

VIABILITAS DAN VIGOR BENIH SERTA PERTUMBUHAN TOMAT PADA EKSTRAKSI BASAH

Siti Zahara¹, Eko Hary Pudjiwati², dan Nur Indah Mansyur³, Asrun⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Indonesia. Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan, Kalimantan Utara, KP 77115.

E-Mail: szahara57@borneo.ac.id (*Corresponding author)

Submit: 23-12-2025

Revisi: 04-06-2026

Diterima: 14-07-2026

ABSTRAK

Viabilitas dan Vigor Benih serta Pertumbuhan Tomat Keriting pada Ekstraksi Basah. Ekstraksi basah adalah salah satu cara untuk membersihkan gel berlendir (*pulp*) yang menyelimuti biji tomat. *Pulp* yang menyelimuti biji mengandung zat penghambat pertumbuhan sehingga dapat memengaruhi mutu benih. Uji perkecambahan di laboratorium dan pengujian di lapangan dilakukan untuk mengetahui perbedaan pengaruh ekstraksi dengan air hangat (60 °C), NaOCl, HCl, dan H₂SO₄ pada viabilitas dan vigor benih, serta pertumbuhan dan produktivitas tanaman tomat keriting Varietas Mawar. Persentase infeksi patogen (%), daya kecambah (%), laju perkecambahan (hari), indeks kecepatan perkecambahan (IKP), keserempakan tumbuh benih (%), dan kecepatan tumbuh benih (%) diamati selama 14 hari pada uji perkecambahan. Sementara itu, persentase tumbuh benih (%), tinggi tanaman (cm), kandungan klorofil daun (spektrofotometer), berat kering tanaman (g), umur berbunga (hari), umur panen (hari), berat buah per tanaman (g), dan jumlah buah per tanaman diamati pada uji di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan ekstraksi hanya memengaruhi tahap perkecambahan benih. Air hangat (60 °C) sebagai bahan ekstraksi mampu menghilangkan *pulp* tanpa merusak kulit benih serta melindungi benih dari infeksi patogen, sehingga viabilitas dan vigor benih tetap terjaga. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rerata daya berkecambah yang lebih tinggi, tingkat infeksi patogen yang lebih rendah, dan kecepatan tumbuh benih yang lebih baik dibandingkan NaOCl, HCl, dan H₂SO₄. Namun, semua bahan ekstraksi memberikan perbedaan yang tidak nyata terhadap laju perkecambahan, indeks kecepatan perkecambahan, maupun keserempakan tumbuh benih. Informasi ini dapat menjadi dasar dalam memproduksi benih tomat bermutu secara mandiri.

Kata kunci : HCl, H₂SO₄, Mutu benih, NaOCl, Perkecambahan.

ABSTRACT

Seed Viability and Vigor as well as Growth of Curly Tomato under Wet Extraction uniformity. Wet extraction is one way to clean the slimy gel (*pulp*) that covers tomato seeds. The pulp contains growth-inhibiting substances that can affect seed quality. Laboratory germination tests and field evaluations were conducted to determine differences in the effects of extraction using warm water (60 °C), NaOCl, HCl, and H₂SO₄ on seed viability and vigor, as well as on the growth and yield of curly tomato (*Solanum lycopersicum*) cv. Mawar. Pathogen infection percentage (%), germination percentage (%), germination rate (days), germination speed index (GSI), seedling emergence uniformity (%), and seedling growth rate (%) were observed for 14 days during the germination test. Meanwhile, emergence rate (%), crop height (cm), chlorophyll concentration (spectrophotometric method), dry biomass (g), flowering time (days), harvest time (days), fruit yield per plant (g), and fruit number per plant were observed during field testing. The study revealed that extraction treatments affected only the seed germination stage. Warm water (60 °C) as an extraction agent, through its mechanism, was able to remove the pulp without damaging the seed coat and to protect seeds from pathogen infection, thereby maintaining seed viability and vigor. This was indicated by a higher mean germination percentage and better mean values of pathogen infection and seedling growth rate compared with NaOCl, HCl, and H₂SO₄. However, all extraction materials showed no significant differences in germination rate, germination speed index, and seedling emergence uniformity. This information serves as a basis for independently producing high-quality tomato seeds.

Keywords : Germination, HCl, H₂SO₄, NaOCl, Seed quality.



1. PENDAHULUAN

Benih bermutu merupakan input dasar yang sangat menentukan produksi tanaman tomat. Benih bermutu akan memengaruhi perkembangan tanaman, mengurangi intensitas serangan hama dan penyakit, serta meningkatkan produksi tanaman. Mutu benih dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah teknik ekstraksi (Nemati *et al.*, 2010).

Ekstraksi dilakukan untuk membersihkan atau membuang gel/lendir (*pulp*) yang membungkus biji pada buah tomat. Gel (*pulp*) ini mengandung penghambat perkecambahan (Vishwanath, *et al.*, 2006), dan dapat menyebabkan cendawan atau jamur mudah tumbuh (Wiguna, 2013). Selain itu, pigmen likopen yang memberikan warna merah pada buah tomat termasuk dalam kelompok karotenoid dan prekursor asam absisat, yaitu fitohormon penghambat proses fisiologis tanaman (Zoran *et al.*, 2014).

Perendaman dalam air hangat merupakan salah satu cara ekstraksi yang dapat digunakan pada benih tomat (Wiguna, 2013). Namun, metode kimia lebih mudah dan lebih cepat untuk skala produksi yang besar dan dapat menghasilkan benih yang bebas penyakit (Degwale *et al.*, 2020; Nemati *et al.*, 2010; Vishwanath *et al.*, 2006).

Natrium hipoklorida (NaOCl) adalah salah satu senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan dalam teknik ekstraksi (Shakina *et al.*, 2024). Selain itu, NaOCl dapat digunakan sebagai desinfektan untuk patogen yang ditularkan benih, pengendalian hayati, endofit dan perkecambahan benih (Sutradhar *et al.*, 2021). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pra-perlakuan benih dengan NaOCl dapat memengaruhi viabilitas, perkecambahan dan menghilangkan dormansi benih pada beberapa spesies tanaman (Khan & Zia, 2007). Hal ini dikarenakan NaOCl dapat

meningkatkan permeabilitas kulit benih terhadap oksigen dan menghilangkan penghambat perkecambahan (Putri *et al.*, 2021; Sutradhar *et al.*, 2021). Akbari *et al.* (2012) melaporkan, perlakuan benih dengan NaOCl 2 – 4% menghasilkan persentase perkecambahan yang tertinggi dan meningkatkan pertumbuhan awal bibit tanaman padi. Selain itu, ekstraksi dengan NaOCl 9% mampu meningkatkan kemampuan berkecambah dan kekuatan tumbuh benih tomat (Purba *et al.*, 2018).

Asam kuat seperti HCl dan H₂SO₄ (asam sulfat) merupakan bahan ekstraksi lainnya yang mampu melunakkan kulit biji, sehingga mempermudah imbibisi selama proses perkecambahan dan mempercepat waktu berkecambah (Imansari & Haryanti, 2017; Kristiani *et al.*, 2024; Ramadhani *et al.*, 2015). Selain itu, kedua asam kuat ini juga dapat membunuh patogen (Pritpal & Arindam, 2022). Samarah *et al.* (2021) melaporkan, perlakuan benih tomat dengan HCl 2% selama 30 menit menghasilkan 100% tingkat desinfeksi benih dari *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV), serta meningkatkan kualitas benih tomat. Sementara itu, ekstraksi benih tomat dengan H₂SO₄ 5% menghasilkan persentase perkecambahan yang tertinggi (96,67%) (Shumbolo *et al.*, 2012).

