

PERBAIKAN VIGOR BENIH JABON PUTIH SETELAH PENYIMPANAN 4,5 TAHUN MENGGUNAKAN IRADIASI SINAR GAMMA

(The Improving Vigor of White Jabon Seeds after Storage for 4.5 Years Using Gamma Ray Irradiation)

M. Rahmad Suhartanto¹, Tatiek K. Suharsi,¹ Evayusvita Rustam² dan/and Dede J. Sudrajat²

1) Departemen Agronomi dan Hortikultura, Kampus Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Babakan, Dramaga, Kode Pos 16680, Bogor, Indonesia

²Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan

Jl. Pakuan Cihuleut PO.BOX 105 Telp/ Fax. 0251-8327768 Kode Pos 16001, Bogor, Indonesia

e-mail: eva.yr1704@gmail.com

Naskah masuk: 25 Juni 2018; Naskah direvisi: 11 Oktober 2018; Naskah diterima: 19 Desember 2018

ABSTRACT

*Low dosage gamma ray irradiation has a potency to improve the seed germination by increasing of enzymatic activities, cell division, stimulating of responsive genes to auksin and improving of seed metabolism. The aim of the research was to identify seed storability of white jabon (*Neolamarckia cadamba*) and to find out the effective gamma ray irradiation dosages to increase the seed vigor. Seeds were collected from 4 populations (Alas Puwo, Kampar, Batu Hijau, dan Pomalaa) and were stored for 4,5 years. Randomized completely design was used to analysis seed storability and the effect of irradiation dosages ((0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 Gy) on the parameters of seed germination and seedling growth. The result showed that seed storage for 4.5 years generally caused the decrease of seed viability and vigor, except for seeds from Batu Hijau. Seed moisture content decreased significantly to 4.08-4.87percent. Gamma ray irradiation provided different responses on the seed origin. Irradiation was only effective to improve germination with an initial seed germination more than 40 percent. Overall, dose of 40 Gy was able to improve seed vigor and seedling growth so that it can be applied to increase vigor of white jabon seeds.*

Keywords: germination, growth, seed, seedling, storability

ABSTRAK

Iradiasi sinar gamma dengan dosis rendah berpotensi untuk memperbaiki viabilitas dan vigor benih dan bibit melalui peningkatan aktivitas enzim, pembelahan sel, gen-gen yang responsif terhadap auksin dan perbaikan metabolisme. Tujuan penelitian adalah mengetahui daya simpan benih jabon putih (*Neolamarckia cadamba*) dan mendapatkan dosis iradiasi sinar gamma yang efektif untuk meningkatkan vigor benihnya. Benih yang digunakan berasal dari 4 populasi (Alas Puwo, Kampar, Batu Hijau, dan Pomalaa) dan telah disimpan selama 4,5 tahun. Rancangan acak lengkap digunakan untuk menguji daya simpan dan pengaruh dosis iradiasi (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 Gy) terhadap parameter perkecambahan dan pertumbuhan bibit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan benih selama 4,5 tahun secara umum mengakibatkan penurunan viabilitas dan vigor benih dari beberapa asal benih (populasi), kecuali untuk asal benih Batu Hijau. Penyimpanan juga mengakibatkan kadar air benih menurun secara nyata hingga 4,08 persen–4,87 persen. Iradiasi sinar gamma memberikan respon yang berbeda-beda pada setiap asal benih. Iradiasi sinar gamma efektif meningkatkan perkecambahan benih dengan daya berkecambah awal lebih dari 40 persen. Secara keseluruhan dosis iradiasi 40 Gy mampu memperbaiki perkecambahan benih dan meningkatkan pertumbuhan bibit sehingga bisa diaplikasikan untuk meningkatkan vigor benih jabon putih.

Kata kunci : benih, bibit, daya simpan, perkecambahan, pertumbuhan.

