar toples. Benih yang telah diusangkan kemudian diuji daya berkecambahnya maksimal 1 jam setelah pengusangan.

Pengamatan Percobaan

1. Bobot 1000 butir, dilakukan dengan mengambil acak 100 benih dari fraksi benih murni sebanyak 8 ulangan, kemudian ditimbang bobotnya.

$$\text{Bobot 1000 butir} = 10 \times X^-$$

$$X^- = \sum_{i=1}^8 \frac{8}{1} X$$

Dengan:

X^- = bobot rata-rata 100 butir benih

X = bobot 100 butir benih setiap ulangan

Penentuan bobot 1000 butir benih harus diulang apabila koefisien keragaman lebih dari 4. Rumus yang digunakan:

$$\text{KK} = \frac{S}{X} 100$$

$$S = \frac{\sqrt{n(\sum Xi^2) - (\sum X)^2}}{N(n-1)}$$

Dengan:

KK= koefisien keragaman

S = galat baku

X = bobot rata-rata 100 butir benih

X_i = bobot 100 butir benih setiap ulangan

N = ulangan

2. Daya berkecambah (DB), diukur dengan menghitung persentase kecambah normal pada hari ke-3 dan hari ke-5. Rumus menghitung DB yaitu:

$$\frac{\sum \text{kecambah normal1} + \sum \text{kecambah normal2}}{\sum \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

3. Indeks vigor (IV), diukur pada hari ke-3 pengamatan daya berkecambah.

$$IV (\%) = \frac{\sum \text{kecambah normal}_1}{\sum \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

4. Bobot kering kecambah normal, diukur dengan menimbang seluruh kecambah normal pada hari terakhir (hari ke-5). Pada hari terakhir perhitungan semua kecambah normal tanpa kotiledon dikeringkan pada oven suhu 80 °C selama 1 x 24 jam

Data hasil pengamatan dianalisis dengan uji F pada taraf alfa 5% dan jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistic 25 dan *MS. Excel* 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilahan Ukuran Benih dengan *Air Screen Cleaner*

Metode pemilahan adalah salah satu cara untuk meningkatkan viabilitas dan kemurnian benih (Yuniarti dan Leksono, 2015). Salah satu cara untuk mendapatkan benih yang berkualitas baik yaitu dengan cara menyeleksi benih berdasarkan berat atau ukuran benih (Suita, 2013). Ukuran benih merupakan salah satu tolok ukur mutu fisik benih. Pemilahan benih dapat didasarkan pada sifat-sifat morfologi atau fisiologi benih, misalnya dimensi (kecil, sedang dan besar) atau berat (berat 1000 butir benih). Upaya pemilahan benih-benih berukuran kecil seperti kacang hijau dapat dilakukan dengan alat pemilah benih ASC. Shankar *et al.* (2013) menjelaskan bahwa ASC bekerja pada tiga prinsip pembersihan yaitu aspiration, scalping, dan grading. Efisiensi pembersihan dipengaruhi oleh kondisi fisik benih seperti ukuran, berat jenis, koefisien gesekan dan ukuran *screen*. Ayakan (*screen*) terbuat dari lempeng logam dengan ukuran dan bentuk lubang yang bervariasi (bulat, lonjong, persegi empat, dan segitiga) tergantung pada benih yang akan digunakan. Dalam penelitian digunakan *screen* berbentuk bulat dikarenakan morfologi benih kacang hijau yang bulat.

Berdasarkan hasil pengamatan yang terlihat pada Tabel 1 Pemilahan benih kacang hijau varietas Vima 4 berdasarkan ukuran lubang *screen* menghasilkan tiga klasifikasi ukuran benih, yaitu ukuran besar (tertahan di *screen* nomor 12) sebagai *screen* atas, ukuran sedang (lolos dari *screen* nomor 12 dan tertahan di dalam *screen* bernomor 10), dan ukuran kecil (lolos dari *screen* bernomor 10) sebagai *screen* bawah, serta varietas Vimil 1,

ukuran besar (tertahan di *screen* nomor 10) sebagai *screen* atas, ukuran sedang (lolos dari *screen* nomor 10 dan tertahan di dalam *screen* bernomor 10), dan ukuran kecil (lolos dari *screen* bernomor 10) sebagai *screen* bawah. Hasil pemilahan ukuran benih didapatkan bahwa benih kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1 memiliki diameter yang cukup jauh berbeda. Benih varietas Vima 4 memiliki diameter (besar: ≥ 0.43 cm; sedang: 0.39-0.42 cm; dan kecil: ≤ 0.38 cm) serta varietas Vimil 1 memiliki diameter (besar: ≥ 0.38 cm; sedang: 0.33-0.37cm; dan kecil: ≤ 0.34 cm). Untuk klasifikasi ukuran benih campuran tidak menggunakan alat pemilah benih. Kategori ukuran benih campuran memiliki diameter benih yang mencakup keseluruhan ukuran benih dari ukuran besar hingga kecil.

Tabel 1. Nomor dan diameter ayakan pada *Air Screen Cleaner* model *Clipper Office Tester*

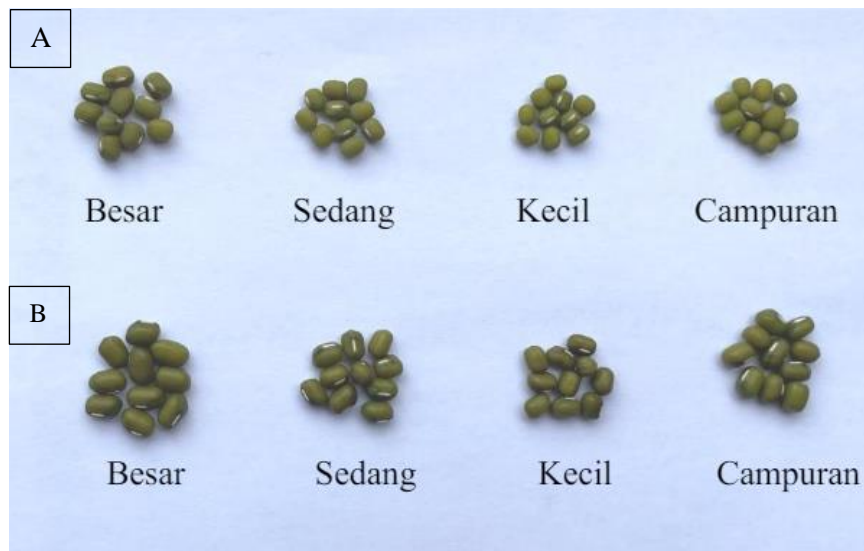
Nomor ayakan	Diameter lubang ayakan (cm)
8	0.34
10	0.38
12	0.43
14	0.50
16	0.60
20	0.75
30	1.13