Penelitian mengenai ekstraksi benih dengan metode kimia telah banyak dilakukan, namun informasi terkait perbedaan pengaruh NaOCl, HCl, H₂SO₄ dan air hangat 60 °C dalam mengekstraksi benih tomat pada uji perkecambahan dan pertumbuhan tanaman di lapangan masih terbatas. Oleh sebab itu, dilakukanlah penelitian untuk menganalisis perbedaan pengaruh ekstraksi antara NaOCl, HCl, H₂SO₄ dan air hangat terhadap mutu fisiologis benih, serta pertumbuhan dan produksi tanaman tomat keriting Varietas Mawar. Tomat keriting varietas Mawar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varietas lokal nonhibrida

(bersari bebas) yang mampu beradaptasi di dataran rendah maupun tinggi serta memiliki potensi hasil yang tinggi (Hikma, 2024). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan dalam upaya peningkatan produksi benih tomat bermutu secara berkelanjutan

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di *screen house* Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan pada periode Juni - September 2025.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan penelitian berupa buah tomat segar varietas Mawar, *polybag* (ukuran 10 kg), NaOCl, HCl, H₂SO₄, aquades steril, aseton, kertas saring, pasir, tali rafia, ajir, kertas label, plastik klip, kompos, pupuk kandang ayam, pupuk Urea, KCL, SP₃₆, Ca, dan fungisida Dithane M₄₅. Sedangkan alat yang digunakan adalah termometer, oven, timbangan, cangkul, nampan semai, gembor, spatula, *beaker glass*, mika plastik *thinwall* (1000 ml), pisau, kain kasa, ayakan/*mesh*, spektrofotometer, penggaris, alat tulis (buku dan pulpen), dan kamera.

2.3. Rancangan Penelitian

Uji perkecambahan disusun menurut rancangan acak lengkap (RAL), sedangkan uji lapangan dengan rancangan acak kelompok (RAK). Satu faktor perlakuan yaitu macam bahan ekstraksi yang digunakan di tiap pengujian terdiri atas: air hangat (P₁), NaOCl (P₂), HCl (P₃), dan H₂SO₄ (P₄). Masing-masing perlakuan pada uji perkecambahan diulang sebanyak lima kali, sedangkan pada uji lapangan diulang sebanyak enam kali dengan lima sampel percobaan di setiap unit perlakuan. Total terdapat 120 unit percobaan pada uji lapangan.

2.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Benih

Biji/benih diperoleh dari buah tomat keriting varietas Mawar yang segar dan telah mencapai kematangan fisiologis, ditandai dengan warna merah, kondisi buah sehat, serta tidak mengalami kerusakan. Buah tomat yang telah dipilih selanjutnya dibelah, kemudian bijinya dipisahkan dari daging buah menggunakan spatula.

Perlakuan Ekstraksi

Biji yang didapatkan selanjutnya diekstraksi dengan merendamnya ke dalam 100 ml air 60 °C, NaOCl 9 %, HCl 2 %, dan H₂SO₄ 5 % selama 60 menit. Selama perendaman dilakukan pengadukan untuk memudahkan pemisahan selaput lendir (*pulp*) dari biji. Setelah 60 menit, biji dicuci dengan air bersih, disaring dan dikering angin selama tiga hari di atas kain kasa.

Uji Perkecambahan

a. Persiapan Media Perkecambahan

Media perkecambahan berupa pasir yang dicuci dan dikeringkan, lalu disaring menggunakan ayakan (*mesh*). Selanjutnya, pasir diisikan ke dalam *thinwall* (kotak plastik untuk perkecambahan).

b. Perkecambahan

Benih tomat yang telah diekstraksi sesuai dengan masing-masing perlakuan, disusun di atas media perkecambahan dalam *thinwall*, lalu disimpan pada tempat dengan suhu ruang. Media perkecambahan selalu dijaga kelembabannya dengan menyemprotkan air apabila kering. Banyaknya benih yang dikecambahkan untuk masing-masing perlakuan ekstraksi di setiap ulangan berjumlah 50 benih.

Uji Lapangan

a. Persiapan media semai

Media semai yang digunakan terdiri atas campuran tanah dan kompos dengan

rasio 1:2. Kelembaban media dipertahankan dengan menyemprotkan air saat kondisi media mulai kering.

b. Penyemaian

Benih yang disemai pada uji lapangan ini adalah benih yang telah diberi perlakuan ekstraksi (kelompok benih yang sama pada uji perkecambahan). Sebelum disemai, benih terlebih dahulu direndam dalam air hangat selama 6 jam. Selanjutnya, benih tomat disusun pada *tray* semai dan ditutup tipis menggunakan media semai. Semaian selalu dijaga kelembabannya dengan menyemprotkan air jika media semai kering.

c. Persiapan media tanam

Media tanam yang digunakan berupa campuran tanah dan pupuk kandang ayam sebanyak 100 g/*polybag*. Selanjutnya, 10 kg media tanam yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam *polybag*.

d. Pindah tanam

Bibit dipindahkan pada media tanam dalam *polybag* yang disiapkan sebelumnya setelah berumur 21 hari. Masing-masing *polybag* ditanami dengan satu bibit tomat.

e. Pemeliharaan

Penyulaman

Penyulaman pada dua minggu setelah pindah tanam (MST) dilakukan dengan mengganti tanaman yang mati, tumbuh abnormal, atau terserang hama dan penyakit.

Penyiraman

Penyiraman secara rutin pada pagi dan sore dilakukan tiap hari dengan membasahi seluruh bagian tanaman dan media hingga lembab.

Pemupukan

Pupuk yang digunakan terdiri atas Urea sebanyak 0,8 g/*polybag*, KCl 0,4 g/*polybag*, dan SP36 0,4 g/*polybag*.

Aplikasi Urea dan KCl dilakukan dua tahap, yaitu $\frac{1}{3}$ dosis saat tanam dan $\frac{2}{3}$ dosis ketika tanaman berumur 2 MST. Sedangkan SP₃₆ diberikan sekaligus saat tanam. Selain itu, pupuk dasar berupa pupuk kandang ayam sebanyak 100 g/*polybag* diberikan satu minggu sebelum tanam.

Pemasangan ajir

Pemasangan ajir dilakukan setelah tanaman berumur 3 MST. Ajir yang digunakan berukuran 1 m dan ditancapkan sekitar 5-8 cm dari tanaman

Penyiangan gulma

Gulma yang tumbuh di sekitar tanaman dalam *polybag* disiangi secara manual.

Pembumbunan

Pembumbunan dilakukan saat tanaman mulai berumur 2 MST dengan menggemburkan tanah di sekitar pangkal batang secara hati-hati agar akar tanaman tidak rusak.

Pemangkasan

Pemangkasan dilakukan saat tanaman mulai berumur 3 MST menggunakan gunting, dengan cara memotong tunas yang tumbuh pada ketiak daun utama, daun yang menguning, serta cabang yang terserang organisme pengganggu tanaman (OPT). Pemangkasan juga dilakukan untuk membentuk dua cabang pada setiap tanaman.

Pengendalian OPT

Pengendalian dilakukan dengan menyemprotkan fungisida (Dithane M₄₅) sesuai dosis yang dianjurkan jika terdapat tanda-tanda serangan atau kerusakan.

f. Panen

Panen dilakukan saat buah telah menunjukkan level kematangan pink berdasarkan kriteria panen menurut Sanjaya (2019).

2.5 Pengamatan

Uji Perkecambahan

- a. Infeksi patogen
 Persentase infeksi patogen dihitung untuk mengetahui persentase benih terinfeksi patogen yang ditentukan pada hari ke-14 perkecambahan dengan menggunakan rumus:

$$IP = \frac{TP}{JS} \times 100\% \quad (1)$$

IP : Infeksi patogen
 TP: Jumlah benih yang terinfeksi
 JS : Jumlah sampel benih yang diuji

Benih yang terinfeksi patogen ditandai dengan adanya hifa yang tumbuh pada permukaan kulit benih (Mahmudi & Rachmawati, 2025).

