

The Effect of Hot Water Scarification Duration on Germination and Growth of *Indigofera zollingeriana* Seeds

Albertus Tahing¹, Agustinus Semang¹, & Stormy Vertygo^{1*}

¹Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia;

Article History

Received : March 25th, 2024

Revised : May 01th, 2024

Accepted : May 22th, 2024

*Corresponding Author:

Stormy Vertygo, Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia;

Email: svertygo91@gmail.com

Abstract: *Indigofera zollingeriana* is a type of leguminous plant that is excellent for cultivation as forage for ruminant livestock such as cattle, buffalo, goats, and sheep. This study aims to determine the effect of the duration of hot water scarification on the germination of *Indigofera zollingeriana* seeds. The research was conducted at the Livestock Feed Technology Laboratory of the State Agricultural Polytechnic of Kupang. The study was carried out for 2 weeks using a Completely Randomized Design with 4 treatments and 5 replications, namely P0: without hot water scarification, P1: hot water scarification at 65°C for 30 minutes, P2: hot water scarification at 65°C for 60 minutes, and P3: hot water scarification at 65°C for 90 minutes. The variables measured in this study were germination percentage, mean daily germination, and seedling height. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and if there was a significant effect, it was followed by Duncan's test. The results showed that the effect of scarification of *Indigofera zollingeriana* seeds with hot water at 65°C for different durations significantly affected the parameters of germination percentage and mean daily germination, with the treatment without scarification providing the best results. This could be due to the prolonged duration of soaking, which caused the seeds to experience heat stress. As for the seedling height parameter, the treatment did not have a significant effect. Therefore, hot water scarification with excessively long durations is not recommended as a strategy to promote germination and growth of these seeds.

Keywords: *Indigofera zollingeriana*, hot water scarification, seed germination, seed growth.

Pendahuluan

Indigofera zollingeriana termasuk dalam jenis tanaman leguminosa yang sangat baik dibudidayakan sebagai hijauan pakan untuk ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, kambing, dan domba (Antari *et al.*, 2022). Pembudidayaannya pun dapat dipermudah karena toleransinya yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan (Kumalasari *et al.*, 2017). Selain itu, spesies tumbuhan ini juga diketahui mampu bertahan pada kondisi pH tanah yang rendah (asam) (Antari *et al.*, 2023). Tanaman ini dianggap potensial dalam memenuhi kebutuhan hijauan pakan ternak ruminansia, karena memiliki produktivitas tinggi

yang dapat mencapai ±31 ton/ha/tahun dengan interval defoliasi 60 hari (Sambuaga *et al.*, 2020; Tarigan, 2009).

Kandungan nutrisi yang sangat baik antara lain protein kasar (PK) berkisar pada 21-27%, serat kasar (SK) berkisar 15-16%, lemak kasar (LK) ±2% (Ali *et al.*, 2021) dan kandungan mineral kalsium (Ca) sebesar 0,22% dan fosfor (P) sebesar 0,18% (Mayasari & Ismiraj, 2019). Hasil kajian Arniati *et al.* (2015) menunjukkan bahwa *I. zollingeriana* memiliki keunggulan di antaranya dapat tumbuh baik pada kondisi musim penghujan maupun musim kering sehingga dapat dibudidayakan pada lahan kritis sekalipun. Di samping itu, Nadir *et al.*, (2023) menyatakan bahwa meskipun cekaman salinitas

berpengaruh terhadap germinasinya, namun ternyata tidak berpengaruh terhadap performans vegetatifnya.

Umumnya, peningkatan jumlah tanaman legum *I. zollingeriana* sering dilakukan melalui penyebaran biji, yang memperlihatkan peran penting biji dalam memperbarui populasi tanaman ini (Mulik *et al.*, 2021). Kualitas biji tanaman legum sering terpengaruh oleh beberapa faktor, termasuk pemanenan biji yang belum matang, serangan hama, dan kondisi fisik biji yang memiliki lapisan kulit (testa) yang keras dan tebal (Arthawijaya *et al.*, 2022; Vertygo, 2021). Biji *I. zollingeriana* memiliki ciri fisik yang bervariasi, mulai dari warna hijau kecoklatan hingga coklat tua hingga hitam, dengan ukuran bulat dan kulit luar yang keras (Rosadi *et al.*, 2018). Kulit biji yang keras sering menjadi penghalang bagi masuknya air dan nutrisi (Ulimaz *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan perlakuan sebelum ditanam untuk mempercepat daya kecambahnya (pemecahan dormansi). Upaya untuk menanggulangi hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik pematangan dormansi dengan skarifikasi karena pada biji *Indigofera* juga memiliki ciri fisik kulit luar yang keras (Wijayanti, 2023).

