



Identifikasi Benih Melalui Citra Digital dan Karakterisasi Morfo-fisiologi Kecambah Melon Hibrida Salfa F1

Digital Imaging-Based Seed Identification and Morphophysiological Characterization of Salfa F1 Melon Hybrid Seedlings

Henry Agustin^{12*}, Abdul Qadir¹, Astryani Rosyad¹, MR Suhartanto¹

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, ²Universitas Trilogi, d/h STEKPI Jl. TMP Kalibata No. 1, Jakarta 12760,

*Email correspondence: henyagustin@trilogi.ac.id

Informasi Artikel

Diterima 26 Desember 2025
Direvisi 2 April 2026
Disetujui terbit 2 Juni 2026
Diterbitkan online 30 Juni 2026

Keywords:

Digital imaging, imbibition pattern, melon seeds, seed identification

Abstract

Melon (*Cucumis melo* L.) is a high-value horticultural commodity with an increasing market demand. This condition requires the availability of high-quality seeds to support optimal productivity and fruit quality. Therefore, a rapid, accurate, and non-destructive method for seed characterization is needed to support seed quality assesment. This study aimed to characterize Salfa F1 hybrid melon seeds using a digital imaging approach and to evaluate their morphophysiological characteristics based on imbibition, germination, and vigor. The research was conducted at the Seed Biology and Reproduction Laboratory, Department of Agronomy and Horticulture, IPB University, from September to November 2025. The results showed that Salfa F1 melon seeds exhibited relatively homogeneous morphological characteristics based on area, perimeter, and shape parameters (circularity, aspect ratio, and solidity). The imbibition pattern showed a nonlinier response over time, with the qubic regression model providing a high level of fit to the observed data. In line with the imbibition pattern, the high germination percentage and vigor index indicated good physiological testing can provide complementary information for characterizing the morphophysiological quality of Salfa F1 melon seeds.



1. Pendahuluan

Melon (*Cucumis melo* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Harga melon di pasaran selama Januari–Juni 2025 berkisar antara 12–15 ribu per kilogram, lebih tinggi dibandingkan semangka, salak maupun pepaya pada periode yang sama (Pusdatin 2025). Berdasarkan data BPS (2024) produksi nasional melon mencapai sekitar 149 ribu ton per tahun, yang mencerminkan tingginya permintaan pasar terhadap komoditas ini. Nilai ekonomi dan tingkat produksi tersebut menunjukkan perlunya varietas unggul yang memiliki produktivitas tinggi dan mutu buah yang baik, terutama varietas hibrida.

Pengembangan varietas hibrida perlu diikuti dengan penguatan produksi benih di dalam negeri karena impor benih melon Indonesia masih cukup besar (Abdullah *et al.* 2023). Benih hibrida F1 perlu diproduksi kembali melalui persilangan tetua terpilih karena perbanyakan benih dari tanaman F1 menghasilkan generasi F2 yang mengalami segregasi genetik dan kehilangan keseragaman (Acquaah 2012; Koryati *et al.* 2022). Oleh karena itu, pengembangan varietas serta penguatan produksi benih melon hibrida di dalam negeri menjadi langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap benih impor sekaligus memperkuat kemandirian industri benih nasional.

Penguatan produksi tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan ketersediaan benih, tetapi juga harus disertai dengan jaminan mutu yang memadai. Vigor merupakan salah satu komponen penting mutu benih karena berperan dalam mendukung perkecambahan dan pembentukan kecambah yang cepat, seragam serta mampu berkembang normal di lapangan sehingga menentukan keberhasilan pembentukan populasi tanaman (Finch-Savage dan Bassel 2016). Karakter fisik benih, termasuk ukuran, bentuk, dan integritas jaringan, dapat berkaitan dengan mutu fisiologis yang mencerminkan kemampuan berkecambah dan vigor benih (Medeiros *et al.* 2020). Namun metode identifikasi kualitas benih secara konvensional, seperti uji kecambah dan vigor cenderung memerlukan waktu lama dan bersifat destruktif karena benih yang digunakan dalam pengujian tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Perkembangan teknologi analisis citra digital menawarkan pendekatan alternatif yang lebih cepat, objektif, dan non-destruktif dalam mengidentifikasi karakter morfologi benih (Hemender *et al.* 2018). Meskipun demikian, integrasi antara analisis morfologi berbasis citra digital dan karakterisasi fisiologi benih, khususnya pada benih melon hibrida Salfa F1, masih terbatas dilaporkan. Berdasarkan hal tersebut, permasalahan penelitian ini adalah belum adanya pendekatan terpadu dalam mengidentifikasi kualitas benih melon hibrida lokal melalui kombinasi karakter morfologi dan fisiologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi benih melon hibrida Salfa F1 melalui pendekatan citra digital dan mengkarakterisasi morfo-fisiologi kecambahnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi dan Reproduksi Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University pada bulan September–November 2025.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain *smartphone*, perangkat lunak *image-J*, germinator, timbangan, pinset, dan termohigrometer. Bahan yang digunakan adalah benih melon Salfa F1 (diproduksi oleh CV Benih Dramaga), kertas stensil, kertas karton hitam, plastik, dan label.