I. PENDAHULUAN

Jabon putih [*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser, sinonim *Anthocephallus cadamba* (Roxb.) Miq] merupakan tumbuhan

asli Indonesia yang cepat tumbuh sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai hutan tanaman dan hutan rakyat. Jabon putih menghasilkan kayu yang dapat dimanfaatkan

sebagai kayu lapis, konstruksi, pulp, papan serat, dan papan partikel (Sudrajat, 2016). Saat ini jabon putih sudah banyak dibudidayakan baik dalam skala kecil dalam bentuk hutan rakyat terutama di Jawa dan Kalimantan Selatan, maupun skala besar di beberapa daerah seperti Sumatera Utara, Riau dan Kalimantan Tengah (Kallio, Krisnawati, Rohadi, & Kanninen, 2011; Krisnawati, Kallio, & Kanninen, 2011; Irawan & Purwanto, 2014).

Salah satu kendala dalam budidaya jabon putih adalah sulitnya untuk mendapatkan benih bermutu tinggi dan teknik penanganan benih yang relatif lebih sulit karena benihnya berukuran sangat kecil (benih halus) (Irawan & Purwanto, 2014; Sudrajat, 2015). Selain itu, daya simpan benihpun masih belum diketahui dengan pasti. Menurut Mansur (2012), benih jabon putih tidak disarankan untuk disimpan dalam kurun waktu yang lama karena setelah disimpan selama 2-3 bulan, benih mengalami penurunan daya berkecambah. Di lain pihak Yuniarti dan Nurhasybi (2015) menyatakan bahwa benih jabon putih dikategorikan sebagai benih ortodoks, dimana memungkinkan memiliki daya simpan lama dalam kondisi suhu dan kadar air rendah (<5 persen).

Daya simpan benih dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya struktur benih, komposisi biokimia, mutu fisiologis awal benih dan dormansi (Yuniarti & Nurhasybi,

2015; Sudrajat & Nurhasybi, 2017), proses penanganan benih (Shelar, Shaikh, & Nikam, 2008; Khatun, Kabir, & Bhuiyan, 2009), ekologi tempat tumbuh (Yasaka, Takiya, Watanabe, Oono, & Mizui, 2008), kondisi dan lama penyimpanan (Suszka, Plitta, Michalak, Bujarska-Borkowska, Tytkowski & Chmielarz, 2014) serta faktor genetik (Sudrajat & Nurhasybi, 2017). Secara umum, penyimpanan benih bertujuan untuk mempertahankan viabilitas sehingga masih bisa digunakan pada masa tanam berikutnya. Lamanya waktu penyimpanan benih dapat menyebabkan terjadinya kemunduran mutu, baik fisik, fisiologi maupun biokimia yang mengakibatkan penurunan viabilitas dan vigor benih (Mustika, Suhartanto, & Qodir, 2014). Peningkatan mutu benih yang mengalami penurunan dapat dilakukan dengan memberi perlakuan sebelum tanam dengan perlakuan invigorasi melalui metode *priming* (Ilyas, 2012) dan iradiasi sinar gamma (Araújo, Paparella, Dondi, Bentivoglio, Carbonera & Belestazzi, 2016; Zanzibar, Megawati, Pujiastuti, & Sudrajat, 2015; Zanzibar & Sudrajat, 2016). Penggunaan iradiasi sinar gamma dapat menghasilkan pengaruh stimulasi awal perkecambahan melalui peningkatan aktivitas enzim, peningkatan pembelahan sel, perbaikan perkecambahan dan pertumbuhan bibit (Ikram, Dawar, Abbas, & Javed, 2010; Piri, Babayan, Tavassoli, &

Javaheri, 2011; Iglesias-Andreu, Octavio-Aguilar, & Bello-Bello, 2012; Araújo *et al.*, 2016). Penggunaan iradiasi untuk memperbaiki vigor benih telah banyak dilakukan pada jenis-jenis tanaman pertanian (Piri *et al.*, 2011), namun untuk jenis-jenis tanaman hutan, khususnya jenis-jenis tropis masih sangat terbatas (Iglesias-Andreu *et al.*, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penurunan viabilitas dan vigor benih jabon putih dari 4 populasi (Alas Purwo, Kampar, Batu Hijau dan Pomalaa) setelah penyimpanan 4.5 tahun dan menentukan dosis iradiasi sinar gamma yang efektif untuk meningkatkan vigor benih dan bibit jabon putih. Informasi ini diharapkan memberikan gambaran dan panduan untuk memperbaiki viabilitas dan vigor benih jabon putih dengan metode invigorasi fisik menggunakan radiasi sinar gamma.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Benih jabon putih yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 4 populasi, yaitu Alas Purwo-Jawa Timur (08°38' LS, 114°21' BT, 33 m dpl), Kampar-Riau (00°18' LU, 100°57' BT, 50 m dpl), Batu Hijau-Sumbawa (08°58' LS, 116°48' BT, 53 m dpl), dan Pomalaa-Sulawesi Tenggara (04°03' LS, 121°39' BT, 210 m dpl). Bahan lain yang digunakan adalah pasir, tanah, kompos arang sekam, polibag, dan *shading net*. Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik,

