

Pertumbuhan Kecambah Benih *Indigofera zollingeriana* dengan Lama Perendaman dan Suhu yang Berbeda

(Growth of *Indigofera (Indigofera zollingeriana)* Seedlings Under Different Soaking Times and Temperatures)

Darmawati^{1*}, Rinduwati¹, Mita Arifa Hakim¹, Windiana¹, Muh. Ridwan B¹, A. Muh. Fuad Al Kautsar Walinono¹, Ichlasul Amal¹

¹Fakultas Vokasi, Hasanuddin University, Makassar - Indonesia

Corresponding author: darma@unhas.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama perendaman dan suhu air yang berbeda terhadap pertumbuhan kecambah benih *Indigofera (Indigofera zollingeriana)*. *Indigofera* merupakan leguminosa pakan ternak berkualitas tinggi, namun perkecambahan benihnya sering mengalami hambatan akibat dormansi fisik yang disebabkan oleh kulit benih yang keras. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman Pakan dan Pastura Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin pada bulan Juli 2025. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan perlakuan suhu perendaman dan lama perendaman benih. Parameter yang diamati meliputi daya kecambah, tinggi kecambah, panjang akar primer, jumlah daun, rerata hari berkecambah, dan keseragaman tumbuh. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap daya kecambah, jumlah daun, rerata hari berkecambah, dan keseragaman tumbuh benih *Indigofera*. Perlakuan suhu perendaman tertentu mampu meningkatkan daya kecambah hingga 58,80%, mempercepat waktu berkecambah, serta meningkatkan keseragaman tumbuh dan jumlah daun kecambah dibandingkan kontrol. Namun demikian, perlakuan suhu perendaman tidak memberikan pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap tinggi kecambah dan panjang akar primer. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan perendaman dengan suhu tertentu efektif dalam mematahkan dormansi benih *Indigofera* dan meningkatkan viabilitas serta vigor kecambah. Perlakuan suhu perendaman yang tepat dapat digunakan sebagai metode sederhana dan ekonomis untuk meningkatkan keberhasilan perkecambahan benih *Indigofera* sebagai hijauan pakan ternak.

Kata kunci: *Indigofera zollingeriana*, perkecambahan benih, dormansi benih, suhu perendaman, viabilitas kecambah.

Abstract. Abstract. This study aimed to determine the effects of different soaking times and water temperatures on the germination of *Indigofera (Indigofera zollingeriana)* seeds. *Indigofera* is a high-quality forage legume; however, seed germination is often hindered by physical dormancy caused by a hard seed coat. The study was conducted at the Laboratory of Forage and Pasture Science, Faculty of Animal Science, Hasanuddin University, in July 2025. The study employed a completely randomized design (CRD) with a factorial pattern, using treatments of soaking temperature and soaking duration. The observed parameters included germination rate, seedling height, primary root length, number of leaves, average days to germination, and growth uniformity. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple range test. The results showed that soaking temperature treatments had a significant effect ($P < 0.05$) on germination rate, number of leaves, average days to germination, and growth uniformity of *Indigofera* seeds. Specific soaking temperature treatments increased germination rate by up to 58.80%, accelerated germination time, and improved growth uniformity and the number of leaves compared to the control. However, the soaking temperature treatment had no significant effect ($P > 0.05$) on seedling height and primary root length. Based on the results of this study, it can be concluded that soaking at specific temperatures is effective in breaking the dormancy of *Indigofera* seeds and improving seedling viability and vigor. Appropriate soaking

temperature treatments can be used as a simple and economical method to improve the germination success of *Indigofera* seeds as forage for livestock.

Keywords: *Indigofera zollingeriana*, seed germination, seed dormancy, soaking temperature, seedling viability.

1. Pendahuluan

Peningkatan produksi ternak ruminansia harus dibarengi dengan peningkatan jumlah dan kualitas hijauan yang lestari. Untuk memenuhi potensi pakan sepanjang tahun dengan nilai nutrisi yang tinggi, disarankan untuk fokus pada peningkatan produksi dan kualitas tanaman. Hijauan terdiri dari rumput dan kacang-kacangan, dimana kacang-kacangan merupakan pakan yang berkualitas tinggi. Komposisi hijauan yang berkualitas berupa rumput dan legum yang baik adalah 60% rumput dan legum 40% [1].