- b. Daya Kecambah (%)
 Daya kecambah benih ditentukan pada hari perkecambahan yang ke-14 dengan rumus berdasarkan Šerá (2023):

$$DK = \frac{JK}{JC} \times 100\% \quad (2)$$

DK : Daya kecambah
 JK : Jumlah benih yang berkecambah
 JC : Jumlah sampel benih yang diuji

- c. Laju perkecambahan (hari)
 Perhitungan mulai dilakukan di hari pertama benih berkecambah hingga ke-14 berdasarkan rumus dari (Sadjad, 1993):

$$LP = \frac{N1T1+N2T2+\dots+N \times Tx}{JB} \quad (3)$$

LP : Laju perkecambahan
 N : Jumlah kecambah per satuan waktu
 T : Jumlah waktu antara awal sampai akhir pengujian pada interval waktu pengamatan tertentu
 JB : Jumlah benih yang berkecambah

- d. Indeks kecepatan perkecambahan (kecambah/hari)
 Indeks kecepatan perkecambahan (IKP) ditentukan pada hari pertama hingga hari ke-14 perkecambahan dengan menggunakan rumus menurut Copeland & McDonald (2001):

$$IKP = \frac{G1}{D1} + \frac{G2}{D2} + \dots + \frac{Gn}{Dn} \quad (4)$$

IKP : Indeks kecepatan perkecambahan
 G : Jumlah benih berkecambah pada hari tertentu
 D : Waktu yang bersesuaian dengan jumlah tersebut
 n : Jumlah hari pada perhitungan akhir pengamatan

- e. Kecerempakan tumbuh benih (%)



Keserempakan tumbuh benih perkecambahan yang perhitungannya ditentukan pada hari ke-14 mengikuti rumus (Sadjad, 1993):

$$KST = \frac{KK}{TB} \times 100\% \quad (5)$$

TB : Jumlah benih yang dianalisis

KST: Keserempakan tumbuh benih

KK : Jumlah kecambah normal kuat

Menurut Shaumiyah, (2014), kecambah normal kuat memiliki akar, hipokotil, plumula, dan kotiledon yang lengkap serta tumbuh lebih kuat dibandingkan rata-rata kecambah normal lainnya.

f. Kecepatan tumbuh benih (kecambah normal/hari)

Kecepatan tumbuh benih ditentukan pada hari ke-14 perkecambahan dengan rumus menurut (Sadjad, 1993):

$$KCT = \sum \left(\frac{d}{t} \right) \quad (6)$$

KCT: Kecepatan tumbuh benih

d : Jumlah kecambah yang normal

t : Jumlah hari berkecambah

Kecambah normal memiliki struktur lengkap dan berkembang sempurna yang meliputi akar, hipokotil, plumula, daun hijau, epikotil, kuncup normal, dan kotiledon (Shaumiyah, 2014).

Uji Lapangan

a. Persentase bibit tumbuh (%)

Persentase bibit tumbuh dihitung untuk mengetahui persentase bibit yang

tumbuh di lapangan setelah tiga minggu dipindah tanam dengan menggunakan rumus:

$$BT = \frac{JBT}{JBS} \times 100\% \quad (7)$$

BT : Persentase bibit tumbuh

JBT : Jumlah bibit tumbuh

JBS : Jumlah bibit yang di pindah tanam

b. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman umur 10, 20, dan 30 hari setelah tanam (HST) ditentukan dengan menggunakan penggaris mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh.

Kadar klorofil daun ditentukan dengan Spektrofotometer menggunakan metode Arnon (1949) . Nilai absorbansi ditentukan pada panjang gelombang 646 nm dan 663 nm. Selanjutnya, nilai klorofil total dihitung berdasarkan rumus:

c. Kadar klorofil total daun (mg/g)

$$\text{Klorofil Total (mg/g)} = (7,15 \times A663) + (18,71 \times A646) \quad (8)$$

A663 : Nilai absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

A646 : Nilai absorbansi pada panjang gelombang 646 nm

7,15 : Nilai konstanta absorbansi A663

18,71: Nilai konstanta absorbansi A646

d. Umur berbunga (hari)

Umur berbunga ditentukan pada hari pertama bunga mekar di setiap tanaman.

e. Umur panen (hari)

Parameter umur panen diukur pada hari pertama buah dapat dipanen di setiap tanaman. Kriteria panen saat buah tomat dengan level kematangan pink (Sanjaya, 2019).

f. Jumlah buah per tanaman (buah)

Perhitungannya didasarkan pada total buah yang berhasil dipanen selama masa produksi tanaman.

g. Berat buah per tanaman (g)

Berat buah per tanaman didapatkan dari hasil penimbangan seluruh buah yang dipanen.

h. Berat kering tajuk tanaman (g)

Pengukuran dilakukan pada akhir penelitian melalui penimbangan massa batang dan daun tanaman yang telah dioven selama 48 jam pada suhu 80 °C.

2.6 Analisis Data

Uji normalitas data menggunakan Shapiro–Wilk, dan untuk data yang tidak

berdistribusi normal dilakukan transformasi. Pengaruh perlakuan pada data berdistribusi normal dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada $\alpha = 0,05$ dan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Data yang tetap tidak berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji Kruskal–Wallis H serta uji lanjut Mann–Whitney U.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Uji Perkecambahan

Penggunaan berbagai bahan ekstraksi (air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄) memberikan pengaruh nyata terhadap infeksi patogen (IP), daya kecambah (DK), dan kecepatan tumbuh benih tomat (KCT). Namun, perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap laju perkecambahan (LP), indeks kecepatan perkecambahan (IKP), dan keserempakan tumbuh benih tomat (KST) (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh bahan ekstraksi terhadap infeksi patogen (%), daya kecambah (%), laju perkecambahan (hari), indeks kecepatan perkecambahan (kecambah/hari), keserempakan tumbuh benih (%), dan kecepatan tumbuh benih (kecambah normal/hari).

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	F _{hitung}					
		IP	DK	LP	IKP	KST	KCT
Jenis Ekstraksi	3	14,090*	9,967*	0,560 ^{tn}	1,344 ^{tn}	1,634 ^{tn}	4,895*
Galat	19	28,2	71,3	0,108	36,830	165,9	9,888
F _{tabel}		3,24					

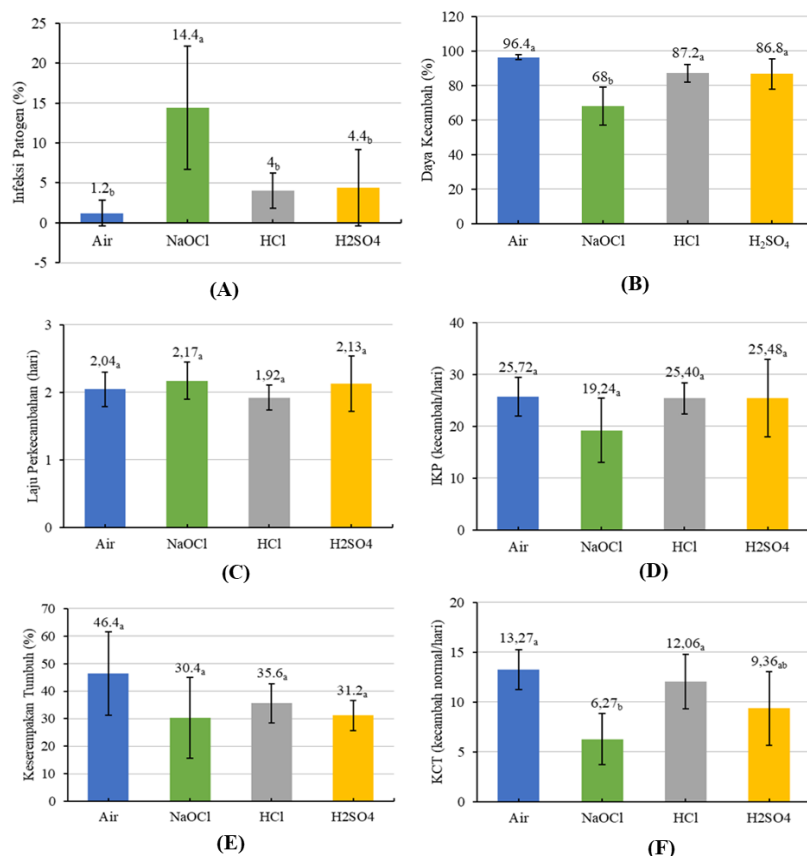
Keterangan:

*/tn = berpengaruh nyata/tidak nyata menurut ANOVA pada $\alpha=0,05$; IP = infeksi patogen; DK= daya kecambah; LP = laju perkecambahan; IKP = indeks kecepatan perkecambahan; KST = keserempakan tumbuh benih; KCT = kecepatan tumbuh benih. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk

a) Infeksi Patogen (%)

Penggunaan empat jenis bahan ekstraksi (air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄) menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap infeksi patogen pada benih tomat (Gambar 1(A)). Persentase infeksi patogen tertinggi sebesar 14,4%

ditemukan pada perlakuan ekstraksi menggunakan NaOCl. Sebaliknya, benih tomat yang diekstraksi dengan air hangat hanya mengalami infeksi patogen sebesar 1,2% dan berbeda tidak nyata dibandingkan ekstraksi menggunakan HCl maupun H₂SO₄.



Gambar 1. Perbedaan (A) infeksi patogen, (B) daya kecambah, (C) laju perkecambahan, (D) indeks kecepatan perkecambahan (IKP), (E) keserempakan tumbuh, dan (F) kecepatan tumbuh benih (KCT) tomat pada empat bahan ekstraksi.

Keterangan:

Nilai dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut DMRT pada $\alpha = 0,05$. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk.

b) Daya kecambah

Terdapat perbedaan yang nyata pada daya kecambah benih tomat keriting yang diekstraksi dengan air hangat, NaOCl, HCl dan H₂SO₄ (Gambar 1(B)). Gambar 1 (B), menunjukkan bahwa daya kecambah terbesar dengan rata-rata 96,4% terdapat pada benih tomat yang diekstraksi menggunakan air hangat, namun berbeda tidak nyata dengan HCl dan H₂SO₄. Sebaliknya, daya kecambah terendah dengan rata-rata 68% terdapat pada benih yang diekstraksi menggunakan NaOCl dan berbeda nyata dibandingkan air hangat, HCl dan H₂SO₄.

c) Laju perkecambahan (hari)

Ekstraksi dengan air hangat, NaOCl, HCl, maupun H₂SO₄ menghasilkan laju perkecambahan benih yang berbeda tidak nyata (Gambar 1 (C)). Walaupun berbeda tidak nyata, ekstraksi dengan NaOCl menghasilkan rata-rata laju perkecambahan 2,17 hari dan terbesar dibandingkan lainnya. Sebaliknya, laju perkecambahan yang terendah dengan rata-rata 1,92 hari terdapat pada benih yang diekstraksi menggunakan HCl.

d. Indeks kecepatan perkecambahan (kecambah/hari)

Penggunaan air hangat, NaOCl, HCl dan H₂SO₄ dalam mengekstraksi benih tomat memberikan perbedaan yang tidak nyata terhadap indeks kecepatan perkecambahan (Gambar 1(D)).

e. Keserempakan tumbuh benih (%)

Terdapat perbedaan yang tidak nyata pada keserempakan tumbuh benih tomat dengan empat bahan ekstraksi (Gambar 1(E)). Walaupun terdapat perbedaan yang tidak nyata, namun ekstraksi dengan air

hangat memberikan rerata persentase keserempakan tumbuh benih yang terbesar, yaitu 46,4% dibandingkan lainnya. Sementara itu, persentase keserempakan tumbuh benih yang terendah, yaitu 30,4% didapatkan pada ekstraksi dengan NaOCl.

f. Kecepatan tumbuh benih (kecambah normal/hari)

Kecepatan tumbuh pada benih tomat menunjukkan perbedaan yang nyata (KCT) pada ekstraksi menggunakan air hangat, NaOCl, HCl dan H₂SO₄ (Gambar 1(F)). Ekstraksi dengan air hangat memberikan kecepatan tumbuh yang tertinggi, yaitu 13,27 kecambah normal/hari, dan berbeda nyata dengan NaOCl. Sebaliknya, ekstraksi dengan air hangat berbeda tidak nyata dengan HCl dan H₂SO₄ (Gambar 1(F)). Sementara itu, kecepatan tumbuh benih terendah yaitu 6,27 kecambah normal/hari ditunjukkan pada ekstraksi menggunakan NaOCl yang berbeda tidak nyata dengan H₂SO₄.

Uji Lapangan

Pengaruh ekstraksi benih terhadap pertumbuhan tanaman tomat varietas Mawar di lapangan terlihat pada tinggi tanaman (cm), kandungan klorofil daun (mg/g), umur berbunga (hari), umur panen (hari), jumlah buah per tanaman (buah), berat buah per tanaman (g), dan berat kering tajuk tanaman (g). Ekstraksi benih dengan air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄ terhadap semua variabel pertumbuhan, hasil, dan komponen hasil tanaman tomat di lapangan pengaruhnya tidak nyata seperti yang terdapat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Pengaruh bahan ekstraksi terhadap tinggi tanaman (cm), kandungan klorofil daun (mg/g), umur berbunga (hari), umur panen (hari), jumlah buah per tanaman (buah), berat buah per tanaman (g), dan berat kering tajuk tanaman (g) menurut ANOVA $\alpha = 0,05$.

Variabel	F hitung $\alpha = 0,05$	F tabel $\alpha = 0,05$
Tinggi tanaman 10 HST	0,836 ^{tn}	
Tinggi tanaman 20 HST	1,620 ^{tn}	
Tinggi tanaman 30 HST	1,580 ^{tn}	
Kandungan klorofil daun (mg/g)	0,042 ^{tn}	
Umur berbunga (hari)	0,822 ^{tn}	3,29
Umur panen (hari)	2,024 ^{tn}	
Jumlah buah per tanaman (buah)	1,113 ^{tn}	
Berat buah per tanaman (g)	0,917 ^{tn}	
Berat kering tajuk tanaman (g)	1,012 ^{tn}	

Keterangan:

*/tn = berpengaruh nyata/tidak nyata pada $\alpha = 0,05$;

HST = hari setelah tanam; kandungan klorofil daun; umur berbunga; umur panen; jumlah buah per tanaman; berat buah per tanaman; berat kering tajuk tanaman.

Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk.

Tabel 3. Pengaruh jenis ekstraksi terhadap persentase bibit tumbuh (%) menurut uji Kruskal-Wallis H.

Persentase Bibit Tumbuh (%)	
Total	24
Kruskal-Wallis H	7,232
Derajat bebas	3
<i>P</i> value	0,065 ^{tn}

Keterangan:

*/tn = berpengaruh nyata/tidak nyata berdasarkan uji Kruskal-Wallis H pada $\alpha = 0,05$; *P* value < 0,05 = pengaruh nyata; *P* value > 0,05 = pengaruh tidak nyata. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk.

- a. Persentase bibit tumbuh (%) perbedaan yang tidak nyata antara Saat di lapangan, persentase bibit ekstraksi benih dengan air hangat, NaOCl, tomat yang tumbuh menunjukkan HCl, dan H₂SO₄ (Tabel 3.).