2.3 Desain Penelitian

Penelitian dirancang dengan tiga percobaan. Percobaan karakterisasi morfologi benih dilakukan menggunakan citra digital aplikasi *Image-J* dengan beberapa tahapan untuk mendapatkan data parameter bentuk benih. Percobaan menggunakan 6 ulangan dengan masing-masing 5 butir benih yang diamati satu per-satu untuk mendapatkan karakterisasi morfologinya. Data hasil pengukuran bentuk benih dikorelasi dengan Microsoft Excel.

Percobaan fisiologi benih meliputi *water uptake*/persentase imbibisi dan uji daya berkecambah benih. Percobaan ini dilakukan dengan 6 ulangan yang masing-masing menggunakan 25 butir benih. Analisis data menggunakan nilai rata-rata dari setiap ulangan perlakuan. Data digunakan untuk menyusun pola imbibisi kecambah yang diamati secara berkala setiap 12 jam. Dokumentasi visual digunakan untuk menganalisis dinamika perubahan bentuk dan tahapan pertumbuhan benih melon. Data hasil pengamatan kemudian dianalisis menggunakan regresi kubik dengan waktu pengamatan sebagai X dan imbibisi benih sebagai Y. Data aktual percobaan diplotting, diuji korelasinya, difitting model regresi kubik, dilakukan uji kesesuaian model melalui koefisien determinasi R² dan terakhir dengan validasi melalui perbandingan nilai imbibisi hasil pendugaan (prediksi model) dengan nilai aktual hasil percobaan.

2.4 Prosedur Penelitian

a. Percobaan karakterisasi morfologi benih melon Salfa F1

Percobaan karakterisasi morfologi benih diawali dengan pengamatan melalui citra digital menggunakan 30 butir benih melon utuh. Pengambilan citra digital menggunakan alas karton hitam untuk memisahkan antara objek dan latar belakang pada tahap binerasi. Citra kemudian difoto dengan *smartphone*, disimpan dan dianalisis menggunakan aplikasi *Image-J*. Ekstrak data citra diawali dengan proses pengurangan gangguan data atau *noise* dengan menggunakan *filter mean* yang selanjutnya citra berwarna diubah menjadi citra biner dengan nilai *threshold* 75. Metode ini digunakan untuk memisahkan latar belakang dengan objek. Setiap piksel dengan nilai ≤ 75 diubah menjadi 0 yang berarti warna hitam sebagai latar belakang. Piksel dengan nilai > 75 diubah menjadi 1 yang berarti berwarna putih sebagai objek (Schneider *et al.* 2012)

Analisis geometri dan bentuk benih yang diekstrak dari citra digital adalah *area* (jumlah seluruh piksel berwarna putih atau yang bernilai 1 yang berada dalam perimeter), *perimeter* (panjang keliling luar benih), *feret* maksimum (titik terjauh dari objek sekaligus panjang benih), *feret* minimum (diameter benih), dan *feret angle* (perbedaan sudut antara feret maksimum dan minimum). Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan untuk mendapatkan deskripsi bentuk benih.

Parameter analisis bentuk yang diamati adalah *circular* (mengindikasikan bentuk benih, nilai 1 menunjukkan lingkaran sempurna sedangkan mendekati nilai 0 benihnya semakin elips), *Aspect Ratio*/AR (perbandingan panjang dan diameter benih), *roundness* (tingkat kebulatan benih), nilai 1 menunjukkan benih bulat sempurna sedangkan mendekati 0 bentuk semakin oval), dan *solidity* (tingkat kepadatan kompak/berlekuk-lekuk pada bentuk benih).

b. Percobaan *water uptake*/imbibisi benih

Percobaan ini menggunakan metode perkecambahan benih Uji Kertas digulung Dalam Plastik (UKD-DP) yang dikecambahkan di dalam germinator menggunakan 6 ulangan selama 8 hari. Jumlah benih yang digunakan pada masing-masing ulangan sebanyak 25 butir benih. Benih kering ditimbang sebagai bobot awal sebelum proses imbibisi/masuknya air ke dalam benih. Benih yang dikecambahkan diamati bobot basahnya per 12 jam untuk dihitung

kenaikan jumlah bobot benihnya. Dokumentasi penampakan keragaan kecambah juga diambil untuk mengetahui pola pertumbuhan hingga periode akhir pengamatan. Penghitungan persentase imbisasi/*water uptake* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Water uptake/imbisasi} = \frac{\text{Bobot basah benih/kecambah} - \text{Bobot kering benih}}{\text{Bobot kering benih}} \times 100 \quad (1)$$

c. Percobaan daya berkecambah benih

Percobaan ini menggunakan metode Uji Kertas digulung Dalam Plastik (UKD-DP) yang dikecambahkan di dalam germinator dengan menggunakan 6 ulangan selama 8 hari. Pengamatan kecambah normal hanya dilakukan pada hari ke 4 sebagai *first counting* dan hari ke 8 sebagai *final counting* (ISTA 2018). Persentase daya berkecambah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya berkecambah (\%)} = \frac{\text{Jumlah benih berkecambah normal}}{\text{Total benih yang ditanam}} \times 100 \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi morfologi benih melon Salfa F1