Peningkatan produktivitas ternak ruminansia harus diimbangi dengan ketersediaan hijauan pakan yang berkualitas dan berkelanjutan. Salah satu hijauan leguminosa yang berpotensi tinggi sebagai sumber protein adalah *Indigofera zollingeriana* karena memiliki kandungan protein tinggi, daya cerna yang baik, serta toleran terhadap kondisi lingkungan kering dan salinitas [1,2]. Pengembangan tanaman *Indigofera* di Indonesia terus meningkat seiring meningkatnya kebutuhan pakan ternak berkualitas, baik dalam bentuk hijauan segar maupun tepung pakan. Namun, pengembangan tanaman ini masih menghadapi kendala pada tahap perkecambahan benih akibat adanya dormansi fisik yang disebabkan oleh kulit benih yang keras dan impermeabel terhadap air dan gas [3]. Kondisi tersebut menyebabkan rendahnya daya berkecambah dan pertumbuhan kecambah menjadi tidak seragam. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mematahkan dormansi benih adalah perlakuan perendaman dengan suhu tertentu guna mempercepat proses imbibisi air ke dalam benih. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh lama perendaman dan suhu air terhadap pertumbuhan kecambah benih *Indigofera* perlu dilakukan untuk memperoleh metode perkecambahan yang efektif dan efisien.

Dormansi benih merupakan mekanisme alami yang menyebabkan benih tidak segera berkecambah meskipun berada pada kondisi lingkungan yang optimum [4]. Pada benih *Indigofera*, dormansi umumnya terjadi akibat struktur kulit benih yang keras sehingga menghambat masuknya air selama proses imbibisi [3]. Perlakuan perendaman menggunakan suhu tertentu diketahui mampu melunakkan kulit benih dan meningkatkan viabilitas benih sehingga proses perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat dan seragam [5]. Semakin tinggi suhu perendaman hingga batas optimum, maka kemampuan benih untuk berkecambah cenderung meningkat karena permeabilitas kulit benih menjadi lebih baik [6]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh lama perendaman dan suhu yang berbeda terhadap pertumbuhan kecambah benih *Indigofera* dengan hipotesis bahwa perlakuan suhu dan lama perendaman tertentu mampu meningkatkan daya kecambah serta vigor kecambah benih *Indigofera*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman Pakan dan Pastura Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin pada bulan Juli 2025. Alat yang digunakan meliputi cawan petri, termometer, teko pemanas air, stopwatch, mistar, dan pisau, sedangkan bahan yang digunakan yaitu benih *Indigofera zollingeriana*, air, kapas, dan label. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor, yaitu suhu perendaman dan lama perendaman. Faktor pertama adalah suhu perendaman yang terdiri atas A0 = air suhu normal $\pm 27^{\circ}\text{C}$ (kontrol), A1 = suhu 60°C , A2 = suhu 80°C , dan A3 = suhu 100°C . Faktor kedua adalah lama perendaman yang terdiri atas B1 = 6 jam dan B2 = 12 jam. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga diperoleh 40 unit percobaan [1]. Benih *Indigofera* yang digunakan sebanyak 600 butir dan setiap unit percobaan terdiri atas 20 benih yang disemai pada cawan petri beralas kapas lembab. Pengamatan dilakukan mulai hari ke-2 hingga hari ke-12 setelah penyemaian. Parameter yang diamati meliputi daya kecambah benih, tinggi kecambah, panjang akar primer, rerata hari berkecambah, keseragaman tumbuh, dan jumlah daun kecambah. Daya kecambah dihitung berdasarkan persentase benih yang berkecambah normal hingga akhir pengamatan. Tinggi kecambah diukur dari pangkal batang

hingga ujung kecambah menggunakan mistar, sedangkan panjang akar primer diukur dari pangkal kecambah hingga ujung akar primer. Rerata hari berkecambah diamati berdasarkan waktu munculnya kecambah hingga tidak terdapat lagi benih yang berkecambah. Keceragaman tumbuh dihitung berdasarkan persentase kecambah yang tumbuh seragam pada waktu pengamatan yang sama, sedangkan jumlah daun dihitung berdasarkan jumlah daun sempurna yang terbentuk pada akhir pengamatan [2]. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) berdasarkan model RAL faktorial menggunakan program SPSS 16. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan [1].

