

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

a23a57a3ca06bd0f30a0be15f6efeb6aec0b3b0cafce4a042b921f716f9f7485

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

PENGARUH INVIGORASI MENGGUNAKAN POLYETHYLENE GLYCOL DAN ULTRA FINE BUBBLES TERHADAP PERBAIKAN MUTU BENIH SENGON (*Falcataria moluccana* Miq.) SETELAH PENYIMPANAN SELAMA DUA TAHUN

THE EFFECT OF INVIGORATION USING POLYETHYLENE GLYCOL AND ULTRA FINE BUBBLE ON IMPROVING OF SENGON SEEDS (Falcataria moluccana Miq.) QUALITY AFTER TWO YEARS STORAGE

Iskandar Z. Siregar^{1*}, Riki Ramdhani², Evayusvita Rustam³ dan Dede J. Sudrajat⁴

^{1,2}Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Kampus IPB Darmaga-Bogor

^{3,4}Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan
Jl. Pakuan Cihuleut PO BOX. 105 Bogor
Email: siregar@apps.ipb.ac.id

Diterima: 27 Agustus 2020; Direvisi: 28 September 2020; Disetujui: 15 September 2021

ABSTRAK

Pemanfaatan benih hasil penyimpanan menyebabkan produktifitas tanaman menurun. Peningkatan dapat dilakukan dengan perlakuan benih sebelum tanam, melalui teknik invigorasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas metode invigorasi dengan menggunakan *polyethylene glycol* (PEG 6000) dan *ultrafine bubbles* (UFB) untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih sengon (*Falcataria moluccana*). Pengusangan benih dengan menggunakan etanol 96 % dilakukan untuk mendapatkan keragaman viabilitas benih sebagai bahan untuk pengujian efektivitas perlakuan invigorasi. Rancangan acak lengkap digunakan untuk menguji efektivitas 5 perlakuan invigorasi, yaitu benih tanpa perlakuan invigorasi, perendaman PEG 6000 -0,8 MPa, perendaman PEG 6000 -1,2 MPa, perendaman UFB udara lingkungan, dan perendaman UFB dengan injeksi oksigen 99 %, dengan lama perendaman masing-masing 24 jam. Pengusangan benih menghasilkan tiga kelas viabilitas benih, yaitu 62 % (benih awal), 83 % (pengusangan selama 30 menit) dan 57 % (pengusangan selama 60 menit). Pada kondisi daya berkecambah benih sebelum perlakuan (DBA) 57 % dan DBA 62 %, perlakuan invigorasi berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah benih, namun tidak berbeda nyata pada kondisi DBA 83 %. Perlakuan perendaman UFB yang diinjeksi oksigen 99 % mampu memperbaiki parameter perkecambahan (daya berkecambah, laju pertumbuhan kecambah, dan indeks vigor) benih sengon dengan DBA 57 %. Pada benih dengan DBA 62 %, perlakuan perendaman UFB yang diinjeksi udara lingkungan memberikan daya berkecambah, T₅₀, dan indek vigor terbaik. Perlakuan UFB yang diinjeksi oksigen 99 % lebih efektif pada benih dengan viabilitas dan vigor yang sangat rendah (DBA 57 %). Secara umum peningkatan viabilitas dan daya vigor benih lebih efektif dengan menggunakan UFB dari pada PEG 6000.

Kata kunci: deteriorasi, *Falcataria moluccana*, invigorasi, PEG 6000, UFB, viabilitas, vigor

ABSTRACT

Utilization of seeds storage results in decreased plant productivity. The increase can be used by treating seeds before planting through the technique of invigoration. This purpose of the study is to assess the effectiveness of invigoration methods using polyethylene glycol (PEG 6000) and ultrafine bubbles (UFB) to improve viability and vigor of sengon seeds (Falcataria moluccana). Seed aging using 96 % ethanol was carried out to obtain the diversity of seedlot viability as the materials for testing the effectiveness of invigoration treatments. A complete random design was used to test the

Editor: Margaretta Christita, S.Hut, M.Sc

Korespondesin penulis: Iskandar Z. Siregar* (siregar@apps.ipb.ac.id)

Kontribusi penulis: **IZS** : kontributor utama, pelaksana penelitian, pengambilan data, konseptor tulisan, analisis data, menulis draft naskah KTI, submit naskah KTI; **RR** : kontributor utama, analisis data, menulis draft KTI; **ER**: kontributor utama, menulis draft naskah KTI, memberi masukan draft naskah KTI; **DJS**: kontributor utama, koordinator penelitian pengambilan data, menulis draft KTI

effectiveness of 5 invigoration treatments, i.e., seed without invigoration treatment, soaking in PEG 6000 -0.8 MPa, soaking in PEG 6000 -1.2 Mpa, soaking in UFB water injected by environmental air, and soaking in UFB water injected by oxygen 99 %, with soaking time is 24 hours for each treatment. Seed agieng resulted three classes of seed viability, i.e. 62 % (initial seed), 83 % (seed agieng for 30 minutes) and 57 % (seed agieng for 60 minutes). In the condition of seed germination before treatment (DBA) 57 % and DBA 62 %, invigoration treatments were significantly affected on seed germination capacity, but not significantly different in DBA 83 %. The soaking treatment of UFB injected by oxigen 99 % was able to improve the germination parameters (germination capacity, germination rate, and vigor index) on the sengon seeds with DBA 57 %. For seeds with DBA 62 %, the soaking treatment in UFB injected by environmental air was provided the best germination capacity, T_{50} , and vigor index. The treatment of UFB injected by oxygen 99 % was more effective to improve the seed with very low viability and vigor (DBA 57 %). In general, improving of seed viability and vigor is more effective by using UFB than PEG 6000.