Skarifikasi adalah metode yang digunakan untuk melunakkan kulit biji (testa) dengan tujuan untuk mempercepat proses absorpsi atau penyerapan air beserta nutrisi sehingga dapat memacu proses germinasi (Kolly *et al.*, 2022). Proses pelunakkan kulit biji dapat dilakukan melalui penggunaan air panas, air dingin, perlakuan mekanis, atau senyawa kimia untuk memungkinkan air dan udara menembus lapisan luar biji (Belipati *et al.*, 2022). Hal ini memungkinkan proses metabolisme biji untuk dimulai, sehingga biji dapat berkecambah dan tumbuh menjadi tanaman baru (Hasanah *et al.*, 2021). Merendam biji dalam air panas memiliki efek melunakkan dan membuka pori-pori pada lapisan kulit yang keras, memfasilitasi proses imbibisi pada biji (Sandi *et al.*, 2014).

Proses imbibisi selanjutnya akan mengaktifkan berbagai enzim hidrolitik terutama enzim amilase yang akan menghidrolisis amilum dalam kotiledon sebagai substrat untuk produksi energi dalam bentuk molekul Adenosin Trifosfat (ATP) (Agustina *et al.*, 2021). Akan tetapi, paparan terhadap suhu dalam waktu yang cukup lama akan dapat pula menghambat germinasi

yang salah satu penyebabnya adalah rusaknya konformasi enzim (denaturasi) karena putusnya ikatan peptida yang menghubungkan asam-asam amino penyusunnya (Hikmah *et al.*, 2022). Dengan demikian, dalam skarifikasi menggunakan air panas, tidak hanya faktor suhu yang harus diperhatikan, namun juga faktor lama paparannya terhadap suhu tersebut.

Benih *I. zollingeriana* diskarifikasi menggunakan air panas pada suhu 65°C dengan lama waktu (durasi) perendaman benih yang berbeda-beda. Adapun durasi perendaman yang digunakan yaitu 0 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Pemberian perlakuan ini bertujuan untuk melihat respon germinasi benih dan pertumbuhannya. Parameter yang diamati adalah persentase germinasi, rerata germinasi harian dan tinggi kecambah. Diharapkan agar kajian ini dapat memberikan gambaran atau informasi terkait strategi pembudidayaan tumbuhan legum, khususnya dari jenis *I. zollingeriana* dalam rangka optimalisasi produktivitasnya untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Bahan dan Metode

Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pakan Ternak, jurusan Peternakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, selama 2 minggu.

Alat dan bahan

Alat penelitian ini adalah: Mistar digunakan sebagai alat ukur tinggi perkecambahan, wadah untuk media untuk penyortiran benih, pinset digunakan sebagai alat untuk pengambilan benih saat melakukan penyortiran, botol penyemprot untuk menyiram benih selama dikecambahkan, termometer untuk alat pengukur suhu air, cawan petri sebagai media untuk proses perkecambahan, termos sebagai wadah untuk melakukan perendaman dengan suhu konstan, autoklaf untuk sterilisasi peralatan dan air, dan *hotplate* sebagai alat pemanas air. Bahan antara lain: benih *Indigofera zollingeriana*, akuades steril, dan kapas sebagai substrat tanam dalam wadah cawan petri.

Prosedur kerja

Adapun prosedur kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tahap penyortiran benih

Benih *I. zollingeriana* disortir kualitas fisiknya yang tidak pecah, tidak berjamur, dan tidak berwarna pucat. Selanjutnya, dipilih benih yang viabel dengan menggunakan metode apung (Daneshvar *et al.*, 2017), di mana benih yang mengapung disingkirkan, sementara yang tenggelam dipilih untuk digunakan. Kemudian, biji dikeringkan.