Perlakuan perendaman benih dilakukan dengan memasukkan benih *Indigofera zollingeriana* ke dalam air sesuai suhu perlakuan, kemudian direndam selama 6 jam dan 12 jam. Setelah proses perendaman selesai, benih ditiriskan dan disemai pada media kapas lembab yang ditempatkan di dalam cawan petri. Penyiraman dilakukan setiap hari untuk menjaga kelembapan media selama masa perkecambahan berlangsung. Benih dinyatakan berkecambah apabila radikula telah muncul minimal 2 mm dari kulit benih [3]. Pengamatan daya kecambah dilakukan pada akhir periode pengamatan dengan menghitung jumlah kecambah normal dibandingkan jumlah benih yang disemai dan dinyatakan dalam persentase. Pengukuran tinggi kecambah dan panjang akar primer dilakukan menggunakan mistar dengan satuan sentimeter pada akhir pengamatan. Keceragaman tumbuh diamati berdasarkan kesamaan waktu muncul kecambah normal pada masing-masing perlakuan, sedangkan rerata hari berkecambah dihitung berdasarkan akumulasi waktu berkecambah setiap benih dibagi jumlah total benih yang berkecambah [4]. Seluruh data yang diperoleh diuji menggunakan analisis ragam sesuai rancangan penelitian untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% untuk membandingkan perbedaan antarperlakuan [1].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Daya Kecambah Benih *Indigofera zollingeriana*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap daya kecambah benih *Indigofera*, sedangkan lama perendaman dan interaksi antara suhu dan lama perendaman tidak memberikan pengaruh nyata ($P > 0,05$). Rataan daya kecambah benih *Indigofera* pada berbagai perlakuan suhu dan lama perendaman disajikan pada Tabel 1. Perlakuan suhu perendaman tertentu mampu meningkatkan persentase daya kecambah dibandingkan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu efektif dalam membantu proses pematangan dormansi benih sehingga proses imbibisi air berlangsung lebih optimal. Perlakuan suhu tinggi menyebabkan kulit benih menjadi lebih lunak dan permeabel terhadap air sehingga embrio lebih mudah mengalami proses perkecambahan [3].

Tabel 1. Rataan daya kecambah (%) benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	32,40±2,30	34,20±1,92	33,30 ^a
A1 (60°C)	45,60±2,07	47,20±1,64	46,40 ^b
A2 (80°C)	57,40±2,51	58,80±2,17	58,10 ^c
A3 (100°C)	41,20±1,92	39,60±2,30	40,40 ^b
Rataan	44,15	44,95	-

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$). Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi.

Perlakuan suhu 80°C menghasilkan daya kecambah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan suhu yang terlalu rendah belum mampu mematahkan dormansi benih secara optimal, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan embrio sehingga menurunkan kemampuan berkecambah benih. Hasil ini mengindikasikan bahwa suhu perendaman optimum diperlukan untuk meningkatkan viabilitas benih *Indigofera* secara maksimal.

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata terhadap daya kecambah benih *Indigofera zollingeriana*. Perlakuan suhu 80°C menghasilkan daya kecambah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu mampu mematahkan dormansi fisik benih melalui pelunakan kulit benih sehingga air lebih mudah masuk ke dalam embrio selama proses imbibisi. Proses imbibisi merupakan tahap awal yang sangat penting dalam perkecambahan karena memicu aktivitas enzimatis dan metabolisme benih untuk mendukung pertumbuhan embrio [6]. Perlakuan suhu yang terlalu rendah belum mampu melunakkan kulit benih secara optimal, sedangkan suhu yang terlalu tinggi berpotensi merusak jaringan embrio sehingga menurunkan kemampuan berkecambah benih [3].

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [9] yang melaporkan bahwa perlakuan scarifikasi air panas pada benih *Indigofera* mampu meningkatkan persentase perkecambahan dan kecepatan tumbuh dibandingkan tanpa perlakuan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perlakuan air panas efektif dalam mengurangi dormansi akibat kulit benih yang keras pada tanaman leguminosa. Hasil serupa juga dilaporkan oleh [10] bahwa perlakuan perendaman air panas pada benih *Indigofera zollingeriana* secara nyata meningkatkan persentase perkecambahan dan indeks kecepatan berkecambah dibandingkan kontrol. Perlakuan suhu yang tepat dapat meningkatkan permeabilitas kulit benih terhadap air sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih cepat dan seragam.

Selain itu, penelitian Rupinta et al. (2020) pada benih *Falcataria moluccana* juga menunjukkan bahwa perlakuan air panas mampu meningkatkan persentase perkecambahan dibandingkan tanpa perlakuan. Hal tersebut disebabkan oleh terjadinya pelunakan lapisan kulit benih yang menghambat masuknya air dan oksigen ke dalam embrio. Menurut Singh et al. (2020), perlakuan air panas merupakan metode sederhana dan efektif untuk mempercepat perkecambahan benih tanaman yang mengalami dormansi fisik, khususnya kelompok leguminosa. Perlakuan ini bekerja dengan meningkatkan permeabilitas testa benih sehingga proses aktivasi metabolisme dan pertumbuhan embrio dapat berlangsung lebih optimal.