Berat 1000 butir merupakan cara untuk mencari berat rata-rata yang dapat menyebabkan ukuran benih yang konstan dan salah satu tolak ukur mutu fisik benih. Penentuan berat 1000 butir benih merupakan salah satu ciri dari suatu jenis benih yang ikut tercantum dalam deskripsi varietas (Sutopo, 2002). Bobot atau besarnya biji dipengaruhi oleh umur biji, waktu pemanenan, lama biji di lapangan sesudah masak dan juga lingkungan (Kamil, 2003). Beberapa faktor lain yang mempengaruhi besar dan beratnya benih antara lain, benih induk besar, faktor genetik dan lingkungan, kematangan vegetasi, dan habitat tanaman. Hasil analisis sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa ukuran benih berpengaruh sangat nyata terhadap bobot 1000 butir. Kacang hijau berukuran besar varietas Vima 4 dan Vimil 1 memiliki bobot 1000 butir paling tinggi diikuti dengan varietas ukuran campuran, sedang dan kecil. Hasil pengukuran bobot 1000 butir juga dilakukan dengan pengamatan secara visual seperti pada Gambar 1.

Tabel 2. Penentuan nomor ayakan dan pemilahan ukuran benih kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil berdasarkan diameter benih dan bobot 1000 butir benih

Ukuran Benih	Nomor ayakan	Diameter benih	Bobot 1000 butir
Vima 4			
Besar	12 (atas)	≥ 0.43	76.6 a
Sedang	10 (bawah)	0.39-0.42	55.3 c
kecil		≤ 0.38	47.5 d
Campuran		$0.38 \geq x \geq 0.43$	65.1 b
KK (%)			4.33
Uji F			<0.0001 **
Vimil 1			
Besar	10 (atas)	≥ 0.38	46.8 a
Sedang	8 (bawah)	0.33-0.37	31.3 c
kecil		≤ 0.34	24.4 d
Campuran		$0.34 \geq x \geq 0.38$	35.5 b
KK (%)			4.96
Uji F			<0.0001**

keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan varietas yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$, KK: Koefisien keragaman, tn: tidak berpengaruh nyata, *: berpengaruh nyata, **: berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha = 1\%$.



Gambar 1. Hasil pemilahan ukuran benih kedelai varietas Vima 4 (A) dan Vimil 1 (B)

Pengujian Mutu Fisiologis Benih

Mutu benih terdiri atas empat komponen yaitu: mutu fisik, mutu fisiologis, mutu genetik, dan mutu kesehatan benih. Benih yang memiliki mutu fisiologis tinggi tercermin dari nilai viabilitas (seperti daya berkecambah) dan nilai vigor. Viabilitas benih merupakan tolak ukur bahwa benih mengandung struktur dan substansi, termasuk sistem enzim yang memberikan kemampuan untuk berkecambah pada kondisi yang cocok sedangkan vigor benih merupakan bagian benih yang menentukan potensi untuk tumbuh cepat, munculnya seragam dan pertumbuhan bibit yang normal dalam berbagai kondisi lapangan (Ningsih *et al.*, 2018). Hasil analisis ragam pada

pengujian mutu fisiologis benih menunjukkan bahwa ukuran benih Vima 4 berpengaruh sangat nyata terhadap daya berkecambah dan bobot kering kecambah normal, sedangkan Vimil 1 hanya berpengaruh nyata pada bobot kering kecambah normal dan tidak berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah dan indeks vigor (Tabel 3).

Berdasarkan hasil pengujian daya kecambah diketahui bahwa semua klasifikasi ukuran benih yang diuji memiliki daya berkecambah taraf lebih tinggi dari standar minimum (80%). Hal ini sesuai dengan Kamil (2003) mengemukakan bahwa syarat benih bermutu tinggi adalah benih yang mempunyai daya kecambah minimal 80%. Hal ini juga sesuai dengan Kartasapoetra (2003), yang mengatakan bahwa benih yang memiliki viabilitas

tinggi mengindikasikan bahwa benih tersebut mempunyai cukup cadangan makanan di dalam endosperm, yang digunakan sebagai sumber energi ketika proses perkecambahan berlangsung.

Hasil analisis sidik ragam pengaruh ukuran benih terhadap daya berkecambah benih dan indeks vigor kacang hijau disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa benih berukuran besar dan sedang berbeda nyata terhadap daya berkecambah dan indeks vigor dibandingkan benih berukuran kecil dan campuran pada kacang hijau varietas Vima 4. Hal ini sesuai dengan Schmidt (2000), bahwa ukuran benih berkorelasi dengan viabilitas dan vigor benih, dimana benih yang berat cenderung mempunyai vigor yang lebih baik. Benih berukuran kecil dan besar memiliki perbedaan dalam proses pertumbuhan tanaman, benih berukuran besar mengandung cadangan makanan dan embrio yang lebih besar sebagai sumber energi untuk perkecambahan, sehingga pertumbuhan tanaman lebih optimal. Sebaliknya, benih berukuran kecil memiliki cadangan makanan dan embrio yang lebih sedikit, sehingga pertumbuhan tanaman cenderung kurang optimal (Pratama dan Baskara, 2014).

Benih berukuran kecil varietas Vima 4 memiliki indeks vigor terendah yaitu 74.0%. Benih berukuran besar mempunyai vigor lebih baik dibandingkan benih berukuran kecil. Hasil penelitian (Wulandari *et al.*, 2015) benih Merbau Darat (*Intsia palembanica*) berukuran besar (>3.49 g) memiliki vigor tinggi sehingga dapat berkecambah lebih seragam dan menghasilkan semai lebih besar dibandingkan benih berukuran kecil (<2.36 g), namun tidak terdapat perbedaan

nyata antara benih berukuran besar dan sedang. Hal ini juga terjadi dalam penelitian yang dilakukan oleh (Pinto *et al.*, 2018) bahwa persentase perkecambahan pada benih kedelai berukuran besar yang dikecambahkan dalam gulungan kertas tisu yang dibasahi tidak berbeda nyata dengan benih berukuran sedang. Ukuran benih tidak berpengaruh nyata terhadap persentase indeks vigor pada varietas Vimil 1 (Tabel 3).