Tahapan perkecambahan

Biji yang telah dipilih kemudian diberikan perlakuan dengan menempatkannya dalam termos. Termos sebelumnya telah dimasukkan air yang dipanaskan hingga suhu 65°C. Benih kemudian direndam dalam termos tersebut sesuai perlakuan yaitu: tanpa skarifikasi (P0), perendaman selama 30 menit (P1), 60 menit (P2), dan 90 menit (P3). Setelah perendaman sesuai perlakuan, benih kemudian ditempatkan di atas cawan petri beralaskan substrat kapas yang semuanya telah disteril sebelumnya. Setiap wadah berisi 30 benih yang dikecambahkan selama 14 hari. Penyiraman dengan akuades steril dilakukan menggunakan penyemprot sebanyak 2 kali dengan volume 15 mL. Mengamati parameter setiap hari selama periode pengamatan (14 hari). Pengukuran tinggi kecambah dilakukan pada akhir hari pengamatan (hari ke-14) (Belipati *et al.*, 2022).

Parameter penelitian

Adapun parameter-parameter yang diamati adalah:

Persentase germinasi (%), yang dihitung menurut (Vertygo *et al.*, 2023) pada persamaan 1.

$$\text{Daya kecambah \%} = \frac{\text{jumlah benih akhir berkecambah}}{\text{jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\% \quad (1)$$

Rerata Germinasi Harian (MDG), yang dihitung menurut (Tang *et al.*, 2023) pada persamaan 2.

$$\text{MDG} = \frac{N}{T} \quad (2)$$

N= total benih yang berkecambah
T= Jumlah hari pengamatan

Rerata Tinggi Kecambah, yang diukur dari pangkal batang hingga ujung daun Lembaga.

Analisis data

Data-data parameter yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan pada taraf signifikansi 1%. Apabila F hitung > F tabel, maka akan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (Gomez *et al.*, 2018).

Hasil dan Pembahasan

Persentase germinasi

Pengamatan terhadap persentase germinasi penting untuk mengevaluasi kualitas dan kemampuan benih suatu spesies dalam berkecambah. Dengan mengidentifikasi persentase biji yang dapat berkecambah di bawah kondisi lingkungan tertentu, uji perkecambahan membantu menjamin pemilihan biji yang berkualitas tinggi untuk ditanam, yang pada gilirannya meningkatkan hasil panen dan kinerja tanaman (Srivastava, 2002). Hasil penelitian ini, persentase germinasi (%) diamati terhadap benih *I. Zollingeriana* yang diberi perlakuan perendaman air panas dengan lama waktu berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Germinasi

Perlakuan	Rerata (%)
P0	73,3±20.88 ^d
P1	29,3±13.62 ^c
P2	8,66±4,46 ^b
P3	4,66± 3,82 ^a

Keterangan: ^{d,c,b,a} superskrip yang berbeda menunjukkan berpengaruh sangat nyata (P< 0,01) P0= tanpa skarifikasi, P1= skarifikasi air panas selama 30 menit, P2= skarifikasi air panas selama 60 menit, P3= skarifikasi air panas selama 90 menit.

Hasil analisis sidik ragam terlihat bahwa perendaman benih *Indigofera zollingeriana* dengan lama waktu skarifikasi air panas yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata (P< 0,01) terhadap parameter persentase germinasi. Dalam penelitian ini, persentase perkecambahan pada perlakuan P0 (tanpa skarifikasi) memberikan nilai tertinggi yaitu sebesar 73,33%. Nilai parameter ini juga terlihat

berbanding terbalik seiring peningkatan lama waktu perendaman dilakukan.

Hasil ini berbeda dengan Rusdy (2020), di mana skarifikasi dengan air panas yang dilakukannya terhadap benih legum lamtoro (*Leucaena leucocephala*) memberikan dampak positif. Akan tetapi, suhu yang digunakan adalah 80°C dengan perlakuan selama 2-8 menit. Kajian yang dilakukan Lensari *et al.*, (2023) terhadap benih Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) menggunakan perlakuan air panas tetapi hanya direndam selama 2-5 menit sebelum dilanjutkan ke perendaman menggunakan air dingin. Terhadap benih Aren (*Arenga pinnata*), Rumahorbo *et al.*, (2020) menemukan bahwa skarifikasi air panas pada suhu 75°C selama 24 jam, menurunkan daya kecambahnya. Semua hasil ini menunjukkan bahwa selain suhu sebagai faktor yang berdampak signifikan terhadap parameter germinasi, faktor lama pemaparan terhadap suhu tersebut juga penting untuk dipertimbangkan dalam mengoptimalkan tingkat germinasinya.