Pengamatan morfologi benih dengan citra digital *Image-J* menghasilkan deskripsi yang lebih objektif mengenai ukuran, bentuk, dan struktur benih. Hal ini didukung oleh Baek *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa analisis citra digital menggunakan *ImageJ* menghasilkan data morfometrik benih yang kuantitatif dan lebih objektif, terutama untuk ukuran dan bentuk benih. Metode ini dapat mendukung analisis kuantitatif sehingga hasil pengamatan menjadi lebih akurat dibandingkan pengamatan visual. Hasil citra biner benih melon yang telah diatur *filter mean* dan binerisasi dapat dilihat perbedaannya pada Gambar 1a dan 1b.



Gambar 1 Citra benih melon a) *filter mean* dan b) binerasi

Setiap benih disusun secara terpisah untuk menghindari terjadinya tumpang tindih antar objek selama proses akuisisi dan pengolahan citra, sehingga bentuk setiap benih dapat terdeteksi dengan jelas dan tidak terjadi kesalahan segmentasi. Langkah ini sangat penting karena dalam analisis citra digital, keakuratan pemisahan objek dari latar belakang merupakan tahap awal yang menentukan kualitas hasil pengukuran morfometrik. Proses binerisasi citra (Gambar 1b) dilakukan untuk mengonversi menjadi hitam-putih sehingga objek benih dapat dipisahkan secara jelas dari latar belakang. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip dasar analisis citra digital yang telah banyak diterapkan dalam bidang fenotiping benih untuk mendukung evaluasi mutu secara kuantitatif (Medeiros *et al.* 2020; Hong *et al.* 2025)

Analisis geometri benih melon Salfa F1 yang diekstrak dari citra digital menampilkan hasil geometri *area*, *perimeter*, *feret maximum*, *feret angle* dan *feret minimum* (Tabel 1). Nilai *area* benih antar ulangan berkisar antara 0,214–0,275 mm² atau dengan rata-rata sebesar 0,25 mm². Rentang variasi yang sempit menunjukkan tingkat keseragaman ukuran permukaan benih yang tinggi. Keseragaman ukuran benih ini mencerminkan tingkat homogenitas morfologi yang baik, yang menjadi indikator penting dalam penilaian mutu fisik benih.

Keseragaman ukuran benih sangat memengaruhi kecepatan dan kestabilan imbibisi air sehingga berdampak langsung pada keseragaman perkecambahan (Miller *et al.* 2018). Ukuran dan bentuk benih yang homogen mempercepat penyerapan air dan meningkatkan keseragaman pertumbuhan awal (Duc *et al.* 2023).

Nilai *perimeter* benih berkisar antara 1,991–2,260 mm, dengan rata-rata 2,153 mm. Rentang nilai tersebut menunjukkan bahwa panjang tepi luar benih antar ulangan relatif seragam. Variasi kecil pada nilai *perimeter* menggambarkan adanya perbedaan pada bentuk tepi benih yang diduga dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan kondisi permukaan benih.

Variasi bentuk dan ukuran benih (termasuk *perimeter* dan tepi luar) dapat diukur melalui citra digital, dan kondisi pengembangan benih termasuk kematangan/permukaan dapat memengaruhi bentuknya (Cervantes *et al.* 2016). Hal ini diperkuat bahwa *perimeter* benih berbeda antar individu dan berkorelasi dengan sifat-fisik benih lainnya, yang mendukung argumen bahwa variasi kecil pada *perimeter* bisa disebabkan oleh kondisi lingkungan atau kematangan (Dong *et al.* 2023).

Tabel 1 Analisis parameter geometri melon Salfa F1

Ulangan	Area (mm ²)	Perimeter (mm)	Feret max (mm)	Feret angle (°)	Feret min (mm)
1	0,275	2,260	0,953	90,186	0,388
2	0,246	2,156	0,914	87,631	0,363
3	0,273	2,254	0,954	93,261	0,391
4	0,231	2,051	0,867	90,043	0,357
5	0,263	2,207	0,924	92,885	0,381
6	0,214	1,991	0,844	89,146	0,344
Rata-rata	0.250	2,153	0,909	90,525	0,371

Nilai *feret maximum* dan *minimum* masing-masing menunjukkan panjang dan lebar suatu benih dalam arah tertentu, yang dalam data ini berada pada kisaran 0,844–0,954 mm (maksimum) dan 0,344–0,391 mm (minimum). Nilai *feret angle* yang berkisar antara 87–93° menunjukkan bahwa orientasi benih relatif seragam dan mendekati vertikal terhadap sumbu referensi citra. Keseragaman sudut ini memperkuat asumsi bahwa penyusunan benih saat pengambilan gambar dilakukan secara konsisten, sehingga hasil pengukuran dapat diandalkan.