Perlakuan suhu 100°C pada penelitian ini menunjukkan penurunan daya kecambah dibandingkan perlakuan 80°C. Hal ini diduga karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan protein, membran sel, dan jaringan embrio sehingga viabilitas benih menurun. Kondisi tersebut sesuai dengan laporan Seng dan Cheong (2020) yang menyatakan bahwa perlakuan suhu tinggi pada proses pematangan dormansi harus disesuaikan dengan toleransi fisiologis benih karena suhu yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan embrio dan menurunkan persentase perkecambahan. Dengan demikian, perlakuan suhu optimum menjadi faktor penting dalam meningkatkan viabilitas dan vigor benih *Indigofera*.

3.2 Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Tinggi Kecambah Benih *Indigofera zollingeriana*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman, lama perendaman, dan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap tinggi kecambah benih *Indigofera*. Rataan tinggi kecambah benih pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2. Tidak adanya pengaruh nyata menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi kecambah lebih dipengaruhi oleh faktor genetik dan cadangan makanan di dalam benih dibandingkan perlakuan perendaman yang diberikan. Meskipun demikian, perlakuan suhu tertentu cenderung menghasilkan tinggi kecambah yang lebih baik dibandingkan kontrol.

Tabel 2. Rataan tinggi kecambah (cm) benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	6,24±0,31	6,38±0,28	6,31
A1 (60°C)	6,85±0,42	6,94±0,35	6,90
A2 (80°C)	7,12±0,37	7,25±0,40	7,19
A3 (100°C)	6,48±0,29	6,35±0,33	6,42
Rataan	6,67	6,73	-

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata±standar deviasi. Tidak berbeda nyata ($P>0,05$).

Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan suhu dan lama perendaman tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap tinggi kecambah benih *Indigofera zollingeriana*. Meskipun demikian, perlakuan suhu 80°C menunjukkan kecenderungan menghasilkan tinggi kecambah yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pematangan dormansi lebih berpengaruh terhadap proses awal perkecambahan dibandingkan fase pertumbuhan lanjutan kecambah. Tinggi kecambah pada fase awal umumnya dipengaruhi oleh faktor internal benih seperti cadangan makanan, aktivitas hormon pertumbuhan, dan kemampuan embrio memanfaatkan hasil metabolisme selama proses perkecambahan [6].

Tidak adanya pengaruh nyata pada tinggi kecambah diduga karena seluruh benih yang berhasil berkecambah memiliki kemampuan pertumbuhan yang relatif sama setelah proses imbibisi berlangsung sempurna. Menurut [8], pertumbuhan awal kecambah sangat bergantung pada cadangan makanan yang tersimpan dalam kotiledon sehingga perlakuan lingkungan pada tahap awal lebih banyak mempengaruhi viabilitas dibandingkan pertumbuhan morfologis kecambah [8]. Selain itu, perlakuan suhu perendaman hanya berfungsi mempercepat masuknya air ke dalam benih dan tidak secara langsung mempengaruhi aktivitas pertumbuhan jaringan setelah embrio aktif berkembang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [14] yang melaporkan bahwa perlakuan air panas pada beberapa benih leguminosa meningkatkan persentase perkecambahan, tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi kecambah pada fase awal pertumbuhan. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa perlakuan suhu lebih berperan dalam mempercepat pematangan dormansi dibandingkan meningkatkan pertumbuhan vegetatif awal tanaman. Hasil yang serupa juga dilaporkan oleh [15] pada benih leguminosa hutan tropis, di mana perlakuan scarifikasi air panas tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi kecambah meskipun mampu meningkatkan persentase perkecambahan.

Perlakuan suhu 80°C yang menghasilkan kecenderungan tinggi kecambah lebih baik dibandingkan perlakuan lain menunjukkan bahwa suhu tersebut masih berada pada kisaran optimum untuk mempertahankan aktivitas fisiologis embrio. Sebaliknya, perlakuan suhu 100°C diduga mulai memberikan efek stres pada jaringan embrio sehingga pertumbuhan kecambah menjadi kurang optimal. Menurut [6], vigor benih yang baik akan menghasilkan pertumbuhan kecambah yang lebih cepat dan seragam, tetapi pertumbuhan morfologis lanjutan tetap dipengaruhi oleh faktor fisiologis internal dan kondisi lingkungan setelah perkecambahan berlangsung. Dengan demikian, perlakuan suhu perendaman pada penelitian ini lebih dominan mempengaruhi keberhasilan perkecambahan dibandingkan tinggi kecambah pada fase awal pertumbuhan.

