



## Penelitian

### Pengaruh Perendaman Kembang Telang (*Clitoria ternatea*) Pada Tingkat Konsentrasi Asam Sulfat yang Berbeda Terhadap Persentase Perkecambahan, Kecepatan Berkecambah dan Panjang Hipokotil

*Effect of Butterfly Pea (Clitoria ternatea) Soaking at Different Sulfuric Acid Concentrations on Germination Percentage, Rate, and Hypocotyl Length*

I Wayan Sulendre\*, Tarsono, Mardiah Mangun, Mumammad Teguh, Syahrir,  
Dewi Safitri

Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako,  
Sulawesi Tengah-Indonesia

\*Penulis untuk korespondensi: [wayanptkutd@gmail.com](mailto:wayanptkutd@gmail.com)

#### Artikel Info

Naskah Diterima  
3 November 2025

Direvisi  
29 Januari 2026

Disetujui  
9 Februari 2026

Online  
1 Mei 2026

#### Abstrak

**Latar Belakang:** Pemanfaatan tanaman leguminosa yang kaya protein dan sangat disukai oleh ternak merupakan salah satu pendekatan efektif untuk meningkatkan mutu pakan ternak ruminansia. Kembang telang banyak digunakan sebagai pakan ternak berkat kandungan protein tinggi sekitar 21–29%, pencernaan bahan organik 69,7%, pencernaan energi 66,6% dan energi metabolis sebesar 12,4 MJ/kg. Namun, dalam pengembangannya, masih terdapat kendala pada tingkat perkecambahan biji kembang telang yang rendah akibat adanya dormansi biji yang cukup kuat. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman biji *Clitoria ternatea* dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi berbeda terhadap persentase perkecambahan, kecepatan berkecambah dan panjang hipokotil. **Metode:** Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan lima ulangan, yaitu P1 (asam sulfat 15% selama 15 menit), P2 (asam sulfat 30% selama 15 menit), dan P3 (asam sulfat 45% selama 15 menit). Data dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA). **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam sulfat berpengaruh terhadap seluruh parameter yang diamati. Persentase perkecambahan meningkat dari  $25,60 \pm 2,45\%$  pada P1 menjadi  $29,60 \pm 2,99\%$  pada P2, dan mencapai  $28,80 \pm 3,87\%$  pada P3. Kecepatan berkecambah tertinggi diperoleh pada P3 ( $5,10 \pm 0,21$  %/hari), sedangkan panjang hipokotil juga menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan tersebut ( $7,15 \pm 0,41$  cm). **Kesimpulan:** Perlakuan P3 dengan konsentrasi 45% selama 15 menit terbukti paling efektif dalam meningkatkan daya kecambah dan pertumbuhan awal biji *Clitoria ternatea*.

**Kata Kunci:** asam sulfat; *Clitoria ternatea*; dormansi; perkecambahan; skarifikasi

#### Abstract

**Background:** Utilization of legume plants rich in protein and highly favored by livestock is an effective approach to improving the quality of ruminant livestock feed. In this context, Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) is widely used as livestock feed due to the high protein content, organic matter digestibility, energy digestibility, and metabolizable energy of 21–29%, 69.7%, 66.6%, and 12.4 MJ/kg, respectively. During development, there are still obstacles posed by the low germination rate of Butterfly Pea seeds because of strong seed dormancy. **Purpose:** Therefore, this research aimed to examine the effects of

soaking Butterfly Pea seeds in different concentrations of sulfuric acid solutions on germination percentage, rate, and hypocotyl length. **Methods:** A Completely Randomized Design (CRD) was used with three treatments and five replications, namely P1 (15% sulfuric acid for 15 minutes), P2 (30% sulfuric acid for 15 minutes), and P3 (45% sulfuric acid for 15 minutes). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). **Results:** The results showed that increasing sulfuric acid concentration influenced all measured parameters. Germination percentage increased from  $25.60 \pm 2.45\%$  in P1 to  $29.60 \pm 2.99\%$  in P2, reaching  $28.80 \pm 3.87\%$  in P3. The highest germination rate was observed in P3 ( $5.10 \pm 0.21\%$ /day), with hypocotyl length also showing the highest value at  $7.15 \pm 0.41$  cm. **Conclusion:** P3 at 45% concentration for 15 minutes was most effective in increasing germination and initial growth of Butterfly Pea seeds.