Tabel 2 menyajikan hasil pengukuran parameter bentuk benih yang diperoleh dari citra biner pada Tabel 1. Hasil ini meliputi *aspect ratio* (AR), *circularity*, *roundness* dan *solidity*. Bentuk benih menjadi indikator penting untuk mendeskripsikan morfologi luar benih dalam menilai keseragaman bentuk. Nilai AR dengan rata-rata 2,437 menggambarkan perbandingan antara *feret maximum* dengan *feret minimum* dari benih melon yang diukur. Nilai AR yang lebih besar dari 1 mengindikasikan bahwa bentuk benih cenderung elips memanjang (*elongated*). Kisaran nilai ulangan yang konsisten di angka 2,4 menandakan bahwa bentuk benih melon Salfa F1 stabil dan seragam secara morfologi.

Tabel 2 Analisis parameter bentuk melon Salfa F1

Ulangan	AR	Circularity	Round	Solidty
1	2,409	0,676	0,416	0,951
2	2,495	0,657	0,401	0,947
3	2,442	0,676	0,411	0,951
4	2,408	0,687	0,416	0,949
5	2,404	0,677	0,418	0,951
6	2,462	0,679	0,409	0,945
Rata-rata	2,437	0,675	0,412	0,949

Nilai *circularity* berkisar antara 0,657–0,687. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan bentuk benih yang sangat bulat sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan bentuk yang memanjang/tidak beraturan. Dengan nilai maksimum 0,687 maka dapat diketahui bahwa benih melon Salfa F1 memiliki kecenderungan elips memanjang dengan kontur halus dan simetris. Nilai *roundness* pada benih melon mempunyai rata-rata 0,412, hal ini mengindikasikan bahwa tingkat kebulatan benih relatif terhadap rasio panjang dan lebar benih. Nilai *roundness* yang rendah memperkuat hasil *circularity* yang menunjukkan bahwa bentuk benih melon Salfa F1 adalah oval memanjang. Nilai *solidity* benih melon berada pada kisaran 0,945–0,951, artinya bentuk benih padat, tidak berlekuk dan tidak memiliki tonjolan berlebih. Nilai *solidity* yang tinggi menunjukkan integritas morfologi eksternal benih yang baik tanpa adanya deformasi yang signifikan pada kontur benih. Hasil korelasi antar parameter menunjukkan terdapat empat korelasi positif yang kuat antar parameter (Tabel 3). Nilai *area* dan *perimeter* memiliki *r* sebesar 0,976, nilai *area* dengan *feret maximum* sebesar 0,945, nilai *area* dengan *feret minimum* sebesar 0,939 dan antara nilai *perimeter* dengan nilai *feret maximum* sebesar 0,988. Korelasi ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran benih (luas *area*) maka semakin panjang keliling benih (*perimeter*) serta semakin besar nilai *feret maximum* dan *minimum* (Tabel 3).

Keterkaitan ini sejalan dengan literatur morfometri benih yang menempatkan *area*, *perimeter*, dan *feret* sebagai ukuran dasar untuk menggambarkan bentuk/ukuran benih dan sering kali saling berkorelasi (Cervantes *et al.* 2016). Penggunaan *feret* (vertikal/horizontal) sebagai padanan panjang dan lebar benih juga lazim dalam studi morfologi benih dan mendukung interpretasi bahwa pembesaran ukuran akan diikuti pembesaran proyeksi diameter (Martin-Gómez *et al.* 2020). Pada konteks *Cucurbitaceae*, fitur morfologi berbasis citra (termasuk *area*, *perimeter*, sumbu/diameter) terbukti informatif untuk karakterisasi/klasifikasi biji semangka, memperkuat bahwa metrik-metrik ukuran bersifat saling berhubungan dalam praktik analisis benih (Medeiros *et al.* 2020).

Nilai korelasi antara *circularity* dengan *aspect ratio* (AR) menghasilkan nilai korelasi negatif yang sangat kuat yakni -0,918 dan positif yang sangat kuat terhadap *roundness* yakni sebesar 0,917 (Tabel 3). Artinya semakin lonjong bentuk benih maka nilai *circularity* menurun dan *roundness* juga berkurang. Sebaliknya bentuk yang lebih bulat memiliki nilai *circularity* dan *roundness* lebih tinggi. Korelasi negatif antara *circularity* dengan nilai *feret maximum* memperkuat bahwa panjang benih yang meningkat akan menyebabkan bentuk benih tidak bulat melainkan semakin elips.