Keywords: deterioration, *Falcataria moluccana*, invigoration, PEG 6000, UFB, viability, vigor

PENDAHULUAN

Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) merupakan salah satu jenis pohon pioner yang banyak dikembangkan di hutan tanaman industri dan hutan rakyat karena sifatnya yang cepat tumbuh (*fast growing spesies*), mampu beradaptasi pada berbagai kondisi lapang dan dapat dimanfaatkan sebagai kayu pertukangan dan bahan industri (Krisnawati *et al.*, 2011). Budidaya tanaman sengon mempunyai kelayakan ekonomi yang tinggi, khususnya di Pulau Jawa dan Lampung (Sumatera) (Putra, Lestari, & Affandi, 2015; Diniyati, Achmad, & Santoso, 2013) dengan potensi pasar yang besar. Sengon juga sering dimanfaatkan sebagai jenis tanaman rehabilitasi lahan kritis yang dapat meningkatkan unsur hara karena kemampuannya bersimbiosis dengan rhizobium dan membentuk bintil akar (Pratiwi *et al.*, 2014; Fathia, Hilwan, & Wibowo, 2019).

Perbanyakan tanaman sengon banyak dilakukan secara generatif menggunakan biji/benih. Selain perbanyakan vegetatif yang relatif sulit untuk tanaman sengon, penggunaan benih juga memiliki keunggulan karena karakter benih sengon tergolong ortodoks (Pramono *et al.*, 2016) dan produksi benihnya banyak. Meskipun demikian, penyimpanan benih sengon pada waktu yang lama dapat mengakibatkan kemunduran mutu benih (deteriorasi) baik secara fisik, fisiologi maupun biokimia (Baskorowati *et al.*, 2017). Selain itu, kisaran daya berkecambah benih sengon yang beredar di masyarakat relatif beragam, yaitu 56 – 97 % (Sudrajat, Nurhasbi, & Bramasto, 2015). Benih dengan daya berkecambah rendah umumnya telah mengalami penyimpanan sehingga mengalami kemunduran yang dicirikan dengan penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, nilai konduktifitas yang meningkat dan secara fisiologis kemunduran benih ditandai dengan penurunan viabilitas dan vigor benih (Pujiastuti & Sudrajat,

2017). Untuk memperbaiki viabilitas dan vigor benih diperlakukan perlakuan invigorasi sebelum benih ditabur. Invigorasi benih dapat dilakukan dengan perlakuan priming (*osmoconditioning*), di antaranya dengan menggunakan *polyethylene glycol* (PEG) (Yuanasari *et al.*, 2015) dan *ultra fine bubbles* (UFB) (Liu *et al.*, 2016).

Polyethylene glycol merupakan salah satu larutan yang sering digunakan dalam peningkatan mutu benih. Jenis PEG yang sering digunakan dalam meningkatkan mutu fisiologis benih adalah PEG 6000 yang mempunyai sifat tidak beracun dan dapat mengontrol imbibisi (Yuanasari *et al.*, 2015). Perendaman dengan PEG 6000 dapat meningkatkan daya berkecambah, keserempakan tumbuh, bobot kecambah, rata-rata waktu berkecambah, indeks vigor, panjang hipokotil dan epikotil (Rouhi *et al.*, 2010). *Ultra fine bubbles* merupakan teknologi yang belum banyak dikaji dalam hubungannya dengan perbaikan mutu fisiologis benih. *Ultra fine bubbles* merupakan gelembung berukuran sangat halus dalam air (diameter kurang dari 1 μm) yang mampu merubah sifat fisik dan kimia air (Liu *et al.*, 2013) dan berdampak pada aktifitas molekul air. Penelitian Liu *et al.* (2016) dan Sritontip *et al.* (2019) menunjukkan penggunaan UFB efektif dalam meningkatkan kecepatan berkecambah benih *Hordeum vulgare* dan *Apium graveolens* L. Peningkatan juga terjadi pada perkecambahan benih jabon putih (*Neolamarckia cadamba*) (Fata *et al.*, 2020) dan *Gmelina arborea* (Siregar *et al.*, 2020).

Penelitian penggunaan UFB untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih tanaman hutan masih sangat terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh UFB sebagai metode invigorasi yang baru untuk meningkatkan mutu benih. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh PEG

6000 dan UFB dalam memperbaiki viabilitas dan vigor benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) yang telah disimpan selama 2 tahun dalam DCS (*dry cool storage*, suhu 2–8 °C dan kelembaban 44–45 %) di Laboratorium Pengujian Benih, Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan, Bogor. Bahan lainnya yang digunakan adalah kertas merang, aquadest, label, *polyethilen glikol* (PEG) 6000 dan alkohol 96 %. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengusangan cepat (APC) IPB 77-1 MM, germinator, *ultra fine bubble machine*, oven, inkubator, *sprayer*, pinset, timbangan (neraca analitik), amplop, botol kaca, plastik klip, dan cawan petri.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari hingga April 2018 di Laboratorium Pengujian Benih Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan (BPPTPTH), Laboratorium Teknologi Benih Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB, Laboratorium Teknologi Benih Departemen Agronomi dan Holtikultura Fakultas

Pertanian, dan Laboratorium Biosistem dan Lingkungan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

Prosedur Penelitian

Perlakuan Pengusangan

Pengusangan cepat merupakan salah satu metode untuk menghasilkan beberapa tingkat viabilitas benih. Pengusangan cepat dalam penelitian ini dilakukan secara kimiawi yaitu dengan mendera benih selama 30 menit dan 60 menit menggunakan uap alkohol 96 % pada mesin APC IPB 77-1 MM (Handayani et al., 2014). Sebelum benih diberi perlakuan invigorasi, benih diberi perlakuan pengusangan untuk mendapatkan kelompok (lot) benih dengan kondisi viabilitas benih yang heterogen. Metode pengusangan yang digunakan adalah metode pengusangan secara kimia yang dilakukan dengan menguapkan alkohol 96 % menggunakan Alat Pengusangan Cepat (APC) IPB 77-1 MM selama 30 menit dan 60 menit.

Pembuatan Larutan PEG 6000 dan larutan *ultra fine bubbles*

Konsentrasi larutan PEG 6000 yang digunakan dalam penelitian ini adalah -0,8 MPa dan -1,2 MPa. Kedua larutan PEG 6000 tersebut dibuat dengan menggunakan formula dari Michel dan Kaufmann (1973) sebagai berikut:

$$\Psi_s = -(1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-2})C^2 + (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T$$

Keterangan:

C = Konsentrasi PEG (gram PEG / kg H₂O)

Ψ_s = Potensial osmotik larutan (Bar)

T = Suhu ruangan (°C)

1 Bar = 10⁻¹ Mpa

Pembuatan larutan PEG 6000 -0,8 MPa dilakukan dengan menimbang sebanyak 13,45 g PEG 6000 yang dilarutkan dalam 50 ml air dalam jar. Setiap jar akan diisi oleh 200 benih. Total jar yang diperlukan untuk perlakuan ini adalah 2 botol jar, sedangkan untuk membuat larutan PEG 6000 -1,2 MPa dilakukan dengan menimbang sebanyak 16,71 g PEG 6000 yang dilarutkan dalam 50 ml air dalam jar. Setiap jar akan diisi oleh 200 benih.