Daya berkecambah dan indeks vigor kacang hijau varietas Vimil 1 tidak berpengaruh nyata. Hal ini karena ukuran benih kacang hijau yang berat, sedang, kecil dan campuran masih memiliki cadangan makanan yang relatif sama untuk proses perkecambahan. Menurut hasil penelitian (Sandi *et al.*, 2014), untuk benih pohon kuku (*Pericopsis mooniana*) mengindikasikan bahwa benih dengan ukuran berat >0.33 g, sedang 0.23-0.33 g dan ukuran benih kecil <0.23 g tidak memberikan pengaruh terhadap persentase kecambah, nilai kecambah, dan daya kecambah. Benih yang normal mengandung cadangan makanan yang cukup untuk pembelahan dan pertumbuhan menjadi kecambah. Benih yang memiliki vigor yang baik akan menghasilkan semai normal jika ditumbuhkan pada kondisi yang optimum dan dikatakan memiliki kekuatan tumbuh. Benih dengan kekuatan tumbuh yang tinggi dapat menghasilkan tanaman dewasa yang normal dan berproduksi baik dalam kondisi lingkungan tumbuh yang sub optimal (Yuniarti *et al.*, 2014). Salah satu tolak ukur utama pada uji viabilitas benih adalah bobot kering kecambah normal (BKKN) (Agustin dan Lestari, 2016). Bobot kering mencerminkan faktor penting dalam pertumbuhan yang menentukan hasil tanaman.

Tabel 3. Pengaruh ukuran benih terhadap tolak ukur viabilitas dan vigor benih

Ukuran benih	DB (%)	IV (%)	BKKN (g)
Vima 4			
Besar	94.0 a	86.0 a	5.6 a
Sedang	92.6 a	84.0 ab	4.1 b
kecil	85.3 b	74.0 c	3.1 c
Campuran	84.6 b	75.3 bc	4.4 b
KK %	5.45	8.64	4.81
Uji F	0.003**	0.039*	<0.0001**
Vimil 1			
Besar	87.3 a	80.6 a	3.3 a
Sedang	91.3 a	78.0 a	1.8 bc
kecil	86.0 a	78.0 a	1.6 c
Campuran	87.3 a	73.3 a	2.2 b
KK %	5.84	7.87	5.72
Uji F	0.690 tn	0.585 tn	0.001**

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan varietas yang sama menunjukkan nilai tidak berbedanya dengan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$, KK: Koefisien keragaman, tn: tidak berpengaruh nyata, *: berpengaruh nyata, **:berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha = 1\%$, DB: daya berkecambah, IV: indeks vigor, BKKN: bobot kering kecambah normal.

BKKN menunjukkan viabilitas potensial dengan menggambarkan banyaknya cadangan makanan yang tersedia. Dengan kondisi lingkungan yang sesuai, benih tersebut mampu tumbuh dan berkembang menjadi kecambah normal yang kuat dan memiliki struktur lengkap (Ilyas, 2012). Bobot kering kecambah yang tinggi dapat menggambarkan pemanfaatan cadangan makanan dalam benih yang efisien (Barlian *et al.*, 1998). Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 menunjukkan bahwa ukuran benih berpengaruh sangat nyata terhadap BKKN. Benih berukuran besar memiliki nilai BKKN tertinggi dan benih berukuran kecil memiliki nilai BKKN terendah.

Uji Daya Hantar Listrik (*Electrical Conductivity Test*)

Pengukuran daya hantar listrik cairan rendaman benih telah banyak digunakan untuk mengukur viabilitas dan vigor benih (Mariani, 2018). Kerusakan membran sel sebagai akibat dari perubahan pada struktur protein dan lipid melalui proses hidrolisis dan oksidasi menyebabkan kebocoran membran dengan sejumlah elektrolit yang keluar yang kemudian diukur melalui nilai daya hantar listrik yang dapat dideteksi oleh alat pengukur konduktivitas (Noviana *et al.*, 2016). Struktur membran sel yang rusak akan menyebabkan kebocoran sel yang erat kaitannya dengan benih bervigor rendah. Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran DHL terhadap benih kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1.

Pada Tabel 4 hasil analisis ragam pengaruh ukuran benih terhadap nilai daya hantar listrik benih kacang hijau dapat dilihat bahwa ukuran benih kacang hijau varietas Vima 4 dan Vimil 1 menunjukkan hasil berbeda sangat nyata. Nilai DHL yang tinggi pada kedua varietas diduga disebabkan terjadinya deteriorasi pada benih. Deteriorasi benih berhubungan dengan perubahan biokimia di dalam benih. Perubahan integritas membran sel merupakan gejala awal dari proses deteriorasi benih. Menurunnya integritas membran sel mengakibatkan keluarnya senyawa dari dalam benih. Kandungan karbohidrat, protein, dan lipid yang semakin menurun akibat respirasi akan menurunkan efek ketahanan integritas membran sel (Noviana *et al.*, 2016). Benih varietas Vima 4 dan Vimil 1 yang berukuran besar memiliki nilai DHL terendah dibandingkan ukuran benih yang lain dan benih berukuran kecil memiliki nilai DHL tertinggi. Nilai DHL mengalami peningkatan dari taraf ukuran besar hingga kecil. Hal ini sesuai pendapat (Noviana *et al.*, 2016) bahwa meningkatnya nilai daya hantar listrik mengindikasikan bahwa benih mengalami kerusakan dan vigor benih semakin menurun.

Vigor awal masing-masing varietas dalam penelitian ini menunjukkan bahwa benih berukuran kecil memiliki vigor lebih rendah dibandingkan dengan benih berukuran besar. Hal ini sesuai dengan (Mattioni *et al.*, 2015), nilai daya hantar listrik dipengaruhi oleh varietas dan vigor awal benih. Benih berukuran besar memiliki vigor yang tinggi dengan kebocoran membran rendah, dan benih berukuran kecil dengan kebocoran membran tinggi dan memiliki vigor yang rendah. Menurut (Andini *et al.*, 2021) semakin tinggi nilai DHL yang diperoleh, menunjukkan kebocoran membran semakin besar.