Pemaparan terhadap faktor suhu sangat mempengaruhi laju metabolisme sel-sel. Di bawah rentangan suhu, peningkatannya menuju titik optimum akan meningkatkan laju metabolisme. Akan tetapi, melewati batasan optimum ini, peningkatan suhu akan menurunkan laju metabolisme melalui pengrusakan (denaturasi) terhadap enzim-enzim yang terlibat (Sghaier *et al.*, 2022). Sel-sel yang masih embrional yang terdapat dalam kotiledon juga akan rusak oleh pemaparan suhu yang lama (Basuki *et al.*, 2022).

Rerata germinasi harian

Pengamatan terhadap parameter rerata germinasi harian dilakukan untuk memahami waktu dan tingkat perkecambahan biji selama jangka waktu tertentu, yang umumnya dinyatakan dalam satuan biji per hari. Informasi ini sangat penting untuk mengevaluasi pergerakan perkecambahan dari suatu kelompok benih dan memberikan pemahaman tentang kondisi terbaik bagi kemunculan benih. Dengan memantau rata-rata perkecambahan harian, peneliti dan petani dapat mengidentifikasi pola dan tren dalam perilaku perkecambahan biji, yang memungkinkan penyesuaian dalam jadwal penanaman, pola irigasi, dan praktik manajemen lainnya untuk meningkatkan pertumbuhan

tanaman dan hasil panen (Ranal & Santana, 2006). Data rerata germinasi harian benih *I. zollingeriana* yang diberi perlakuan skarifikasi air panas dengan lama waktu perendaman yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata Germinasi Harian

Perlakuan	Rerata (Biji/hari)
P0	1,57 ± 0,45 ^d
P1	0,682 ± 0,22 ^c
P2	0,484 ± 0,10 ^b
P3	0,412 ± 0,24 ^a

Keterangan: ^{d,c,b,a} superskrip yang berbeda menunjukkan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) P0= tanpa skarifikasi, P1= skarifikasi air panas selama 30 menit, P2= skarifikasi air panas selama 60 menit, P3= skarifikasi air panas selama 90 menit.

Analisis data menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh nyata, namun sama dengan parameter persentase germinasi, perlakuan P0 memberikan hasil terbaik di mana tanpa skarifikasi memperoleh nilai tertinggi yaitu sebesar $1,57 \pm 0,45$ biji/hari. Nilai ini semakin menurun seiring peningkatan lama waktu perendaman. Hasan *et al.*, (2023) melaporkan bahwa perendaman benih legum Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) dengan suhu yang terlalu hangat (di atas 60°C) akan menurunkan viabilitas benih karena rusaknya sel-sel embrio di dalamnya. Liu *et al.*, (2019) menyatakan bahwa pada tahapan-tahapan yang kritis selama siklus hidupnya, sel-sel tumbuhan akan sangat rentan terhadap faktor cekaman lingkungan termasuk cekaman panas (*heat stress*). Hasil penelitian ini, perlakuan yang diberikan dapat dianggap sebagai cekaman panas karena suhu yang diberikan terlalu tinggi dengan lama pemaparan/perendaman yang terlalu lama. Hasil ini juga tampak sejalan dengan kajian Sita *et al.*, (2018) yang menunjukkan bahwa cekaman panas dapat menurunkan pertumbuhan benih (*seed growth*) legum Lentil (*Lens culinaris* Medikus) hingga 44%.