Tabel 3 Hasil uji korelasi antar parameter geometri dan bentuk benih melon Salfa F1

<i>Parameter</i>	<i>Area</i>	<i>Perim</i>	<i>Circ</i>	<i>Feret Max</i>	<i>Feret Angle</i>	<i>Feret Min</i>	<i>AR</i>	<i>Round</i>
<i>Area</i>	1,000	0,976	-0,228	0,945	0,081	0,939	0,030	-0,059
<i>Perim</i>	0,976	1,000	-0,431	0,988	0,114	0,881	0,030	-0,253
<i>Circ</i>	-0,228	-0,431	1,000	-0,505	-0,163	-0,033	-0,918	0,917
<i>Maks Feret</i>	0,945	0,988	-0,506	1,000	0,073	0,818	0,335	-0,363
<i>Feret Angle</i>	0,081	0,114	-0,163	0,073	1,000	0,119	0,060	-0,036
<i>Min Feret</i>	0,940	0,881	-0,033	0,818	0,119	1,000	-0,206	0,183
<i>AR</i>	0,030	0,226	-0,918	0,335	0,060	-0,205	1,000	-0,997
<i>Round</i>	-0,059	-0,253	0,917	-0,364	-0,036	0,183	-0,997	1,000

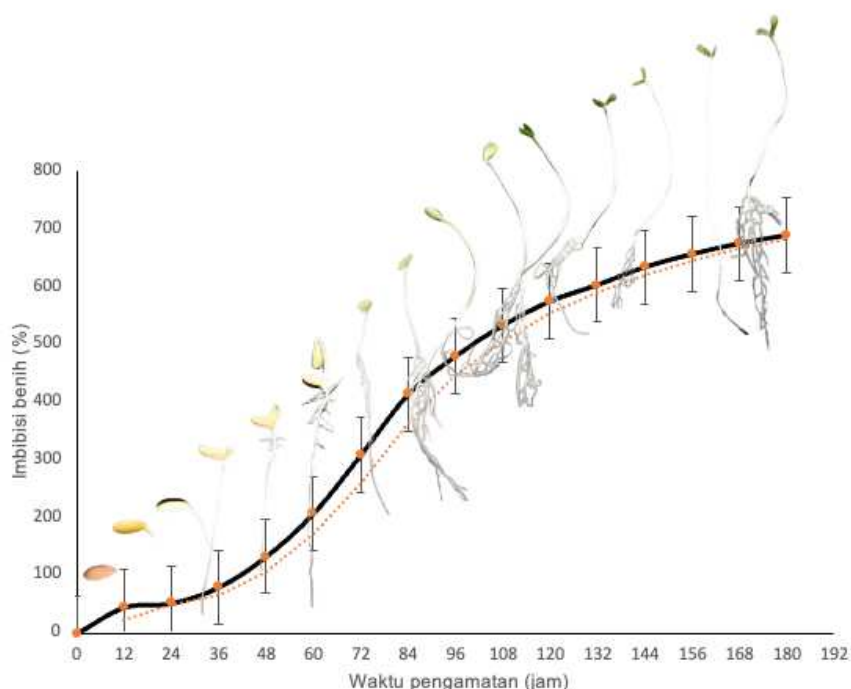
Korelasi negatif yang sangat kuat antara *aspect ratio* dan *roundness* ($r=-0,997$) menunjukkan bahwa semakin lonjong bentuk benih, nilai *roundness* cenderung semakin rendah. Hubungan tersebut mengindikasikan konsistensi internal antar parameter hasil pengukuran citra digital. Nilai *feret angle* menunjukkan korelasi lemah terhadap semua parameter pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa orientasi posisi benih saat pengambilan citra tidak memengaruhi hasil pengukuran bentuk maupun ukuran secara signifikan, karena semua benih difoto dengan posisi yang seragam.

Hasil dari pengukuran citra digital menunjukkan bahwa ukuran dan bentuk benih melon Salfa F1 secara konsisten morfologinya seragam. Parameter *circularity* dan *roundness* menjadi indikator terbaik untuk mendeskripsikan bentuk benih karena korelasi yang kuat dengan AR. Korelasi tinggi ini menunjukkan bahwa analisis citra digital dengan *image-J* mampu menghasilkan data morfometrik yang objektif, reliabel dan representatif untuk karakterisasi benih.

3.2. Karakterisasi fisiologi benih melon Salfa F1

Karakter morfologi benih melon selanjutnya dikaitkan dengan aspek fisiologi untuk memperoleh gambaran kualitas benih secara menyeluruh. Pengujian pola imbibisi dan tahapan kecambah menjadi evaluasi aspek fisiologis yang dapat digunakan untuk menilai mutu benih melon (Gambar 1). Tahapan tersebut menunjukkan waktu munculnya radikula, plumula, dan persentase kecambah normal yang digunakan sebagai indikator awal viabilitas dan vigor benih.