Tabel 4. Pengaruh ukuran benih terhadap daya hantar listrik benih kacang hijau

Ukuran benih	DHL ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) ^a
Vima 4	
Besar	23.29 c
Sedang	27.47 ab
Kecil	29.98 a
Campuran	25.14 bc
KK	3.42
Uji F	0.005 **
Vimil 1	
Besar	26.32 b
Sedang	34.20 a
Kecil	35.53 a
Campuran	28.09 b
KK	3.93
Uji F	0.006 **

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan varietas yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$, KK: Koefisien keragaman, tn: tidak berpengaruh nyata, *: berpengaruh nyata, **: berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha = 1\%$, DHL: daya hantar listrik

Uji Laju Imbibisi

Imbibisi merupakan yaitu penyerapan air oleh benih dalam proses awal perkecambahan, benih akan membesar, kulit benih pecah, dan terjadi perkecambahan yang ditandai oleh keluarnya radikula dari dalam benih. Syarat imbibisi yaitu perbedaan tekanan antara benih dengan air, dimana tekanan benih lebih kecil dari pada tekanan air, kemudian adanya tarik-menarik sehingga masuknya air ke dalam benih dan berat benih menjadi bertambah (Lubis *et al.*, 2014). Penyerapan air adalah proses paling awal sekali terjadi pada perkecambahan, lalu pelunakan kulit dan terakhir pengembangan benih dimana tahapannya tidak memerlukan energi. Menurut Schmidt (2000), air berperan dalam melunakkan

kulit benih, masuknya oksigen sebagai media angkut makanan dan mengaktifkan enzim-enzim yang ada dalam benih sehingga memicu proses terjadinya perkecambahan.

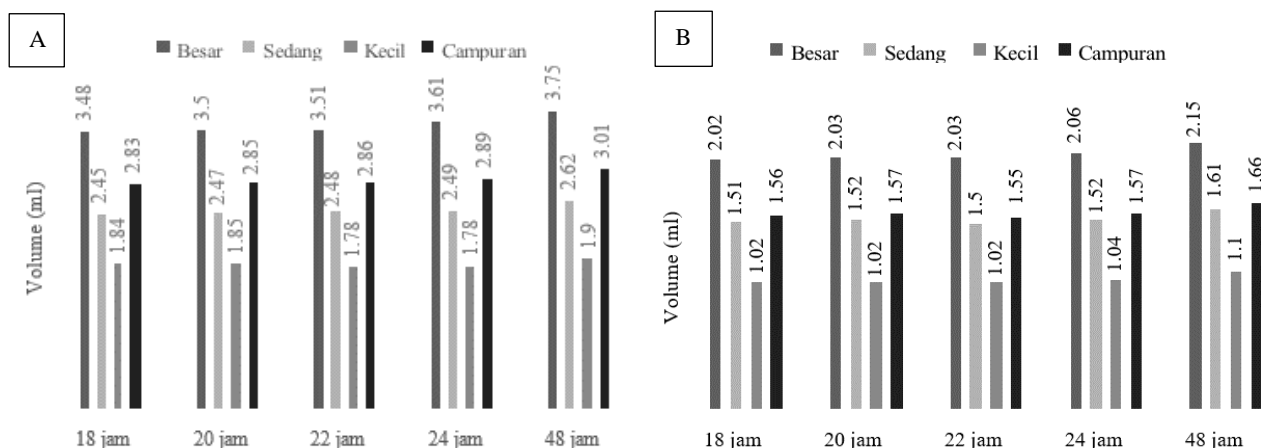
Laju imbibisi cenderung konstan sampai pelembapan 24 jam dan meningkat pada waktu 48 jam (Gambar 2). Pola penyerapan air ini didukung oleh pendapat (Juhanda *et al.*, 2013) yaitu laju imbibisi yang baik menyebabkan kebutuhan air untuk benih terpenuhi sehingga proses metabolisme benih dapat berjalan dengan baik. Proses metabolisme benih yang baik akan menyebabkan terjadinya perkecambahan yang baik. Dengan adanya air, oksigen akan masuk ke dalam benih dan mengurai cadangan makanan yang digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan kecambah normal dalam waktu yang cepat dan serentak. Secara umum, benih mengalami tiga fase penyerapan air yaitu fase penyerapan cepat, fase penyerapan lambat dan fase penyerapan aktif. Gambar 2 menunjukkan penyerapan aktif diduga terjadi pada waktu perendaman 48 jam. Hal ini karena imbibisi benih 48 jam memberikan laju pertumbuhan kecambah tertinggi. Imbibisi benih selama 48 jam masih menunjukkan laju pertumbuhan benih kecambah hijau. Hal ini diduga lama waktu imbibisi hingga 48 jam masih belum menekan pertumbuhan terhadap nilai laju pertumbuhan kecambah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih berukuran besar memiliki laju imbibisi paling tinggi dari kedua varietas dan semua taraf ukuran. Hal ini sesuai dengan (Idrus dan Fuadiyah, 2021), bahwa benih berukuran besar menyerap air lebih cepat dibandingkan dengan ukuran yang lain karena luas permukaan yang lebih luas dan pori yang lebih renggang. Ukuran dari benih kacang

hijau mempengaruhi proses terjadinya imbibisi. Indeks vigor dan kecepatan tumbuh menunjukkan perbedaan nyata yang merupakan tolak ukur penting dalam menilai vigor benih. Benih kedelai berukuran sedang menunjukkan keragaan terbaik pada indeks vigor dan kecepatan tumbuh dibandingkan ukuran lain. Benih berukuran besar memiliki pori yang lebih banyak dan bentuk lebih panjang (Danial *et al.*, 2013). Menurut (Pinto *et al.*, 2018) pengaruh ketersediaan air dan ukuran benih akan mempengaruhi munculnya bibit di lapangan. Kandungan air awal benih dan tingkat ketersediaan air mempengaruhi proses penyerapan air sebelum penonjolan akar primer. Benih berukuran besar menyerap air lebih cepat sehingga penonjolan akar primer akan lebih cepat muncul daripada ukuran benih yang lain.