Pendedahan terhadap suhu tinggi dalam waktu lama dapat mengakibatkan penimbunan radikal bebas, yang berdampak pada kerusakan oksidatif pada komponen-komponen penyusun sel seperti lipid, protein, dan juga asam nukleat (Notununu *et al.*, 2022). Apabila kerusakan akibat radikal bebas ini terjadi pada komponen membran sel dan membran plastida, maka

tentunya akan mengganggu fungsi fotosintetik sel yang berdampak pada penurunan produktivitasnya (Kumar *et al.*, 2023). Stres suhu tinggi dapat memicu aliran Ca^{2+} , kaskade kinase, dan akumulasi hormon Asam Absisat (ABA), yang menyebabkan siklus sel (interfase) mengalami penundaan (berada pada fase G_0) sehingga berhenti membelah, dan bahkan dapat menyebabkan kematian sel (Jeramat *et al.*, 2023; Rosmaina *et al.*, 2021). Hasil penelitian ini, skarifikasi air panas berpeluang melunakkan kulit biji sehingga mempermudah masuknya air (imbisisi) ke dalam kotiledonnya. Akan tetapi, karena waktu perendaman yang terlalu lama pada akhirnya menyebabkan enzim-enzim tersebut mengalami denaturasi dan juga merusak komposisi struktural sel-sel. Dengan demikian, dapat direkomendasikan untuk melakukan skarifikasi air panas namun dengan perendaman yang lebih diperpendek lama waktunya agar benih terhindar cekaman faktor lingkungan ini.

Rerata Tinggi Kecambah

Pengukuran terhadap tinggi kecambah dapat memberikan indikator terhadap pertumbuhan vegetatif tumbuhan yang pada akhirnya akan mempengaruhi produktivitas panen (Durai *et al.*, 2022). Data pengukuran tinggi kecambah *I. zollingeriana* yang diberi perlakuan skarifikasi air panas dengan lama waktu yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata Tinggi Kecambah

Perlakuan	Rerata (Biji/hari)
P0	0,91± 0,29 ^{tn}
P1	1,45± 0,64 ^{tn}
P2	0,70± 0,28 ^{tn}
P3	2,41± 2,36 ^{tn}

Keterangan: ^{d,c,b,a} superskrip yang berbeda menunjukkan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) P0= tanpa skarifikasi, P1= skarifikasi air panas selama 30 menit, P2= skarifikasi air panas selama 60 menit, P3= skarifikasi air panas selama 90 menit.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter yang diamati. Hasil ini sedikit berbeda dengan temuan Lensari *et al.* (2023) bahwa kecepatan tumbuh benih Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) meningkat seiring peningkatan suhu perendaman. Namun lama waktu yang digunakan adalah 2-5 menit diikuti

perendaman dengan air dingin. Terhadap benih legum *Desmanthus* sp., Aoetpah *et al.*, (2019) juga menemukan bahwa setelah dikecambahkan selama 14 hari, daya tumbuh kecambah cenderung meningkat dengan perlakuan yang diberikan berupa perendaman dengan air panas bersuhu 80°C dengan lama waktu perendaman maksimal 90 detik.

Hasil penelitian ini, hasil yang tidak berpengaruh nyata dapat disebabkan karena pengaruh perlakuan hanya berdampak pada fase germinatif saja dan tidak berlanjut hingga pada tahapan performansi vegetatifnya. Kecambah yang berhasil sintas setelah diberikan perlakuan, terus bertumbuh yang dipengaruhi oleh faktor lain, misalnya keragaman genetik pada tiap individu benih. Selain faktor internal (genetik dan hormonal), banyak faktor eksternal (faktor lingkungan) yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan bahkan persebaran makhluk hidup, termasuk tumbuhan (A'yun *et al.*, 2023). Ketersediaan nutrisi yang terbatas dapat menjadi salah satu faktor penyebab karena pada masa pertumbuhannya, kecambah membutuhkan nutrisi yang cukup (Basuki *et al.*, 2022), sedangkan pada penelitian ini, kecambah mendapatkan asupan nutrisi yang hanya bersumber dari kotiledonnya saja.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah pengaruh skarifikasi benih *Indigofera zollingeriana* dengan air panas bersuhu 65°C dengan lama waktu yang berbeda berpengaruh nyata terhadap parameter persentase germinasi dan rerata germinasi harian, di mana perlakuan tanpa skarifikasi air panas memberikan hasil terbaik. Hal ini dapat disebabkan karena waktu perendaman yang digunakan terlalu lama yang menyebabkan benih mengalami cekaman panas (*heat stress*). Untuk parameter tinggi kecambah, perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Teknologi Pakan Ternak, jurusan Peternakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang yang telah menjadi tempat bagi para peneliti untuk melangsungkan penelitiannya.