Proses imbibisi atau penyerapan air merupakan fase awal dalam perkecambahan, ditandai dengan masuknya air ke dalam benih kering secara cepat dan memicu reaktivasi proses metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan embrio (El-Maarouf-Bouteau 2022). Perubahan kadar air, kecepatan penyerapan, serta pola imbibisi merupakan faktor penting yang memengaruhi keberhasilan proses perkecambahan, karena tahapan ini menentukan aktivasi awal sistem metabolik benih (Savage dan Bassel 2016). Imbibisi merupakan proses fisik dan fisiologis yang sangat krusial untuk mengaktifkan kembali metabolisme serta enzim-enzim hidrolitik yang berperan dalam pemecahan cadangan makanan benih sebelum perkecambahan berlangsung (Pompelli *et al.* 2023).



Gambar 1 Pola persentase imbibisi benih melon Salfa F1 per 12 jam selama masa perkecambahan

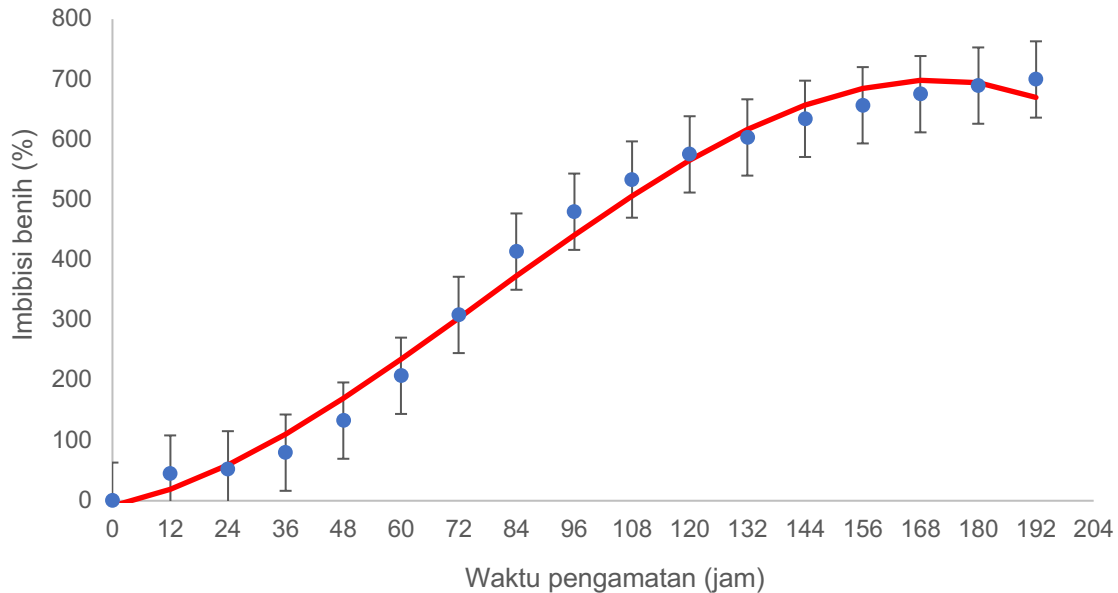
Gambar 1 menunjukkan imbibisi benih (%) terhadap waktu (jam) selama periode perkecambahan benih melon. Semua ulangan memperlihatkan pola imbibisi yang relatif seragam dengan bentuk kurva sigmoid khas imbibisi benih ortodoks. Tahap awal pengamatan 0–48 jam menunjukkan kenaikan kurva dari imbibisi 0% hingga melebihi 100% akibat peningkatan bobot relatif terhadap bobot awal benih kering. Peningkatan awal tersebut mencerminkan fase I imbibisi, yaitu masuknya air ke dalam jaringan benih kering akibat perbedaan potensial air antara benih dan lingkungan. Penyerapan air pada tahap awal berlangsung antara lain melalui proses kapilaritas yang menyebabkan rehidrasi jaringan benih (Bewley *et al.* 2013; Louf *et al.* 2018).

Laju imbibisi yang relatif tinggi pada tahap awal menunjukkan permeabilitas testa yang tinggi terhadap air, serta permukaan benih yang mendukung difusi air yang lebih efisien. Hal ini mengindikasikan bahwa benih melon Salfa F1 memiliki potensi viabilitas yang tinggi, yang umumnya juga memiliki komposisi lipid dan protein membran sel yang stabil, sehingga cepat merehidrasi (Bewley *et al.* 2013). Hal ini ditandai dengan munculnya radikula pada 12 jam setelah proses imbibisi berlangsung. Munculnya radikula pada 12 jam setelah imbibisi menunjukkan bahwa sebagian benih telah memasuki fase III perkecambahan. Fase II yang secara fisiologis berlangsung sebelum munculnya radikula menjadi sulit dibedakan secara tegas berdasarkan interval pengamatan yang digunakan. Radikula mulai memanjang dan akar sekunder telah nampak pada 48 jam setelah benih dikecambahkan (Gambar 1).