Kemampuan setiap benih untuk menyerap air bervariasi, dan tingkat kemampuan ini tergantung pada nilai permeabilitasnya. Jika semakin besar tingkat permeabilitasnya maka semakin banyak air yang diserap oleh benih kacang hijau ataupun sebaliknya (Marwanto, 2007). Kecepatan imbibisi dipengaruhi oleh komposisi kotiledon seperti protein, ketebalan kulit dan lemak yang terkandung dalam benih (Idrus dan Fuadiyah, 2021). Kulit biji memiliki peran dalam memengaruhi kecepatan imbibisi air. Perendaman pada benih menyebabkan benih membengkak. Biji kacang yang membengkak mengakibatkan struktur yang ada di dalam biji menjadi lebih renggang. Pembengkakan yang terjadi pada benih menyebabkan pecahnya testa.

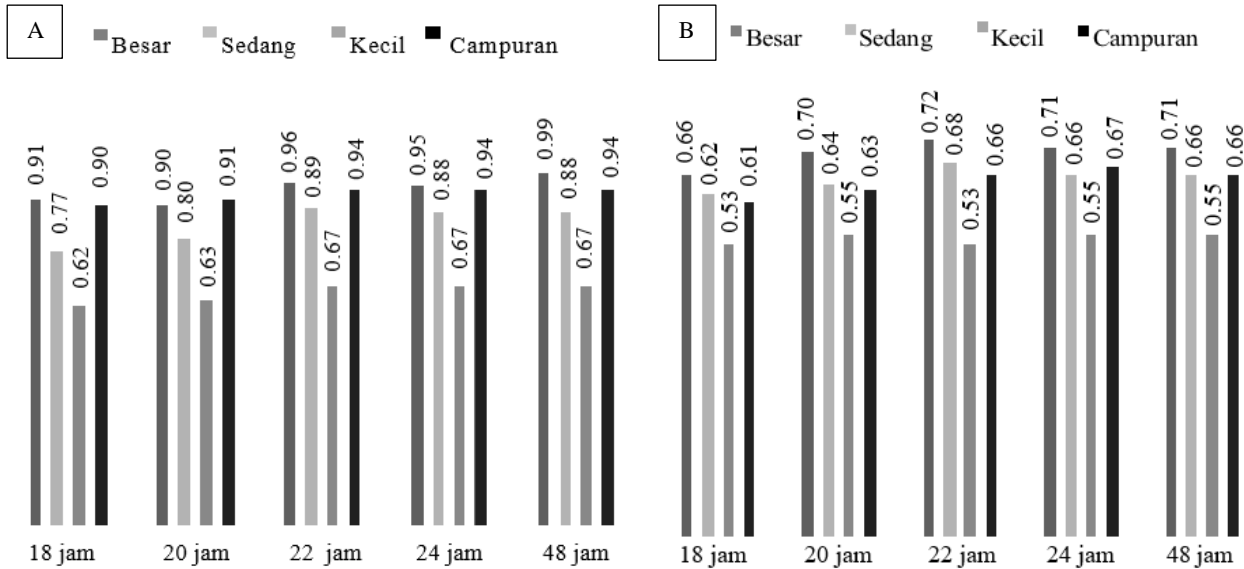
Hasil penelitian yang dilakukan pada benih kacang hijau, terjadi peningkatan panjang dan lebar benih (morfologi benih) setelah direndam dengan air (Gambar 3 dan 4).



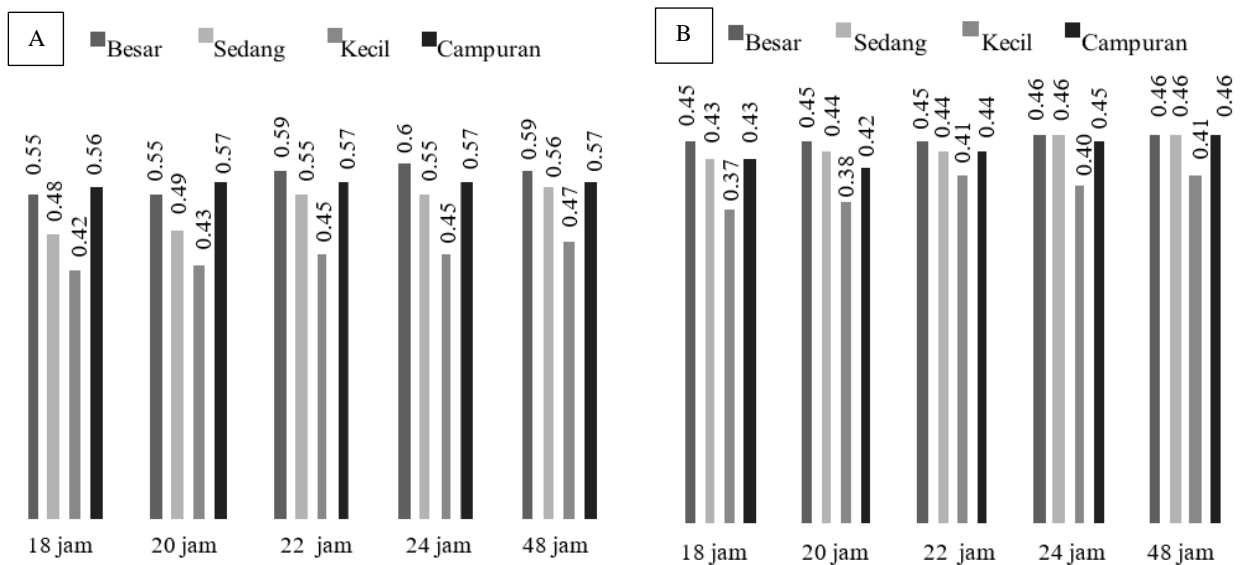
Gambar 2. Laju imbibisi kacang hijau varietas Vima 4 (A) dan Vimil 1 (B) dalam beberapa waktu perendaman

Peningkatan panjang dan lebar benih menunjukkan terjadinya proses imbibisi dimana air masuk ke dalam biji. Kacang hijau juga mengalami perubahan bentuk karena molekul air yang masuk ke dalam pori kacang hijau, sehingga bentuknya

berubah menjadi sedikit lebih besar. Perubahan bentuk paling besar yaitu pada panjang dan lebar terjadi pada benih berukuran besar yang dapat dilihat pada (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Rata-rata perubahan panjang (cm) benih kacang hijau varietas Vima 4 (A) dan Vimil 1 (B) dalam beberapa waktu perendaman



