PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN EKOENZIM TERHADAP PEMATAHAN DORMANSI BENIH PEPAYA (*Carica papaya* L.)

Miranda Ovani Damanik [1)] , Lince Romauli Panataria[2*)], Agnes Imelda Manurung[2]

[1]Mahasiswa Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Methodist Indonesia.
[2]Dosen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Methodist Indonesia.

E-mail: lince.panataria@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman ekoenzim terhadap pematahan dormansi benih Pepaya (*Carica papaya* L.). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial Penelitian ini menggunakan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama adalah konsentrasi Ekoenzim (E) terdiri dari 3 taraf: E_1= Ekoenzim 5 ml/l air, E_2 = Ekoenzim 10 ml/l air dan E_3 = Ekoenzim 15 ml/l air. Faktor kedua adalah lama perendaman (L) terdiri dari 4 taraf: L_1 = 15 menit, L_2 = 30 menit, L_3 = 45 menit dan L_4 = 60 menit. Analisis data menggunakan analisis sidik ragam dan uji BNJ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Ekoenzim berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah, keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun. Konsentrasi terbaik Ekoenzim terhadap pematahan dormansi benih papaya adalah 10 ml/l air. Lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah, keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun. Lama perendaman terbaik terhadap pematahan dormansi benih papaya adalah 60 menit. Interaksi konsentrasi Ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks kecepatan berkecambah dan lama perkecambahan, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor, keserempakan tumbuh, tinggi tanaman dan jumlah daun. Pematahan dormansi benih papaya terbaik diperoleh pada kombinasi perlakuan E_2L_4.

Kata kunci : Ekoenzim*, lama perendaman, benih pepaya*

1 PENDAHULUAN

Tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman buah tropis yang tumbuh baik di daerah yang hangat dengan curah hujan yang cukup, serta tanah yang gembur dan kaya akan nutrisi. Pepaya merupakan tanaman hortikultura komoditas buah-buahan wilayah tropis, sehingga cepat menyebar di seluruh Indonesia. Buah pepaya diawali dari bunga yang berada pada ketiak daun dengan morfologi awal bulat berwarna hijau, tetapi akan berubah menjadi kuning sesuai dengan fase tingkat kematangan buah tersebut. Pohon pepaya memiliki batang yang berongga lurus tidak berkayu, daun pepaya bertulang menjari dan berwarna hijau tua (Afrilia *et al*., 2025).

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai

ekonomi tinggi dan peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan serta kesehatan masyarakat. Selain memiliki nilai ekonomi, pepaya juga memiliki kandungan gizi yang tinggi. Satu buah pepaya ukuran sedang (kurang lebih 280 gram) mengandung 188 mg vitamin C dan 500 kilo joule kalori. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2024), produksi buah pepaya di Indonesia mengalami tren peningkatan dalam lima tahun terakhir. Pada tahun 2019, produksi pepaya nasional tercatat sebesar 840,211 ton, dan meningkat secara signifikan hingga mencapai 1,238,692 ton pada tahun 2023. Peningkatan ini menunjukkan adanya pertumbuhan sebesar 43,6% dalam kurun waktu lima tahun. Meskipun demikian, produktivitas pepaya di Indonesia masih menghadapi tantangan seperti fluktuasi hasil panen di berbagai daerah yang dipengaruhi oleh faktor iklim, teknik budidaya, ketersediaan lahan, dan kendala pada tahap awal pertumbuhan, khususnya yang berkaitan dengan dormansi benih (Muslimin *et al*., 2025).

Peningkatan produksi pepaya harus diawali dengan penyediaan benih yang bermutu, terjangkau dan tersedia dalam jumlah yang cukup. Pepaya merupakan tanaman monokotil yang hanya dapat dikembangkan dengan biji, sehingga diperlukan benih yang bermutu guna menunjang produksi yang baik dilapangan. Mutu benih tersebut meliputi mutu genetik, fisologis, dan fisik. Disisi lain biji pepaya memiliki masa dormansi hingga 12-15 hari. Hal ini disebabkan karena adanya aril dan senyawa fenolik dalam aril benih.Konsumsi oksigen yang tinggi oleh senyawa fenolik pada kulit benih selama proses perkecambahan dapat membatasi suplai oksigen ke dalam embrio, dan dapat membentuk lapisan yang mengganggu permeabilitas benih, serta menghambat efektifitas masuknya zat-zat stimulasi perkecambahan sehingga benih menjadi dorman (Setiawan *et al.*, 2021).

Dormansi merupakan kondisi dimana benih hidup tidak dapat berkecambah sampai akhir pengamatan kecambah walaupun faktor lingkungan optimum untuk perkecambahannya. Dormansi tersebut menyebabkan benih yang dibudidayakan secara generatif memiliki waktu perkecambahan yang lama yaitu sekitar 4–6 minggu dengan tidak adanya perlakuan ekstraksi benih. Sifat dormansi benih dapat dipatahkan melalui perlakuan pematahan dormansi. Perlakuan pematahan dormansi adalah istilah yang digunakan untuk proses atau kondisi yang diberikan untuk mempercepat perkecambahan benih. Perlakuan pematahan dormansi dapat dilakukan melalui skarifikasi secara mekanik, kimia, dan biologi maupun stratifikasi (Wulandari dan Mar'Atussholihah, 2022).

Salah satu bahan yang berpotensi digunakan dalam pematahan dormansi adalah ekoenzim. Ekoenzim merupakan bahan organik komposit yang terdiri atas asam organik, protein dan garam mineral yang dihasilkan dari fermentasi limbah sayuran, buah buahan atau kulit buah, gula dan air (Wulandari*et al*., 2023).

Cairan ekoenzim mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk enzim (seperti amilase, protease, lipase), asam organik, serta mikroorganisme menguntungkan. Proses fermentasi menghasilkan enzim yang mampu mengurai senyawa penghambat perkecambahan pada benih, seperti fenol atau asam absisat. Selain itu, kandungan asam organic seperti asam asetat dan asam sitrat dalam ekoenzim dapat melunakkan lapisan kulit benih, sehingga mempermudah penyerapan air dan mempercepat proses perkecambahan (Wulan *et al*., 2024).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zirrazaq *et al,.* (2022) mengevaluasi pengaruh konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap perkecambahan benih. Dengan perlakuan yang digunakan terdiri atas variasi konsentrasi ekoenzim (0, 10, 20, dan 30 ml/L) serta lama perendaman (6, 12, dan 24 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama perendaman benih dalam ekoenzim dapat meningkatkan presentase perkecambahan, panjang radikula, panjang plumula, indeks vigor dan berat kering perkecambahan benih secara konsisten. Peningkatan tertinggi pada setiap parameter pengamatan terdapat pada konsentrasi ekoenzim 20 ml/l dan lama perendaman 12 jam, namun sebaliknya, perlakuan dengan konsentrasi 30 ml/L dan lama perendaman 24 jam cenderung menurunkan hasil perkecambahan. Hal ini disebabkan laju transport zat aktif tergolong linier sampai batas waktu tertentu. Semakin lama waktu perendaman maka akan mengalami penurunan dikarenakan keberadaan karbon dioksida melimpah. Lama perendaman benih akan mempengaruhi proses dalam perkecambahan. Hal ini terlihat pada peningkatan presentase perkecambahan, panjang radikula dan pajang plumula dari lama perendaman dari 0 sampai 12 jam kemudian mengalami hambatan pada perendaman 24 jam.

Penggunaan ekoenzim sebagai biostimulan dalam perkecambahan benih memiliki beberapa keunggulan. Pertama, bahan baku yang digunakan murah dan mudah diperoleh karena berasal dari limbah buah seperti kulit jeruk, pisang, dan nanas. Kedua, proses pembuatannya sederhana dan ramah lingkungan karena memanfaatkan bahan alami tanpa bahan kimia sintetis. Ketiga, selain meningkatkan persentase perkecambahan, ekoenzim juga mendukung pertumbuhan awal benih, termasuk panjang akar dan tunas, sehingga dapat menjadi alternatif penguat benih yang efektif (Kuswardani *et al*., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian dengan judul **"**Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Ekoenzim terhadap Pematahan Dormansi Benih Pepaya (*Carica papaya* L.)**"**

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih, Universitas Methodist Indonesia, Tanjung Sari, Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan, dengan ketinggian ±32 m dpl, pada bulan November hingga selesai. Bahan yang digunakan meliputi benih pepaya (*Carica papaya* L.), eco-enzyme, tanah topsoil, pupuk kandang ayam, dan air. Alat yang digunakan antara lain pipet tetes, gelas beaker, dan baby polybag.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi eco-enzyme, yaitu 5, 10, dan 15 ml/L air. Faktor kedua adalah lama perendaman, yaitu 15, 30, 45, dan 60 menit. Kombinasi kedua faktor menghasilkan 12 perlakuan dengan 10 ulangan.

Benih pepaya diseleksi berdasarkan kondisi fisik, kematangan fisiologis buah, dan viabilitas benih. Benih terpilih direndam dalam larutan eco-enzyme sesuai kombinasi perlakuan, kemudian dikeringanginkan. Media tanam disiapkan dari campuran tanah topsoil dan pupuk kandang ayam dengan perbandingan 1:1. Benih ditanam pada baby polybag sedalam 2 cm, kemudian dilakukan penyiraman dua kali sehari

dan penyiangan secara manual sesuai kebutuhan.

Parameter pengamatan meliputi daya berkecambah (%), potensi tumbuh maksimum (%), indeks vigor (%), indeks kecepatan perkecambahan, keserempakan tumbuh (%), lama perkecambahan (hari), tinggi tanaman (cm), dan jumlah daun (helai). Pengamatan perkecambahan dilakukan hingga hari ke-10, sedangkan tinggi tanaman dan jumlah daun diamati mulai 10 hari setelah tanam dengan interval tiga hari hingga 30 hari setelah tanam.