Laju penyerapan air pada benih mulai melambat pada periode 48–120 jam, yang mengindikasikan bahwa benih telah mencapai kondisi keseimbangan air internal. Pada tahap ini, aktivitas metabolik awal seperti aktivasi enzim, perbaikan membran sel, serta respirasi awal mulai berlangsung secara intensif. Air digunakan untuk mendukung pemanjangan radikula, pertumbuhan hipokotil, serta perkembangan akar primer dan sekunder. Setelah 120 jam, persentase imbibisi kembali meningkat hingga akhir pengamatan, seiring dengan berlanjutnya pembelahan dan pembesaran sel serta pertumbuhan jaringan kecambah yang meningkatkan kebutuhan air (Bewley *et al.* 2013; Wolny *et al.* 2018).

Perubahan kotiledon pada kecambah melon awalnya menebal pada 108 jam dan mulai menipis hingga pengamatan hari terakhir perkecambahan. Kotiledon yang menebal saat awal berfungsi sebagai organ penyimpanan dan penyuplai energi untuk pertumbuhan awal embrio.

Cadangan makanan di dalam kotiledon berupa karbohidrat, protein, dan lipid, yang dihidrolisis oleh enzim selama proses imbibisi dan awal perkecambahan (Bewley *et al.* 2013). Setelah kotiledon muncul ke permukaan, selanjutnya akan terbuka dan berwarna hijau. Warna hijau ini yang mengandung klorofil dan mulai berfungsi sebagai fotosintetik sementara sehingga tanaman tidak hanya bergantung pada cadangan makanan internal.



Gambar 2 Pola imbibisi benih melon Salfa F1 per 12 jam selama masa perkecambahan berdasarkan persamaan regresi kubik

Gambar 2 merupakan pola imbibisi benih dengan persamaan kubik yang menunjukkan bahwa hubungan X dan Y bersifat non linier karena ada fase perlambatan, percepatan dan penurunan yang terjadi. Fase 0–48 jam menjadi fase hidrasi awal dengan kondisi imbibisi meningkat secara lambat. Fase pertengahan (48–144 jam) menunjukkan peningkatan cepat yang ditunjukkan dengan imbibisi aktif karena benih menyerap air secara maksimal untuk mengaktifkan metabolisme. Fase akhir, setelah 156 jam laju imbibisi mulai menurun dan mendatar yang menunjukkan bahwa jaringan benih sudah memasuki jenuh air.

Model regresi kubik pada Gambar 2 menggambarkan pola kurva sigmoid pada proses imbibisi benih. Laju imbibisi benih menunjukkan pola nonlinier dengan titik jenuh setelah fase penyerapan aktif. Menurut Upreti *et al.* (2024) imbibisi dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti ukuran pori, permeabilitas kulit biji, struktur lapisan hilum serta komposisi endosperma. Adanya faktor berbeda yang berinteraksi tersebut mendukung konsep bahwa proses imbibisi ini bersifat nonlinier.

Nilai koefisien determinasi (R^2) yang tinggi menunjukkan kesesuaian model yang sangat baik antara data percobaan dengan pendugaan. Hal ini menunjukkan model memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap data sehingga layak digunakan sebagai model pendugaan imbibisi benih melon. Semakin tinggi nilai koefisien determinasi (R^2), maka semakin besar proporsi variasi data aktual yang dapat dijelaskan oleh model (Gambar 2). Simpangan baku pada data aktual percobaan (Gambar 1) menunjukkan variabilitas yang berbeda antar fase. Meski demikian model regresi kubik (Gambar 2) tetap mampu menyesuaikan tren umum meskipun ada variasi alami antar benih. Simpangan baku yang menggambarkan variasi biologis alami antar benih tidak menurunkan kualitas model pendugaannya.

Kemampuan benih dalam menyerap air selama masa perkecambahan perlu diperkuat dengan data fisiologis benih melalui pengamatan daya berkecambah. Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh ulangan benih melon Salfa F1 tumbuh dengan normal pada hari ke 8

perkecambahan. Evaluasi kecambah normal mengacu pada ISTA (2018). Pengamatan indeks vigor menghasilkan rata-rata 91% kecambah normal. Hal ini menunjukkan bahwa benih memiliki vigor dan viabilitas yang tinggi.

Tabel 4 Hasil uji indeks vigor dan daya berkecambah melon Salfa F1

Ulangan	Indeks Vigor (%)	Daya Berkecambah (%)
1	92	100
2	88	100
3	100	100
4	84	100
5	92	100
6	88	100
Rata-rata	91	100

Nilai vigor yang relatif tinggi dan disertai dengan daya berkecambah sempurna ini mengindikasikan bahwa benih memiliki viabilitas dan performa awal yang sangat baik, serta menunjukkan kemampuan tumbuh yang optimal di bawah kondisi pengujian yang dilakukan (Tabel 4).

4. Simpulan

Benih melon Salfa F1 mengindikasikan karakter vigor yang tinggi, dengan morfologi benih yang relatif homogen berdasarkan parameter luas (*area*), keliling (*perimeter*), serta bentuk (*circularity*, *aspect ratio*, dan *solidity*). Pola imbibisi menunjukkan hubungan non linier antara tingkat kesesuaian model yang tinggi terhadap data pengamatan. Sejalan dengan hal tersebut, daya berkecambah dan indeks vigor yang tinggi mencerminkan kualitas fisiologis benih yang baik.