Gambar 4. Rata-rata perubahan lebar (cm) benih kacang hijau varietas Vima 4 (A) dan Vimil 1 (B) dalam beberapa waktu perendaman

Uji Pengusangan Cepat (*Accelerated Ageing Test*)

Uji pengusangan cepat (*accelerated ageing test*) merupakan metode pengujian daya simpan benih dan dapat pula digunakan sebagai metode uji vigor. Daya simpan benih adalah kemampuan benih untuk mempertahankan viabilitasnya selama

di penyimpanan. Informasi vigor daya simpan benih dapat dimanfaatkan produsen benih agar terhindar dari kerugian akibat penurunan vigor benih selama periode simpan (Suhartanto, 2012). Pendugaan daya simpan benih dapat dideteksi secara simulatif dengan pengusangan cepat secara fisik yaitu dengan suhu dan kelembaban tinggi (Fridaynti, 2014). Benih-benih tersebut kemudian

dikeluarkan dari kondisi stres dan dikecambahkan dalam kondisi optimal.

Kualitas benih ditentukan oleh daya berkecambah benih tersebut. Hasil uji daya berkecambah benih setelah pengusangan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa ukuran benih tidak berpengaruh nyata terhadap pendugaan daya simpan benih melalui uji pengusangan cepat secara fisik terhadap daya berkecambah benih. Tidak terdapat perbedaan antara benih berukuran besar, sedang, campuran dan kecil. Namun nilai daya berkecambah varietas Vimil 1 berada diatas 80% yang menunjukkan bahwa benih mempunyai viabilitas yang sangat baik sehingga ukuran benih tidak mempengaruhi persentase daya berkecambah. Benih yang telah diusangkan tetapi masih mempunyai daya berkecambah tinggi mengindikasikan benih tersebut mempunyai vigor tinggi. Salah satu ciri benih memiliki vigor tinggi yaitu tahan disimpan lama (Yuniarti *et al.*, 2016). Nilai daya berkecambah semua ukuran biji >70%. Hal ini secara tidak langsung mengindikasikan semua ukuran biji memiliki viabilitas yang baik sehingga diduga tahan disimpan dalam waktu lama.

Viabilitas benih (daya berkecambah) benih kedua varietas setelah pegusangan mengalami penurunan. Menurut (Fridayanti, 2014), viabilitas benih yang diusangkan akan berangsur-angsur menurun karena proses kemunduran benih yang dicirikan oleh penurunan daya berkecambah. Menurunnya daya berkecambah disebabkan kadar air yang semakin meningkat dan suhu yang tinggi

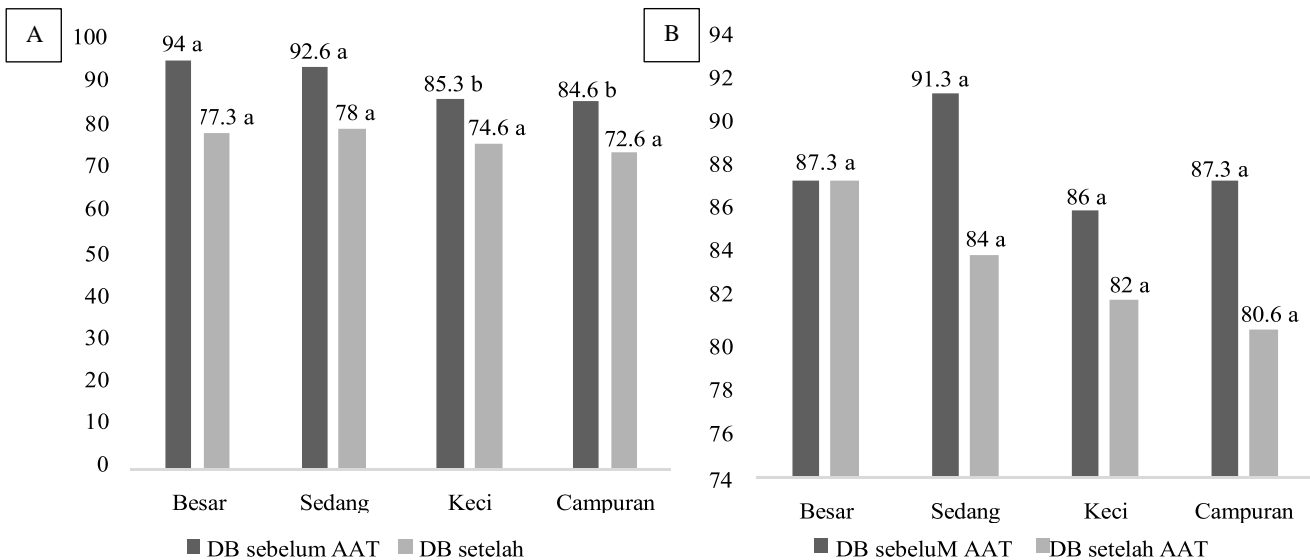
bahkan dapat menjurus pada respirasi anerob, kadar air yang cukup tinggi akan meningkatkan aktivitas biologi dan produksi panas sehingga dapat merusak benih dan mendorong pertumbuhan cendawan serta benih yang abnormal meningkat (Belo dan Suwarno, 2012).

Pengusangan cepat adalah metode yang dapat digunakan untuk memperoleh beberapa tingkat viabilitas benih. Di dalam pengusangan cepat secara fisik benih diberi perlakuan suhu tinggi (41 °C) dan kelembaban tinggi (> 90%) yang memberikan gambaran kemampuan benih untuk disimpan dalam kurun waktu tertentu (ISTA, 2014). Kondisi udara yang lembap dan panas, akan meningkatkan aktivitas biologi dan produksi panas sehingga dapat merusak benih. (Priandini *et al.*, 2019) menyatakan bahwa suhu dan kelembaban yang tinggi akan mempercepat kemunduran benih akibat penurunan aktivitas enzim, meningkatnya nilai konduktivitas, penurunan daya berkecambah dan vigor serta penurunan cadangan makanan. Pada Gambar 5 menunjukkan viabilitas benih setelah pengusangan mengalami penurunan yang cukup signifikan pada benih kacang hijau. Hal ini sesuai dengan penelitian Demir dan Mavi (2008) yang menyatakan bahwa perlakuan pengusangan cepat fisik pada benih mentimun mengalami penurunan mutu benih (deteriorasi). Benih berukuran kecil mengalami penurunan daya berkecambah tertinggi setelah pengusangan. Hal ini diduga akibat benih berukuran kecil memiliki kulit yang lebih tipis dibanding benih berukuran besar dan sedang.