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) berdasarkan model RAL faktorial untuk mengetahui pengaruh konsentrasi eco-enzyme, lama perendaman, dan interaksi keduanya. Apabila terdapat pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Daya berkecambah (%)

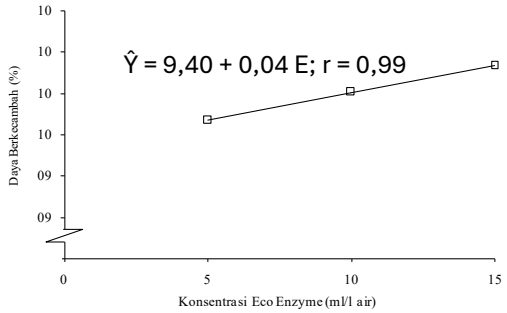
Data daya berkecambah benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 1, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 3. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman, serta interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah benih pepaya. Tabel 1 disajikan rataan daya berkecambah benih pepaya akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

Tabel 1. Rataan Daya Berkecambah (%) Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

Perlakuan	Daya Berkecambah (%)
E_1	9,60 c
E_2	9,81 b
E_3	10,00 a
$BNJ_{0,05}$	0,14
L_1	9,36 c
L_2	9,81 b
L_3	10,02 a
L_4	10,02 a
$BNJ_{0,05}$	0,15
E_1L_1	8,97 c
E_1L_2	9,39 b
E_1L_3	10,02 a
E_1L_4	10,02 a
E_2L_1	9,18 bc
E_2L_2	10,02 a
E_2L_3	10,02 a
E_2L_4	10,02 a
E_3L_1	9,92 a
E_3L_2	10,02 a
E_3L_3	10,02 a
E_3L_4	10,02 a
$BNJ_{0,05}$	0,35

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

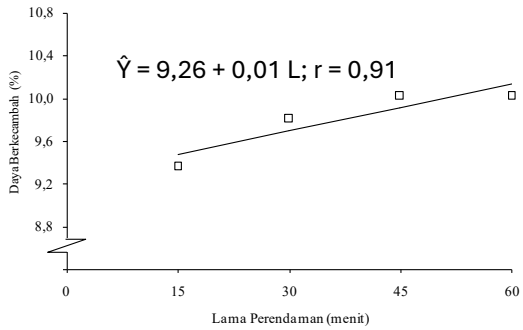
Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, daya berkecambah benih tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1 dan E_2. Daya berkecambah benih pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap daya berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Daya Berkecambah Benih Pepaya

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim, maka daya berkecambah benih pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat meningkatkan daya berkecambah benih pepaya sebesar 0,2 %.

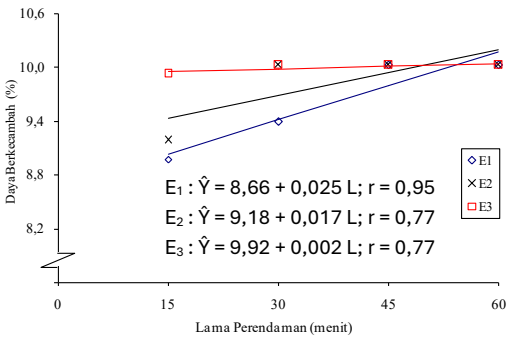
Tabel 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, daya berkecambah benih tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1 dan L_2, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_3. Daya berkecambah pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Daya berkecambah pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap daya berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Daya Berkecambah Benih Pepaya

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka daya berkecambah benih semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningkatkan daya berkecambah benih sebesar 0,15 %.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap daya berkecambah benih pepaya. Daya berkecambah benih pepaya tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_3, E_1L_4, E_3L_2, E_2L_3, E_2L_4, E_3L_2, E_3L_3 dan E_3L_4 yaitu sebesar 10,02 % berbeda nyata dengan E_1L_1, E_1L_2 dan E_2L_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_3L_1. Daya berkecambah benih pepaya terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 8,97 %. Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap daya berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman terhadap Daya Kecambah Benih Pepaya.

Gambar 3 menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi ekoenzim yang semakin tinggi dan lama perendaman yang semakin lama dapat meningkatkan daya berkecambah benih. Penggunaan

konsentrasi ekoenzim 10 ml/l air dengan lama perendaman 60 menit menghasilkan daya berkecambah benih papaya tertinggi.

4.1.2 Potensi tumbuh maksimum (%)

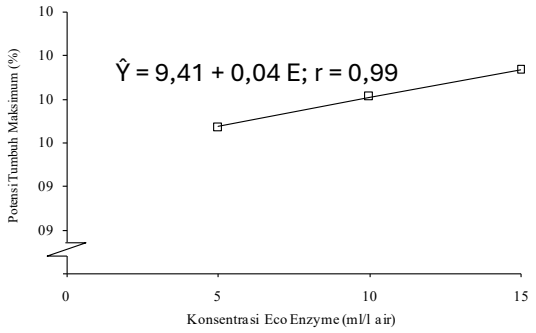
Data potensi tumbuh maksimum benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 4, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 6. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap potensi tumbuh maksimum benih papaya. Interaksi antar kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap potensi tumbuh maksimum benih. Tabel 2 disajikan rataan potensi tumbuh maksimum benih pepaya akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

Tabel 2. Rataan Potensi Tumbuh Maksimum (%) Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

Perlakuan	Potensi Tumbuh Maksimum (%)
E_1	9,60c
E_2	9,81b
E_3	10,00a
$BNJ_{0,05}$	0,14
L_1	9,36c
L_2	9,81b
L_3	10,02a
L_4	10,02a
$BNJ_{0,05}$	0,15
E_1L_1	8,97c
E_1L_2	9,39bc
E_1L_3	10,02a
E_1L_4	10,02a
E_2L_1	9,18c
E_2L_2	10,02a
E_2L_3	10,02a
E_2L_4	10,02a
E_3L_1	9,92ab
E_3L_2	10,02a
E_3L_3	10,02a
E_3L_4	10,02a
$BNJ_{0,05}$	0,35

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, potensi tumbuh maksimum benih tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1 dan E_2. Potensi tumbuh maksimum benih pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap potensi tumbuh maksimum benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 4.

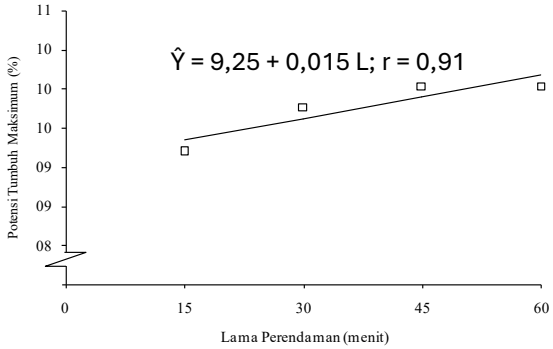


Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Potensi tumbuh maksimum Benih Pepaya

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim, maka potensi tumbuh maksimum benih pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih pepaya sebesar 0,20 %.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, potensi tumbuh maksimum benih

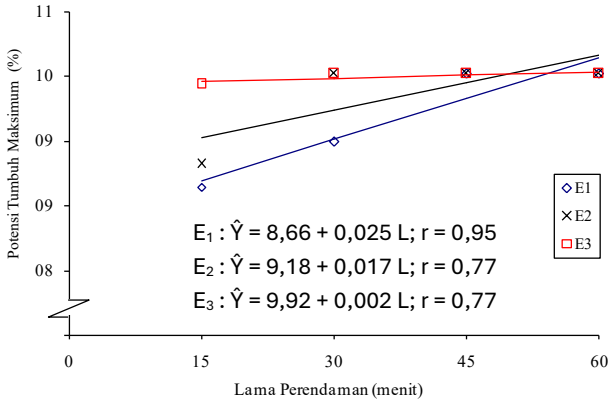
tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1 dan L_2, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_3. Potensi tumbuh maksimum pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Potensi tumbuh maksimum pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap potensi tumbuh maksimum benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Potensi Tumbuh Maksimum Benih Pepaya

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka potensi tumbuh maksimum benih semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih sebesar 0,23 %.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap potensi tumbuh maksimum benih pepaya. Potensi tumbuh maksimum benih tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_3, E_1L_4, E_2L_2, E_2L_3, E_2L_4, E_3L_2, E_3L_3 dan E_3L_4 yaitu sebesar 10,02 % berbeda nyata dengan E_1L_1, E_1L_2 dan E_2L_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_3L_1. Daya berkecambah benih pepaya terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 8,97 %. Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap potensi tumbuh maksimum benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman terhadap Potensi Tumbuh Maksimum Kecambah Benih Pepaya.

Gambar 6 menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi ekoenzim yang semakin tinggi dan lama perendaman yang semakin lama dapat meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih. Penggunaan konsentrasi ekoenzim 10 ml/l air dengan lama perendaman 60 menit menghasilkan potensi tumbuh maksimum benih tertinggi.

Indeks vigor (%)

Data indeks vigor benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 7, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 9. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap indeks vigor benih papaya, sedangkan interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor benih pepaya. Tabel 3 disajikan rataan indeks vigor benih pepaya akibat

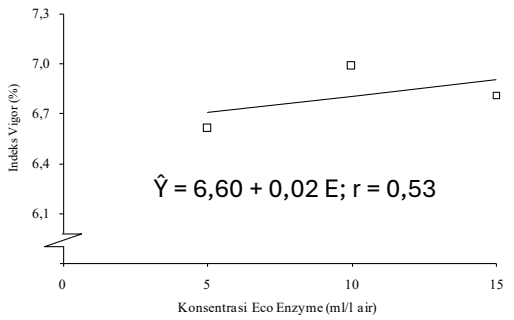
perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

Tabel 3. Rataan Indeks Vigor (%) Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

Perlakuan	Indeks Vigor (%)
E_1	6,61c
E_2	6,99a
E_3	6,81b
$BNJ_{0,05}$	0,13
L_1	6,25d
L_2	6,62c
L_3	7,07b
L_4	7,27a
$BNJ_{0,05}$	0,14
E_1L_1	6,04
E_1L_2	6,41
E_1L_3	6,89
E_1L_4	7,10
E_2L_1	6,48
E_2L_2	6,81
E_2L_3	7,24
E_2L_4	7,42
E_3L_1	6,23
E_3L_2	6,63
E_3L_3	7,09
E_3L_4	7,28
$BNJ_{0,05}$	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

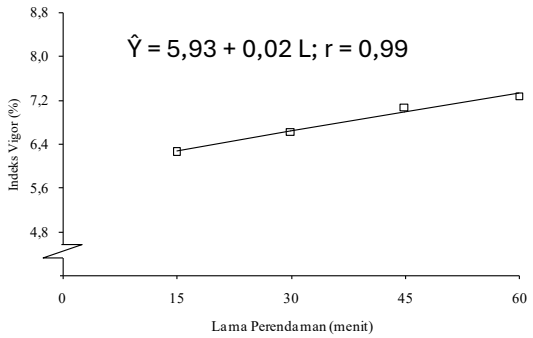
Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, indeks vigor benih tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_2. Indeks vigor benih pada perlakuan E_2 berbeda tidak nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap indeks vigor benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Konsentrasi ekoenzim terhadap Indeks Vigor Benih Pepaya

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim, maka indeks vigor benih pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat meningkatkan indeks vigor benih pepaya sebesar 0,1 %.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, indeks vigor benih tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1, L_2 dan L_3. Indeks vigor pada perlakuan L_3 berbeda tidak nyata dengan L_1 dan L_2. Indeks vigor pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap indeks vigor benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 8 yang menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka indeks vigor benih semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningkatkan indeks vigor benih sebesar 0,30 %.



Gambar 8. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Indeks Vigor Benih Pepaya

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor benih pepaya. Indeks vigor benih tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_3L_4 yaitu sebesar 7,28 %, sedangkan terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 6,04 %.