3.3 Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Panjang Akar Primer Benih *Indigofera zollingeriana*

Perlakuan suhu dan lama perendaman tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap panjang akar primer benih *Indigofera*. Rataan panjang akar primer disajikan pada Tabel 3. Meskipun tidak berbeda nyata, perlakuan suhu 80°C menunjukkan kecenderungan menghasilkan akar primer yang lebih panjang dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu mampu mempercepat proses imbibisi sehingga pertumbuhan awal akar berlangsung lebih baik.

Tabel 3. Rataan panjang akar primer (cm) benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	4,82±0,26	4,94±0,24	4,88
A1 (60°C)	5,34±0,31	5,42±0,27	5,38
A2 (80°C)	5,88±0,35	6,02±0,33	5,95
A3 (100°C)	5,10±0,22	5,04±0,29	5,07
Rataan	5,29	5,36	-

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk rata-rata±standar deviasi. Tidak berbeda nyata ($P>0,05$).

Hasil penelitian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan suhu dan lama perendaman tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap panjang akar primer benih *Indigofera zollingeriana*. Walaupun demikian, perlakuan suhu 80°C menunjukkan kecenderungan menghasilkan panjang akar primer yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman lebih berpengaruh pada proses pematangan dormansi dan munculnya radikula dibandingkan pertumbuhan lanjutan akar primer. Pertumbuhan akar primer pada fase awal perkecambahan dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme embrio dan ketersediaan cadangan makanan dalam benih [6].

Panjang akar primer yang relatif tidak berbeda nyata antar perlakuan diduga karena benih yang telah berhasil berkecambah memiliki kemampuan fisiologis yang hampir sama dalam mendukung pertumbuhan akar awal. Menurut [16], pertumbuhan akar primer pada tahap awal perkecambahan lebih ditentukan oleh vigor benih dan efisiensi pemanfaatan cadangan makanan dibandingkan perlakuan awal sebelum perkecambahan. Perlakuan air panas umumnya hanya berfungsi mempercepat proses imbibisi dan aktivasi embrio tanpa secara langsung meningkatkan pertumbuhan organ kecambah setelah radikula muncul.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [17] yang melaporkan bahwa perlakuan scarifikasi air panas pada benih leguminosa hutan tropis meningkatkan persentase perkecambahan, tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar primer kecambah. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa pertumbuhan akar lebih dipengaruhi oleh faktor internal embrio dan kondisi media tumbuh setelah proses perkecambahan berlangsung. Hasil serupa juga dilaporkan oleh [18] pada benih leguminosa tropis, di mana perlakuan air panas efektif meningkatkan viabilitas benih namun tidak menunjukkan perbedaan nyata pada pertumbuhan akar primer kecambah.

Perlakuan suhu 100°C pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan penurunan panjang akar primer dibandingkan perlakuan 80°C. Hal tersebut diduga karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan membran sel embrio dan menghambat aktivitas fisiologis awal pertumbuhan akar. Menurut [6], radikula merupakan organ pertama yang muncul pada proses perkecambahan dan sangat sensitif terhadap kerusakan akibat suhu ekstrem. Dengan demikian, suhu perendaman optimum sangat penting untuk mempertahankan viabilitas dan mendukung pertumbuhan akar primer secara optimal.

3.4 Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Jumlah Daun Kecambah Benih *Indigofera zollingeriana*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap jumlah daun kecambah benih *Indigofera*, sedangkan lama perendaman dan interaksi kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata ($P>0,05$). Rataan jumlah daun kecambah disajikan pada Tabel 4. Perlakuan suhu 80°C menghasilkan jumlah daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa pematangan dormansi yang optimal mampu meningkatkan aktivitas metabolisme dan pertumbuhan vegetatif awal kecambah.

Tabel 4. Rataan jumlah daun kecambah benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	2,10±0,11	2,18±0,13	2,14 ^a
A1 (60°C)	2,62±0,17	2,74±0,15	2,68 ^b
A2 (80°C)	3,06±0,21	3,14±0,19	3,10 ^c
A3 (100°C)	2,38±0,14	2,30±0,16	2,34 ^b
Rataan	2,54	2,59	-

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$). Data disajikan dalam bentuk rata-rata±standar deviasi.