box mika ukuran 15 cm x 10 cm, kaliper digital, penggaris, oven, dan alat lainnya.

B. Prosedur Penelitian

1. Penanganan benih

Benih dikumpulkan dari 10 pohon induk untuk setiap provenan. Benih diekstraksi dengan metode ekstraksi basah, kemudian benih tersebut dikeringanginkan selama 3 hari (Sudrajat, 2015). Benih tersebut kemudian kompositkan dengan mencampurkan benih dari setiap pohon induk dengan proporsi yang sama. Setiap kelompok benih yang telah dikompositkan dikemas dalam plastik klip dan diberi identitas sesuai dengan lokasi tempat pengumpulannya.

2. Pengujian perkecambahan dan vigor benih awal

Kadar air benih sebelum dan setelah penyimpanan diukur dengan metode oven pada suhu $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ selama 17 jam. Contoh kerja untuk kadar air dalam penelitian ini adalah 5 g yang diulang sebanyak empat kali. Penghitungan kadar air benih mengacu pada ketentuan ISTA (2010).

Pengujian viabilitas dan vigor benih menggunakan metode uji di atas pasir (UDP) (Sudrajat, Nurhasybi, & Bramasto, 2017). Media tanam terlebih dahulu dijemur sampai kering, kemudian media diayak untuk mendapatkan media yang halus. Media dimasukkan ke dalam bak perkecambahan dan disiram sampai jenuh. Jumlah benih yang ditabur sebanyak 100 butir masing-masing 4 ulangan untuk setiap provenan. Benih jabon

putih berukuran sangat kecil sehingga penaburan dilakukan dengan mencampur benih dengan pasir halus dengan perbandingan 1:10 (v/v). Pencampuran bertujuan agar benih tersebar merata di permukaan media, selanjutnya ditutup dengan plastik untuk mempertahankan kelembaban selama proses perkecambahan. Tutup plastik dibuka setelah kecambah mulai muncul, bertujuan agar cahaya dan udara luar bisa masuk.

Kriteria kecambah normal jabon putih adalah munculnya sepasang daun secara sempurna. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga tidak ada lagi benih yang berkecambah (± 40 hari). Parameter yang diamati meliputi daya berkecambah, keserempakan tumbuh, kecepatan tumbuh, dan nilai perkecambahan dengan rumus sebagai berikut:

a. Daya berkecambah (Gairola, Nautiyal, Sharma, & Dwivedi, 2011):

$$\text{Daya berkecambah (\%)} = \frac{\sum \text{benih berkecambah normal}}{\sum \text{benih yang dkecambahkan}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

b. Kecepatan tumbuh (Sadjad, 1993):

$$\text{Kecepatan tumbuh (\%KN etmal}^{-1}\text{)} = \frac{\sum_{1}^{21} \% \text{kecambah normal ke-} i}{\text{waktu pengamatan ke-} i} \quad \dots\dots\dots(2)$$

c. Nilai perkecambahan (Gairola *et al.*, 2011):

$$\text{NP} = \text{PV} \times \text{MDG} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{PV} = \frac{\% \text{ perkecambahan tertinggi}}{\sum \text{hari untuk mencapainya}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{MDG} = \frac{\% \text{ perkecambahan pada akhir pengamatan}}{\text{Hari perkecambahan terakhir}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

PV = *peak value* (puncak perkecambahan)

MDG = *mean daily germination*

3. Penyimpanan benih

Benih masing-masing provenan disimpan dalam plastik klip berukuran 10 cm x 15 cm

sebanyak 50g. Plastik tersebut diberi identitas asal provenan dan tanggal penyimpanan. Penyimpanan dilakukan di refrigerator pada suhu 0 °C – 4°C dan kelembapan nisbi 40 persen–50 persen. Benih tersebut disimpan selama 4,5 tahun (52 bulan).