**Keywords:** sulfuric acid; *Clitoria ternatea*; dormancy; germination; scarification

## PENDAHULUAN

Ketersediaan pakan hijauan yang berkelanjutan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan usaha peternakan ruminansia seperti sapi, kambing, dan domba. Namun, pada saat musim kemarau ketersediaan hijauan sering mengalami penurunan baik dari segi kuantitas maupun kualitas nutrisinya. Kondisi tersebut menuntut adanya alternatif sumber pakan hijauan yang mampu tumbuh di berbagai kondisi lingkungan serta memiliki nilai gizi yang baik bagi ternak. Salah satu tanaman leguminosa yang berpotensi dijadikan pakan alternatif yaitu kembang telang (*Clitoria ternatea*). Pemanfaatan tanaman leguminosa yang kaya protein dan sangat disukai oleh ternak merupakan salah satu pendekatan efektif untuk meningkatkan mutu pakan ternak ruminansia. Leguminosa ini menawarkan peluang besar sebagai sumber hijauan berkualitas dengan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan dan pertumbuhan yang cepat (Dethana *et al.*, 2020). Kembang Telang (*Clitoria ternatea*) adalah salah satu leguminosa terbaik dari keluarga *Fabaceae* yang banyak ditemukan di wilayah tropis. Tanaman herba ini memerlukan paparan cahaya yang *intens* dan memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai tekanan lingkungan abiotik (Fathurrahman *et al.*, 2018; Barakah *et al.*, 2019). Selain itu, akar *Clitoria ternatea* mampu membentuk bintil/nodul akar yang mampu melakukan fiksasi nitrogen atmosfer sehingga dapat berfungsi sebagai pupuk nitrogen alami bagi tanah, sehingga bermanfaat untuk lahan pertanian (Barakah *et al.*, 2019).

Kembang telang banyak digunakan sebagai pakan ternak berkat kandungan protein tinggi yang dimilikinya (Salazar *et al.*, 2019; Fathurrahman *et al.*, 2018; Barakah *et al.*, 2019). Tanaman kembang telang ini ideal untuk pengembalaan dengan intensitas rendah hingga sedang (Salazar *et al.*, 2019) dan dapat memenuhi kebutuhan nutrisi berkualitas tinggi bagi sapi dan ruminansia lainnya (Morais *et al.*, 2014). Penelitian Ambursa *et al.* (2023) melaporkan bahwa tanaman leguminosa ini mengandung protein kasar sebesar 21–29% sehingga mampu dimanfaatkan sebagai pakan ternak yang diberikan secara tunggal maupun dikombinasi dengan jenis tanaman pakan lainnya.

Kembang telang sebagai salah satu sumber hijauan potensial yang dapat diandalkan untuk mendukung kebutuhan pakan ternak ruminansia. Namun, dalam pengembangannya, masih terdapat kendala pada tingkat perkecambahan biji kembang telang yang rendah akibat adanya dormansi biji yang cukup kuat Campbell *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa persentase perkecambahan *Clitoria ternatea* tanpa skarifikasi lebih rendah ( $\leq 55\%$ ), sedangkan perlakuan mekanik (scarification +

perendaman) dapat menaikkan tingkat kecambah hingga sekitar  $\pm 80\%$ . Dormansi merupakan suatu kondisi dimana benih hidup tidak berkecambah sampai batas waktu akhir perkecambahan walaupun faktor lingkungan optimum untuk perkecambahannya (Fattah *et al.*, 2014). Dormansi biji pada *Clitoria ternatea* disebabkan oleh karakteristik fisik kulit bijinya yang keras dan tidak mudah ditembus oleh air dan oksigen, sehingga menjadi faktor utama dalam proses perkecambahan (Dethana *et al.*, 2020; Campbell *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus untuk mengatasi dormansi ini guna meningkatkan daya kecambah dan efisiensi produksi tanaman pakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman biji *Clitoria ternatea* dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi berbeda terhadap persentase perkecambahan, kecepatan berkecambah dan panjang *hipokotil*.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Nutrisi Pakan. Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Tadulako Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, gelas piala, masker, penggaris, sarung tangan, pinset, pipet volume 5 ml, kaca pembesar, *hand sprayer*, benang, benih *Clitoria ternatea*, asam sulfat aquades, dan tisu.