Tabel 5. Pengaruh ukuran benih terhadap daya berkecambah benih setelah mengalami pengusangan cepat

Ukuran benih	DB ATT (%) ^a
Vima 4	
Besar	77.3 a
Sedang	78.0 a
kecil	74.6 a
Campuran	72.6 a
KK (%)	8.35
Uji F	0.770 tn
Vimil 1	
Besar	87.3 a
Sedang	84.0 a
kecil	82.0 a
Campuran	80.6 a
KK (%)	5.42
Uji F	0.325 tn

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan varietas yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$, KK: Koefisien keragaman, tn: tidak berpengaruh nyata, *: berpengaruh nyata, **: berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha = 1\%$, DBAAT: daya berkecambah setelah *accelerated ageing test*.



Gambar 5. Daya berkecambah benih kacang hijau varietas Vima 4 (A) dan Vimil 1 (B) sebelum dan setelah pengusangan. Angka yang diikuti huruf yang sama pada perlakuan yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

KESIMPULAN

Simpulan

Ukuran benih yang diuji berpengaruh terhadap mutu daya berkecambah dan indeks vigor kacang hijau varietas Vima 4 dimana ukuran sedang dan tinggi menghasilkan mutu yang sama namun nyata lebih tinggi daripada taraf ukuran kecil dan campuran. Ukuran benih tidak berpengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan dan indeks vigor pada varietas Vimil 1, namun berpengaruh nyata terhadap nilai daya hantar listrik. Benih berukuran besar memiliki nilai daya hantar listrik terendah dan benih berukuran kecil memiliki nilai daya hantar listrik tertinggi. Namun, tidak terdapat perbedaan nyata pada daya berkecambah setelah pengusangan. Ukuran dari benih kacang hijau mempengaruhi proses terjadinya imbibisi. Benih berukuran besar memiliki laju imbibisi paling tinggi pada kedua varietas. Viabilitas dan vigor benih hasil seleksi dengan *air screen cleaner* memperlihatkan bahwa yang lebih baik terdapat pada benih berukuran besar dan sedang dan nilai terkecil terdapat pada benih berukuran kecil dan campuran.

Saran

Pemilahan ukuran benih varietas Vimil 1 harus dilakukan dengan ukuran *screen* yang lebih beragam untuk mendapatkan ukuran yang tepat dan sebaiknya dilakukan dengan cepat. Benih yang sudah diuji imbibisinya sebaiknya dilakukan pengujian lanjutan terhadap kecepatan tumbuh benih. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan benih kacang hijau varietas lain agar dapat

dibandingkan pengaruh ukuran benih antar varietas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, S.N., M.F. Sari, O.C.P. Pradana. 2021. Uji konduktivitas benih pada beberapa genotipe mutan kedelai hitam generasi mutan ke tiga (M3). *J. Planta Simbiosis*. 3(2):1-5. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v3i2.2265>
- Agustin, H., D.I. Lestari. 2016. Optimalisasi media perkecambahan dalam uji viabilitas benih selada dan bawang merah. *Agrin*. 20(2):107–114.
- Arief, R., S. Saenong. 2006. Pengaruh ukuran biji dan periode simpan benih terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *J. Penelit. Pertanian Tanaman Pangan*. 25(1):52-56.
- Barlian, J., H. Yeni, Masano. 1998. Studi fenologi dan pengaruh posisi buah serta ukuran benih terhadap viabilitas benih *Gmelina arborea* Roxb). *Bul. Agron*. 26(2):8-12.
- Belo, S.M., F.C. Suwarno. 2012. Penurunan viabilitas benih padi (*Oryza sativa* L.) melalui beberapa metode pengusangan cepat. *J. Agron. Indonesia*. 40(1):29–35. <https://doi.org/10.24831/jai.v40i1.14948>.
- Danial, D., E. Widajati, S. Salma. 2013. Efektivitas aplikasi *methylobacterium* spp terhadap peningkatan vigor benih kedelai. *Pros Semin Has Penelit Tanam Aneka Kacang dan Umbi*. 73-81. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1544>