4. Perlakuan iradiasi sinar gamma dan pengujian mutu benihnya

Benih yang telah mengalami penyimpanan diberi perlakuan radiasi dengan menggunakan *gammacell 220* dengan sumber radiasi ⁶⁰Co [Cobalt-60] dan laju 6645.7 Gy/jam. Dosis iradiasi 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 Gy (Bodele, 2013). Benih yang diiradiasi sebanyak 100 butir dimasukkan ke dalam plastik klip. Setiap perlakuan terdiri dari 4 ulangan sehingga terdapat 44 satuan percobaan. Pengujian perkecambahan dan vigor benih dilakukan seperti pada pengujian mutu benih awal (sebelum disimpan) dengan parameter perkecambahan yang diamati adalah daya berkecambah (Gairola *et al.*, 2011), kecepatan berkecambah (Sadjad, 1993), dan nilai perkecambahan (Gairola *et al.*, 2011).

5. Persemaian dan pengamatan performa bibit

Selain perkecambahan pengamatan dilanjutkan pada tingkat bibit. Penyapihan dilakukan terhadap semai berumur 2 bulan setelah tabur dengan ukuran tinggi semai 2 cm –3 cm (Sudrajat, 2015). Penyapihan dilakukan pada media campuran tanah, kompos dan sekam (3:2:1 v/v/v) dalam polibag 10 cm x 15 cm. Parameter pertumbuhan tinggi, diameter

dan jumlah daun bibit dilakukan pada akhir pengamatan (bibit umur 5 bulan setelah saphi) sebanyak 3 ulangan, masing-masing ulangan terdiri dari 20 bibit, sedangkan berat kering total, indek kekokohan dan rasio pucuk akar bibit sebanyak 3 ulangan dan masing-masing ulangan menggunakan 3 bibit. Parameter yang diamati adalah (Sudrajat, 2015):

a. Tinggi dan diameter bibit

Tinggi bibit diukur menggunakan penggaris dari batas awal pertumbuhan batang sampai akhir titik tumbuh. Diameter batang diukur dengan menggunakan kaliper digital pada bagian pangkal batang.

b. Berat kering total bibit

Pengukuran berat kering total bibit dilakukan dengan cara mengeringkan semua bagian bibit (akar, batang dan daun) dengan oven suhu 70°C selama 48 jam.

c. Indeks kekokohan bibit

Indeks kekokohan bibit memberi indikasi kemampuan bibit untuk berhasil tumbuh di

lapangan. Indeks kekokohan bibit merupakan rasio tinggi dengan diameter bibit.

C. Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan dosis radiasi sebagai perlakuan. Analisis ragam digunakan untuk menganalisis pengaruh perlakuan terhadap parameter viabilitas dan vigor benih dan bibit. Bila hasil analisis ragam berpengaruh nyata, maka dilanjutkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5 persen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Perkecambahan dan vigor benih sebelum dan setelah penyimpanan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa asal benih (provenan) berpengaruh nyata terhadap semua parameter perkecambahan benih sebelum dan setelah penyimpanan, kecuali untuk parameter kadar air setelah penyimpanan (Tabel 1).

Tabel (Table)1. Rata-rata dan Uji-t kadar air (KA), daya berkecambah (DB), kecepatan tumbuh (K_{CT}), dan nilai perkecambahan (NP) benih jabon putih sebelum dan setelah (4,5 Tahun) penyimpanan (*Moisture content (KA), germination capacity (DB), germination speed (KCT), and germination value (NP) of white jabon seed before and after storage (4.5 years)*).