### Prosedur Penelitian

Proses penyiapan benih dilakukan dengan menyiapkan benih *Clitoria ternatea* yang telah diseleksi berdasarkan ukuran benih (benih yang sudah tua dan siap berkecambah) sebanyak 375 biji. Penentuan jumlah biji *Clitoria ternatea* dalam perlakuan bertujuan untuk menekan variasi biologis antar benih dan mengantisipasi jika ada benih tidak berkecambah. Benih tersebut didiamkan pada suhu ruangan selama 24 jam. Tempat perkecambahan yang digunakan adalah *petridish* sebanyak 15 buah yang sudah terisi tisu, masing-masing menggunakan 2 lapis tisu yang dilipat dan digunting sesuai bentuk *petridish*.

Biji yang telah melalui proses penyortiran selanjutnya direndam dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi 15%, 30% dan 45%. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan dalam berbagai penelitian umumnya bervariasi tergantung jenis benih dan tujuan penelitian, dengan konsentrasi berkisar 10-45%. Larutan asam sulfat  $H_2SO_4$  sering digunakan dengan konsentrasi yang berbeda sampai pekat tergantung jenis benih yang diperlakukan, sehingga kulit biji menjadi lunak dan merangsang munculnya perkecambahan (Sutopo, 2012). Sebanyak 375 biji *Clitoria ternatea* digunakan dalam penelitian ini, dengan masing-masing perlakuan berisi 125 biji yang direndam selama 15 menit sesuai dengan konsentrasi larutan asam sulfat yang telah ditentukan Hasil penelitian (Indriani *et al.*, 2023) melaporkan bahwa perendaman biji tanaman leguminosa yang efektif berkisar antara 5-25 menit.

Benih yang telah memperoleh perlakuan, kemudian disemaikan dan ditata secara teratur di atas tisu dalam *petridish*. Selanjutnya *petridish* diletakkan dalam lemari perkecambahan yang mempunyai kadar cahaya rendah, untuk membantu proses perkecambahan benih *Clitoria ternatea*. Pemeliharaan dilakukan dengan menyiram benih setiap hari yaitu pada pukul 08:00 WITA dengan aquades untuk menjaga kelembaban tisu. Penyiraman dimulai pada saat semai sampai akhir pengamatan.

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 5 ulangan. Adapun perlakuan penelitian yang dicobakan antara lain:

P1: Perendaman biji *Clitorea ternatea* dalam larutan asam sulfat 15% selama 15 menit

P2: Perendaman biji *Clitorea ternatea* dalam larutan asam sulfat 30% selama 15 menit

P3: Perendaman biji *Clitorea ternatea* dalam larutan asam sulfat 45% selama 15 menit

### Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati pada penelitian ini meliputi, persentase perkecambahan, kecepatan berkecambah dan panjang *hipokotil* (jarak antara akar (*radikula*) hingga buku kotiledon). Adapun cara pengukuran parameter penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

### Persentase Perkecambahan

Persentase Kecambah (PK) dihitung dengan cara menjumlahkan total benih yang berkecambah pada tiap unit percobaan pada hari ke 14 hari, kemudian dibagi dengan jumlah benih yang dikecambahkan (25 biji perunit/125 biji perperlakuan). tiap unit percobaan, setelah itu dikalikan 100%. Menurut Sutopo (2010) cara menghitung persentase perkecambahan dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$PK = \frac{\text{Jumlah kecambah normal}}{\text{Benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