Indeks kecepatan berkecambah (%)

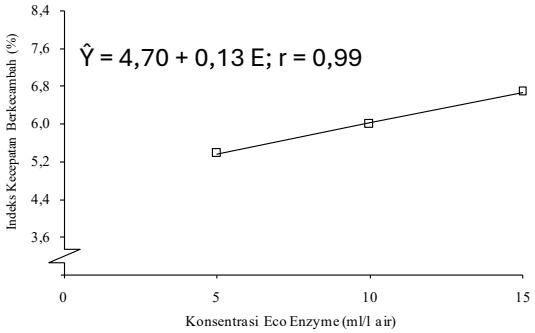
Data indeks kecepatan berkecambah benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 10, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 12. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman, serta interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap indeks kecepatan berkecambah benih pepaya. Tabel 4 disajikan rataan indeks kecepatan berkecambah benih pepaya akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

Tabel 4. Rataan Indeks Kecepatan Berkecambah Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

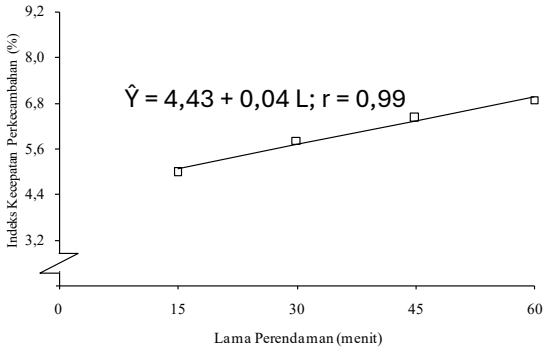
Perlakuan	Indeks Kecepatan Berkecambah
E_1	5,37c
E_2	5,99b
E_3	6,68a
$BNJ_{0,05}$	0,31
L_1	4,96d
L_2	5,81c
L_3	6,40b
L_4	6,88a
$BNJ_{0,05}$	0,32
E_1L_1	4,21d
E_1L_2	4,92d
E_1L_3	6,09bc
E_1L_4	6,26bc
E_2L_1	4,87d
E_2L_2	6,11bc
E_2L_3	6,42bc
E_2L_4	6,58bc
E_3L_1	5,82c
E_3L_2	6,40bc
E_3L_3	6,68b
E_3L_4	7,80a
$BNJ_{0,05}$	0,77

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, indeks kecepatan berkecambah benih tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1 dan E_2. Indeks kecepatan berkecambah benih pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap indeks kecepatan berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Indeks Kecepatan Berkecambah Benih Pepaya



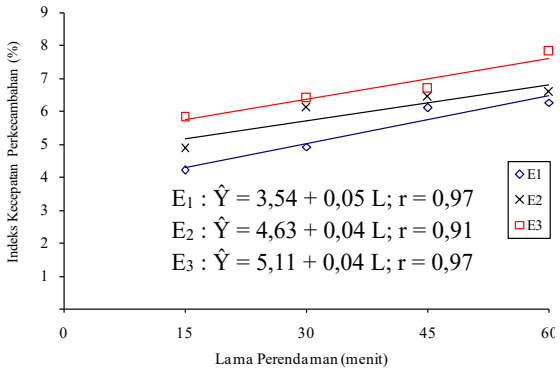
Gambar 10. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Indeks kecepatan berkecambah Benih Pepaya

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim, maka indeks kecepatan berkecambah benih pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat meningkatkan indeks kecepatan berkecambah benih pepaya sebesar 0,65 %.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, indeks kecepatan berkecambah benih papaya tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1, L_2 dan L_3. Indeks kecepatan berkecambah pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Indeks kecepatan berkecambah pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap indeks kecepatan berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka indeks kecepatan berkecambah benih semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningkatkan indeks kecepatan berkecambah benih sebesar 0,60 %.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap indeks kecepatan berkecambah benih. Indeks kecepatan berkecambah benih pepaya tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_3L_4 yaitu sebesar 7,80 % berbeda nyata dengan seluruh kombinasi perlakuan lainnya. Indeks kecepatan berkecambah benih pepaya terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 4,21. Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap indeks kecepatan berkecambah benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman terhadap Indeks Kecepatan Perkecambahan Benih Pepaya.

Gambar 11 menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi ekoenzim yang semakin tinggi dan lama perendaman yang semakin lama dapat meningkatkan indeks kecepatan berkecambah benih. Penggunaan konsentrasi ekoenzim 15 ml/l air dengan lama perendaman 60 menit menghasilkan indeks kecepatan berkecambah benih papaya tertinggi. Perendaman benih dalam larutan ekoenzim 15 ml/l air selama 45 menit memiliki indeks kecepatan berkecambah yang lebih tinggi dibandingkan perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 10 ml yang direndam selama 60 menit.

Keserempakan tumbuh (%)

Data keserempakan tumbuh benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 13, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 14. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman, berpengaruh nyata terhadap keserempakan tumbuh benih papaya, sedangkan interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap keserempakan tumbuh benih. Tabel 5 disajikan rataan keserempakan tumbuh benih pepaya akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

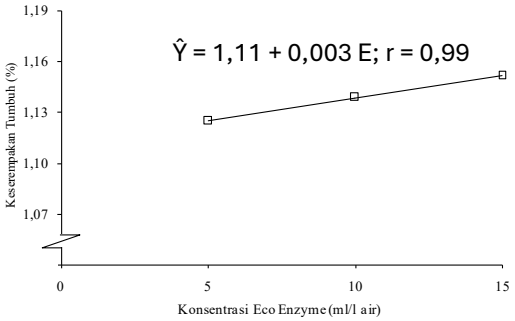
Tabel 5. Rataan Keserempakan Tumbuh (%) Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

Perlakuan	Keserempakan Tumbuh (%)
E_1	1,12b
E_2	1,14ab
E_3	1,15a
$BNJ_{0,05}$	0,009
L_1	1,11b
L_2	1,14a
L_3	1,15a
L_4	1,15a
$BNJ_{0,05}$	0,010
E_1L_1	1,08c
E_1L_2	1,11b
E_1L_3	1,15a
E_1L_4	1,15a
E_2L_1	1,10bc
E_2L_2	1,15a
E_2L_3	1,15a
E_2L_4	1,15a
E_3L_1	1,15a
E_3L_2	1,15a
E_3L_3	1,15a
E_3L_4	1,15a
$BNJ_{0,05}$	0,024

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

Tabel 5 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, keserempakan tumbuh benih tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_2. Keserempakan tumbuh benih pada perlakuan E_2 berbeda tidak nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi

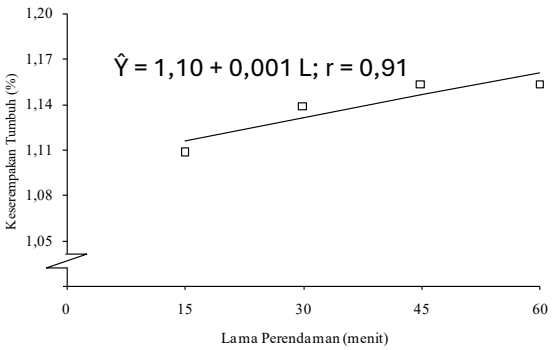
Ekoenzim terhadap keserempakan tumbuh benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Keserempakan Tumbuh Benih Pepaya

Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan konsentrasi ekoenzim, maka keserempakan tumbuh benih pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat meningkatkan keserempakan tumbuh benih pepaya sebesar 0,02 %.

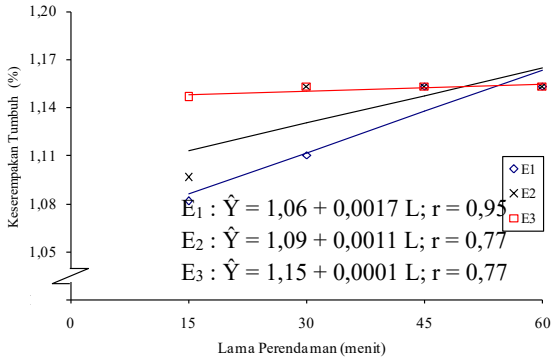
Tabel 5 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, keserempakan tumbuh benih tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1 tetapi berbeda tidak nyata dengan L_2 dan L_3. Keserempakan tumbuh benih pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_2. Keserempakan tumbuh benih pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap keserempakan tumbuh benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Keserempakan Tumbuh Benih Pepaya

Gambar 13 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka keserempakan tumbuh benih semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningkatkan keserempakan tumbuh benih sebesar 0,015 %.

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap keserempakan tumbuh benih pepaya. Keserempakan tumbuh benih tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_3, E_1L_4, E_2L_2, E_2L_3, E_2L_4, E_3L_1, E_3L_2, E_3L_3 dan E_3L_4 yaitu sebesar 1,15 % berbeda nyata dengan E_1L_1, E_1L_2 dan E_2L_1. Keserempakan tumbuh benih pepaya terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 1,08 %. Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap keserempakan tumbuh benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman terhadap Keserempakan Tumbuh Benih Pepaya.

Gambar 14 menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi ekoenzim yang semakin tinggi dan lama perendaman yang semakin lama dapat meningkatkan keserempakan tumbuh benih. Penggunaan konsentrasi ekoenzim 10 ml/l air dengan lama perendaman 60 menit menghasilkan keserempakan tumbuh benih tertinggi.

Lama perkecambahan (%)

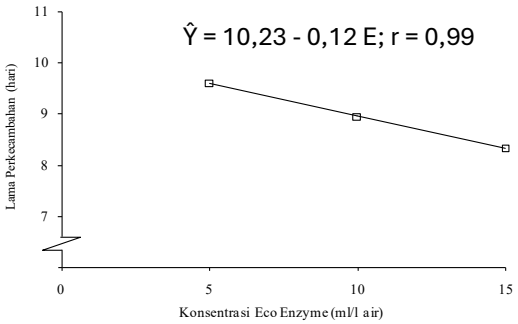
Data lama perkecambahan benih pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman disajikan pada Lampiran 15, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 16. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman, serta interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap lama perkecambahan benih pepaya. Tabel 6 disajikan rataan lama perkecambahan benih pepaya akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

Tabel 6. Rataan Lama Perkecambahan (hari) Benih Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman

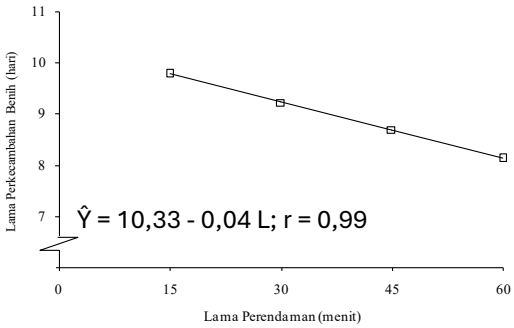
Perlakuan	Lama Perkecambahan (hari)
E_1	9,60 a
E_2	8,94 b
E_3	8,33 c
L_1	9,78 a
L_2	9,22 b
L_3	8,69 c
L_4	8,13 d
E_1L_1	10,50 a
E_1L_2	9,93 ab
E_1L_3	9,10 cde
E_1L_4	8,86 cde
E_2L_1	9,52 bc
E_2L_2	9,08 cde
E_2L_3	8,68 de
E_2L_4	8,46 de
E_3L_1	9,31 bcd
E_3L_2	8,64 de
E_3L_3	8,30 e
E_3L_4	7,08 f

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim, lama perkecambahan benih tercepat terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1 dan E_2. Lama perkecambahan benih pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap lama perkecambahan benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Lama Perkecambahan Benih Pepaya



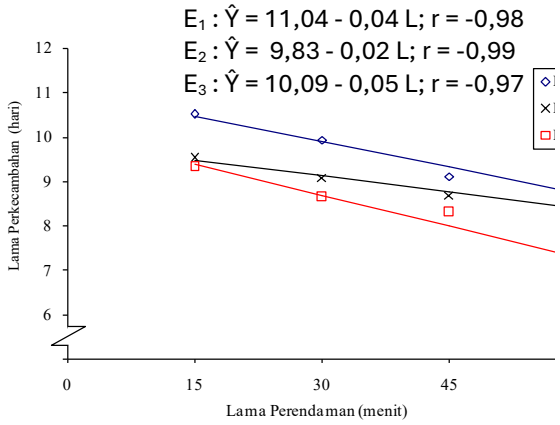
Gambar 16. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Lama Perkecambahan Benih Pepaya

Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan konsentrasi ekoenzim, maka lama perkecambahan benih pepaya semakin cepat mengikuti kurva regresi linier negatif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/l air dapat mempercepat proses perkecambahan benih pepaya sebesar 0,65 hari (15,6 jam).