Ultra fine bubbles yang digunakan terdiri dari dua tipe, yaitu *Ultra fine bubbles* diinjeksi udara lingkungan dan *Ultra fine bubbles* diinjeksi oksigen murni. Air UFB berinjeksi udara lingkungan dan berinjeksi oksigen memiliki prosedur yang sama dimana keduanya membutuhkan aquades sebanyak 15

liter. Untuk membuat UFB injeksi oksigen murni dilakukan pemasangan selang penghubung antara mesin dan tabung oksigen dengan waktu pembuatan selama 55 menit.

Rancangan Penelitian dan Perkecambahan Benih

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 taraf perlakuan, yaitu tanpa perlakuan invigorasi atau kontrol (V1), perendaman PEG 6000 -0,8 MPa selama 24 jam (V2), perendaman PEG 6000 -1,2 MPa selama 24 (V3), perendaman UFB udara lingkungan selama 24 jam (V4), dan perendaman UFB dengan injeksi oksigen 99 % selama 24 jam (V5). Perlakuan PEG 6000 -0,8 MPa dan PEG 6000 -1,2 MPa merupakan perlakuan invigorasi terbaik pada benih jabon putih (Rustam, 2018) yang

mempunyai karakter benih ortodok sama seperti sengon. Kontrol dalam penelitian ini merupakan perlakuan standar untuk perkecambahan benih sengon, yaitu benih direndam dalam air panas selama 5 menit kemudian direndam dengan air suhu ruangan selama 24 jam (Sudrajat, Nurhasybi, & Bramasto, 2017). Setiap Perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, setiap ulangan terdiri dari 100 benih. Pengujian kecambah dilakukan dengan metode uji di atas kertas (UDK) menggunakan kertas merang. Uji perkecambahan dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan setiap 2 hari sekali.

Pengukuran Parameter

Parameter yang diamati adalah daya berkecambah, laju pertumbuhan kecambah, kecepatan

$$Daya\ berkecambah\ (\%) = \frac{Jumlah\ benih\ berkecambah}{Jumlah\ benih\ yang\ ditabur} \times 100\%$$

Kecepatan Berkecambah

Kecepatan berkecambah (Kct) dihitung berdasarkan akumulasi kecepatan tumbuh harian dalam tolak ukur persentase pertambahan kecambah normal per hari, dengan rumus sebagai berikut (Sudrajat & Bramasto, 2018):

$$Kct = \sum_0^{tn} \frac{N}{t}$$

Keterangan:

- N = Pertambahan % kecambah normal setiap waktu pengamatan
- t = Waktu pengamatan,
- tn = Waktu akhir pengamatan

T₅₀ (hari)

T₅₀ dihitung untuk mengetahui waktu yang diperlukan hingga benih mencapai kecambah normal 50 % dari kecambah normal maksimal. T₅₀ dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (Syafudin & Miranda, 2015):

$$T_{50} = t_i + \frac{(n_{50\%} - n_i)}{(n_j - n_i)}$$

Keterangan:

- Ti = Hari batas bawah sebelum mencapai 50 % dari perkecambahan relatif
- n 50 % = Jumlah benih berkecambah (50 % dari total benih yang berkecambah)
- nj = Jumlah kecambah batas atas setelah mencapai 50 % kecambah relatif

pertumbuhan, T₅₀ (waktu yang diperlukan hingga benih mencapai kecambah normal 50 % dari kecambah normal maksimal), indek vigor, dan nilai perkecambahan.

Daya Berkecambah

Pengukuran daya berkecambah (%) dihitung berdasarkan persentase jumlah kecambah normal yang tumbuh dibandingkan dengan jumlah total benih yang dkecambahkan. Kecambah normal pada benih sengon dicirikan dengan panjang hipokotil dan akarnya apabila dijumlahkan sama dengan dua sampai lima kali panjang benih/kotiledon (Sudrajat *et al.*, 2017). Rumus yang digunakan (Pujiastuti & Sudrajat, 2017):

ni = Jumlah kecambah batas bawah sebelum mencapai 50 % kecambah relatif

Indeks vigor

Indeks vigor dihitung berdasarkan persentase kecambah normal dikalikan dengan berat kering kecambah normal rata-rata. Perhitungan indeks vigor dihitung dengan rumus:

$$IV = \% Kecambah\ Normal \times LPK$$

Keterangan:

- IV = Indeks vigor
- LPK = Berat kering kecambah normal rata-rata (mg/benih)

Nilai Perkecambahan

Nilai perkecambahan (NP) dihitung berdasarkan (Gairola *et al.*, 2011) dengan rumus sebagai berikut:

$$NP = PV \times MDG$$

Dimana:

$$PV = \frac{\% \text{ perkecambahan tertinggi}}{\sum \text{ hari untuk mencapainya}}$$

$$MDG = \frac{\% \text{ perkecambahan pada akhir pengamatan}}{\text{Hari perkecambahan terakhir}}$$

Keterangan:

- PV = *peak value* (puncak perkecambahan),
- MDG = rata kecambah harian (*mean daily germination*)

Laju Pertumbuhan Kecambah

Laju pertumbuhan kecambah dihitung dengan membagi berat kering kecambah normal dengan jumlah kecambah normal yang di oven. Berat kering kecambah normal dihasilkan dengan mengoven seluruh kecambah normal pada suhu 80° C selama 24 jam.