### Kecepatan Berkecambah

Kecepatan berkecambah (KB) dihitung yaitu menjumlahkan hari yang diperlukan dengan jumlah kecambah yang muncul (kecambah yang radikulanya tumbuh memanjang sebesar  $\pm 2$  mm) pada satuan waktu tertentu yang dimulai pada hari pertama sampai pada hari ke-14. Perhitungan kecepatan berkecambah pada penelitian ini hanya dilakukan untuk kecambah normal yakni kecambah yang struktur pentingnya (*plumula* dan *radikula*) tidak rusak atau tidak tumbuh serta kecambah dengan *plumula* dan *radikula* tidak cacat atau tidak proporsional. *Plumula* adalah bagian embrio biji calon tumbuhan baru yang akan tumbuh dan berkembang sedangkan *radikula* yaitu bagian dari embrio calon akar di dalam biji. Menurut Sutopo (2010) cara menghitung kecepatan berkecambah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rara-rata KB} = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_XT_X}{\text{Total benih yang berkecambah}}$$

### Panjang Hipokotil

Pengukuran panjang *hipokotil* dalam setiap unit percobaan diukur dalam satuan centimeter (cm) yaitu diukur mulai dari bagian bawah *ketiloden* sampai dengan pangkal akar dengan menggunakan benang setelah itu pengukuran panjang menggunakan penggaris pada akhir pengamatan (hari ke 14) setelah penyemaian.

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai rancangan yang digunakan. Apabila diperoleh perbedaan nyata antar perlakuan maka akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) (Steel dan Torrie 1991).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persentase Perkecambahan

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan perendaman biji *Clitoria ternatea* dengan konsentrasi asam sulfat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap persentase perkecambahan, kecepatan berkecambah dan panjang *hipokotil*. Berdasarkan hasil yang diperoleh, persentase perkecambahan tertinggi terdapat pada perlakuan asam sulfat 30%, yaitu sebesar  $29,60 \pm 2,99\%$ , sedangkan terendah pada perlakuan 15% dengan nilai  $25,60 \pm 2,45\%$ . Meskipun demikian, peningkatan konsentrasi hingga 45% tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap persentase perkecambahan, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi asam sulfat dalam rentang 15–45% memiliki efektivitas yang relatif serupa dalam memecah dormansi biji. Hal ini sejalan dengan temuan Campbell *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa perlakuan asam kuat dapat mempercepat penyerapan air dan memecah lapisan testa (kulit terluar dari biji yang keras), namun konsentrasi yang terlalu tinggi dapat merusak embrio dan menurunkan viabilitas biji. Toledo *et al.* (2010) Melaporkan bahwa masuknya air yang cepat melalui testa yang permeabel dapat menyebabkan kerusakan sel, yang pada akhirnya menurunkan *germination rate* dan viabilitas biji. Hasil penelitian Saputra *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa penggunaan larutan  $\text{KNO}_3$  dengan konsentrasi yang lebih tinggi akan menurunkan persentase kecambah karena dapat merusak jaringan embrio.

### Kecepatan Berkecambah

Parameter kecepatan berkecambah menunjukkan pola yang mirip. Nilai tertinggi dicapai pada perlakuan 45% yaitu  $5,46 \pm 0,21 \%$ /hari, sedangkan nilai terendah pada perlakuan 15% sebesar  $4,81 \pm 0,40 \%$ /hari. Peningkatan ini menggambarkan bahwa asam sulfat membantu mempercepat imbibisi air dan memperpendek waktu dormansi mekanik. Menurut Toledo *et al.* (2010), perlakuan skarifikasi kimia menggunakan asam sulfat mampu meningkatkan permeabilitas kulit biji melalui pelunakan jaringan lignoselulosa, sehingga metabolisme benih dapat berlangsung lebih cepat. Namun demikian, efektivitas ini tetap bergantung pada keseimbangan antara waktu perendaman dan konsentrasi larutan, sebab paparan berlebih dapat mengakibatkan kerusakan fisiologis pada embrio. Perendaman yang terlalu lama (mis. 48–72 jam atau pada suhu tinggi) berpotensi menyebabkan *imbibition injury* yakni kerusakan embrio karena air masuk terlalu cepat dan berlebihan sehingga mengurangi daya hidup benih (Kandileri *et al.*, 2024).