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman, lama perkecambahan benih tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1, L_2 dan L_3. Lama perkecambahan pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Lama perkecambahan pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap lama perkecambahan benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 16.

Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka lama perkecambahan benih semakin cepat mengikuti kurva regresi linier negatif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat mempercepat perkecambahan benih sebesar 0,60 hari (14,4 jam).

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada perlakuan interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap lama perkecambahan benih. Lama perkecambahan benih pepaya tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_3L_4 yaitu sebesar 7,08 hari berbeda nyata dengan seluruh kombinasi perlakuan lainnya. Lama perkecambahan benih pepaya terlama terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 10,50 hari. Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap lama perkecambahan benih pepaya dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman terhadap Daya Kecambah Benih Pepaya.

Gambar 16 menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi ekoenzim yang semakin tinggi dan lama perendaman yang semakin lama dapat mempercepat perkecambahan benih. Penggunaan konsentrasi ekoenzim 15 ml/l air dengan lama perendaman 60 menit menghasilkan lama perkecambahan benih papaya tercepat.

4.1.7 Tinggi tanaman (cm)

Data tinggi tanaman pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman pada umur 10, 13, 16, 19, 22, 25 dan 28 HST disajikan pada Lampiran 17, 19, 21, 23, 25, 27 dan 29, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 18, 20, 22, 24, 26, 28 dan 30. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 13, 16, 19, 22, 25 dan 28 HST, tetapi berpengaruh tidak nyata pada umur 10 HST. Perlakuan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada semua umur pengamatan. Interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman pada semua umur pengamatan. Tabel 7 disajikan rataan tinggi tanaman benih pepaya pada umur 10, 15, 20, 25 dan 30 MST akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

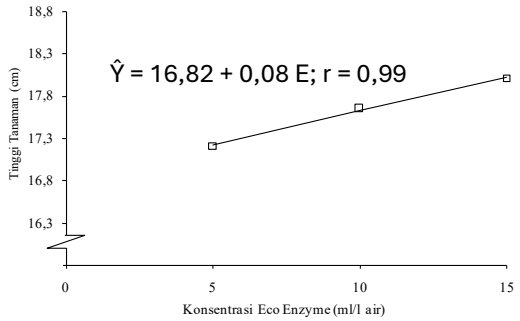
Tabel 7. Rataan Tinggi Tanaman (cm) Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman pada Umur 10, 13, 16, 19, 22, 25 dan 28 MST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)						
	10 HST	13 HST	16 HST	19 HST	22 HST	25 HST	28 HST
E_1	1,52	2,45c	3,38c	5,67c	9,07c	13,16c	17,21c
E_2	1,52	2,64b	3,77b	6,07b	9,45b	13,55b	17,65b
E_3	1,64	2,84a	4,04a	6,34a	9,74a	13,85a	18,01a
L_1	1,41b	2,47b	3,54b	5,83b	9,21c	12,58d	15,87d
L_2	1,52ab	2,59ab	3,67ab	5,96ab	9,36bc	13,19c	17,01c
L_3	1,64a	2,73a	3,83a	6,13a	9,53ab	14,01b	18,49b
L_4	1,69a	2,78a	3,88a	6,18a	9,58a	14,32a	19,13a
E_1L_1	1,37	2,27	3,17	5,44	8,84	12,19	15,39
E_1L_2	1,48	2,39	3,30	5,59	8,99	12,80	16,59
E_1L_3	1,58	2,53	3,48	5,78	9,18	13,66	18,11
E_1L_4	1,66	2,62	3,58	5,88	9,28	14,01	18,76
E_2L_1	1,35	2,46	3,56	5,86	9,20	12,54	15,81
E_2L_2	1,43	2,55	3,67	5,97	9,37	13,23	17,09
E_2L_3	1,62	2,74	3,89	6,19	9,59	14,07	18,54
E_2L_4	1,69	2,81	3,95	6,25	9,65	14,38	19,15
E_3L_1	1,50	2,70	3,90	6,20	9,58	13,00	16,41

E_3L_2	1,63	2,83	4,03	6,33	9,73	13,54	17,35
E_3L_3	1,73	2,93	4,13	6,43	9,83	14,30	18,81
E_3L_4	1,72	2,92	4,12	6,42	9,82	14,57	19,47

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

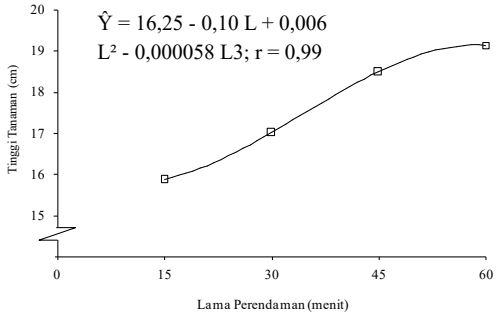
Tabel 7 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1 dan E_2. Tinggi tanaman pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap tinggi tanaman pepaya umur 28 HST dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Tinggi Tanaman Pepaya pada Umur 28 HST

Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim maka tinggi tanaman pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/L air dapat meningkatkan tinggi tanaman kecambah pepaya sebesar 0,40 cm.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman umur 10, 13, 16 dan 19 HST, tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1, tetapi berbeda tidak nyata L_2 dan L_3. Tinggi tanaman pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_2. Tinggi tanaman pada perlakuan L_2 berbeda tidak nyata dengan L_1. Tanaman tertinggi pada umur 22 HST terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_3. Tinggi tanaman pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_2. Tinggi tanaman pada perlakuan L_2 berbeda tidak nyata dengan L_1. Tanaman tertinggi pada umur 25 dan 28 HST terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan L_1, L_2 dan L_3. Tinggi tanaman pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Tinggi tanaman pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1. Pengaruh lama perendaman terhadap tinggi tanaman pepaya umur 28 HST dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Tinggi Tanaman Pepaya Umur 28 HST

Gambar 19 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman akibat pengaruh lama perendaman mengikuti kurva kubik, dimana pada perendaman 15 – 30 menit terjadi peningkatan tinggi tanaman yang diperlambat dan pada perendaman 30 – 45 menit memiliki pertumbuhan yang dipercepat dan pada

perendaman 60 menit sudah mencapai titik tertinggi.

Tabel 7 menunjukkan bahwa keserempakan tumbuh benih pepaya tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_3L_4 yaitu sebesar 19,47 cm, sedangkan terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 15,39 cm.

Jumlah daun (helai)

Data jumlah daun pepaya akibat konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman pada umur 10, 13, 16, 19, 22, 25 dan 28 HST disajikan pada Lampiran 31, 33, 35, 37, 39, 41 dan 43, sedangkan daftar sidik ragamnya pada Lampiran 32, 34, 36, 38, 40, 42 dan 44. Daftar sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada semua umur pengamatan. Interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun pada semua umur pengamatan. Tabel 8 disajikan rataan jumlah daun benih pepaya pada umur 10, 15, 20, 25 dan 30 MST akibat perlakuan konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman yang berbeda.

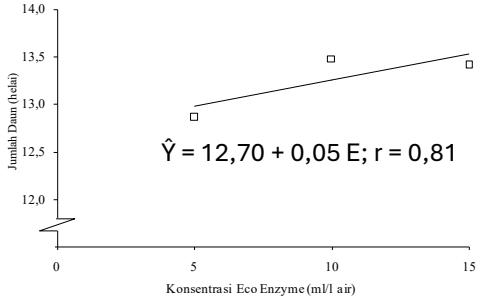
Tabel 8. Rataan Jumlah Daun (helai) Tanaman Pepaya Akibat Perlakuan Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman pada Umur 10, 13, 16, 19, 22, 25 dan 28 MST

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)						
	10 HST	13 HST	16 HST	19 HST	22 HST	25 HST	28 HST
E_1	2,13b	3,12b	5,08b	7,08b	9,08b	11,11b	12,86b
E_2	2,21a	3,20ab	5,16ab	7,21a	9,21a	11,51a	13,48a
E_3	2,20ab	3,22a	5,21a	7,20a	9,20a	11,44a	13,41a
L_1	2,08b	3,08b	4,87c	6,83c	8,83c	10,84c	12,51c
L_2	2,18ab	3,17ab	5,11b	7,08b	9,08b	11,22b	13,20b
L_3	2,20a	3,20ab	5,25ab	7,31a	9,31a	11,59a	13,56a
L_4	2,26a	3,28a	5,36a	7,42a	9,42a	11,77a	13,73a
E_1L_1	2,08	3,08	4,88	6,88	8,88	10,88	11,88
E_1L_2	2,09	3,09	4,93	6,85	8,85	10,85	12,85
E_1L_3	2,09	3,09	5,18	7,21	9,21	11,30	13,30
E_1L_4	2,25	3,23	5,35	7,38	9,38	11,44	13,44
E_2L_1	2,13	3,13	4,91	6,87	8,87	10,87	12,87
E_2L_2	2,24	3,21	5,23	7,22	9,22	11,48	13,46
E_2L_3	2,24	3,22	5,24	7,36	9,36	11,76	13,70
E_2L_4	2,24	3,24	5,28	7,38	9,38	11,94	13,88
E_3L_1	2,03	3,03	4,84	6,76	8,76	10,78	12,78
E_3L_2	2,21	3,21	5,19	7,19	9,19	11,33	13,29
E_3L_3	2,28	3,28	5,34	7,36	9,36	11,72	13,68
E_3L_4	2,30	3,36	5,46	7,50	9,50	11,92	13,88

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf uji 5 %

Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi ekoenzim umur 10 dan 28 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_2. Jumlah daun pada perlakuan E_2 berbeda tidak nyata dengan E_1. Pada umur 13 dan 16 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_2. Jumlah daun pada

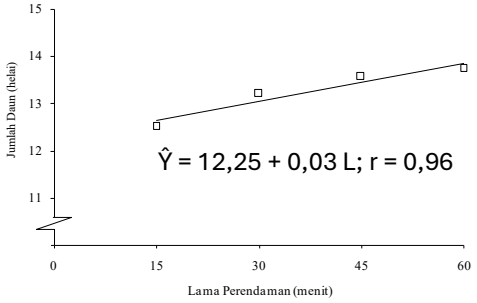
perlakuan E_2 berbeda tidak nyata dengan E_1. Pada umur 19, 22 dan 25 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan E_2 berbeda nyata dengan E_1, tetapi berbeda tidak nyata dengan E_3. Jumlah daun pada perlakuan E_3 berbeda nyata dengan E_1. Pengaruh perlakuan konsentrasi ekoenzim terhadap jumlah daun pepaya umur 28 HST dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim terhadap Jumlah Daun Pepaya pada Umur 28 HST

Gambar 19 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekoenzim maka jumlah daun pepaya semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan konsentrasi ekoenzim sebesar 5 ml/L air dapat meningkatkan jumlah daun kecambah pepaya sebesar 0,25 helai.