Analisis Data

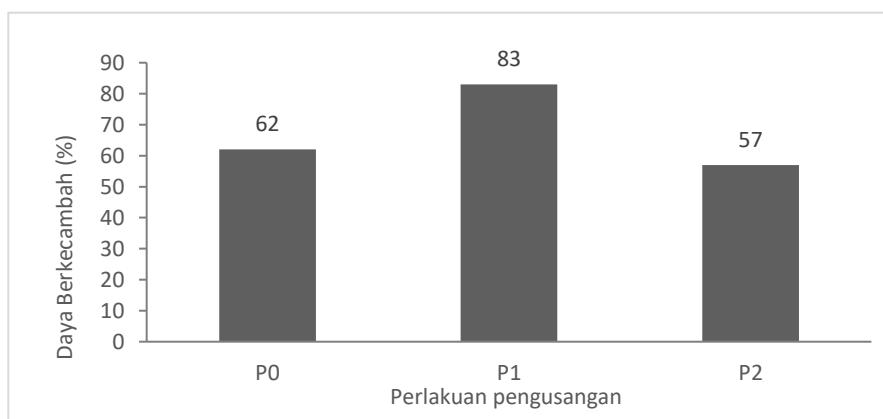
Analisis data dilakukan pada setiap kelompok benih secara terpisah. Analisis ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati dalam penelitian ini. Uji lanjut Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) dilakukan jika perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap perkecambahan yang diamati (daya kecambah, laju pertumbuhan kecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, dan nilai perkecambahan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengusangan benih

Pengusangan Benih dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan viabilitas dan vigor benih yang berbeda-beda. Hasil pengusangan dari dua lama pengusangan (30 menit dan 60 menit) menggunakan etanol 96 % memberikan perbedaan daya berkecambah, yaitu 83 % untuk lama pengusangan 30 menit dan 57 % untuk lama pengusangan 60 menit. Dengan demikian, diperoleh 3 kelompok benih dengan daya berkecambah yang berbeda, yaitu 62 % (benih awal), 83 % (hasil pengusangan 30 menit) dan 57 % (hasil pengusangan 60 %).



Keterangan : P0 = tanpa pengusangan, P1 = pengusangan selama 30 menit, P2 = pengusangan selama 60 menit

Gambar 1. Daya berkecambah benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) pada beberapa taraf pengusangan

Invigorasi Benih

Pelakuan invigorasi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ketiga kondisi daya berkecambah benih. Perlakuan invigorasi pada benih dengan daya berkecambah sebelum perlakuan invigorasi 57 % berpengaruh nyata terhadap parameter daya berkecambah dan indeks vigor, serta sangat nyata terhadap parameter laju pertumbuhan kecambah. Pada benih dengan daya berkecambah sebelum perlakuan invigorasi 62 %, perlakuan invigorasi memberikan pengaruh yang sangat nyata pada tiga parameter yaitu indeks vigor, kecepatan berkecambah dan nilai kecambah, dan nyata terhadap parameter daya berkecambah dan T₅₀. Untuk benih dengan daya berkecambah sebelum invigorasi 83 %, tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya berkecambah benih dan laju pertumbuhan kecambah,

namun berpengaruh nyata terhadap T₅₀ dan sangat nyata terhadap parameter indeks vigor, kecepatan tumbuh dan nilai kecambah (Tabel 1).

Pelakuan perendaman UFB dengan injeksi oksigen murni memberikan daya berkecambah tertinggi (62 %, peningkatan terhadap benih tanpa perlakuan 12,28 %) pada benih dengan daya berkecambah awal (DBA) 57 %, sedangkan pada DBA 71 %, perlakuan UFB dengan injeksi dengan injeksi udara lingkungan memberikan daya berkecambah tertinggi, yaitu 79 % (peningkatan terhadap benih tanpa perlakuan 27,42 %). Pada benih dengan daya berkecambah awal 83 %, perlakuan invigorasi tidak mampu memperbaiki perkecambahan benih sengon. Kecenderungan hasil yang sama juga terjadi pada parameter laju pertumbuhan kecambah, T₅₀ dan indek vigor (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan invigorasi terhadap perkecambahan benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Parameter	Kelompok benih dengan daya berkecambah sebelum perlakuan invigorasi		
	DBA 57 %	DBA 62 %	DBA 83 %
DB	4,27*	5,29*	2,96 ^{tn}
LPK	6,35**	1,17 ^{tn}	1,15 ^{tn}
T ₅₀	0,97 ^{tn}	4,98*	5,72*
IV	3,58*	10,17**	8,62**
KCT	3,01 ^{tn}	7,11**	11,73**
NK	1,78 ^{tn}	6,38**	15,09**

Keterangan: DBA = daya berkecambah benih sebelum perlakuan invigorasi, DB = daya berkecambah, LPK = laju pertumbuhan kecambah, T₅₀ = waktu yang diperlukan untuk mencapai kecambah normal 50 % dari kecambah normal maksimal, IV = indek vigor, KCT = kecepatan berkecambah, NK = nilai perkecambahan; ** = berpengaruh nyata pada tingkat nyata 1%, * = berpengaruh nyata pada tingkat nyata 5 %, ns = tidak berpengaruh nyata pada tingkat nyata 5%