### Panjang Hipokotil

Panjang *hipokotil* kecambah biji *clitorea ternatea* menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Perlakuan asam sulfat 45% menghasilkan *hipokotil* terpanjang, yaitu  $7,94 \pm 0,41$  cm, dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan 15% dan 30%. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan asam sulfat dengan konsentrasi lebih tinggi dapat meningkatkan vigor awal kecambah. Peningkatan vigor awal kecambah pada perlakuan asam sulfat dengan konsentrasi lebih tinggi umumnya dikaitkan dengan efektivitas pelunakan dan pemecahan lapisan testa biji yang keras. Testa yang lebih cepat terdegradasi akan meningkatkan kecepatan imbibisi air dan difusi oksigen, sehingga mempercepat aktivasi enzim metabolik dan pertumbuhan awal embrio

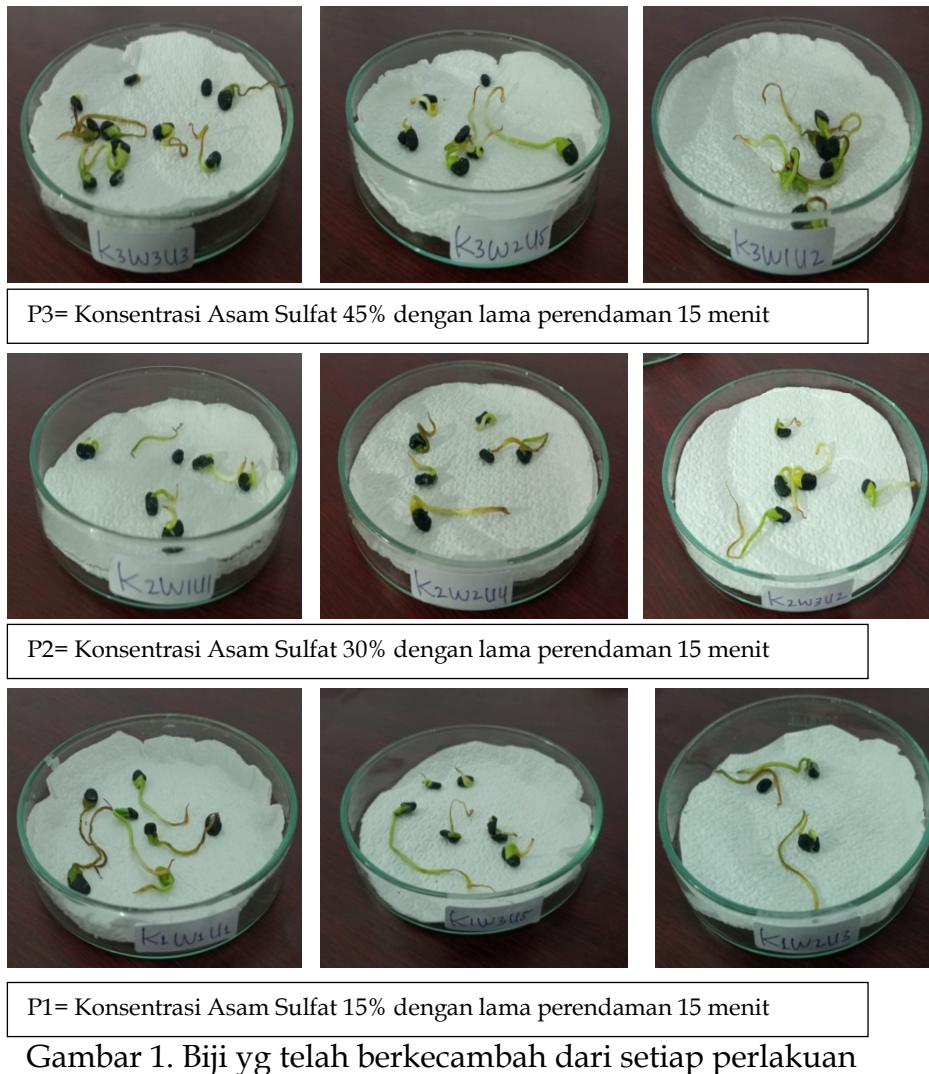
Menurut Morais *et al.* (2014), peningkatan panjang *hipokotil* menunjukkan aktivitas pertumbuhan yang lebih optimal akibat peningkatan laju respirasi dan ketersediaan energi dari proses metabolik awal perkecambahan.