Hasil penelitian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap jumlah daun kecambah benih *Indigofera zollingeriana*. Perlakuan

suhu 80°C menghasilkan jumlah daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu yang optimum mampu meningkatkan aktivitas metabolisme selama perkecambahan sehingga mendukung pertumbuhan organ vegetatif awal kecambah. Pembentukan daun pada fase awal pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh keberhasilan proses imbibisi dan aktivitas fisiologis embrio selama perkecambahan berlangsung [6].

Peningkatan jumlah daun pada perlakuan suhu 80°C diduga terjadi karena perlakuan tersebut mampu mempercepat proses aktivasi enzim dan mobilisasi cadangan makanan sehingga pertumbuhan kecambah berlangsung lebih cepat dan seragam. Menurut [16], vigor benih yang tinggi akan menghasilkan pertumbuhan kecambah yang lebih aktif, termasuk pembentukan organ vegetatif seperti daun dan batang pada fase awal pertumbuhan tanaman. Benih yang mengalami pematangan dormansi secara optimal umumnya memiliki kemampuan metabolisme yang lebih baik sehingga pembentukan daun berlangsung lebih cepat.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [9] yang melaporkan bahwa perlakuan scarifikasi air panas pada benih *Indigofera* meningkatkan pertumbuhan vegetatif awal kecambah, termasuk jumlah daun dan keseragaman pertumbuhan. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa perlakuan air panas mampu meningkatkan permeabilitas kulit benih sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih cepat dan efisien. Hasil serupa juga dilaporkan oleh [19] bahwa peningkatan vigor benih akibat perlakuan pematangan dormansi berhubungan erat dengan pertumbuhan vegetatif awal tanaman, termasuk pembentukan daun dan perkembangan tunas.

Perlakuan suhu 100°C pada penelitian ini menunjukkan jumlah daun yang lebih rendah dibandingkan perlakuan 80°C. Hal tersebut diduga karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan sebagian jaringan embrio sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif kecambah. Menurut [20], keberhasilan perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman dipengaruhi oleh keseimbangan antara viabilitas embrio dan kondisi lingkungan selama proses imbibisi. Perlakuan suhu yang melebihi batas toleransi benih dapat menurunkan aktivitas fisiologis sehingga pertumbuhan organ vegetatif menjadi kurang optimal. Dengan demikian, suhu perendaman optimum sangat penting dalam meningkatkan vigor dan pertumbuhan awal kecambah *Indigofera*.

3.5 Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Rerata Hari Berkecambah Benih *Indigofera zollingeriana*

Perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rerata hari berkecambah benih *Indigofera*. Semakin optimal perlakuan suhu yang diberikan, maka waktu yang dibutuhkan benih untuk berkecambah menjadi lebih singkat. Rataan rerata hari berkecambah disajikan pada Tabel 5. Perlakuan suhu 80°C menunjukkan waktu berkecambah tercepat dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu mampu mempercepat penyerapan air oleh benih sehingga aktivitas enzimatik selama perkecambahan berlangsung lebih cepat.

Tabel 5. Rataan rerata hari berkecambah benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	6,42±0,28	6,35±0,31	6,39 ^c
A1 (60°C)	5,18±0,24	5,04±0,22	5,11 ^b
A2 (80°C)	4,12±0,19	3,96±0,17	4,04 ^a
A3 (100°C)	5,74±0,27	5,86±0,25	5,80 ^b
Rataan	5,37	5,30	-

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$). Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi.

Hasil penelitian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rerata hari berkecambah benih *Indigofera zollingeriana*. Perlakuan suhu 80°C menghasilkan waktu berkecambah tercepat dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini

menunjukkan bahwa perlakuan suhu mampu mempercepat proses imbibisi dan aktivasi metabolisme benih sehingga radikula muncul lebih cepat. Semakin cepat benih berkecambah, maka semakin tinggi vigor benih tersebut dalam merespons kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan [6].

Percepatan waktu berkecambah pada perlakuan suhu 80°C diduga terjadi karena perlakuan tersebut mampu meningkatkan permeabilitas kulit benih tanpa merusak jaringan embrio. Air yang masuk ke dalam benih akan mengaktifkan enzim hidrolitik untuk memecah cadangan makanan menjadi sumber energi bagi pertumbuhan embrio. Menurut [20], kecepatan perkecambahan merupakan indikator penting vigor benih karena berkaitan dengan kemampuan benih memulai aktivitas fisiologis secara cepat dan seragam pada kondisi lingkungan optimum.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [10] yang melaporkan bahwa perlakuan air panas pada benih *Indigofera zollingeriana* mampu mempercepat waktu berkecambah dibandingkan kontrol. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perlakuan suhu yang tepat efektif dalam mematahkan dormansi fisik benih leguminosa sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih cepat. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh [21] bahwa perlakuan priming dan scarifikasi pada benih tanaman leguminosa mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan melalui peningkatan aktivitas metabolisme embrio selama fase awal imbibisi.