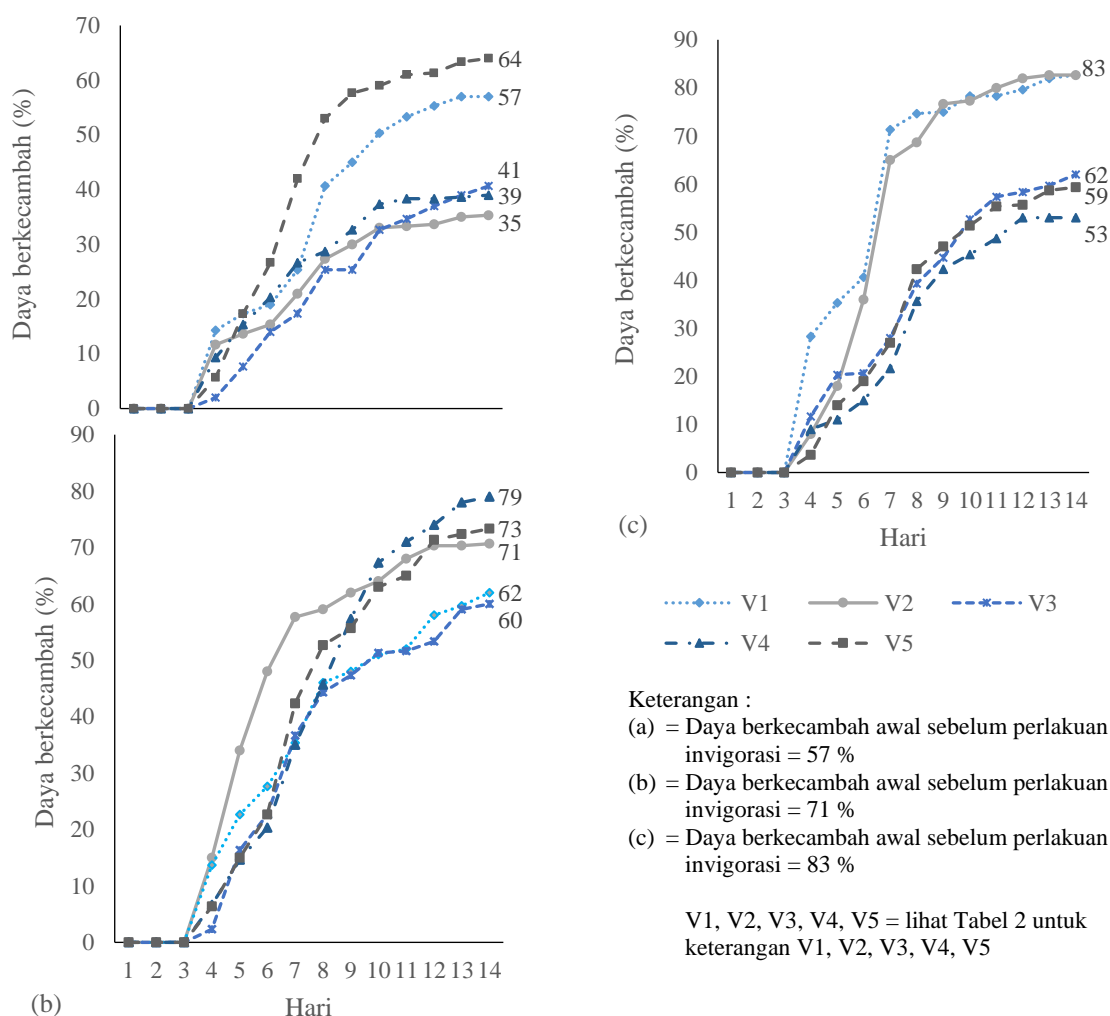
Tabel 2. Daya berkecambah, laju pertumbuhan kecambah dan T₅₀ benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) pada beberapa perlakuan invigorasi

Perlakuan	Daya berkecambah (%)			Laju pertumbuhan kecambah (mg)			T ₅₀ (%)		
	DBA 57 %	DBA 62 %	DBA 83 %	DBA 57 %	DBA 62 %	DBA 83 %	DBA 57 %	DBA 62 %	DBA 83 %
	V1	57,00 a	62,00 c	83,00	4,630 c	5,688	6,853	6,14	5,18 c
V2	35,33 c	71,00 b	83,00	5,996 ab	5,605	5,360	5,90	5,88 c	6,18 bc
V3	40,67 abc	60,00 c	62,00	5,156 bc	5,444	6,404	7,59	6,70 ab	7,41 ab
V4	39,00 bc	79,00 a	53,00	5,906 ab	5,877	5,801	5,45	7,79 a	7,63 a
V5	64,00 a	73,33 ab	59,33	6,427 a	5,037	4,979	6,47	6,74 ab	7,15 ab

Keterangan : DBA = daya berkecambah benih sebelum perlakuan invigorasi; T₅₀ = waktu yang diperlukan untuk mencapai kecambah normal 50 % dari kecambah normal maksimal, V1= benih tanpa perlakuan invigorasi, V2 = perlakuan perendaman dalam PEG 6000 -0,8 MPa, V3 = perlakuan perendaman dalam PEG 6000 -1,2 MPa, V4 = perlakuan perendaman dalam UFB yang diinjeksi udara lingkungan, V5 = perlakuan perendaman dalam UFB yang diinjeksi oksigen 99 %, Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan bahwa nilai rata-rata tidak berbeda nyata pada tingkat nyata 5 %

Gambar 2 menunjukkan pola perkecambahan benih pada kondisi daya berkecambah awal sebelum perlakuan invigorasi (DBA) yang berbeda-beda. Pada DBA 57 %, hanya perlakuan V5 (UFB dengan injeksi oksigen 99 %) yang mampu memperbaiki perkecambahan benih sengon hingga 64 %, sedangkan pada DBA 62 %, perlakuan V2, V4 dan V5 mampu memperbaiki perkecambahan benih sengon dengan

perlakuan terbaik V4 (UFB yang diinjeksi udara lingkungan). Benih dengan DBA 83 %, setelah perlakuan invigorasi tidak menunjukkan peningkatan daya berkecambah. Peningkatan daya berkecambah dengan perlakuan UFB menghasilkan kecenderungan kecepatan berkecambah yang menurun. Hal yang sama terjadi pada parameter nilai perkecambahan (Tabel 2).



Gambar 2. Pola perkecambahan benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) pada 3 kategori daya berkecambah benih awal dan 5 perlakuan invigorasi

Tabel 3. Kecepatan berkecambah, indeks vigor dan nilai perkecambahan benih sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) pada beberapa perlakuan invigorasi

Perlakuan	Kecepatan berkecambah (%/etmal)			Indek vigor			Nilai perkecambahan		
	DBA	DBA	DBA	DBA	DBA	DBA	DBA	DBA	DBA
	57 %	62 %	83 %	57 %	62 %	83 %	57 %	62 %	83 %
V1	8,865	12,54 a	14,87 a	250,00 b	383,33 b	510,00 a	0,171	0,25 a	0,42 a
V2	5,976	9,88 bc	13,01 a	213,33 b	326,67 b	443,33 ab	0,091	0,19 b	0,24 b
V3	5,548	8,80 c	9,34 b	210,00 b	330,00 b	380,00 bc	0,053	0,12 c	0,18 bc
V4	6,573	10,89 b	8,49 b	250,00 b	463,33 a	303,33 c	0,095	0,17 bc	0,11 c
V5	9,934	10,62 b	7,72 b	376,67 a	370,00 b	286,67 c	0,178	0,17 bc	0,11 c