Tabel 1. Pengaruh perendaman asam sulfat dengan konsentrasi yang berbeda terhadap persentase berkecambah, kecepatan berkecambah dan panjang *hipokotil* biji *Clitoria ternatea*

Parameter	Konsentrasi asam sulfat		
	15%	30%	45%
Persentase Perkecambahan (%)	25,60±2,45	29,60±2,99	28,80±3,87
Kecepatan berkecambah (%/hari)	4,81±0,40	4,83±0,33	5,46±0,21
Panjang <i>hipokotil</i> (cm)	5,18±0,46 <sup>a</sup>	6,26±0,30 <sup>a</sup>	7,94±0,41 <sup>b</sup>

Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan Perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perlakuan perendaman asam sulfat efektif dalam mempercepat perkecambahan biji *Clitoria ternatea*, dengan konsentrasi 45% memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan awal. Dibandingkan dengan larutan perendaman lain seperti air, air panas,  $KNO_3$ , dan  $GA_3$ , perlakuan asam sulfat 45% menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dalam mempercepat perkecambahan dan meningkatkan vigor awal kecambah *Clitoria ternatea*. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam mengatasi hambatan fisik berupa testa yang keras secara lebih cepat dan efisien. Namun, penerapan perlakuan ini perlu dilakukan dengan secara teliti karena asam sulfat bersifat korosif dan dapat merusak embrio jika konsentrasi atau waktu perendaman tidak dikontrol dengan tepat. Oleh karena itu, diperlukan kajian lanjutan untuk menentukan kombinasi konsentrasi dan durasi optimum yang mampu memaksimalkan viabilitas serta vigor kecambah *Clitoria ternatea* secara aman dan efisien. Biji *Clitoria ternatea* memiliki bentuk yang relatif kecil dengan warna biji dominan hitam kecoklatan, pada permukaan biji licin, agak mengkilap, dan keras. Kecambah biji *Clitoria ternatea* mulai muncul ketika berumur 4 hari sejak mulai disemai menggunakan *petridish*, dengan bentuk kecambah yang melingkar. Perlakuan P3 dengan konsentrasi asam sulfat tertinggi memberikan jumlah biji yg lebih banyak berkecambah dibandingkan dengan perlakuan P2 (konsentrasi 30%) dan P1 (konsentrasi 15%), terlihat jelas pada Gambar 1 di bawah ini.



Perlakuan menggunakan asam sulfat bertujuan untuk memecah dormansi biji dengan cara melunakkan atau mengikis lapisan testa (kulit biji) yang keras, sehingga air dan oksigen dapat lebih mudah masuk ke dalam embrio untuk memicu proses perkecambahan (Campbell *et al.*, 2022). Dari gambar terlihat bahwa perbedaan konsentrasi asam sulfat memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat keberhasilan perkecambahan. Perlakuan dengan konsentrasi 15% menunjukkan hasil perkecambahan yang paling optimal, dengan banyak biji yang telah memunculkan radikula dan plumula. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi rendah mampu merusak lapisan kulit biji secara efektif tanpa merusak embrio di dalamnya. Sebaliknya, pada konsentrasi yang lebih tinggi (30% dan 45%), tampak jumlah biji yang berkecambah lebih sedikit. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh kerusakan jaringan embrio akibat paparan asam yang terlalu kuat, sehingga menghambat proses metabolisme awal perkecambahan (Toledo *et al.*, 2010; Kandileri *et al.*, 2024). Menurut Morais *et al.* (2014), efektivitas asam sulfat dalam memecah dormansi tergantung pada kombinasi antara konsentrasi dan lama perendaman. Jika konsentrasi terlalu tinggi atau waktu perendaman terlalu lama, lapisan embrio dapat rusak permanen, menyebabkan biji gagal tumbuh. Oleh karena itu, perlakuan kimia dengan asam sulfat perlu disesuaikan dengan ketebalan dan kekerasan kulit biji spesifik tiap spesies.

## KESIMPULAN

Perlakuan P3 dengan konsentrasi asam sulfat 45% dan lama perendaman 15 menit terbukti paling efektif meningkatkan persentase perkecambahan dan panjang hipokotil biji *Clitoria ternatea* dibandingkan P1 dan P2.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Tadulako yang telah memberikan bantuan dana penelitian dan juga kepada laboran di Laboratorium Nuntrisi pakan yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian.