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada perlakuan lama perendaman umur 10 dan 13 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan perlakuan L_1, tetapi berbeda tidak nyata L_2 dan L_3. Jumlah daun antara perlakuan L_1, L_2 dan L_3 berbeda tidak nyata. Pada umur 16 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_3. Pada umur 19, 22, 25 dan 28 HST, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan L_4 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2, tetapi berbeda tidak nyata dengan L_3. Jumlah daun pada perlakuan L_3 berbeda nyata dengan L_1 dan L_2. Jumlah daun pada perlakuan L_2 berbeda nyata dengan L_1.Pengaruh lama perendaman terhadap jumlah daun pepaya umur 28 HST dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Jumlah Daun Pepaya Umur 28 HST

Gambar 20 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman, maka jumlah daun semakin meningkat mengikuti kurva regresi linier positif. Setiap peningkatan lama perendaman sebesar 15 menit dapat meningaktkan jumlah daun sebesar 0,45 helai.

Tabel 8 menunjukkan bahwa keserempakan tumbuh benih pepaya tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan E_3L_4 yaitu sebesar 13,88 helai, sedangkan terendah terdapat pada kombinasi perlakuan E_1L_1 yaitu sebesar 11,88 helai.

Pembahasan

Pengaruh konsentrasi ekoenzim terhadap pematahan dormansi benih pepaya (*Carica papaya* L.)

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi Ekoenzim berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah, keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun.

Penggunaan konsentrasi ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan daya berkecambah tertinggi sebesar 10 %. Larutan Ekoenzim dapat membantu menembus kulit benih yang keras, sehingga membuat air dapat masuk ke dalam benih, ekoenzim mengandung asam organik dan enzim yang dapat memacu hormon tumbuh. Aktivitas hormon tumbuh yang semakin meningkat akan meningkatkan proses metabolisme pada benih, dimana enzim akan merombak pati yang terdapat di dalam benih menjadi energi yang dapat digunakan oleh benih dlam proses perkecambahan. Triana *et al*., (2025) menyatakan bahwa benih yang memiliki dormansi fisik yang kuat akibat kulit biji yang tebal dan keras memerlukan perendaman dalam larutan ekoenzim dengan variasi konsentrasi yang dapat meningkatkan proses imbibisi, sehingga dapat secara efektif mematahkan dormansi benih tersebut. Kondisi ini menyebabkan perbedaan konsentrasi larutan Ekoenzim yang digunakan dapat memberikan stimulus fisiologis pada benih yang signifikan untuk mempercepat atau meningkatkan daya berrkecambahan benih tersebut. Daya kecambah benih tertinggi terdapat pada perlakuan Ekoenzim 15 ml/l air mencerminkan peran ekoenzim dalam mendukung proses fisiologis benih. Perkecambahan melibatkan berbagai reaksi biokimia yang dikatalisis oleh enzim, salah satunya amilase yang berfungsi menghidrolisis pati menjadi maltosa dan dekstrin sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan embrio. Eko enzyme diketahui mengandung enzim amilase, maltase, dan enzim proteolitik yang berperan dalam memecah pati dan senyawa kompleks cadangan makanan pada endosperma menjadi glukosa, sehingga menyediakan energi bagi pertumbuhan awal kecambah (Ginting *et al*. 2021).

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan potensi tumbuh maksimum benih tertinggi sebesar 9,81 %. Ekoenzim mengandung enzim-enzim aktif seperti amilase, lipase dan protease yang merangsang metabolisme benih. Enzim amilase akan merombak amilum dalam benih untuk menghasilkan energi (ATP) selama proses perkecambahan. Enzim protease dan lipase akan memecah protein dan lemak/gliserol yang diperlukan untuk menghasilkan energi metabolisme benih dalam proses perkecambahan. Pemberian Ekoenzim dalam konsentrasi yang rendah merupakan titik optimal untuk merangsang potensi tumbuh maksimum benih. Penggunaan konsentrasi Ekoenzim yang rendah membuat tekanan osmotik menjadi seimbang yang dapat meningkatkan potensi tumbuh benih. Air yang diserap dengan optimal oleh benih akan meningkatkan kandungan air dalam sel untuk mendukung aktivitas metabolik pada benih (Fanani *et al*., 2024). Penelitian Swari *et al*., (2025) bahwa perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 14 ml/l air menghasilkan potensi tumbuh maksimum benih sebesar 83 %.

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan indeks vigor benih tertinggi sebesar 1,88 %. Penggunaan Eco Enzime efektif untuk meningkatkan vigor melalui pematahan dormansi dan perbaikan proses imbibisi, terutama pada benih dengan kulit keras. Larutan Ekoenzim mampu membantu mencegah dormansi pada benih, termasuk benih yang memiliki kulit yang keras, sehingga akan mempercepat perkecambahan. Zirrazaq *et al*., (2022) menyatakn bahwa perkecambahan biji merupakan kulminasi dari serangkaian kompleks proses-proses metabolik, yang masing-masing harus berlangsung tanpa

gangguan. Tiap substansi yang menghambat salah satu proses akan berakibat pada terhambatnya seluruh rangkaian proses perkecambahan. Beberapa zat penghambat dalam biji yang telah berhasil diisolir adalah soumarin dan lacton tidak jenuh, namun lokasi penghambatannya sukar ditentukan karena daerah kerjanya berbeda dengan tempat di mana zat tersebut diisolir. Zat penghambat dapat berada dalam embrio, endosperm, kulit biji maupun daging buah. Adanya pemberian Ekoenzim dapat meningkatkan aktivitas enzim yang dapat mengurangi zat penghambat pada proses perkecambahan benih. Triana *et al*., (2025) menyatakan bahwa perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 25 % selama 12 jam menghasilkan indeks vigor benih terbaik sebesar 2,80..

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan indeks kecepatan berkecambah benih tertinggi sebesar 0,61. Penggunaan Ekoenzim dapat berpengaruh positif terhadap indeks kecepatan berkecambah benih. Sebagai cairan hasil fermentasi limbah organik, Ekoenzim bertindak sebagai biostimulan yang mempercepat proses perkecambahan melalui perendaman, terutama pada benih yang memiliki masa dormansi. Ekoenzim akan membantu memecah kulit benih yang keras, sehingga mempermudah masuknya air ke dalam benih. Kandungan enzim dalam Ekoenzim seperti amilase, protease dan lipase berperan penting dalam memecah amilum, protein dan lemak yang dapt digunakan sebagai sumber energi dalam proses perkecambahan. Peningkatan indeks kecepatan berkecambah benih dengan perendman dalam larutan Ekoenzim diduga berkaitan dengan kemampuannya menghasilkan fitohormon yang berperan dalam merangsang perkecambahan serta sifatnya yang tidak patogen terhadap tanaman (Yusniwati *et al*. 2024). Mora *et al*., (2022) menyatakan indeks kecepatan berkecambah benih merupakan indikator viabilitas benih yang menggambarkan efisiensi pemanfaatan cadangan makanan. Rodrigues *et al*., (2023) menjelaskan bahwa selama tahap imbibisi, metabolisme diaktifkan melalui respirasi seluler untuk menyediakan energi. Pemanfaatan cadangan makanan yang semakin baik akan membuat benih semakin cepat berkecambah. Penelitian Sulisyanto *et al*., (2024) menyatakan bahwa pemberian Ekoenzim 10 ml/l air menghasilkan indeks kecepatan berkecambah benih tertinggi sebesar 0,53 %/etmal.

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan lama perkecambahan benih tercepat sebesar 8,33 hari. Ekoenzim akan membantu meningkatkan penyerapan air (imbibisi) ke dalam benih yang merupakan langkah awal penting untuk proses perkecambahan. Air masuk ke dalam benih untuk melunakkan kulit biji, menyebabkan embrio dan endosperm mengembang yang akhirnya memecah kulit biji. Air yang masuk ke dalam benih hingga mencapai kadar air optimal akan mengaktifkan sel-sel embrionik dan memicu enzim untuk memecah cadangan makanan yang tersimpan di dalam biji menjadi energi yang digunakan untuk pertumbuhan awal. Semakin cepat proses pemecahan cadangan makanan pada biji membuat benih semakin cepat berkecambah. Triana *et al*., (2025) menyatakan bahwa percepatan perkecambahan berkaitan dengan kandungan senyawa organik hasil fermentasi eko enzyme, seperti asam organik dan enzim hidrolitik, yang berperan dalam melunakkan kulit biji serta memfasilitasi masuknya air dan

oksigen ke dalam benih. Kondisi ini mendorong berlangsungnya reaksi biokimia awal yang diperlukan untuk munculnya kecambah. Penelitian Triana *et al*., (2025) menyatakan bahwa perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 75 % dapat mempercepat umur berkecambah benih kopi liberika menjadi 25 hari dibandingkan tanpa perlakuan selama 35 hari.

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 15 ml/L air menghasilkan tanaman tertinggi sebesar 18,01 cm. Hal ini disebabkan Ekoenzim mengandung unsur hara N, P dan K dan senyawa organik lain yang dapat dipergunakan tanman setelah proses perkecambahan awal. Ekoenzim juga mengandung berbagai unsur hara mikro yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Ekoenzim juga mengandung fitohormon (auksin, giberlin dan sitokinin) yang dapat beperan langsung dalam pertumbuhan tinggi tanaman. Peningkatan pemberian konsentrasi Ekoenzim akan meningaktkan kandungan fitohormon pada tanaman, sehingga akan memacu pertumbuhan vegetatifnya. Ekoenzime juga mengandung senyawa alkaloid yang merupakan senyawa berbasis nitrogen, sehingga berpotensi meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Aulia *et al*., 2022). Unsur hara nitrogen berperan penting dalam pertumbuhan tanaman, terutama pada fase vegetatif, melalui pembentukan fotosintat, pemanjangan sel, dan penebalan jaringan (Salsabila dan Winarsih, 2023). Penelitian Soverda *et al*., (2023) menyatakan bahwa pemberian Ekoenzim 30 ml/l air menghasilkan tanaman tertinggi sebesar 22,33 cm.