Asal benih (Seed origin)	KA (Moisture content) (%)			DB (Germination capacity) (%)			K _{ct} Germination speed) (% etmal ⁻¹)			NP (Germination value)		
	DMRT		t-test	DMRT		t-test	DMRT		t-test	DMRT		t-test
	0 tahun (year)	4,5 tahun (years)		0 tahun (year)	4,5 tahun (years)		0 tahun (year)	4,5 tahun (years)		0 tahun (year)	4,5 tahun (years)	
Alas Purwo	7,29 ab	4,49	*	53,25 e	40,75 c	**	4,28 d	2,57 c	*	3,78 c	1,16 c	ns
Kampar	7,52 a	4,87	*	69,00 c	26,50 d	*	5,62 b	1,61 d	ns	6,45 b	0,41 de	ns
Batu Hijau	6,88 b	4,08	*	63,00 b	67,50 b	**	4,20 d	4,48 b	**	3,66 c	1,90 b	*
Pomalaa	5,58 c	4,48	**	82,75 a	79,00 a	**	6,71 a	5,39 a	**	8,72 a	4,52 a	*
F-hitung(F-test)	**	ns		**	**		**	**		**	**	

Keterangan (Remarks): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% (P≤0,05) berdasarkan uji selang berganda Duncan, **=berpengaruh sangat nyata pada 1%, *=berpengaruh nyata pada5% ns = tidak berpengaruh nyata pada 5% (Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at P ≤ 0.05 based on Duncan multiple range test).

Penurunan nyata terhadap parameter perkecambahan benih sebelum dan setelah disimpan semua provenan kecuali parameter kecepatan tumbuh (Kampar) dan nilai perkecambahan (Alas Purwo dan Kampar). Penyimpanan benih selama 4,5 tahun menghasilkan kadar air yang mencapai kesetimbangan dengan kisaran 4,08 persen–4,87 persen atau mengalami penurunan 19,71 persen – 40,70 persen dan menurun secara nyata dari kadar air awal (benih sebelum disimpan) (Tabel 1). Penurunan kadar air diikuti penurunan daya berkecambah benih, kecuali benih asal Batu Hijau yang menunjukkan peningkatan daya berkecambah sekitar 3,50 persen (dari 63,00 persen menjadi 67,50 persen). Penyimpanan benih juga mengakibatkan perubahan vigor benih, yang digambarkan dengan perubahan kecepatan tumbuh dan nilai perkecambahan benih. Benih

asal Pomalaa memiliki vigor tertinggi dengan kecepatan tumbuh 5,39 persen etmal⁻¹ dan nilai perkecambahan 4,52, sedangkan benih asal Kampar memiliki vigor benih terendah setelah penyimpanan dengan nilai kecepatan tumbuh 1,61 persen.etmal⁻¹ dan nilai perkecambahan 0,41.

2. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perkecambahan dan vigor benih

Analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi sinar gamma berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah benih (Tabel 2). Perlakuan iradiasi dengan dosis 10 Gy – 50 Gy memberi kecenderungan peningkatan daya berkecambah, namun responnya berbeda-beda untuk setiap asal benih. Selanjutnya peningkatan dosis iradiasi sampai 100 Gy daya berkecambah benih cenderung mengalami penurunan pada semua asal benih.

Tabel(Table) 2. Daya berkecambah benih jabon putih pada beberapa dosis iradiasi sinar gamma setelah penyimpanan (*Germination capacity of white jabon seeds on the several gamma irradiation dosages after storage*)

Dosis iradiasi (irradiation dosages) (Gy)	Daya berkecambah dari 5 asal benih (Germination capacity of the 5 seed origins) (%)			
	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa
0	40,75 ab	26,50 ab	67,50 bcd	79,00 abc
10	40,75 ab	26,50 ab	64,75 bcd	88,25 a
20	38,75abc	13,00 d	73,25 abc	88,00 a
30	26,75 c	24,25 abc	82,25 a	75,00 abc
40	46,75 a	15,25 cd	76,75 ab	82,00 abc
50	43,00 ab	27,00 a	72,75 abc	84,00 ab
60	39,25 ab	19,75 bcd	75,00 abc	84,50 ab
70	38,50 abc	25,25 abc	71,75 abc	64,00 c
80	43,00 ab	19,00 a-d	64,25 cd	65,75 abc
90	32,50 bc	21,75 a-d	65,00 bcd	86,25 a
100	33,00 bc	16,00 bcd	58,75 d	64,25c
F-hitung (F-test)	*	*	**	*

Keterangan (Remarks): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang samapadacolomyang sama menunjukkan hasil yang tidak berbedanyata pada taraf 5% berdasarkan uji selang berganda Duncan, ns = tidak berpengaruh nyata,*= berpengaruh nyata pada 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada 1% (Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at $P \leq 0.05$ based on Duncan multiple range tes, ns=no significant, *=significant at $P < 0.05$, **=significant at $P > 0.01$)