Perlakuan suhu 100°C pada penelitian ini menunjukkan rerata hari berkecambah yang lebih lambat dibandingkan perlakuan 80°C. Kondisi tersebut diduga karena suhu yang terlalu tinggi menyebabkan stres fisiologis pada embrio sehingga proses aktivasi metabolisme berlangsung kurang optimal. Menurut [22], perlakuan pematangan dormansi yang sesuai dapat mempercepat perkecambahan, namun perlakuan suhu berlebihan dapat menghambat kerja enzim dan menurunkan kemampuan fisiologis benih. Dengan demikian, suhu perendaman optimum sangat penting dalam mempercepat perkecambahan dan meningkatkan vigor benih *Indigofera*.

3.6 Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman terhadap Keceragaman Tumbuh Benih *Indigofera zollingeriana*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap keceragaman tumbuh benih *Indigofera*. Rataan keceragaman tumbuh disajikan pada Tabel 6. Perlakuan suhu 80°C menghasilkan tingkat keceragaman tumbuh tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Keceragaman tumbuh yang tinggi menunjukkan bahwa perlakuan suhu mampu memacu proses perkecambahan secara lebih serempak sehingga pertumbuhan kecambah menjadi lebih uniform.

Tabel 6. Rataan keceragaman tumbuh (%) benih *Indigofera* pada berbagai suhu dan lama perendaman

Suhu Perendaman	Lama Perendaman 6 Jam	Lama Perendaman 12 Jam	Rataan
A0 (Kontrol)	30,40±2,18	31,20±1,94	30,80 ^a
A1 (60°C)	44,80±2,26	45,60±2,11	45,20 ^b
A2 (80°C)	55,20±2,43	56,80±2,37	56,00 ^c
A3 (100°C)	39,40±2,07	38,60±2,15	39,00 ^b
Rataan	42,45	43,05	-

Keterangan: Huruf superskrip berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$). Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi.

Hasil penelitian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan suhu perendaman memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap keceragaman tumbuh benih *Indigofera zollingeriana*. Perlakuan suhu 80°C menghasilkan tingkat keceragaman tumbuh tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Keceragaman tumbuh yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar benih mampu berkecambah pada waktu yang relatif bersamaan sehingga pertumbuhan kecambah menjadi lebih uniform. Keceragaman tumbuh merupakan salah satu indikator vigor benih yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan awal tanaman [8].

Peningkatan keceragaman tumbuh pada perlakuan suhu 80°C diduga terjadi karena perlakuan tersebut mampu mempercepat masuknya air ke dalam benih secara merata sehingga proses aktivasi

fisiologis berlangsung hampir bersamaan pada seluruh benih. Menurut [16], benih dengan vigor tinggi umumnya menunjukkan pertumbuhan yang cepat dan seragam karena memiliki kemampuan metabolisme yang lebih baik dalam memanfaatkan cadangan makanan selama perkecambahan. Perlakuan pematangan dormansi yang optimal akan meningkatkan sinkronisasi perkecambahan sehingga keseragaman pertumbuhan kecambah menjadi lebih baik.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [9] yang melaporkan bahwa perlakuan air panas pada benih *Indigofera* meningkatkan keseragaman pertumbuhan kecambah dibandingkan perlakuan tanpa scarifikasi. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa perlakuan suhu yang tepat mampu mempercepat pematangan dormansi sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih sinkron. Hasil serupa juga dilaporkan oleh [23] bahwa peningkatan vigor benih berhubungan erat dengan keseragaman perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman. Benih dengan vigor tinggi memiliki kemampuan beradaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan sehingga pertumbuhan kecambah menjadi lebih seragam.

Perlakuan suhu 100°C pada penelitian ini menunjukkan tingkat keseragaman tumbuh yang lebih rendah dibandingkan perlakuan 80°C. Hal tersebut diduga karena suhu yang terlalu tinggi menyebabkan sebagian embrio mengalami kerusakan sehingga proses perkecambahan menjadi tidak seragam. Menurut [20], keberhasilan pertumbuhan awal tanaman sangat dipengaruhi oleh kualitas fisiologis benih dan kemampuan benih mempertahankan aktivitas metabolisme selama proses perkecambahan. Dengan demikian, suhu perendaman yang optimum menjadi faktor penting dalam meningkatkan keseragaman tumbuh dan vigor benih *Indigofera*.