Referensi

- Agustina, D. K., Zen, S., Sahrir, D. C., Fadhila, F., Zuyasna, Z., Vertygo, S., Mago, O. Y. T., Ruhardi, A., Arianto, S., & Khariri, K. (2021). *Teori Biologi Sel*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini, Aceh. ISBN: 9786239742034
- Antari, R., Anggraeny, Y., Putri, A. S., Aprilliza, M., Petrus Ginting, S., & Krishna, N. (2022). Nutritive and Antinutritive Contents of *Indigofera zollingeriana*: Its Potency for Cattle Feed in Indonesia. *Livestock Research for Rural Development*, 34.
- Antari, R., Anggraeny, Y., Putri, A. S., Aprilliza, M., Petrus Ginting, S., & Krishna, N. (2022). Nutritive and Antinutritive Contents of *Indigofera zollingeriana*: Its Potency for Cattle Feed in Indonesia. *Livestock Research for Rural Development*, 34.
- Aoetpah, A., OEmatan, J., & Semang, A. (2019). Uji Daya Kecambah Legum *Desmanthus* dengan Skarifikasi Air Panas pada lama Perendaman Berbeda. *Partner*, 24(2), Article 2. <https://doi.org/10.35726/jp.v24i2.355>
- Arniati, C., Rizmi, A., & Ubaidatussalihat. (2015). Daya Tahan Tanaman *Indigofera* SP. Yang Ditanam Pada Lahan Kritis Pada Musim Kering Sebagai Sumber Pakan Ternak Ruminansia. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 3(2), 97008.
- Arthawijaya, R. A. P., Sulisty, H. E., Kamaliyah, S. N., & Sudarwati, H. (2022). Pematahan proses dormansi benih tanaman centro (*Centrosema pubescens*) dengan penggunaan PEG (Polyeth-Ylene Glycol) 6000. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.21776/ub.jnt.2021.005.01.2>
- A'yun, K., Koynja, J., Haryono, H., Rosmawati, A., Hermanto, S., Vertygo, S., Apriyanti, E., Juliansyah, R., Furqan, A., & Perangin-angin, S. (2023). *Ilmu Alamiah Dasar*. CV Widina Media Utama, Bandung. ISBN: 9786234595840.
- Basuki, Rahman, F. A., Firnia, D., Sodiq, A. H., Kusumawati, A., Rahmayuni, E., Sulistyorini, E., & Vertygo, S. (2022). *Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Tahta Media Group, Surakarta. ISBN: 9786235488004.
- Belipati, S., Lapenangga, T., & Vertygo, S. (2022). Pengaruh Lama Waktu Perendaman Menggunakan Urine Sapi Terhadap Perkecambahan Biji Lamtoro Tarramba (*Leucaena leucocephala* CV. Tarramba). *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v7i1.3805>
- Daneshvar, A., Tigabu, M., Karimidoost, A., & Odén, P. C. (2017). Flotation techniques to improve viability of *Juniperus polycarpus* seed lots. *Journal of Forestry Research*, 28(2), 231–239. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0306-2>
- Dr. Arsyadi Ali, S. P., Artika, R., Misrianti, R., Elviriyadi, E., & Poniran, M. M. (2021). Produksi Bahan Kering dan Kadar Nutrien *Indigofera zollingeriana* di Lahan Gambut Berdasarkan Umur Panen Berbeda Setelah Pemangkasan: *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 19(2), Article 2. <https://doi.org/10.29244/jintp.19.2.30-35>
- Durai, S., Mahesh, C., Sujithra, T., & Shyamalakumari, C. (2022). *Germination Prediction System for Rice seed using CNN Pre-trained models* (p. 9). <https://doi.org/10.1109/ACCAI53970.2022.9752611>
- Gomez, C., Gonzalez, G., & Meneses, E. (2018). Algorithm for History Reconstruction of Viral Recombination Events: Preliminary Results. *2018 IEEE International Work Conference on Bioinspired Intelligence (IWOBI)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/IWOBI.2018.8464134>
- Haj Sghaier, A., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The Effects of Temperature and Water on the Seed Germination and Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11(21), 2819. <https://doi.org/10.3390/plants11212819>
- Hasan, P. A., Sari, A. P., & Alfiansya, A. (2023). Pengaruh Ukuran Biji, Suhu, dan Lama Perendaman Terhadap Perkecambahan