## KONTRIBUSI PENULIS

Membuat konsep dan desain penelitian: IWS dan MT. Mengumpulkan data: IWS, Tr, dan DS. Melakukan analisis dan interpretasi data: IWS, SAH dan Sy. Menyusun naskah: IWS dan DS. Melakukan revisi: IWS, Sy, dan Tr.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang berhubungan dengan keuangan, pribadi, atau lainnya dengan orang atau organisasi lain yang terkait dengan materi yang dibahas dalam naskah ini.

## PERSETUJUAN ETIS

Penelitian ini tidak memerlukan persetujuan etis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambursa, A. S., Atiku, M., Gwimmi, D. P., Iliyasu, U., Mansur, M., & Abdulrahman, A. (2023). Effect of pre-sowing treatment on seed germination and early seedling growth performance of *Faidherbia albida*. *International Journal of Agriculture and Earth Science (IJAES)*, 9(7), 32-40.
- Barakah, A., Fahad, N. I., & Sohaib, M. (2019). Evaluating the germination response of *Chenopodium quinoa* seeds to bacterial inoculation under different germination media and salinity conditions. *Seed Science and Technology*, 47(2), 161-169. <https://doi.org/10.15258/sst.2019.47.2.05>
- Campbell, S. M., Pearson, B. J., & Marble, S. C. (2022). Substrate temperature and seed scarification on germination parameters of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). *Journal of Horticulture and Forestry*, 14(4), 49-55. <https://doi.org/10.5897/JHF2022.0700>
- Dethana, I. Y., Solleb, H. R. L., & Hendrik, C. H. (2020). Pengaruh skarifikasi kimia terhadap perkecambahan benih jambu mete (*Anacardium occidentale* L.). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2, 47-50.
- Fathurrahman, & Wangiyana, I. G. A. S. (2018). Pengaruh lama perendaman H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap pematangan dormansi biji asam (*Tamarindus indica* L.). *Jurnal Silva Samalas*, 1(1), 61-69.
- Fattah, N. A., Soebroto, S. P., & Parwati, W. D. U. (2024). Pengaruh pematangan dormansi dengan GA<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit *Mucuna bracteata*. *Agroforetech*, 2(2), 532-537.

- Indriani, Nursani, Amaliah, R., Ramadhani, D., Lestari, R. H., & Arisandi. (2023). Pengaruh skarifikasi menggunakan asam sulfat dengan pencahayaan terhadap pertumbuhan dan perkecambahan biji lamtoro (*Leucaena leucocephala*). *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(3), 149–156.
- Kandileri, A. M., Shukla, G., Louis, L. T., Kizha, A. R., Husen, A., & Chakravarty, S. (2024). Influence of hydro, mechanical, and chemical treatments on seed germination and seedling growth of *Saraca asoca*. *Seeds*, 3, 88–102. <https://doi.org/10.3390/seeds3010007>
- Morais, L. F. D., Almeida, J. C. C., Deminicis, B. B., Padua, F. T. D., Morenz, M. J. F., Abreu, J. B. R. D., Araujo, P. R., & Nepomuceno, D. D. D. (2014). Methods for breaking dormancy of seeds of tropical forage legumes. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1831–1835. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513196>
- Salazar, A., & Ramirez, C. (2019). Effects of mechanical and acid scarification on germination performance of *Schizolobium parahyba* seeds. *Journal of Tropical Biology and Conservation*, 16, 209–223. <https://doi.org/10.51200/jtbc.v16i.2040>
- Saputra, D., Zuhry, E., & Yoseva, S. (2017). Pematahan dormansi benih kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan berbagai konsentrasi kalium nitrat (KNO<sub>3</sub>) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bibit pada tahap prenursery. *JOM Faperta*, 4(2), 1–15.
- Sutopo, L. (2010). *Teknologi benih*. Raja Grafindo Persada.
- Sutopo, L. (2012). *Teknologi benih* (Edisi revisi). Rajawali Pers.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1991). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Toledo, M. Z., Cavariani, C., França-Neto, J. B., & Nakagawa, J. (2010). Imbibition damage in soybean seeds as affected by initial moisture content, cultivar, and production location. *Seed Science and Technology*, 38, 399–408.