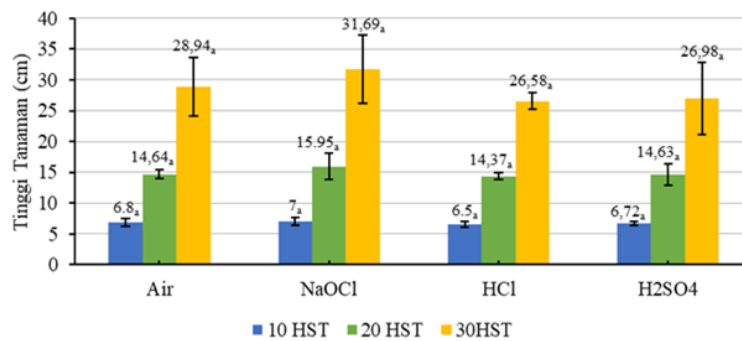
Tabel 4. Perbedaan persentase bibit (%) pada empat bahan ekstraksi menurut uji *Mann-Whitney*.

Bahan ekstraksi	Persentase bibit tumbuh (%)
Air	96,667a
NaOCl	100a
HCl	100a
H ₂ SO ₄	73,333a

Keterangan:

Angka dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji *Mann-Whitney* pada $\alpha = 0,05$. Uji normalitas data dengan *Shapiro-wilk*.

- b. Tinggi tanaman (cm) tanaman di lapangan umur 10, 20, dan 30 hari setelah pindah tanam (HST) (Gambar 2).
Ekstraksi benih tomat dengan empat bahan yang berbeda juga memberikan perbedaan yang tidak nyata pada tinggi



Gambar 2. Perbedaan tinggi tanaman pada empat bahan ekstraksi.

Keterangan:

Nilai dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata menurut DMRT pada $\alpha = 0,05$; Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk; normalitas data tinggi tanaman 30 HST menggunakan metode Yates.

Walaupun terdapat perbedaan yang tidak nyata, ekstraksi dengan NaOCl menghasilkan tanaman yang rata-rata lebih tinggi saat 10, 20, dan 30 HST dibandingkan lainnya. Sementara itu, ekstraksi dengan HCl cenderung menghasilkan tanaman yang lebih pendek (Gambar 2).

c. Kandungan klorofil daun (mg/g)

Air hangat, NaOCl, HCl dan H₂SO₄ sebagai bahan ekstraksi menunjukkan perbedaan kandungan klorofil daun yang tidak nyata. Namun, ekstraksi dengan HCl cenderung menghasilkan kandungan klorofil yang tertinggi, yaitu 39,65 mg/g. Sebaliknya, kandungan klorofil yang cenderung terendah ditemukan pada ekstraksi benih dengan air hangat (37,15 mg/g) (Gambar 3 (A)).

d. Umur berbunga (hari)

Perbedaan yang tidak nyata ditunjukkan pada umur berbunga tanaman yang benihnya diekstraksi dengan air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄ (Gambar 9.). Namun, tanaman tomat yang benihnya diekstraksi dengan NaOCl cenderung lebih cepat berbunga dibandingkan lainnya, yaitu sekitar 34 hari. Sementara itu, umur berbunga yang lebih lama ditemukan pada tanaman tomat yang

benihnya diekstraksi dengan HCl (36,3 hari) (Gambar 3 (B)).

e) Umur panen (hari)

Benih tanaman tomat yang diekstraksi dengan empat bahan yang berbeda menunjukkan umur panen yang berbeda tidak nyata (Gambar 10.). Walaupun berbeda tidak nyata, tanaman tomat yang benihnya diekstraksi dengan NaOCl, umur panennya cenderung lebih cepat, yaitu sekitar 83 hari. Sedangkan, umur panen yang lama ditemukan pada tanaman tomat yang diekstraksi menggunakan H₂SO₄ (97 hari) (Gambar 3 (C)).

f) Jumlah buah per tanaman (buah)

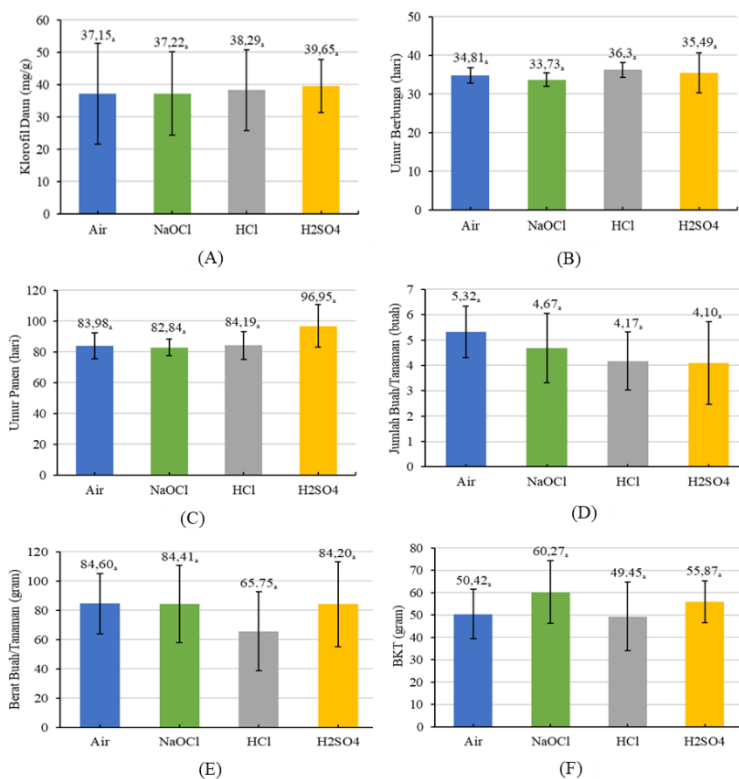
Jumlah buah per tanaman menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada benih yang diekstraksi dengan empat bahan yang berbeda (Gambar 3 (D)). Ekstraksi benih dengan air hangat, menghasilkan tanaman yang cenderung berbuah lebih banyak, yaitu sekitar lima buah. Sebaliknya, rata-rata buah paling sedikit dihasilkan pada ekstraksi menggunakan H₂SO₄ (sekitar 4 buah) (Gambar 3 (D)).

g) Berat buah per tanaman (g)

Ekstraksi benih dengan air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄ menghasilkan berat buah tomat per tanaman yang berbeda tidak nyata (Gambar 3 (E)). Ekstraksi dengan air hangat menghasilkan berat buah per tanaman yang cenderung lebih besar, yaitu 84,60 g. Sementara itu, berat buah per tanaman yang terkecil, yaitu 65,75 g ditemukan pada ekstraksi dengan HCl (Gambar 3(E)).

h) Berat kering tajuk tanaman (g)

Perbedaan tidak nyata ditunjukkan pada berat kering tajuk tanaman, dengan ekstraksi menggunakan air hangat, NaOCl, HCl, dan H₂SO₄ (Gambar 3 (F)). NaOCl sebagai pengekstraksi menghasilkan berat kering tajuk tanaman 60,27 g dan terbesar dibandingkan lainnya. Sebaliknya, berat kering tajuk terkecil yaitu 49,45 g ditemukan pada ekstraksi dengan HCl (Gambar 3 (F)).



Gambar 3. Perbedaan kandungan klorofil daun (A), umur berbunga (B), umur panen (C), jumlah buah/tanaman (D), berat buah/tanaman, dan berat kering tanaman (BKT) (E) pada empat bahan ekstraksi

Keterangan:

Nilai dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut DMRT pada $\alpha = 0,05$; Uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk dan normalitas data menggunakan metode Yates.

3.2. Pembahasan

Uji Perkecambahan

a. Infeksi Patogen (%)

Ekstraksi pada benih tomat tidak hanya untuk memisahkan benih dari *pulp* yang menyelimuti benih, tetapi juga menentukan tingkat infeksi patogen pada benih. Pemilihan metode dan bahan-bahan ekstraksi yang tepat akan efektif

mengurangi keberadaan patogen, menjaga viabilitas dan vigor benih, serta meningkatkan sanitasi benih. Sebaliknya, metode ekstraksi yang tidak tepat menyebabkan meluasnya epidemi penyakit pada biji (Raval *et al.*, 2016).