5. Daftar Pustaka

- Abdullah JA, Suwarno WB, Kusumo YWE. 2023. Evaluasi genotipe melon (*Cucumis melo* L.) untuk perakitan varietas hibrida baru. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 14(1): 56–62. <https://doi.org/10.29244/jhi.14.1.56-62>.
- Acquaah G. 2012. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781118313718.
- Baek J, Lee E, Kim N, Kim SL, Choi I, Ji H, Chung YS, Choi MS, Moon JK, Kim KH. 2020. High-throughput phenotyping for various traits on soybean seeds using image analysis. *Sensors*. 20(1): 248. <https://doi.org/10.3390/s20010248>
- Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. 2013. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3rd ed. New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-4693-4.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2024. *Statistik Hortikultura 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Cervantes E, Martín JJ, Saadaoui E. 2016. Updated methods for seed shape analysis. *Scientifica*. 5691825. <https://doi.org/10.1155/2016/5691825>.
- Dong R, Guo Q, Li H, Li J, Zuo W, Long C. 2023. Estimation of morphological variation in seed traits of *Sophora moorcroftiana* using digital image analysis. *Frontiers in Plant Science*. 14: 1185393. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1185393>.

- Duc NT, Ramlal A, Rajendran A, Raju D, Lal SK, Kumar S, Sahoo RN, Chinnusamy V. 2023. Image-based phenotyping of seed architectural traits and prediction of seed weight using machine learning models in soybean. *Frontiers in Plant Science*. 14: 1206357. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1206357>.
- El-Maarouf-Bouteau H. 2022. The Seed and the metabolism regulation. *Biology*. 11(2): 168. <https://doi.org/10.3390/biology11020168>.
- Finch-Savage WE, Bassel GW. 2016. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*. 67(3): 567–591. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>.
- Hemender, Sharma S, Mor VS, Bhuker A. 2018. Image analysis: A modern approach to seed quality testing. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 27(1): 1–11. doi: 10.9734/CJAST/2018/40945.
- Hong Z, Zhang C, Song W, Nie X, Ye H, He Y. 2025. Application of hyperspectral Imaging for identification of melon seed variety using deep learning. *Agriculture*. 15(11): 1139. <https://doi.org/10.3390/agriculture15111139>.
- [ISTA] International Seed Testing Association. 2018. International Rules for Seed Testing. Wallisellen: International Seed Testing Association.
- Koryati T, Ningsih H, Erdiandini I, Paulina M, Figiyanto R, Junairiah, Sari VK. 2022. *Pemuliaan Tanaman*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Louf JF, Zheng Y, Kumar A, Bohr T, Gundlach C, Harholt J, Poulsen HF, Jensen KH. 2018. Imbibition in plant seeds. *Physical Review E*. 98(4): 042403. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.98.042403>
- Martín-Gómez JJ, Gutiérrez del Pozo D, Uccesu M, Bacchetta G, Cabello Sáenz de Santamaría F, Tocino Á, Cervantes E. 2020. Seed morphology in the Vitaceae based on geometric models. *Agronomy*. 10(5): 739. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050739>
- Medeiros AD, Martins S, Silva LJ, Pereira MD, Zavala Leon MJ, Dias DCFS. C. 2020. X-ray imaging and digital processing application in non-destructive assessing of melon seed quality *Journal of Seed Science*. 42: e202042005. doi: 10.1590/2317-1545v42229761.
- Miller ND, Stelpflug SC, Kaeppler SM, Spalding EP. 2018. A machine vision platform for measuring imbibition of maize kernels: Quantification of genetic effects and correlations with germination. *Plant Methods*. 14(1): 115. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0383-7>.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2025. *Statistik Terkini Ekonomi Pertanian Juni 2025*. Jakarta: Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Terkini_Juni_2025.pdf
- Pompelli MF, Jarma-Orozco A, Rodriguez-Páez LA. 2023. Imbibition and germination of seeds with economic and ecological interest: Physical and biochemical factors involved. *Sustainability*. 15(6). 5394. <https://doi.org/10.3390/su15065394>.
- Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of Image Analysis. *Nature Methods*. 9(7): 671–675. doi: 10.1038/nmeth.2089.
- Upreti P, Bandara MS, Tanino KK. 2024. The role of seed characteristics on water uptake preceding germination. *Seeds*. 3(4): 559–574. <https://doi.org/10.3390/seeds3040038>.
- Wolny E, Betekhtin A, Rojek M, Braszewska-Zalewska A, Lusinska J, Hasterok R. 2018. Germination and the early stages of seedling development in brachypodium distachyon.

International *Journal of Molecular Sciences.* 19(10): 2916.
<https://doi.org/10.3390/ijms19102916>