- Biji Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris*). *SAINTIFIK*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v9i1.389>
- Hasanah, U., Azis, P., Jayati, R., Astuti, W., Taskirah, A., Liana, A., Rusmidin, Nopiyanti, N., Lutfi, Veryani, A., Samsi, A., Vertygo, S., Al-Banna, M., & Sulastri, N. (2021). *Anatomi dan Fisiologi Tumbuhan*. Media Sains Indonesia, Bandung. ISBN: 9786233622172.
- Hikmah, A. M., Luthfianto, D., Silitonga, M., Vertygo, S., Rita, R. S., Gultom, E. S., Ulfah, M., & Tika, I. N. (2022). *Buku Ajar Biokimia Teori dan Aplikasi*. CV. Feniks Muda Sejahtera, Palu. ISBN: 9786235403168.
- Jeramat, E., Susilowati, R., Suharno, Z., Liana, A., Zuyasna, Anjarwati, S., Vertygo, S., Sahrir, D., Fahmi, A., & Kurniawan. (2023). *Teori Genetika*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini, Aceh. ISBN: 9786238065073.
- Kolly, S. W., Lapenangga, T., & Vertygo, S. (2022). Pengaruh Metode Skarifikasi Secara Mekanik Terhadap Perkecambahan Biji Lamtoro (*Leucaena leucocephala* cv. Tarramba). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.20956/jitp.v10i2.20186>
- Kumalasari, N. R., Wicaksono, G. P., & Abdullah, L. (2017). Plant Growth Pattern, Forage Yield, and Quality of *Indigofera zollingeriana* Influenced by Row Spacing. *Media Peternakan*, 40(1), Article 1. <https://doi.org/10.5398/medpet.2017.40.1.14>
- Kumar, S., Bhushan, B., Wakchaure, G. C., Dutta, R., Jat, B. S., Meena, K. K., Rakshit, S., & Pathak, H. (2023). Unveiling the impact of heat stress on seed biochemical composition of major cereal crops: Implications for crop resilience and nutritional value. *Plant Stress*, 9, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100183>
- Lensari, D., Yuningsih, L., & Apriadha, M. Y. (2023). Pematangan Masa Dormansi Melalui Skarifikasi Dengan Perendaman Air Panas dan Dingin Terhadap Perkecambahan Benih Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*). *Jurnal Hutan Tropis*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.20527/jht.v11i3.17624>
- Liu, Y., Li, J., Zhu, Y., Jones, A., Rose, R. J., & Song, Y. (2019). Heat Stress in Legume Seed Setting: Effects, Causes, and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*, 10, 938. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00938>
- Mayasari, N., & Ismiraj, M. R. (2019). Introduksi Pemanfaatan Legum *Indigofera zollingeriana* Sebagai Pengganti Sebagian Konsentrat pada Sapi Potong di Kelompok Peternak Putra Nusa, Desa Kondangdjaja, Kecamatan Cijulang, Kabupaten Pangandaran. *Dharmakarya*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v8i2.21055>
- Mulik, Y. M., Vertygo, S., Se'u, V. E., & Tang, B. Y. (2021). The Germination of *Indigofera zollingeriana* by Soaking in Liquid Smoke with Different Concentration. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.32938/jtast.v3i1.892>
- Nadir, M., Munadiyah, & Rinduwati. (2023). Respon Pertumbuhan Awal *Indigofera zollingeriana* Terhadap Cekaman Salinitas. *Buletin Nutrisi Dan Makanan Ternak*, 17(2), Article 2.
- Notununu, I., Moleleki, L., Roopnarain, A., & Adeleke, R. (2022). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the molecular responses of maize under drought and heat stresses: A review. *Pedosphere*, 32(1), 90–106. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60051-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60051-6)
- Ranal, M. A., & Santana, D. G. de. (2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29, 1–11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Rosadi, K., Abdullah, L., & Kumalasari, N. R. (2018). Evaluasi Peforma Benih *Indigofera zollingeriana* dari Tanaman Berbeda Umur. *Buletin Ilmu Makanan Ternak*, 16(1), Article 1. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/bulmater/article/view/19614>
- Rosmaina, Utami, D., Aryanti, E., & Zulfahmi. (2021). Impact of heat stress on