Ekstraksi benih menggunakan air dengan suhu 60 °C tidak hanya efektif membersihkan *pulp* yang menyelimuti biji tomat tapi juga menekan infeksi patogen pada benih. Menurut Duriat *et al.* (2007), pencucian benih dengan air hangat bersuhu sekitar 55 °C efektif membersihkan sebagian kotoran, residu, serta patogen yang mungkin terbawa pada benih. Divsalar *et al.* (2014) juga menambahkan bahwa perlakuan air panas memiliki potensi besar dalam pengendalian patogen benih

Penggunaan senyawa asam kuat, seperti HCl dan H₂SO₄ juga dapat membunuh patogen di kulit biji. Kedua bahan kimia ini sering digunakan untuk ekstraksi biji tomat (Pritpal & Arindam, 2022). Degwale *et al.* (2020) melaporkan bahwa *mycoflora* tidak terdeteksi pada biji tomat yang diekstraksi dengan perendaman dalam HCl 2% selama 60 menit. Biji yang diekstraksi dengan HCl dan H₂SO₄, permukaan kulitnya lebih bersih dan tidak lembab, sehingga patogen tidak mudah menempel pada kulit benih.

Sementara itu, menurut Shah *et al.* (2018), H₂SO₄ dan HCl adalah agen skarifikasi kimiawi yang efektif dalam melunakkan atau memodifikasi lapisan pada kulit benih, dan dapat mengikis permukaan benih. Namun, kemampuan kedua senyawa asam ini dalam melunakkan lapisan pada kulit benih, di sisi lain juga akan memudahkan patogen menembus dan menginfeksi benih.

Selain HCl dan H₂SO₄, NaOCl dengan konsentrasi yang tepat dapat membersihkan lendir dan *pulp* pada permukaan benih atau biji tomat yang dapat menghambat perkecambahan. Namun, penggunaannya sebagai

ekstraktor kurang optimal. *Pulp* pada permukaan kulit biji masih tersisa, sehingga patogen dapat tumbuh dan berkembang. NaOCl merupakan opsi universal untuk sterilisasi permukaan dan kinerjanya akan lebih optimal jika diikuti dengan penggunaan etanol (Ndakidemi *et al.*, 2013) atau alkohol (Zahra *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NaOCl sebagai ekstraktor benih lebih efektif jika dikombinasikan dengan bahan lain seperti etanol atau alkohol dibandingkan aplikasi secara tunggal. Berdasarkan uraian-uraian tersebut, maka air hangat paling efektif dalam menekan infeksi patogen pada benih dibandingkan NaOCl, HCl dan H₂SO₄. Hal ini dikarenakan air hangat dapat menghilangkan kotoran, residu, dan patogen terbawa pada benih, serta tidak menyebabkan terkikisnya kulit benih.

b. Daya kecambah (%)

Tingginya infeksi patogen menyebabkan rendahnya daya kecambah benih. Semakin tinggi persentase daya kecambah menandakan viabilitas yang baik. Sebaliknya, semakin rendah persentase daya kecambah maka viabilitas yang dimiliki benih juga rendah (Šerá, 2023). Selain itu, keberadaan senyawa-senyawa tertentu dalam benih, seperti asam lemak bebas turut menjadi faktor utama yang menyebabkan kerusakan membran sel sehingga menurunkan viabilitas benih dan vigornya (Basra *et al.*, 2004; Shahein *et al.*, 2022). Asam lemak bebas dalam benih umumnya dihasilkan pada suhu yang relatif rendah (Ananda *et al.*, 2016). Ekstraksi menggunakan air dengan suhu yang relatif tinggi (60 °C) diduga dapat menstabilkan asam lemak bebas pada benih.

Ekstraksi benih tomat dengan air hangat 60 °C, HCl 2% dan H₂SO₄ 5% mampu menghasilkan benih bermutu dengan daya kecambah di atas 80 %. Berdasarkan SNI No. 01-7008-2004,

benih tomat yang berkualitas daya kecambahnya minimal 80 % (Wiguna, 2013). Ketiga bahan ekstraksi dalam pengujian ini mampu membersihkan *pulp* pada permukaan benih sehingga dapat mencegah infeksi patogen. Selain itu, jika *pulp* yang mengandung senyawa penghambat (inhibitor) perkecambahan dapat dihilangkan maka benih dapat berkecambah dengan baik. Ananda *et al.*, (2016) menambahkan bahwa HCl dan H₂SO₄ dengan sifat asamnya menjadikan kulit benih lebih permeabel, air lebih mudah diserap, benih menjadi lebih lunak, yang akhirnya benih lebih mudah berkecambah.

Sementara itu, infeksi patogen yang tinggi pada benih yang diekstraksi dengan NaOCl menjadi salah satu penyebab rendahnya daya kecambah. Sejalan dengan hasil penelitian Shakina *et al.* (2024), NaOCl sebagai bahan ekstraksi kurang efektif menghilangkan *pulp* atau lendir di sekitar biji tomat sehingga menghambat perkecambahan.

Tingginya kemampuan benih untuk berkecambah menyebabkan singkatnya waktu yang dibutuhkan benih untuk berkecambah, meningkatnya indeks kecepatan perkecambahan, keserempakan dan kecepatan tumbuh benih.

c. Laju perkecambahan (hari)

Laju perkecambahan benih digunakan untuk menentukan rata-rata lama waktu perkecambahan benih. Menurut Fatikhasari *et al.* (2022) laju perkecambahan (LP) mencerminkan kecepatan benih dalam berkecambah selama kurun waktu yang telah ditentukan. Semakin kecil nilai laju perkecambahan, semakin singkat waktu yang diperlukan benih untuk berkecambah. Sebaliknya, semakin besar nilainya, semakin lama proses perkecambahan berlangsung (Šerā, 2023).

HCl sebagai bahan ekstraksi mampu membersihkan selaput lendir pada benih

serta membuat kulit benih lebih mudah menyerap air untuk memulai perkecambahan. Kemampuan imbibisi benih dan perkembangan embrio menuju proses perkecambahan berperan dalam menentukan waktu yang diperlukan radikula maupun plumula muncul (Ramadhani *et al.*, 2015). Menurut Imansari & Haryanti (2017), HCl mempercepat proses perkecambahan benih melalui kemampuannya dalam memutus ikatan hidrogen pada komponen-komponen penyusun dinding sel, sehingga strukturnya berubah. Sebagai akibatnya, dinding sel mengalami pelonggaran dan berkurangnya tekanan turgor, sehingga melunakkan kulit biji.

Sementara itu, kemampuan air hangat yang dapat menstabilkan asam lemak bebas dalam benih, menyebabkan laju perkecambahan benih berlangsung dengan baik. Basra *et al.* (2004) menyatakan bahwa air hangat dengan suhu 60 °C dapat menurunkan kandungan asam lemak bebas serta memperbaiki kondisi membran benih setelah rehidrasi. Kandungan asam lemak bebas sendiri banyak digunakan sebagai indikator mutu benih (Wan *et al.*, 1998).

H₂SO₄ juga dapat menghilangkan *pulp* yang menyelimuti permukaan biji tomat. Selain itu, komponen asam dalam H₂SO₄ dapat mengurangi kekerasan kulit benih, sehingga air lebih mudah terabsorpsi dan perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat (Kristiani *et al.*, 2024).

Sebagai bahan ekstraksi, kandungan klorida pada NaOCl mampu menghilangkan zat penghambat perkecambahan pada lapisan *pulp* biji tomat, sehingga daya kecambah meningkat (Purba *et al.*, 2018).

Cepatnya waktu yang dibutuhkan benih untuk berkecambah selanjutnya akan meningkatkan indeks kecepatan perkecambahan dan menghasilkan kecambah normal yang lebih banyak.