Keterangan : DBA = daya berkecambah benih sebelum perlakuan; V1, V2, V3, V4, V5 = lihat Tabel 2 untuk keterangan V1, V2, V3, V4, V5

Pembahasan

Pengusangan benih yang bertujuan untuk mendapatkan keragaman viabilitas benih berpengaruh positif terhadap daya berkecambah benih dengan daya berkecambah yang mengalami peningkatan dari 62 % menjadi 83 % pada pengusangan dengan etanol 96 %

selama 30 menit. Namun pada pengusangan selama 60 menit, daya berkecambah benih mengalami penurunan hingga 57 %. Pengaruh positif pengusangan dengan etanol juga dilaporkan oleh Zanzibar (2007) pada benih *Acacia auriculiformis*, Belo dan Suwarno (2012) pada benih *Oriza sativa*, dan

Handayani *et al.* (2014) pada benih *Phaseolus vulgaris*. Etanol atau etil alkohol mempunyai efek stimulator terhadap perkecambahan benih pada banyak jenis tanaman (Farooq *et al.*, 2006). Peningkatan daya kecambah benih akibat penderaan uap alkohol pada konsentrasi tertentu yang tidak melebihi batas toleransi benih dapat terjadi karena pemberian uap etanol dapat berperan sebagai perlakuan pendahuluan yang dapat meningkatkan daya kecambah benih.

Selain itu, tidak terjadinya penurunan daya kecambah pada benih sengon setelah didera selama 30 menit diduga karena sedikitnya uap alkohol yang masuk ke dalam benih akibat tebalnya kulit benih sengon. Selain itu, kandungan lemak yang terkandung dalam benih leguminose tergolong rendah (6 – 9 %) sehingga kerusakan akibat oksidasi lemak tidak cepat terjadi apabila didera dengan uap alkohol dalam waktu yang singkat (Shao *et al.*, 2007). Rendahnya konsentrasi alkohol yang masuk ke dalam benih segera dimanfaatkan untuk menjadi sumber karbon melalui biosintesis serin. Alkohol tidak akan bersifat racun apabila glicin tetap tersedia dalam benih, sedangkan glicin memiliki peran penting dalam biosintesis serin (McGiffen & Manthey, 1996). Penurunan daya kecambah akan terjadi apabila konsentrasi alkohol dalam benih telah melebihi batas toleransi yang dapat diterima oleh benih. Hasil dari pengusangan benih diperoleh 3 kelas viabilitas benih, yaitu 62 % (benih awal), 83 % (benih yang diusangkan selama 30 menit) dan 57 % (benih yang diusangkan selama 60 menit).

Perlakuan invigorasi merupakan salah satu metode pascapanen yang berfungsi untuk memperbaiki viabilitas dan daya vigor benih serta memfasilitasi benih dan materi lain yang diperlukan pada saat penanaman. Pada penelitian ini perlakuan invigorasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap daya berkecambah benih pada kondisi daya berkecambah benih sebelum perlakuan (DBA) 57 % dan DBA 62 %, namun tidak berbeda nyata pada kondisi DBA 83 %. Untuk parameter laju perkecambahan, perlakuan invigorasi hanya berpengaruh nyata pada DBA 57 %, sedangkan untuk parameter T_{50} , kecepatan berkecambah dan nilai perkecambahan benih, perlakuan invigorasi berpengaruh nyata pada DBA 62 % dan DBA 83 %. Sementara untuk indeks vigor, perlakuan invigorasi berpengaruh nyata pada semua tingkat DBA (57 %, 62 % dan 83 %). Secara umum, perlakuan perendaman UFB yang diinjeksi oksigen 99 % mampu memperbaiki parameter perkecambahan (daya

berkecambah, laju pertumbuhan kecambah, dan indeks vigor) benih sengon dengan DBA 57 %. Pada benih dengan DBA 62 %, perlakuan perendaman UFB yang diinjeksi udara lingkungan memberikan daya berkecambah, T_{50} , dan indeks vigor terbaik. Perlakuan UFB yang diinjeksi oksigen 99 % lebih efektif pada benih dengan viabilitas dan vigor yang sangat rendah (DBA 57 %). Perlakuan UFB yang diinjeksi oksigen 99 % dan UFB yang diinjeksi udara lingkungan memiliki kadar oksigen terlarut (DO) yang berbeda. UFB dengan injeksi udara lingkungan memiliki DO sebesar 8,5 ppm, sedangkan UFB dengan oksigen murni (99 %) memiliki DO 20,56 ppm. Benih-benih dengan vigor yang rendah memerlukan lebih banyak oksigen terlarut. Oksigen tersebut diperlukan untuk berkecambah dan air UFB dapat menyuplai oksigen tersebut (Liu *et al.*, 2016).

Air UFB mengandung gelembung-gelembung udara yang sangat halus dengan diameter kurang dari 1 μm atau 10^{-6} m sehingga memungkinkan untuk dapat masuk melewati kulit benih (Ahmed *et al.*, 2018). Air UFB juga mampu membentuk *reactive oxygen species* (ROS) yang dihasilkan dari gelombang kejut akibat kempisnya gelembung UFB (Ahmed *et al.*, 2018). Senyawa ROS menjadi faktor yang menyebabkan dinding sel dapat mengalami pelonggaran sehingga air, gas, dan struktur embrio dapat menembus kulit benih. Pelonggaran dinding sel ini terjadi karena UFB dapat menginduksi ekspresi gen yang terkait dalam proses tersebut (Liu *et al.*, 2016). Dengan demikian benih dapat melakukan imbibisi sebagai tahap awal dalam proses perkecambahan.

Air yang masuk ke dalam benih kemudian merangsang hormon giberelin untuk aktif (Agurahe *et al.*, 2019). Giberelin selanjutnya mengaktifkan enzim α -amilase, proktoase, ribonuklease, β -glikonase serta fosfatase yang sangat penting dalam proses perkecambahan (Khairani *et al.*, 2016). Enzim-enzim akan masuk ke dalam endosperma secara difusi untuk menjadi katalis perombakan cadangan makanan menjadi gula dan asam amino. Perombakan cadangan makanan dalam proses respirasi juga memerlukan oksigen. Perendaman benih dalam air UFB mampu meningkatkan kelarutan gas dalam cairan (Liu *et al.*, 2016). Faktor lain yang menyebabkan perlakuan air UFB lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan PEG 6000 disebabkan oleh adanya ROS yang dibentuk oleh air UFB dapat memacu pembentukan ROS dalam benih sehingga terbentuk senyawa yang menghasilkan sinyal seluler untuk mengatur perkecambahan benih (Liu *et al.*, 2016).