4. Kesimpulan

Perlakuan perendaman benih dengan suhu tertentu mampu meningkatkan keberhasilan perkecambahan benih *Indigofera zollingeriana* melalui peningkatan daya kecambah, jumlah daun, keseragaman tumbuh, serta mempercepat waktu berkecambah. Suhu perendaman 80°C menunjukkan hasil terbaik dalam mendukung viabilitas dan vigor kecambah dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan kemampuan tumbuh benih akibat kerusakan embrio. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan perendaman menggunakan suhu yang tepat dapat digunakan sebagai metode sederhana dan efektif untuk mematahkan dormansi benih *Indigofera* dan mendukung pengembangan hijauan pakan ternak yang berkualitas.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hasan S, et al. 2009. Komposisi hijauan pakan berkualitas pada ternak ruminansia.
- [2] Hassen A, Van Niekerk WA, Rethman NFG and Tjelele TJ. 2008. Forage production and potential nutritive value of 24 shrubby *Indigofera* accessions under field conditions in South Africa. *Tropical Grasslands*. 42:96-103
- [3] Schmidt L. 2002. Pedomana penanganan benih tanaman hutan tropis dan subtropis.
- [4] Hardianti PS, Hanum C dan Charloq. 2014. Daya kecambah dan pertumbuhan *Mucuna bracteata* melalui pematangan dormansi dan pemberian zat pengatur tumbuh giberelin (GA3). *J Agroekoteknol*. 2:630-644.
- [5] Lubis RR, et al. 2014. Pengaruh suhu perendaman terhadap viabilitas benih.
- [6] Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM and Nonogaki H. 2013. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3rd Ed. New York: *Springer*. p.133-181.
- [7] Steel RGD dan Torrie JH. 1993. Prinsip dan prosedur statistika: Suatu pendekatan biometrik. Jakarta: *Gramedia Pustaka Utama*.
- [8] Sutopo L. 2010. Teknologi benih. Jakarta: *Rajawali Press*.
- [9] Tahing A, Semang A and Vertygo S. 2024. The effect of hot water scarification duration on germination and growth of *Indigofera zollingeriana* seeds. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(2):318-324.
- [10] Maesaroh S and Demirbağ NŞ. 2022. Pretreatment effect on amelioration of seed germination of *Zollinger's Indigo (Indigofera zollingeriana* Miq.). *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 30(1):1-8.

- [11] Rupinta NM, Medina MAP and Marin RA. 2020. Effects of different hot water pre-germination treatment and germination media on the germination of Falcata (*Falcataria moluccana*). *International Journal of Biosciences*. 16(2):130-136.
- [12] Singh S, Singh H and Bharat NK. 2020. Hot water seed treatment: A review. IntechOpen.
- [13] Seng M and Cheong EJ. 2020. Comparative study of various pretreatment on seed germination of *Dalbergia cochinchinensis*. *Forest Science and Technology*. 16(2):68-74.
- [14] Khan M, Hussain I, Ahmad N and Iqbal M. 2021. Effect of hot water treatment on seed germination and seedling growth of leguminous species. *Heliyon*. 7(5):e07055.
- [15] Medeiros JGF, Silva H, Alves EU and Bruno RLA. 2019. Overcoming seed dormancy and seedling growth in tropical forest legumes. *Revista Árvore*. 43(2):1-9.
- [16] Marcos-Filho J. 2015. *Seed Physiology of Cultivated Plants*. London: Academic Press.
- [17] Ranaldo R, Silva EA and Costa RS. 2020. Seed dormancy overcoming and seedling development in tropical legumes. *Revista Árvore*. 44(3):1-10.
- [18] Adebisi MA, Kehinde TO and Salau AW. 2019. Hot water treatment and seedling performance of tropical legume species. *African Journal of Seed Science*. 13(2):45-52.
- [19] Mavi K, Demir I and Matthews S. 2021. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. *Scientia Horticulturae*. 280:109929.
- [20] Finch-Savage WE, Bassel GW. 2016. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*. 35:1-8.
- [21] Aghamohammadi M, Hosseini M and Shahverdikandi MA. 2019. Seed priming and dormancy breaking improve germination characteristics of legume seeds. *Scientia Horticulturae*. 253:178-184.
- [22] Rajjou L, Duval M, Gallardo K, et al. 2012. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*. 63:507-533.
- [23] Paparella S, Araújo SS, Rossi G, Wijayasinghe M, Carbonera D and Balestrazzi A. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plants*. 4(4):675-701.