Penggunaan konsentrasi Ekoenzim 10 ml/L air menghasilkan jumalh daun tanaman terbanyak sebesar 13,48 helai. Peningaktan pertumbuhan jumlah daun ini disebabkan Ekoenzim mengandung nutrisi makro dan mikro serta zat pengatur tumbuh. Nutrisi yang terkandung dalam Ekoenzim seperti unsur N dan P akan memacu proses fotosintesis pada tanaman. Peningkatan laju fotosintesis akan menghasilkan fotosintat yang kemudian ditranslokasikan dalam pembentukan organ-organ baru tanaman termasuk daun. Ekoenzim juga membantu meningkatkan klorofil pada daun yang akan bermanfaat pada proses fotosintesis. Ekoenzime memiliki kandungan alkaloid yang merupakan senyawa pada nitrogen, selain itu ekoenzime juga mengandung phospor dan kalium. Jumlah nutrisi pada ekoenzime yang diberikan, mengakibatkan jumlah nutrisi yang dimanfaatkan tanaman semakin bertambah (Aulia *et al*. 2022). Unsur hara nitrogen memiliki peran penting dalam pertumbuhan tanaman terutama pada fase vegetatif yaitu membentuk zat fotosintat untuk membentuk sel baru, proses pemanjangan sel, dan penebalan jaringan (Salsabila dan Winarsih, 2023). Penelitian Nugroho *et al*., (2023) menyatakan bahwa perlakuan eko enzyme 60 ml/polibag dapat menghasilkan volume akar tanaman sebesar 1.99 ml. Hal ini dipengaruhi fungsi unsur hara P pada ekoenzim sebagai penyimpan dan menyalurkan energi untuk semua aktivitas metabolisme tanaman. Dampaknya adalah terpacunya pertumbuhan akar dan perkembangan daun tanaman (Sitawati *et al*. 2022). Penelitian Arif *et al*., (2023) menyatakan bahwa pemberian Ekoenzim dengan konsentrasi 1 ml/600 ml air menghasilkan pertumbuhan jumlah daun tertinggi sebesar 31,66 helai,

Pengaruh lama perendaman terhadap pematahan dormansi benih pepaya (*Carica papaya* L.)

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah, keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun.

Perendaman benih selama 45 dan 60 menit menghasilkan daya berkecambah tertinggi sebesar 10,02 %. Penggunaan lama perendaman yang tepat akan mengoptimalkan proses imbibisi untuk melunakkan kulit benih dalam memacu terjadinya aktivitas enzim. Semakin lama perendaman akan membuat air yang masuk ke dalaam benih semakin meningkat jumlahnya, sehingga akan mengaktifkan enzim yang dapat memacu prosers perkecambahan. Semakin banyak benih yang berkecambah akan semakin meningkatkan daya kecambah benih. Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan daya berkecambah tertinggi. Hal ini disebabkan semakin lama benih direndam menyebabkan akumulasi hormon tumbuh yang terdapat dalam Ekoenzim semakin meningkat jumlahnya dalam benih. Peningkatan hormon tumbuh yang terdapat dalam benih akan semakin meningkatkan metabolisme benih melalui perombakan cadangan makann oleh aktivitas enzim, dimana energi yang dihasilkan dari perombakan cadangan makanan digunakan dalam proses perkecambahan (Agustiansyah *et al*., 2020). Penelitian Sakoti *et al*., (2023) menyatakan bahwa perendaman benih papaya selama 40 menit menghasilkan daya kecambah sebesar 75 %.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan potensi tumbuh maksimum tertinggi sebesar 9,99 %. Perendaman benih efektif meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih dengan cara menginisiasi proses metabolisme, metahkan dormansi dan mempercepat imbibisi air. Hal ini akan membuat proses perkecambahan menjadi lebih cepat, membantu benih mengatasi stress lingkungan, sehingga proses perkecambahan menjadi maksimal. Potensi tumbuh maksimum bertujuan untuk mengetahui berapa persen benih yang dapat tumbuh dalam kurun waktu tertentu dari jumlah yang ditanam. Purba *et al*., (2025) menyatakan bahwa proses perkecambahan benih dipengaruhi oleh lama perendaman. Lama perendeman yang dilakukan dapat mempengaruhi kandungan air diserap oleh benih sehingga dapat meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan. Lama perendaman 60 menit diduga sebagai waktu yang sesuai untuk berdifusinya unsur-unsur hara dan hormon dalam larutan ke dalam sel-sel benih yang akan melunakkan kulit benih sehingga memudahkan penyerapan air yang dapat mempercepat pertumbuhan benih semakin tinggi. Hal tersebut menyebabkan lunaknya dinding sel kulit biji sehingga menjadi permeable terhadap air dan oksigen. Masuknya air dan oksigen ke dalam biji akan mengakibatkan protoplasma menjadi lebih encer karena pada saat proses pemasakan maupun pengeringan mengalami dehidrasi sehingga metabolisme sel akan meningkat. Penelitian Mutaqin *et al*., (2022) menyatakan bahwa perendaman benih selama 6 jam menghasilkan potensi tumbuh maksimum benih sebesar 95,50 %.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan indeks vigor tertinggi sebesar 1,87 %. Perendaman benih efektif dalam meningaktkan indeks vigor benih karena mempercepat proses imbibisi, mengaktifkan metabolisme embrio dan merangsang

pertumbuhan kecambah menjadi lebih seragam. Lama perendaman yang tepat terbukti menjadi salah satu teknik *invigorasi* yang efektif dalam meningkatkan indeks vigor benih. Semakin lama perendaman dapat membuat benih semakin banyak menyerap air dan zat pengatur tumbuh yang terdapat pada Ekoenzim yang dapat meningkatkan metabolisme pada benih sehingga kualitas dan laju perkecambahan benih dapat menurun. Elfianis *et al*., (2023), indeks vigor merupakan ukuran kemampuan benih untuk tumbuh secara normal dalam kondisi lingkungan yang kurang optimal. Indeks vigor sebuah benih dianggap baik ketika memiliki potensi pertumbuhan yang tinggi dan mampu tumbuh menjadi tanaman normal, sehingga jika ditanam di lapangan, benih akan tetap tumbuh dengan baik. Penelitian Magdalena *et al.,* (2025) menyatakan bahwa perendaman benih selama 60 menit menghasilkan indeks vigor benih sebesar 37,78 %.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan indeks kecepatan berkecambah tertinggi sebesar 0,63. Peningkatan indeks kecepatan berkecambah benih dengan perendaman yang semakin lama disebabkan oleh optimalisasi proses imbibisi air yang dapat mempercepat pemecahan dormansi pada benih melalui peningkatan metabolisme pada benih. Lama perendaman yang tepat akan meningkatkan vigor dan kecepatan tumbuh benih. Peningkatan nilai indeks kecepatan berkecambah berkaitan dengan daya kecambah. Semakin tinggi indeks kecepatan berkecambah benih maka nilai viabilitas secara langsung akan mengalami peningkatan. Perendaman benih dengan menggunakan Ekoenzim dapat mempercepat proses kecambah karena kandungan yang terdapat di dalam Ekoenzim yang mendorong pembentukan amilase dan enzim hidrolitik lainnya. Adanya enzim-enzim hidrolitik yang masuk ke kotiledon atau endosperm, akan mengakibatkan terjadinya hidrolisis cadangan makanan yang menghasilkan energi untuk aktifitas sel. Energi tersebut akan digunakan hormon auksin untuk pembelahan sel. Aktivitas enzim dalam benih juga berhubungan dengan lama perendaman. Lama perendaman akan berpengaruh dalam penyerapan air dan penyerapan hormon yang terdapat dalam Ekoenzim (Juhairiah, 2023). Penelitian Cahyo (2019) menyatakan bahwa perendaman benih selama 18 jam menghasilkan indeks kecepatan berkecambah benih tertinggi sebesar 0,98 %/etmal.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan keserempakan tumbuh tertinggi sebesar 9,99 %. Perendaman benih yang semakin lama dapat meningkatkan jumlah air yang masuk ke dalam benih melalui proses imbibisi, sehingga akan meningkatkan aktivitas enzim yang dapat merombak cadangan makanan dalam benih yang selanjutnya digunakan dalam proses perkecambahan. Peningkatan aktivitas enzim pada benih akan membuat benih dapat berkecambah secara serentak.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan lama perkecambahan tercepat sebesar 8,13 hari. Semakin lama perendaman maka air yang masuk ke dalam benih semakin meningkat yang membuat kulit benih semakin lunak. Kadar air yang semakin meningkat pada benih akan memicu aktivitas metabolik dan mempercepat masa dormansi pada benih. Enzim-enzim metabolisme akan memecah cadangan makanan seperti karbohidrat, lemak dan protein yang terdapat dalam benih menjadi energi yang selanjutnya digunakan untuk proses perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Hia (2025)

menyatakan bahwa penyerapan air merupakan proses yang pertama sekali terjadi pada perkecambahan benih, diikuti dengan pelunakan kulit benih, dan pengembangan benih. Penyerapan air ini dilakukan oleh kulit benih melalui peristiwa imbibisi dan osmosis dan prosesnya tidak memerlukan energi. Penyerapan air oleh embrio dan endosperma menyebabkan pembengkakkan dari kedua struktur, mendesak kulit benih yang sudah lunak sampai pecah dan memberikan ruang untuk keluarnya akar. Air berperan dalam melunakkan kulit biji, memfasilitasi masuknya O_2, dan alat trasnportasi makanan. Rosalyne *et al*. (2021) menyatakan bahwa perendaman yang lebih lama dapat meningkatkan kemampuan berkecambah akibat peningkatan jumlah air yang diserap oleh benih, sehingga proses pelunakan kulit tanduk dan metabolisme awal berlangsung lebih optimal yang dapat mempercepat proses perkeambahan menjadi lebih cepat terjadi. Penelitian Lutfiah *et al.,* (2021) menyatakan bahwas perendaman benih dalam larutan giberelin selama 14 jam menghasilkan waktu muncul kecambah tercepat yaitu 2,52 hari.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan tanaman tertinggi sebesar 19,13 cm. Lama perendaman benih dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman yang disebabkan oleh perendaman benih dengan waktu yang optimal dapat mempercepat proses perkecambahan, dimana semakin cepat benih berkecambah kecambah akan semakin cepat membentuk akar dan daun tanaman. Pembentukan akar dan daun tanaman yang semakin cepat akan mempercepat proses fotosintesis pada tanamman, yang akan mempercepat proses pertumbuhan tinggi tanaman. Unsur hara yang cukup dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik. Pertumbuhan tanaman yang baik merupakan faktor pendukung bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis dan menghasilkan karbohidrat yang banyak. Karbohidrat berperan sebagai bahan struktur penyusun sel sehingga dengan demikian dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Ekoenzim terbukti memberikan hasil yang sangat baik untuk pertumbuhan tanaman dikarenakan pada dasarnya Ekoenzim mengandung unsur hara yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Pakki, 2021). Penelitian Pujiastuti *et al*., (2020) menyatakan bahwa perendaman benih papaya selama 30 menit menghasilkan tanaman tertinggi sebesar 48,47 cm.