Pada benih dengan DBA 83 %, perlakuan invigorasi memberikan pengaruh negatif hampir pada semua parameter perkecambahan benih sengon. Penurunan parameter perkecambahan pada benih dengan DBA 83 % disebabkan kandungan ROS yang sangat tinggi sehingga merusak makromolekul dalam benih. Hal yang sama juga dilaporkan (Baskorowati *et al.*, 2017) pada benih jabon (*Neolamarckia cadamba*) dengan daya berkecambah 87 %. Konsentrasi berlebihan dari ROS berefek oksidasi sedangkan pada kondisi moderat dapat menunjukkan efek peningkatan fisiologis (Moritz & Geszke-Moritz, 2013). ROS dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada makromolekul, kerusakan DNA dan pemecahan/pemendekan DNA (Tomizawa *et al.*, 2005). Jumlah yang berlebihan dapat bertindak sebagai senyawa berbahaya, namun pada kondisi yang optimum akan berperan penting dalam pelonggaran dinding sel dan pemberi sinyal penting dalam proses pertumbuhan tanaman (Ishibashi *et al.*, 2009).

Pada penelitian ini, perendaman dalam PEG hanya memberikan pengaruh yang positif pada perlakuan perendaman dalam PEG 6000 -0,8 MPa pada benih dengan DBA 62 %. Tidak berpengaruh perlakuan PEG 6000 dapat dikarenakan jumlah air yang masuk ke dalam benih tidak mencapai kondisi optimum untuk perkecambahan akibat terikatnya molekul air oleh subunit etilena (Balestrazzi *et al.*, 2011), selain itu rendah mutu benih (DBA 57 %) menyebabkan tidak efektifnya pemberian PEG pada benih sengon yang memiliki kualitas mutu benih rendah. Nurmauli dan Nurmiaty (2010) melaporkan bahwa penggunaan PEG 6000 lebih efektif pada benih kedelai dengan daya kecambah awal yang tinggi dari pada yang rendah. Sementara Wahyuni (2011) menunjukkan bahwa perendaman benih padi berkualitas mutu awal sedang pada PEG 6000 dapat meningkatkan vigor benih lebih tinggi daripada benih padi berkualitas mutu rendah.

KESIMPULAN

Penderaan benih sengon dengan etanol 96 % dalam waktu 30 menit berdampak pada peningkatan daya berkecambah benih dari 62 % menjadi 83 %, namun penderaan dalam waktu 60 menit mengakibatkan penurunan daya berkecambah menjadi 57 %. Penggunaan UFB injeksi oksigen murni mampu memperbaiki perkecambahan benih dengan daya berkecambah awal yang rendah (57 %) menjadi 64 %, sedangkan pada daya berkecambah sedang (daya berkecambah awal 62 %), perlakuan UFB injeksi udara lingkungan dapat meningkatkan parameter

perkecambahan benih sengon. Penggunaan UFB dan PEG 6000 tidak mampu memperbaiki perkecambahan benih dengan daya berkecambah awal yang tinggi (83 %). Secara umum penggunaan UFB lebih efektif untuk memperbaiki perkecambahan benih sengon bervigor rendah dibandingkan PEG 6000.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Y. Aris Purwanto atas fasilitasi pembuatan *ultra fine bubbles* di Laboratorium Biosistem dan Lingkungan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Agurahe, L., Rampe, H. L., & Mantir, F. R. (2019). Pematahan dormansi benih pala (*Myristica fragrans* Houtt.) menggunakan hormon gibberalin. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 8(1), 30–40.
- Ahmed, A. K. A., Shi, X., Hua, L., Manzueta, L., Qing, W., Marhaba, T., & Zhang, W. (2018). Influences of air, oxygen, nitrogen, and carbon dioxide nanobubbles on seed germination and plant growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(20), 5117–5124. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00333>
- Balestrazzi, A., Confalonieri, M., Macovei, A., & Carbonera, D. (2011). Seed imbibition in medicago truncatula gaertn.: Expression profiles of DNA repair genes in relation to PEG-mediated stress. *Journal of Plant Physiology*, 168(7), 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.10.008>
- Baskorowati, L., Setiadi, D., & Fauzi, M. A. (2017). Viabilitas biji sengon penyimpanan 6 bulan dan 23 tahun. dalam Nurcahyanto, G. & Kartikasari, S. (eds), *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Sainstek II*, Surakarta (p.62–69), Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Belo, M., & Suwarno, F. C. (2012). Penurunan viabilitas benih padi (*Oryza sativa* L.) melalui beberapa metode pengusangan cepat. *Agronomi Indonesia*, 40(1), 29–35.
- Diniyati, D., Achmad, B., & Santoso, H. B. (2013). Analisis finansial agroforestry sengon di Kabupaten Ciamis (Study kasus di Desa Ciomas Kecamatan Panjalu). *Jurnal Penelitian Agroforestry*, 1(1), 13–30.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H., & Mehmood, T. (2006). Germination and early seedling growth as affected by pre-sowing ethanol seed treatments in fine rice. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(1), 19–22.
- Fata, N. A. N., Supriyanto, Rustam, E., & Sudrajat, D. J. (2020). Invigorasi benih jabon putih (*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser) menggunakan polyethylene glycol dan ultra fine bubbles. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 8(1), 11–24.
- Fathia, A. A., Hilwan, I., & Wibowo, C. (2019). Rehabilitasi lahan pada areal bekas terbakar dengan jenis tanah yang berbeda di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 24(1), 20–28.