PERBAIKAN VIGOR BENIH JABON PUTIH SETELAH PENYIMPANAN
4,5 TAHUN MENGGUNAKAN IRADIASI SINAR GAMMA

M. Rahmad Suhartanto, Tatiek K. Suharsi, Evayusvita Rustam dan Dede J. Sudrajat

Kecepatan tumbuh dipengaruhi oleh iradiasi sinar gamma. Setelah iradiasi sinar gamma, benih mempunyai kecepatan tumbuh yang cenderung lebih lambat dibandingkan dengan benih tanpa iradiasi (kontrol), kecuali pada beberapa perlakuan dosis iradiasi, seperti pada dosis 40 Gy pada benih dari Alas Purwo dan Batu Hijau (Tabel 3).

Tabel(Table) 3 Kecepatan tumbuh (K_{CT}) benih jabon putih pada beberapa dosis iradiasi sinar gamma (*Germination speed (K_{CT}) of white jabon seeds on the several gamma rays irradiation dosages*)

Dosis iradiasi (<i>Irradiation dosages</i>) (Gy)	K_{CT} (<i>Germination speed</i>) (%KN etmal ⁻¹)			
	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa
0	2,57 ab	1,61 a	4,48 a	5,39 a
10	1,85 bc	1,26 abc	3,58 ab	5,40 a
20	2,07 abc	0,69 d	4,04 ab	5,40 a
30	1,59 c	1,25 abc	4,38 a	4,18 bc
40	2,65 a	0,74 cd	4,48 a	4,69 ab
50	2,37 ab	1,45 bc	4,32 a	4,76 ab
60	2,18 abc	0,98 bcd	4,36 a	4,68 ab
70	1,97 abc	1,21 a-d	4,33 a	3,34 c
80	2,42 ab	0,90 bcd	3,87 ab	3,57 c
90	1,95 abc	1,11 a-d	3,65 ab	4,80 ab
100	1,84 bc	0,76 cd	3,30 b	3,44 c
Fhitung (<i>F-test</i>)	*	**	*	**

Keterangan (*Remarks*): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang samapadacolomyang sama menunjukkan hasil yang tidak berbedanyata pada taraf 5% berdasarkan uji selang berganda Duncan, ns = tidak berpengaruh nyata,*= berpengaruh nyata pada 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada 1% (*Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at $P \leq 0.05$ based on Duncan multiple range tes, ns=no significant, *=significant at $P < 0.05$, **=significant at $P > 0.01$*)

Nilai perkecambahan hanya berpengaruh pada benih asal Pomala setelah perlakuan iradiasi sinar gamma (Tabel 4) yang menunjukkan kecenderungan nilai perkecambahan meningkat pada dosis iradiasi hingga 60 Gy dan kemudian menurun. Peningkatan tertinggi terjadi setelah diiradiasi dengan dosis 10 Gy dengan nilai perkecambahan 8,22 (Tabel 4).

Tabel(Table) 4. Nilai perkecambahan benih jabon putih pada beberapa dosis iradiasi sinar gamma (*Gemination values of white jabon seeds on the several gamma rays irradiation dosages*)

Dosis iradiasi (<i>Irradiation dosages</i>) (Gy)	Nilai perkecambahan (<i>Germination value</i>)			
	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa
0	1,16	0,41	1,90	4,52 bcd
10	0,76	0,42	3,76	8,22 a
20	0,91	0,16	3,14	6,78 ab
30	0,55	0,36	3,38	5,14 bc
40	1,53	0,23	3,52	4,79 bcd
50	1,31	0,46	4,72	3,64 cde
60	0,95	0,19	4,10	5,48 bc
70	0,94	0,32	4,51	1,58 e
80	1,35	0,16	4,22	2,22 de
90	1,14	0,41	2,92	5,03 bc
100	0,60	0,12	2,99	1,97 e
Fhitung (<i>F-test</i>)	ns	ns	ns	**

Keterangan (*Remarks*): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolomyang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji selang berganda Duncan, ns = tidak berpengaruh nyata,*= berpengaruh nyata pada 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada 1% (*Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at $P \leq 0.05$ based on Duncan multiple range tes, ns=no significant, *=significant at $P < 0.05$, **=significant at $P > 0.01$*)

3. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan bibit

Perlakuan iradiasi sinar gamma terhadap benih hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter bibits semua asal benih (Tabel 5). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa semua asal benih mengalami peningkatan tinggi pada rentang dosis 10 Gy sampai 70 Gy. Dosis iradiasi 40 Gy merupakan dosis yang efektif untuk meningkat tinggi bibit pada semua asal benih. Selanjutnya peningkatan dosis sampai 100 Gy menyebabkan pertumbuhan bibit lebih

pendek. Perlakuan iradiasi hanya meningkatkan ukuran diameter bibit pada asal benih Kampar dengan dosis iradasi 40 Gy (Tabel 5). Sementara untuk asal benih lain perlakuan iradiasi menyebabkan diameter lebih kecil. Berat kering total bibit dan indek kekokohan bibit semua asal benih dipengaruhi oleh iradiasi sinar gamma (Tabel 6). Berat kering total bibit semua asal benih meningkat pada rentang dosis 30 Gy–50 Gy. Dosis iradiasi yang efektif untuk meningkatkan berat kering bibit semua asal benih adalah dosis 40 Gy (3,83 gram sampai 9,85 gram).

Tabel (Table) 5. Tinggi dan diameter bibit jabon putih pada beberapa dosis iradiasi sinar gamma (*Height and diameter of white jabon seedlings on the several gamma rays irradiation dosages*)

Dosis iradiasi (Irradiation dosages) (Gy)	Tinggi (<i>Height</i>) (cm)				Diameter (<i>Diameter</i>) (mm)			
	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa
0	15,37 cd	10,67 bc	17,01 e	13,62 d	2,77 ab	2,79 bcd	2,90 a	2,87 ab
10	9,62 e	6,47 d	23,83 b	25,22 b	1,73 cd	1,78 e	2,56 ab	3,13 a
20	15,00 cd	15,84 a	20,27 cd	19,70 c	1,98 cd	3,17 ab	2,50 ab	2,70 bc
30	25,63 ab	11,47 b	24,86 b	19,47 c	2,87 ab	2,39 d	2,74 ab	2,53 cd
40	27,49 a	17,88 a	28,89 a	28,70 a	3,05 a	3,43 a	2,92 a	2,98 ab
50	13,10 d	16,47 a	23,06 bc	28,64 a	2,13 c	3,00 b	2,71 ab	3,12 a
60	17,87 c	7,79 d	19,84 cd	15,35 d	2,88 ab	2,50 cd	2,47 b	2,29 d
70	22,59 b	11,98 b	23,87 b	18,57 c	2,65 ab	2,86 bc	2,60 ab	2,55 cd
80	9,00 e	8,68 cd	10,58 f	9,87 e	2,56 b	2,77 bcd	2,70 ab	2,55 cd
90	5,17 f	3,11 e	7,74 f	15,34 d	1,62 d	1,39 f	1,52 d	2,29 d
100	7,68 ef	7,17 d	15,10 e	10,42 e	1,79 cd	1,99e	2,09 c	1,85 e
Fhitung (<i>F-test</i>)	**	**	**	**	**	**	**	**

Keterangan (*Remarks*): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji selang berganda Duncan, ns = tidak berpengaruh nyata, * = berpengaruh nyata pada 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada 1% (*Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at $P \leq 0.05$ based on Duncan multiple range tes, ns=no significant, * = significant at $P < 0.05$, ** = significant at $P > 0.01$*)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum perlakuan, indek kekokohan bibit

untuk asal benih Alas Purwo dan Batu Hijau memenuhi standar indek yang ditentukan yaitu

5.1-12 (SNI 01-5006-1-1999), sedangkan asal benih Kampar dan Pomalaa indek kekokohnya masih dibawah standar yaitu 3.86 dan 4.84. Perlakuan iradiasi sinar gamma mampu meningkatkan nilai indek menjadi 5,00 – 5,66 untuk bibit Kampar pada dosis 20-30 Gy dan menjadi 6,60 – 9,64 untuk bibit asal Pomalaa pada dosis 10 – 90 Gy (Tabel 6). Peningkatan nilai indek juga terjadi pada asal

benih yang sudah memenuhi standar dan bahkan pada beberapa asal benih nilai indeknya melebihi standar yang ditentukan. Bibit dengan nilai indek kekokohnya di bawah atau/dan di atas standar mengindikasikan bahwa bibit tersebut tidak mampu tumbuh baik pada saat di lapangan, karena terjadi ketidakseimbangan antara tinggi dengan diameter bibit.