- germination and seedling growth of chili pepper (*Capsicum annum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012032>
- Rumahorbo, A. S. R., Duryat, & Bintoro, A. (2020). Pengaruh Pematihan Masa Dormansi melalui Perendaman Air dengan Stratifikasi Suhu terhadap Perkecambahan Benih Aren (*Arenga pinnata*) (The Effect of Dormancy Breakdown through Water Immersion with Temperature Stratification on the Germination of Sugar Palm Seeds (*Arenga pinnata*)). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.23960/jsl1877-84>
- Rusdy, M. (2020). Pengaruh Skarifikasi Biji dengan Perlakuan Air Panas, Mekanik dan Asam Terhadap Kemunculan Bibit dan Pertumbuhan Awal Lamtoro (*Leucaena leucocephala*). *Buletin Nutrisi Dan Makanan Ternak*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.20956/bnmt.v14i1.10578>
- Sambuaga, D. M. A., Telleng, M. M., Anis, S. D., & Sumolang, C. I. J. (2020). Produktivitas *Indigofera zollingeriana* pada Berbagai Interval Pemotongan. *ZOOTEC*, 40(2), Article 2. <https://doi.org/10.35792/zot.40.2.2020.29769>
- Sandi, A. L. I., Indriyanto, & Duryat. (2014). Ukuran Benih Dan Skarifikasi Dengan Air Panas Terhadap Perkecambahan Benih Pohon Kuku (*Pericopsis Mooniana*). *Jurnal Sylva Lestari*, 2(3), Article 3. <https://doi.org/10.23960/jsl3283-92>
- Sita, K., Sehgal, A., Bhandari, K., Kumar, J., Kumar, S., Singh, S., Siddique, K. H., & Nayyar, H. (2018). Impact of heat stress during seed filling on seed quality and seed yield in lentil (*Lens culinaris Medikus*) genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13), 5134–5141. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9054>
- Srivastava, L. M. (2002). CHAPTER 19—Seed Germination, Mobilization of Food Reserves, and Seed Dormancy. In L. M. Srivastava (Ed.), *Plant Growth and Development* (pp. 447–471). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012660570-9/50161-1>
- Tang, B. Y., Vertygo*, S., Liukae, D. B., Salih, S., & Swari, W. D. (2023). Pengaruh Lama Pengasapan Berbasis Kayu Kesambi Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Jagung Putih Lokal Timor (*Zea mays* L.). *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian*, 6(1), Article 1.
- Tarigan, A. (2009). *Produktivitas Dan Pemanfaatan Indigofera Sp Sebagai Pakan Ternak Kambing Pada Interval Dan Intensitas Pemotongan Yang Berbeda* [Institut Pertanian Bogor]. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/41369>
- Ulimaz, A., Vertygo, S., Mulyani, Y., Suriani, H., Hariyanto, B., Khadijah, GH, M., Suharman, & Azmi, Y. (2022). *Anatomi Tumbuhan*. Global Eksekutif Teknologi, Padang. ISBN: 9786238051465.
- Vertygo, S. (2021). *Biologi Dasar I*. Syiah Kuala University Press, Aceh. ISBN: 9786232644076
- Vertygo, S., Tang, B. Y., Liukae, D. B., Salih, S., & Swari, W. D. (2023). Respon Germinatoif dan Vegetatif Jagung Putih Lokal Timor yang Diberi Pengasapan Hasil Pembakaran Material Tumbuhan dari Sumber Spesies yang Berbeda. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan Dan Sains Biologi*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.33323/indigenous.v6i3.538>
- Wijayanti, P. R. (2023). Review Pematihan Dormansi Biji dengan Metode Skarifikasi Mekanik dan Kimia. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.35941/jatl.5.2.2023.9965.109-116>