Perendaman benih selama 60 menit menghasilkan jumlah daun tanaman terbanyak sebesar 13,73 helai. Perendaman benih yang semakin lama hingga 60 menit dapat membuat kulit benih menjadi lunak yang memacu proses perkecambahan benih menjadi semakin cepat. Hal ini akan membuat bibit menjadi lebih kuat dan membentuk daun yang lebih banyak. Perendaman benih selama 60 menit mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun. Perendaman memungkinkan terjadinya peningkatan akumulasi kandungan ZPT dalam benih yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Zat pengatur tumbuh bertindak secara sinergis dengan hormon-hormon lainnya dalam menggalakkan suatu respon pada tanaman. Salah satu indikasi vigor yang tinggi adalah ditunjukkan dengan kemampuannya untuk tumbuh (daya tumbuh) yang tinggi. Benih bervigor tinggi akan menghasilkan pertumbuhan bibit kuat dengan perkembangan akar cepat sehingga menghasilkan tanaman dengan jumlah tanaman yang lebih banyak dan kuat dalam berbagai kondisi lingkungan tumbuh (Sudjarwo *et al.*,

2021). Penelitian Pujiastuti *et al*., (2020) menyatakan bahwa perendaman benih papaya selama 30 menit menghasilkan tanaman tertinggi sebesar 39,11 helai.

Pengaruh interaksi konsentrasi ekoenzim dan lama perendaman terhadap pematahan dormansi benih pepaya (*Carica papaya* L.)

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi Ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah dan lama perkecambahan, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap potensi tumbuh maksimum, keserempakan tumbu, tinggi tanaman dan jumlah daun.

Perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 10 ml/l air selama 30 menit menghasilkan daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih tertinggi sebesar 10,02 %. Hal ini disebabkan Ekoenzim akan memfasilitasi imbibisi air dan nutrisi, sementara perendaman yang semakin lama akan membuat imbibisi air yang masuk ke dalam benih semakin banyak. Air bersama Ekoenzim akan diserap oleh benih, dimana Ekoenzim juga mengandung berbagai hormon pertumbuhan seperti auksin dan sitokinin yang dapat memacu metabolisme pada benih yang semakin meningkat. Peningkatan metabolisme pada benih baik akibat pertambahan hormon tumbuh akan semakin daya kecambah benih. Sosnowski *et al.,* (2023) menyatakan bahwa keseimbangan hormon auksin dan sitokinin yang didukung pasokan nutrisi memadai mendorong pembelahan sel meristematis, sehingga dapat meningkatkan metabolisme benih dan membuat benih semakin banyak dapat berkecambah. Purba *et al*., (2025) menyatakan bahwa perendaman benih dapat menguraikan dinding sel pada biji, sehingga dinding sel lebih permeabel dalam penyerapan dan mendorong pertumbuhan kecambah dengan baik. Aktivitas enzim akan semakin meningkat dengan adanya tambahan enzim dari Ekoenzim yang masuk ke dalam benih yang menyebabkan terjadinya transkripsi beberapa gen penanda enzim-enzim hidrolitik diantaranya α-amilase. Kemudian enzim tersebut masuk ke endosperma dan menghidrolisis pati dan protein sebagai sumber makanan bagi perkembangan embrio

Perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 15 ml/l air selama 60 menit menghasilkan indeks vigor benih tertinggi sebesar 7,42 %. Ekoenzim bertindak sebagai biostimulan yang mempercepat proses imbibisi, mencegah dormansi dan meningkatkan aktivitas enzimatis benih, sementara lama perendaman yang tepat memastikan benih menyerap nutrisi dan air secara optimal tanpa merusak benih yang akan dikecambahkan. Yuliani *et al*., (2023) menyatakn bahwa perendaman benih dengan waktu yang cukup akan meningkatkan kadar giberelin dalam bentuk bebas yang masing-masing akan mengaktifkan enzim. Perendaman benih dapat membuat kulit benih menjadi lebih permeabel terhadap air dan proses imbibisi, sedangkan lama perendaman yang sesuai dengan keadaan kulit biji dapat mempercepat pematahan dormansi. Peran giberelin dalam perkecambahan yaitu dengan mendorong perkecambahan benih, karena dapat mengaktifkan pertumbuhan. Semakin lama perendaman maka proses penyerapan enzim semakin berjalan dengan baik. Perendaman dapat membantu mencuci zat-zat yang menghambat pada

perkecambahan benih. Zirrazaq *et al*., (2022) menyatakan bahwa Ekoenzim memiliki kandungan alkaloid yang merupakan senyawa yang terdapat nitrogen. Nitrogen dibutuhkan tanaman sebagai komponen utama dari asam amino dan protein yang berperan penting pada proses pertumbuhan setelah benih berkecambah.

Perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 15 ml/l air selama 60 menit menghasilkan indeks kecepatan berkecambah benih tertinggi sebesar 0,71 %. Econ Enzyme mengandung berbagai hormon tumbuh yang dapat mempercepat dormansi pada benih melalui perombakan cadangan makanan pada benih. Semakin lama perendaman maka hormon tumbuh yang masuk ke dalam benih akan semakin meningkat. Jumlah hormon tumbuh yang semakin banyak akan memacu proses perkecambahan menjadi lebih cepat. Indeks kecepatan berkecambah berkaitan dengan daya kecambah. Semakin tinggi nilai vigor kecepatan benih maka nilai viabilitas secara langsung mengalami peningkatan. Perendaman benih yang semakin lama dapat mempercepat proses perkecambahan benih karena kandungan enzim yang terdapat dalam Ekoenzim yang dapat mendorong pembentukan amylase dan enzim hidrolitik lainnya. Adanya enzim-enzim hidrolitik yang masuk ke kotiledon atau dendosperm akan mengakibatkan terjadainya hidrolisis cadangan makanan yang menghasilkan energy untuk aktiviitas sel. Energi tersebut akan digunakan hormon auksin untuk pembelahan sel. Aktivitas Ekoenzim dalam benih juga berhubungan dengan lama perendaman. Lama perendaman akan berpengaruh dalam penyerapan air dan penyerapan hormone yang terdapat dalam Ekoenzim (Afyeni dan Anhar, 2025).

Perendaman benih dalam larutan Ekoenzim 15 ml/l air selama 60 menit menghasilkan lama perkecambahan benih tercepat sebesar 7,08 hari. Proses penyerapan air awal oleh benih sangat penting dalam mempercepat proses perkecambahan. Air yang masuk ke dalam benih dapat memicu pembongkaran cadangan makanan, menyebabkan pembengkakan benih. Air yang masuk ke dalam benih akan mengaktifkan enzim, melunakkan kulit benih dan mengaktifkan metabolisme embrio. Peningakatan metabolisme embrio pada benih akan memacu proses perkecambahan menjadi lebih cepat. Ekoenzim mengandung berbagai nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa unsur hara di dalam ekoenzim antara lain: N, P, K dan C-Organik. Unsur Karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) merupakan unsur esensial yang berperan dalam proses perkecambahan dan pertumbuhan kecambah. Unsur-unsur ini berperan dalam pembentukan karbohidrat, seperti glukosa, yang dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk proses reproduksi, serta dalam sintesis protein dan lemak (Salsabila dan Winarsih, 2023). Penggunaan perendaman benih dengan waktu yang semakin lama akan membuat semakin banyaknya jumlah air yang masuk ke dalam endosperm benih, sehingga memungkinkan benih berkecambah dengan cepat tetapi ada batasan tertentu untuk lama perendamannya. Semakin tinggi konsentrasi larutan dan semakin lama waktu perendaman dapat mempercepat proses perkecambahan benih (Yuliani *et al*., 2023).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi Ekoenzim berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah,

keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun.. Konsentrasi terbaik Ekoenzim terhadap pematahan dormansi benih papaya adalah 10 ml/l air. .

Lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor, indeks kecepatan berkecambah, keserempakan tumbuh, lama perkecambahan, tinggi tanaman dan jumlah daun.. Lama perendaman terbaik terhadap pematahan dormansi benih papaya adalah 60 menit.

Interaksi konsentrasi Ekoenzim dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks kecepatan berkecambah dan lama perkecambahan, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap indeks vigor, keserempakan tumbuh, tinggi tanaman dan jumlah daun. Pematahan dormansi benih papaya terbaik diperoleh pada kombinasi perlakuan E_2L_4.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar, M. S., dan Attanda, M. L. (2022). *Factors That Cause Seed Dormancy BT - Seed Biology Updates* (J. C. Jimenez-Lopez (ed.)). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.107004

Afrilia, D., Rahmadani, A., Maharani, W. L. C., dan Avianto, Y. (2025). Pelatihan Pemanfaatan Pepaya Grade C sebagai Biostimulan dan Daun Pepaya sebagai Biopestisida di KWT Kenanga Ngestiharjo. *I-Com: Indonesian Community Journal*, *5*(1), 84–92. https://doi.org/10.70609/icom.v5i1.6078

Afyeni dan A. Anhar. (2025). Effect of Addition of Ekoenzim on *Trichoderma asperellum* Formula Based on Black Glutinous Rice on the Root Growth of Sprouts of Bujang Marantau Rice Variety. *Jurnal Biologi Tropis, 25* (1), 863 – 868.

Agrozine, dan Fakultas Pertanian, U. S. U. (2020). Pemanfaatan Ekoenzim Sebagai Pupuk Organik dan Disinfektan. Agrozine / Fakultas Pertanian, Universitas SumaterUtara. https://agrozine.id/fapera-usu-pemanfaatan-eco-enzyme-sebagai-pupuk-organik-dan-desinfektan/

Agustiansyah, Ardian, K. Setiawan dan D. Rosmala. (2020). Pengaruh Lama Perendaman dalam Berbagai Konsentrasi Giberelin (GA_3) terhadap Perkecambahan Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi, 13*(2),94–99.

Agustina, F. (2022). Deteksi Kematangan Buah Pepaya Menggunakan Algoritma Yolo Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Infokam*, *18*(2), 70–78. https://doi.org/10.53845/infokam.v18i2.320.

Aulia YN, Anhar A, Leilani I, Putri E. (2022). Pengaruh Pemberian Dosis Ekoenzim terhadap Pertambahan Luas Daun Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Serambi Biologi* 7(2): 137–140.

BPS. 2024. Produksi Tanaman Buah-buahan, (2023). Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.

Elfianis, R., N. Putrid an S. I. Zam. (2023). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Asam Sulfat terhadap Perkecambahan Benih Delima Merah (*Punica*

granatum L.). *Jurnal Agroteknologi 14*(1), 25-32.

Fajri, F., Arliana, F., Tazkiyah, R., Emalia, R., Adza, L., Anggela, S., dan Mutiara, F. (2023). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Dan Waktu Perendaman Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) terhadap Pematahan Dormansi Dan Viabilitas Benih Jati (*Tectona grandis)*. 1–23. https://scholar.google.com/scholar?q=related:xkFXw5GpcUMJ:scholar.google.com/&hl=id&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1733826363529&u=%23p%3DxkFXw5GpcUMJ

Fanani, M. R., Hastuti, P. B., dan Rusmarini, U. K. (2024). Pengaruh Cara Aplikasi dan Konsentrasi Ekoenzim terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Panjang. *Agroforetech*, *2*(1), 272-278.