- Gairola, K. C., Nautiyal, A. R., Sharma, G., & Dwivedi, A. K. (2011). Variability in seed characteristics of *Jatropha curcas* Linn from hill region of Uttarakhand. *Bulletin of Environment, Pharmacology & Life Sciences*, 1(1), 64–69.
- Handayani, M. A. H., Pramono, E., & Hadi, M. S. (2014). Pengaruh konsentrasi etanol dan lama deraan pada viabilitas benih buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(1), 83–88.
- Ishibashi, Y., Tawaratsumida, T., Zheng, S. H., Yuasa, T., & Iwaya-Inoue, M. (2009). NADPH oxidases act as key enzyme on germination and seedling growth in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Production Science*, 13(1), 45–52. <https://doi.org/10.1626/ppp.13.45>
- Khairani, Z., Syamsuddin, & Ichsan, C. N. (2016). Penggunaan polyethilen glycol (PEG 6000) untuk mengetahui vigor kekuatan tumbuh benih kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill) pada kondisi kekeringan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 1(1), 280–288.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M. H., & Kanninen, M. (2011). *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: *Ekologi, silviculture dan produktivitas*. Bogor: CIFOR.
- Liu, S., Kawagoe, Y., Makino, Y., & Oshita, S. (2013). Effects of nanobubbles on the physicochemical properties of water : The basis for peculiar properties of water containing nanobubbles. *Chemical Engineering Science*, 93, 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.02.004>
- Liu, S., Oshita, S., Makino, Y., Wang, Q., Kawagoe, Y., & Uchida, T. (2016). Oxidative capacity of nanobubbles and its effect on seed germination. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(3), 1347–1353. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b01368>
- McGiffen, M. E., & Manthey, J. A. (1996). The role of methanol in promoting plant growth: A current evaluation. *Hort Science*, 31(7), 1092–1096.
- Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. (1973). The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiology*, 51, 914–916.
- Moritz, M., & Geszke-Moritz, M. (2013). The newest achievements in synthesis, immobilization and practical applications of antibacterial nanoparticles. *Chemical Engineering Journal*, 228(2013), 596–613. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.05.046>
- Nurmauli, & Nurmiaty, Y. (2010). Studi metode invigorasi pada viabilitas dua lot kedelai yang telah disimpan selama sembilan bulan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 20–24.
- Pramono, A. A., Sudrajat, D. J., Nurhasybi, & Danu. (2016). *Prinsip-prinsip cerdas Usaha Pembibitan Tanaman Hutan*. Bogor: Penebar Swadaya.
- Pratiwi, Narendra, B. H., Hartoyo, G. M. E., & Kalima, T. (2014). *Atlas jenis-jenis pohon andalan setempat untuk rehabilitasi hutan dan lahan di Indonesia*. Bogor: FORDA Press Putra.
- Pujiastuti, E., & Sudrajat, D. J. (2017). Uji vigor untuk menduga perkecambahan benih dan munculnya semai normal *Acacia mangium* di persemaian. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 5(2), 81–94.
- Putra, D. S. A., Lestari, D. A. H., & Affandi, M. I. (2015). Kelayakan finansial dan prospek pengembangan agribisnis sengon (*Albizia falcataria*) rakyat di Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 3(4), 419–425.
- Rouhi, H. R., Afshari, R. T., Moosavi, S. A., & Gharineh, M. H. (2010). Effects of osmopriming on germination and vigour traits of bersim clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(4), 59–63. <https://doi.org/10.15835/nsb244735>
- Shao, S., Meyer, C. J., Ma, F., Peterson, C. A., & Bernards, M. A. (2007). The outermost cuticle of soybean seeds: Chemical composition and function during imbibition. *Journal of Experimental Botany*, 58(5), 1071–1082. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl268>
- Siregar, I. Z., Muharam, K. F., Purwanto, Y. A., & Sudrajat, D. J. (2020). Seed germination characteristics in different storage time of *gmelina arborea* treated with ultrafine bubbles priming. *Biodiversitas*, 21(10), 4558–4564. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d2111013>
- Sritontip, C., Dechthummarong, C., Thonglek, V., Khaosumain, Y., & Sritontip, P. (2019). Stimulation of seed germination and physiological development in plants by high voltage plasma and fine bubbles. *International Journal of Plasma Environmental Science and Technology*, 12(2), 74–78.
- Sudrajat, D. J., Nurhasybi, & Bramasto, Y. (2017). *Standar Pengujian dan Mutu Benih Tanaman Hutan*. Bogor: IPB Press.
- Sudrajat, D. J., Nurhasybi, & Bramasto, Y. (2015). Teknologi penanganan benih dan bibit untuk memenuhi standar benih dan bibit bersertifikat. dalam Mindawati, N., Bramasto, Y., Pramono, A. A., Rahmat, M., (eds), *Seminar Hasil Penelitian Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan Balai Penelitian Kehutanan Palembang* (p.15-26) Lampung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan.
- Sudrajat, D. J., & Bramasto, Y. (2018). Perkecambahan benih tisuk (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.) pada beberapa perlakuan periode pencahayaan, perlakuan pendahuluan dan penyimpanan. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 6(1), 49–60. <https://doi.org/10.20886/bptpth.2018.6.1.49-60>
- Syafrudin, & Miranda, T. (2015). Vigor benih beberapa varietas jagung pada media tanam tercemar hidrokarbon. *Jurnal Floratek*, 10(1), 18–25. <https://doi.org/10.24815/floratek.v10i1.2326>
- Tomizawa, S., Imai, H., Tsukada, S., Simizu, T., Honda, F., Nakamura, M., Nagano, T., Urano, Y., Matsuoka, Y., Fukasaku, N., & Saito, N. (2005). The detection and quantification of highly reactive oxygen species using the novel HPF fluorescence probe in a rat model of focal cerebral ischemia. *Neuroscience Research*, 53(3), 304–313. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2005.08.002>

- Wahyuni, S. (2011). Peningkatan daya berkecambah dan vigor benih padi hibrida melalui invigorasi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 30(2), 83–87.
- Yuanasari, B. S., Kendarini, N., & Saptadi, D. (2015). Peningkatan viabilitas benih kedelai hitam (*Glycine max* L. Merr) melalui invigorasi ormoconditioning. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(6), 518–527.
- Zanzibar, M. (2007). Pengaruh perlakuan pengusangan dengan uap etanol terhadap penurunan kualitas fisiologi benih akor, merbau dan mindi. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 4(2), 99–106. <https://doi.org/10.20886/jpht.2007.4.2.99-106>