- Demir, I., K. Mavi. 2008. Controlled deterioration and accelerated aging tests to estimate the relative storage potential of cucurbit seed lots. *HortScience*. 43(5):1544-1548.
- Ningsih N.N.D.R., Raka, I.G.N., Siadi, I.K., Wirya, G.N.A.S. 2018. Pengujian mutu benih beberapa jenis tanaman hortikultura yang beredar di bali. *OcsUnudAcId*. 7(1):64–72.
- Fridayanti N. 2014. Pengaruh pengusangan cepat secara fisik terhadap penurunan viabilitas tetua benih padi hibrida (*Oryza sativa* L.) J. *Agrium*. 11(2):145–149. <https://doi.org/10.29103/agrium.v11i2.644>
- Hasnah, T.M. 2013. Pengaruh ukuran benih terhadap pertumbuhan bibit nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). *Warn Benih*. 14(2):119–134.
- Idrus, H.A., S. Fuadiyah. 2021. Uji coba imbibisi pada kacang kedelai (*Glycine max*) dan kacang hijau (*Vigna radiata*). *Pros Semnas Bio*. 1(1):710–716.
- Ilyas, S. 2012. Ilmu dan Teknologi Benih: Teori dan Hasil- Hasil Penelitian. Bogor: IPB Press
- [ISTA] The International Seed Testing Association. 2014. International Rules for Seed Testing. Switzerland (CH): ISTA.
- Juhanda, Y., Nurmiaty, Ermawati. 2013. Pengaruh skrasifikasi dan pola imbibisi dan perkecambahan benih saga (*Abrus precatorius* L.). *J Agrotek Trop*. 1(1):45–49. <https://doi.org/10.23960/jat.v1i1.1888>
- Kamil, J. 2003. Teknologi Benih 1. Padang: Angkasa Raya
- Kartasapoetra, A.G. 2003. Teknologi Benih – Pengolahan Benih. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kementerian Pertanian. 2018. Produksi Kacang Hijau di Indonesia Tahun 2014-2018. Jakarta: Kementerian Pertanian RI
- Lesilolo, M., J. Riry, E. Matatula. 2018. Pengujian viabilitas dan vigor benih beberapa jenis tanaman yang beredar di pasaran kota ambon. *Agrologia*. 2(1). <https://doi.org/10.30598/a.v2i1.272>
- Lubis, Y.A., M. Riniarti, A. Bintoro. 2014. Pengaruh lama waktu perendaman dengan air terhadap daya berkecambah trembesi (*Samanea saman*). *J. Sylva Lestari*. 2(2):25-32. <https://doi.org/10.23960/jsl2225-32>
- Sandi, A.L.I., Indriyanto, Duryat. 2014. Ukuran benih dan skarifikasi dengan air panas terhadap perkecambahan benih pohon kuku (*Pericopsis Mooniana*). *J Sylva Lestari*. 2(3):83. <https://doi.org/10.23960/jsl3283-92>
- Magagula, P., E. Ossom. 2011. Effects of seed size on seedling vigor of okra (*Abelmoschuse esculentus*L.) in Swaziland. *Advances in Enviromental biology*. 5(1):180-187.
- Mariani. 2018. Pengujian vigor benih jagung melalui daya berkecambah, kebocoran kalium dan daya hantar listrik air rendaman benih. *J. Agrotan*. 4(1):13–17.
- Marwanto, 2007. Hubungan antara kandungan lignin kulit benih dengan sifat-sifat khusus kulit benih kacang hijau. *Jurnal Ilmu Ilmu Pertanian Indonesia*. 9(1):6-11. <https://doi.org/10.31186/jipi.9.1.6-11>
- Mattioni, N.M., L.L. Mertz, A.P.P. Barbieri, F.M. Haesbaert, W. Giordani, S.J. Lopes. 2015. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 36:31-38. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p31>
- Abdillah, M, S. Purwanti, Supriyanta. 2017. Daya simpan benih kacang hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek) hasil tumpangsari dengan jagung manis (*Zea mays* L. Saccharata) dalam barisan. *Vegetalika*. 5(1):1–12. doi:10.22146/veg.24631.
- Noviana, I., A. Qadir, F.C. Suwarno. 2016. Perilaku biokimia benih kedelai selama penyimpanan dalam kondisi terkontrol. *J. Agron. Indonesia*. 44(3):255–260. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i3.12931>
- Mugnisjah, W., A. Setiawan. 1995. Pengantar Produksi Benih. Jakarta (ID): Raja Grafindo Persada.
- Pinto, C.A.G., F.C. Krzyanowski, J.B. França-Neto, D. Dourado-Neto, C. Barboza da Silva, J. Marcos-Filho. 2018. Relationship between size and physiological potential of soya bean seeds under variations in water availability. *Seed Science and Technology*, 46(3):497-510. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.3.07>
- Purnomo, H. Rudi. 2005. Kacang hijau. Bogor (ID): Penebar Swadaya.
- Pratama, H.W., M. Baskara. 2014. Pengaruh ukuran biji dan kedalaman tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays Saccharata* Sturt). *J. Produksi Tanam*. 2(7):576–582.
- Priandini, D., M.R. Suhartanto, A. Qadir. 2019. Pengembangan metode pengusangan cepat fisik benih pepaya (*Carica papaya* l.). *Comm Hortic J*. 2(3):7. <https://doi.org/10.29244/chj.2.3.7-15>
- Rosmaiti, Iswahyudi, Azhari. 2016. Pertumbuhan dan hasil kacang tanah (*Arachis hypogaeae* L) pada berbagai ukuran benih dan kedalaman olah tanah. *Agrosamudra*. 4(2):46-51.

- Schmidt, L. 2002. Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Subtropis. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan
- Shankar, M., C.M. Gowda, R. Manikandan, U. Ravindra, Honabyraiah. 2013. Performance evaluation of air *screen* cleaner used in the finger millet processing industries. *Int. J. Appl. Environ. Sci.* 8(19):2373- 2377.
- Suhartanto, M.R. 2012. Pendugaan Vigor Daya Simpan: Dsar Ilmu dan Teknologi Benih. E. Widajati, editor. Bogor (ID): IPB Press.
- Suita, E. 2013. Pengaruh sortasi benih terhadap viabilitas dan pertumbuhan bibit akor (*Acacia auriculiformis*). *Pembenihan Tanam Hutan.* 1(2):83–91.
- Suita, E., M. Megawati. 2009. Pengaruh ukuran benih terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit mindi (*Melia azedarach* L.). *J. Penelit. Hutan Tanam.* 6(1):1–8. <https://doi.org/10.20886/jpht.2009.6.1.1-8>
- Wulandari, W., A. Bintoro, Duryat. 2015. Pengaruh ukuran berat benih terhadap perkecambahan benih merbau darat (*Intsia palembanica*). *J. Sylva Lestari.* 3(2):79-88. <https://doi.org/10.23960/jsl2379-88>
- Yuniarti, N., B. Leksono. 2015. Sortasi benih dengan ayakan untuk meningkatkan viabilitas benih *Eucalyptus pellita* f. Mull. *J. Penelit. Kehutan Wallacea.* 4:35–40. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2015.vol4iss1pp35-40>
- Yuniarti, N., M. Zanzibar, Megawati B. Laksono B. 2016. Daya vigoritas benih *Acacia crassicarpa*. A.cunn.ex. Bent. dari beberapa sumber benih. *J. Penelit. Hutan Tanam.* 13(2):123-132. <https://doi.org/10.20886/jpht.2016.13.2.123-131>
- Yuniarti, N., M. Zanzibar, Megawati, B. Leksono. 2014. Perbandingan vigoritas benih *Acacia mangium* hasil pemuliaan dan yang belum dimuliakan. *J. Penelit. Kehutan Wallacea.* 3(1):57. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2014.vol3iss1pp57-64>.
- Zareian, A., A. Hamidi, H. Sadeghi, M.R. Jazaeri. 2013. Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in laboratory and field. *Middle-East J. Sci. Res.* 13(8):1126-1131.