Frederikus Umbu Luki, Yonce Melyanus Killa, dan Lusia Danga Lewu. (2023). Pengaruh Pupuk Organik Cair Buah Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Pepaya (Carica papaya L.). *Jurnal Agro Indragiri*, *8*(1), 24–29. https://doi.org/10.32520/jai.v8i1.2477

Ginting, N.A, Ginting N., Sembiring I., Sinulingga S. (2021). Effect of Ekoenzims Dilution on the Growth of Turi Plant (*Sesbania grandiflora*). *Jurnal Peternakan Integratif.* Faculty of Agriculture, University of North Sumatra.

Hestiyara, R. (2021). Viabilitas Benih Pepaya (Carica papaya L.) Varietas California Pada Tingkat Kemasakandan Teknik Pelepasan Sarcotestayang Berbeda. Skripsi. Politeknik Negeri Lampung. https://repository.polinela.ac.id/2586/

Irawan, I. D., Asmaniyah, M. S., dan Muslikah, S. (2023). Aplikasi Berbagai Dosis Biochar dan Konsentrasi Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan Hasil dan Kualitas Tanaman Seledri(Apium graveolens) Pada Model Budidaya Urban Farming. *Jurnal Agronisma*, *11*(1), 319–338.

Juhairiah. (2023). Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Daya Perkecambahan Benih Padi (*Oryza sativa*.L). *AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa*, *7*(2), 43-46.

Khaiper, M., Verma, P., Jangra, M., Kumar, A., Kagra, A. K., Gulab, ., Redhu, I., dan Ajay, . (2023). Biorationals and Chemical Treatments to Overcome the Dormancy in Tree spp. *International Journal of Environment and Climate Change*, *13*(3), 73–81. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/ v13i31683

Kuswardani, R. A., Yusniwati, Y., Saragih, M., Rahman, A., Bahri, H., dan Agustinus, A. (2024). Ekoenzim Potential as Biostimulant against Germination of Shallots of Seed Origin (TSS) (Allium ascalonicum L.). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*,*6*(2), 224–232. https://doi.org/10.36378/juatika.v6i2.3583.

Lutfiah, N., Agustiansyah, dan Timotiwu, P. B. (2021). Pengaruh Priming pada Vigor Benih Kedelai (*Glycine* max [L] Merrill) yang Dikecambahkan pada Tanah Masam. *Jurnal Agrotropika*, *20*(2), 120–128.

Magdalena, H., P. Utama, I. Rohmawati dan S. Isminingsih. (2025). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Giberelin terhadap Viabilitas Benih Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) Kedaluwarsa. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian (JIMDP) 10*(4), 462-472.

Mora, Y. F., Rafli, M., Ismadi, I., Faisal, F., dan Nilahayati, N. (2022). Uji perkecambahan benih jagung manis (*Zea mays Saccharata* Sturt) pada berbagai media kertas menggunakan alat perkecambahan benih F&F Manual Germinator. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, *1*(3), 58-62.

Muhammad Husaini Assauwab. (2021). Perkembangan Morfologi Bibit Pepaya (*Carica papaya* L) Dengan Berbagai Lama Suhu. *Cendana Medical Journal, Volume 15, Nomor 3,8*(Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pepaya (Carica Papaya L) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Escherichia Coli Secara In Vitro.), 67–72. https://doi.org/10.32734/jpt.v8i1

Muslimin, M. F. N., Kurniawati, A., & Krisantini, K. (2025). Evaluasi Pertumbuhan, Produksi dan Kompatibilitas Pepaya Calina (Carica papaya) Hasil Grafting. *Buletin Agrohorti*, *13*(2), 229–236. https://doi.org/10.29244/agrob.v13i2.51532.

Mutaqin, R., R. A. Pratama dan J. Mutakin. (2022). Pengaruh Konsentrasi Giberelin dan Lama Perendaman terhadap Kualitas Benih Porang (*Amorphophallus oncophyllus prain*). JAGROS *Journal of Agrotechnonogy and Science, 7*(1), 16-26. Nugroho A, Mahareni S, Sitepu B, Amrul HMZN. (2023). Efektivitas Pemberian Ekoenzim dan Beberapa Jenis Media Tanaman Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Ilmiah Nasional, 5*(3), 97–105.

Pakki, T., Adawiyah, R., Yuswana, A., Namriah., Dirgantoro, M.A., Slamet, A. (2021). Pemanfaatan *eco-enzym* berbahan dasar sisa bahan organik rumah tangga dalam budidaya tanaman sayuran di pekarangan. *Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat.* LPPM Universitas Mataram Vol. 3.

Patriyawaty, N. R., & Pratiwi, H. (2022). Invigorasi benih terhadap viabilitas dan vigor benih kacang tanah (Arachys hypogaea). *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, *4*, 103–110.

Pujiastuti, W., S. Muryanto dan D. S. Lestariana. (2020). Analisa Pertumbuhan Bibit Pepaya (*Carica papaya* L) dengan Perlakuan Perendaman Zat Pengatur Tumbuh Bawang Merah dan Sintetis. *Agrotech Research Journal 1*(1), 19 – 23.

Reza, A. (2023). Pengaruh Berbagai Konsentrasi dan Lama Perendaman Eco Enzym terhadap Perkecambahan Benih Aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian USU.*

Rohima, S., Mardalena, M., Liliana, L., & Bashir, A. (2022). Pelatihan Pembuatan Abon Pepaya untuk Meningkatkan Pendapatan Keluarga. *Sricommerce: Journal of Sriwijaya Community Services*, *3*(1), 45–50.

https://doi.org/10.29259/jscs.v3i1.36.

Rodrigues, L., Nogales, A., Nunes, J., Rodrigues, L., Hansen, L. D., & Cardoso, H. (2023). Germination of Pisum sativum L. seeds is associated with the alternative respiratory pathway. *Biology*, *12*(10), 1318-1326.

Rosalyne I, Sihaloho A, Suseno T. (2021). Pengaruh Bahan dan Lama Perendaman terhadap Pemecahan Dormansi Benih Kopi (*Coffea Arabica* L). *Jurnal Rhizobia 3*(1): 11–18.

Sakoti, A. S., L. Amalia dan R. W. Widodo. (2023). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Benih dengan Menggunakan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Awal Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) Varietas Calina (IPB 9). *Orchid Argro 3*(1), 28 – 41.

Salsabila, R. K., dan Winarsih, W. (2023). Pengaruh Pemberian Ekoenzim sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, *12*(1), 50–59.

Setiawan, R. B., Indarwati, I., Fajarfika, R., Asril, M., Jumawati, R., Purwaningsih, P., Joeniarti, E., Ramdan, E. P., & Arsi, A. (2021). *Teknologi Produksi Benih*. Yayasan Kita Menulis.

Sitawati, Al-afif D.M., Damaiyanti D.R.R. (2022). Pengaruh Konsentrasi Ekoenzim dan Perbedaan Diameter Pot terhadap Pertumbuhan dan Pembungaan Tanaman Pacar Air (*Impatiens hawkeri* Bull). *Prosiding Seminar Nasional PERHORTI*, 19-20..

Sosnowski, J., Nowak, K., & Kowalska, M. (2023). Pengendalian Pertumbuhan Tunas Aksiler pada Legum yang Dimediasi Sitokinin. *Regulasi Pertumbuhan Tanaman, 100* (1), 15–28.

Yang Diberi *Eco Enzym* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Media Pertanian, 8*(1), 86-91.

Sudjarwo, H. K., I. R. Moeljani dan D. U. Pribadi. (2021). Pengaruh Lama Perendaman GA_3 dan Beberapa Macam TSS terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *JIPI. 23*(2), 129-135.

Susilowati, Mansur Ma'Shum, dan Zaenal Arifin. (2021). Pembelajaran Tentang Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Sebagai Bahan Baku Eko-Enzim. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, *4*(4), 356–362. https://doi.org/10.29303/jpmpi.v4i4.1147.

Sulisyanto, N. Andayani dan A. Himawan. (2024). Pematahan Dormansi Benih dan Pengguna Ekoenzim Pengaruhnya terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Bibit Mucuna (*Mucuna bracteata*). *Agroforetech 2*(3), 1378-1384.

Swari, E. I., J. Jasminarni, H. D. Pebrianti dan Gusniwati. (2025). Pengaruh Eko-Enzim terhadap Hasil dan Mutu Benih Kedelai (*Glycine max* L.). *Proceedings Acadmic Universitas Jami, 1*(1), 345-352.

Triana, D., Gusniwati, E. Indraswari, E. Kartika dan Neliyati. (2025). Respons Perkecambahan Benih

Kopi Liberika (*Coffea liberica* W. Bull Ex Hiern) Tungkal Jambi Terhadap Konsentrasi Ekoenzim dan Lama Perendaman. *Jurnal Silva Tropika 9*(2), 382-366.

Wardoyo, E. R. P., Oktavia, V., dan Turnip, M. (2024). Keragaman Pepaya (Carica papaya L.) di Kotamadya Pontianak Berdasarkan Karakter Morfologi. *Jurnal Biologi Papua*, *16*(1), 42–50. https://doi.org/10.31957/jbp.2995

Wijayati, R. A. (2022). Pengaruh Lama Perendamandan Konsentrasi Eco-Enzyme Terhadap Pematahan Dormansidan Perkecambahan Benih[Politeknik Negeri Lampung (Polinela)]. https://repository.polinela.ac.id/3887/

Wulan, I. R., Tanjung, J. C., Sinatrya, A., Fahima, S., Ngadisih, N., & Lestari, P. (2024). Dampak efektivitas pemberian ekoenzim sebagai agen pertumbuhan dan penambah nutrisi tanaman pada berbagai jenis tanaman budidaya di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *12*(2), 403–413. https://doi.org/10.26418/jtllb.v12i2.74825

Wulandari, A. S., & Mar'Atussholihah, D. M. (2022). Efek Praperlakuan Untuk Pematahan Dormansi Benih Ketapang Kencana (Terminalia mantaly H. Perrier). *Journal of Tropical Silviculture*, *13*(03), 245–252. https://doi.org/10.29244/j-siltrop.13.03.245-252

Wulandari S, A., Istikorini, Y., & Septiawati, Y. (2023). Pengaruh Inokulasi Bakteri Endofitdan Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Kuku (Pericopsis mooniana Thw.) Effect of Endophytic Bacteria Inoculation and Eco-enzyme on Kayu Kuku (Pericopsis mooniana Thw.) Seedlings Growth. *Jurnal Silvikultur Tropika*, *14*(01), 15–24.

Yuliani, G. K., A. Komariah dan K. R. Indriana. 2023. Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi KNO_3 terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Padi (*Oryza sativa* L.). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian 11*(2), 208-217.

Yusniwati, Y., Ra, K., Saragih M., Rahman, A., Bahri H. dan Agustinus A. (2024). Ekoenzim potential as biostimulant against germination of shallots of seed origin (TSS) (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)* 6(2), 1-8.

Zirrazaq, F. husna, Putri, I. A., & Violita. (2022). Pengaruh berbagai konsentrasi eco-enzyme dan lama perendaman terhadap perkecambahan benih cabai (*Capsicum annum*L.). *Prosiding Semnas Bio 2022*, *7*(2), 573–580.