Penggunaan HCl sebagai bahan ekstraksi pada benih tomat mampu menghasilkan laju perkecambahan yang cenderung lebih singkat dibandingkan ketiga bahan ekstraksi lainnya.

d. Indeks kecepatan perkecambahan

Indeks kecepatan perkecambahan digunakan untuk mengukur jumlah kecambah per hari, yang menunjukkan persentase perkecambahan dan kecepatan perkecambahan benih. Selain dapat menghilangkan selaput lendir (*pulp*), keempat bahan ekstraksi juga memiliki mekanisme tertentu dalam memengaruhi viabilitas benih.

Air hangat dengan suhu 60 °C selain menghilangkan *pulp* juga dapat menurunkan asam lemak bebas pada benih dan memperbaiki membran setelah rehidrasi (Basma *et al.*, 2004). HCl dan H₂SO₄ dapat memperlunak kulit biji, sehingga mempermudah masuknya air dalam benih untuk mengawali proses perkecambahan (Imansari & Haryanti, 2017; Kristiani *et al.*, 2024). Sementara itu, klorida yang terkandung dalam NaOCl dapat menghilangkan penghambat perkecambahan pada *pulp*, sehingga daya berkecambah benih meningkat. Mekanisme yang dimiliki oleh masing-masing bahan ekstraksi pada akhirnya akan mempercepat waktu berkecambah benih, dan selanjutnya meningkatkan kecepatan tumbuh benih.

f. Kecerempakan tumbuh benih

Benih yang mampu tumbuh dengan cepat dan seragam menandakan kuatnya vigor benih. Lesilolo *et al.* (2018) menyatakan bahwa, keserempakan tumbuh benih dapat digunakan sebagai indikator vigor benih yang menggambarkan kemampuannya untuk berkecambah secara cepat, serempak, dan membentuk kecambah normal pada berbagai kondisi lapangan. Banyaknya jumlah kecambah normal pada setiap

periode perkecambahan dipengaruhi antara lain oleh kondisi fisik benih, seperti adanya luka yang menyebabkan benih tidak dapat tumbuh (Kolo & Tefa, 2016). Air hangat (60 °C) sebagai bahan ekstraksi dapat membersihkan selaput lendir (*pulp*) dan dapat mencegah kerusakan benih, sehingga kecambah normal yang tumbuh lebih banyak.

e. Kecepatan tumbuh benih

Vigor benih dapat diindikasikan melalui kecepatan tumbuhnya. Kecepatan tumbuh yang tinggi nilainya menandakan lebih banyak benih berkecambah secara normal.

Ekstraksi dengan air hangat dapat menghasilkan benih tomat yang lebih vigor. Sebaliknya, mekanisme NaOCl sebagai bahan ekstraksi, tidak sepenuhnya mampu membersihkan *pulp* di sekitar biji, sehingga kondisi di sekitar biji relatif lembab (kandungan air relatif tinggi pada benih). Tingginya kandungan air pada benih akan meningkatkan aktivitas enzim dan laju respirasi sehingga cadangan energi dalam benih berkurang sebelum perkecambahan (Choudhury & Bordolui, 2023). Selanjutnya, metabolisme perkecambahan benih terhambat karena kurangnya energi untuk sintesis protein pada pembentukan dan pertumbuhan sel-sel baru. Keadaan ini menyebabkan pertumbuhan kecambah menjadi abnormal, atau benih tidak dapat berkecambah (Ruliyansyah, 2011).

Uji Lapangan

Ekstraksi basah dengan larutan asam seperti HCl dan H₂SO₄, NaOCl, serta air hangat 60 °C banyak diterapkan untuk menghilangkan lapisan lendir, sisa jaringan buah, dan menekan keberadaan patogen yang terbawa benih. Perlakuan tersebut dapat memengaruhi viabilitas dan vigor benih yang ditunjukkan oleh variabel perkecambahan, namun tidak

memengaruhi secara nyata pada pertumbuhan tanaman di lapangan. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Widiarti *et al.* (2017) bahwa penggunaan HCl dalam proses ekstraksi benih tomat menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman di lapangan.

Pengaruh ekstraksi basah umumnya hanya pada fase awal benih melalui pembersihan lendir dan peningkatan mutu fisiologis, tanpa mengubah potensi genetik tanaman. Setelah perkecambahan, pertumbuhan tanaman lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan praktik budidaya. Menurut Sadjad (1993), mutu benih berperan besar pada fase awal pertumbuhan, namun pengaruhnya terhadap performa tanaman akan menurun dengan bertambahnya umur tanaman, kecuali pada kondisi cekaman berat. Afandiyah & Purnamaningsih (2020) juga menambahkan bahwa selain perlakuan benih, kualitas benih juga sangat dipengaruhi oleh genotipenya yang akan menentukan kemampuan dalam merespons kondisi lingkungan serta potensi produksi.

4. KESIMPULAN

Ekstraksi basah menggunakan air 60 °C lebih efektif dalam meningkatkan viabilitas benih, dengan rerata perkecambahan benih yang lebih tinggi dibandingkan NaOCl 9%, HCl 2%, dan H₂SO₄ 5%, meskipun seluruh perlakuan tidak berbeda nyata pada laju dan indeks kecepatan perkecambahan. Ekstraksi dengan air 60 °C juga lebih efektif dalam meningkatkan vigor benih tomat yang terlihat dari rendahnya infeksi patogen dan tingginya kecepatan tumbuh, tetapi tidak berbeda nyata terhadap keserempakan tumbuh benih. Ekstraksi basah dengan air 60 °C, NaOCl, HCl 2%, dan H₂SO₄ 5% hanya memengaruhi tahap

perkecambahan benih, sedangkan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman di lapangan pengaruhnya tidak nyata.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan terima kasih disampaikan kepada Universitas Borneo Tarakan, khususnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LP2M) atas dukungan pendanaannya dalam pelaksanaan Riset Dasar ini sesuai dengan Keputusan Rektor Universitas Borneo Tarakan No. 123/UN51/KPT/HTL/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandiyah, G., & Purnamaningsih, S. L. (2020). Pengaruh metode ekstraksi terhadap viabilitas dan vigor benih cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 5(1), 9–16. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2020.005.1.2>
- Akbari, Mohsen; Akbari, Mohamamd; Akbari, Davood; Sajedi, Nour, A. (2012). Influence of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) variety Tarum. *Research on Crops*, 13(1), 11–15. <https://www.researchgate.net/>
- Ananda, D. N. P., Raka, I. G. N., & Mayadewi, N. N. A. (2016). Uji efektivitas teknik ekstraksi dan dry heat treatment terhadap kesehatan bibit tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 5(1), 30–39. <https://www.academia.edu/67293612/>
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in

- isolated chloroplast. polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., & Ahmad, R. (2004). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. *Seed Science and Technology*, 32(3), 765–774. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.3.12>
- Choudhury, A., & Bordolui, S. K. (2023). Concept of seed deterioration: reason factors, changes during deterioration and preventive measures to overcome seed degradation. *American International Journal of Agricultural Studies*, 7(1), 41–56. DOI: <https://doi.org/10.46545/aijas.v7i1.291>
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology* (4th ed.). Springer US. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>
- Degwale, A., Tesfa, T., & Meseret, B. (2020). Effect of seed extraction methods of tomato on physiological quality of seeds and seedlings. *Research Square*, 1–10. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs33074/v1>
- Divsalar, M., Shakeri, M., & Khandan, A. (2014). Study on thermotherapy treatment effects on seed germination and vigor of tomato cultivars. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(6), 799–809. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2014/8466>
- Duriat, A. S., Gunaeni, N., & Wulandari, A. W. (2007). *Penyakit Penting Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang Bandung. <https://agrowamp.com>
- Fatikhasari, Z., Lailaty, I. Q., Sartika, D., & Ubaidi, M. A. (2022). Viabilitas dan vigor benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), dan jagung (*Zea mays* L.) pada temperatur dan tekanan osmotik berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 7–17. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.7>
- Hikma, N. (2024). Evaluasi pertumbuhan dan daya hasil galur tomat genrasi F4 hasil persilangan Mawar x Chung dan Karina Mawar = Evaluation of growth and yield of genrasi F4 tomato lines resulting from Crossing Mawar x Chung and Karina Mawar. [Skripsi] Universitas Hasanudin. <https://repository.unhas.ac.id>
- Imansari, F., & Haryanti, S. (2017). Pengaruh konsentrasi HCl terhadap laju perkecambahan biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 2(2), 187. DOI: <https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.187-192>
- Khan, M Ajmal; Zia, S. (2007). Alleviation of salinity effects by sodium hypochlorite on seed germination of *Limonium stocksii*. *Pakistan Journal of Biotany*, 39(2), 503–511. <https://www.halophyte.org>
- Kolo, E., & Tefa, A. (2016). Pengaruh kondisi simpan terhadap viabilitas dan vigor benih tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Savana Cendana*, 1(03), 112–115. DOI:

<https://doi.org/10.32938/sc.v1i03.57>

- Kristiani, P., Ritawati, S., Eiffelt, J., & Rohmawati, I. (2024). Effect of long soaking of Gibberellin and H₂SO₄ concentration level on germination of *Manila sapodilla* seeds (*Manilkara zapota* (L.) Van Royen). *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4), 458–465. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7802>
- Lesilolo, M. ., Riry, J., & Matatula, E. . (2018). Pengujian viabilitas dan vigor benih beberapa jenis tanaman yang beredar di pasaran Kota Ambon. *Agrologia*, 2(1). DOI: <https://doi.org/10.30598/a.v2i1.272>
- Mahmudi, Z., & Rachmawati, R. (2025). Efektivitas seed coating dengan *Trichoderma* sp. untuk mengendalikan Penyakit rebah kecambah (*Sclerotium rolfsii*) pada benih cabai rawit (*Capsicum futescens* L.). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 13(2), 67–81. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2025.013.2.1>
- Ndakidemi, C. F., Mneney, E., & Ndakidemi, P. A. (2013). Development of sanitation protocol for leaf explants of *B. huillensis* for in vitro culture. *American Journal of Plant Sciences*, 04(12), 2425–2430. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.412301>
- Nemati, H., Nazdar, T., Azizi, M., & Arouiee, H. (2010). The effect of seed extraction methods on seed quality of two cultivar's tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13(17), 814–820. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2010.814.820>
- Pritpal, & Arindam. (2022). Seed extraction methods in tomato. *The Pharma Innovation Journal*, 11(17), 369–372. <https://www.thepharmajournal.com>
- Purba, D., Purbajanti, E. D., & Karno, K. (2018). Perkecambahan dan pertumbuhan benih tomat (*Solanum lycopersicum*) akibat perlakuan berbagai dosis NaOCl dan metode pengeringan. *Journal of Agro Complex*, 2(1), 68. DOI: <https://doi.org/10.14710/joac.2.1.68-78>
- Putri, A. A., Budiman, Kalsum, U., & Miska, M. E. E. (2021). Pengaruh perlakuan pematangan dormansi terhadap kemampuan perkecambahan benih aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 5(2), 147–159. DOI: <https://doi.org/10.35760/jpp.2021.v5i2.5284>
- Ramadhani, Syahri; Haryati, Haryati; Ginting, J. (2015). Pengaruh Perlakuan pematangan dormansi secara kimia terhadap viabilitas benih Delima (*Punica granatum* L.). *Journal Agroekoteknologi*, 3(2), 590–594. <https://www.neliti.com>
- Raval, A., Sasidharan, N., & Rao, K. (2016). Effect of Seed Extraction Procedures on Seed Quality Parameters in Tomato. *Advances in Life Sciences*, 5(20), 9020–9024. <https://www.researchgate.net/profile>
- Ruliyansyah, A. (2011). Peningkatan performansi benih kacang dengan perlakuan invigorasi. *Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 1(1), 13. DOI: <https://doi.org/10.26418/plt.v1i1.26>
- Sadjad, S. (1993). *Dari benih kepada*



- benih. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Samarah, N., Sulaiman, A., Salem, N. M., & Turina, M. (2021). Disinfection treatments eliminated tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds. *European Journal of Plant Pathology*, 159(1), 153–162. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02151-1>
- Sanjaya, S. (2019). Penerapan learning vector quantization pada pengelompokan tingkat kematangan buah tomat berdasarkan warna buah. *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 5(2), 49. DOI: <https://doi.org/10.24014/coreit.v5i2.8199>
- Šera, B. (2023). Methodological contribution on seed germination and seedling initial growth tests in wild plants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2), 13164. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha51213164>
- Shah, F. A., Ni, J., Chen, J., Wang, Q., Liu, W., Chen, X., Tang, C., Fu, S., & Wu, L. (2018). Proanthocyanidins in seed coat tegmen and endospermic cap inhibit seed germination in *Sapium sebiferum*. *PeerJ*, 6, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4690>
- Shahein, A., Shalaby, N., & Mahmoud, B. (2022). Effect of storage period and condition on cotton seed viability and its chemical composition. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 27(3), 582–591. DOI: <https://doi.org/10.21608/jalexu.2022.161397.1080>
- Shakina, V. D., Nuraini, A., & Nurbaity, A. (2024). Response of tomato seed germination to several extraction techniques and magnetic field exposure treatments. *Kultivasi*, 23(1), 8–13. DOI: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v23i1.44455>
- Shaumiyah, F. (2014). Pengaruh Pengeringan terhadap kualitas benih kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) [Skripsi] Universitas Brawijaya. <https://repository.ub.ac.id>
- Shumbolo, A., Gidago, G., & Handiso, S. (2012). Participatory evaluation of seed treatment techniques to improve seed quality and yield in tomato (*Lycopersicum esculentum*) at Wolaita Zone, Southern Ethiopia. *Food Science and Quality Management*, 7, 32–39.
- Sutradhar, M., Samanta, S., Singh, B. K., Ali, M. N., & Mandal, N. (2021). The effect of sodium hypochlorite (NaOCl) and heat treatments on seed germination of rice: An approach to restore seed viability. *Journal of Experimental Agriculture International*, 43(5), 49–53. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2021/v43i530689>
- Vishwanath, K.; Rajasekhar, B.S.; Kalappa, V.P.; Muniyappa, V.; Adivayppar, N. (2006). Influence of seed extraction methods on seed quality in leaf curl resistant tomato varieties. *Journal of Asian Horticulture*, 2, 250–254. <https://www.researchgate.net/publication/200153375>.
- Wan, P., Pakarinen, D., & Wakelyn, P. (1998). Concerns for the determination of free fatty acid in cottonseed. *JAOCs*, 75(10), 1321–1324. <http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal>
- Widiarti, W., Wulandari, E., & Rahardjo, P. (2017). Responsn vigor benih dan

- pertumbuhan awal tanaman tomat terhadap konsentrasi dan lama perendaman asam klorida (HCl). *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 14(2), 151–160. DOI: <https://doi.org/10.32528/agr.v14i2.429>
- Wiguna, G. (2013). Perbaikan viabilitas dan kualitas fisik benih tomat melalui pengaturan lama fermentasi dan penggunaan NaOCl pada saat pencucian benih. *Mediagro*, 2(2), 68–76. <https://www.neliti.com>
- Zahra, F. N., Purnawati, A., & Nirwanto, H. (2022). Pengaruh jenis desinfektan terhadap infeksi cendawan pada benih jagung (*Zea mays*) pemasukan dari beberapa daerah. *AGRIenvi*, 16(1), 21–25.
- Zoran, I. S., Kapoulas, N., & Šunić, L. (2014). Tomato fruit quality from organic and conventional production. In *Organic Agriculture Towards Sustainability* (pp. 147–169). InTech. DOI: <https://doi.org/10.5772/58239>