Tabel (Table) 6. Berat kering total dan indek kekokohan bibit jabon putih perlakuan iradiasi sinar gamma (*Biomass and sturdiness quotient of white jabon seedlings on the several gamma rays irradiation dosages*)

Dosis iradiasi (Irradiation dosages) (Gy)	Berat kering total (<i>Total biomass</i>) (g)				Indeks kekokohan (<i>Sturdiness quotient</i>)			
	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa	Alas Purwo	Kampar	Batu Hijau	Pomalaa
0	3,03 b	2,01 bc	5,47 c	3,25 b	5,72 c	3,86 cd	6,06 bc	4,84 e
10	1,15 b	0,62 cd	3,42 c	3,72 bc	5,86 c	3,91cd	13,28 a	8,01 b
20	2,80 b	3,13 ab	1,68 c	3,40 bcd	7,87 b	5,17 a	11,41 ab	7,29 bc
30	3,58 a	1,33 cd	2,62 c	1,12 de	8,84 a	5,00 ab	11,15 ab	7,89 b
40	3,85 a	3,83 a	9,85 b	3,70 bc	8,98 a	5,66 a	11,69 ab	9,64 a
50	3,23 a	1,38 cd	14,11 a	12,00 a	6,84 bc	3,19 cde	12,79 bc	9,45 a
60	1,96 b	0,58 cd	2,51 c	1,96 b-e	6,37 c	3,82 de	11,61 ab	6,60 cd
70	1,23 b	1,31 cd	1,79 c	1,39 cde	8,92 a	3,38 bc	13,25 a	7,39 bc
80	1,00 b	1,22 cd	2,04 c	3,22 bcd	3,74 de	3,24 cde	6,51 bc	3,82 f
90	1,29 b	0,27 d	1,02 c	2,25 b-e	3,35 e	2,38 e	4,37 c	6,83 c
100	0,98 b	0,75 cd	0,77 c	0,52 e	4,51 d	3,63 cd	10,25 abc	5,72 de
F-hitung	*	**	**	**	**	**	*	**

Keterangan (*Remarks*): Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji selang berganda Duncan, ns = tidak berpengaruh nyata, * = berpengaruh nyata pada 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada 1% (*Values followed by different letters in the same column indicate significant differences at $P \leq 0.05$ based on Duncan multiple range tes, ns=no significant, *=significant at $P < 0.05$, **=significant at $P > 0.01$*)

B. Pembahasan

1. Perkecambah dan vigor benih sebelum dan setelah penyimpanan

Penyimpanan benih merupakan salah satu upaya untuk mempertahankan mutu benih agar dapat digunakan pada masa tanam berikutnya. Selama penyimpanan proses metabolisme akan terus berlangsung sehingga mutu fisiologisnya akan terus menurun. Penurunan viabilitas dan vigor benih terjadi hampir pada semua asal

benih dengan kecenderungan berbeda-beda pada setiap asal benih. Kemampuan benih disimpan atau daya simpan benih dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti genetik dan ekologi tempat tumbuh (Yasaka *et al.*, 2008). Sudrajat (2016) menyatakan bahwa jabon putih dari populasi yang berbeda memiliki keragaman genetik yang cukup luas. Pada penelitian ini, asal benih jabon putih berasal dari beberapa populasi berbeda yang

mempunyai keragaman genetik antar populasi yang luas (Sudrajat, Siregar, Khumaida, Siregar, & Mansur, 2014; Sudrajat, 2016) dan diduga berpengaruh terhadap daya simpan benihnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih yang berasal dari kondisi tempat tumbuh lebih basah (Kampar curah hujan 3000 mm/tahun) memiliki daya simpan lebih singkat dibandingkan dengan benih berasal dari kondisi tumbuh yang kering (Batu Hijau curah hujan 2290 mm/tahun dan Pomalaa 1780 mm/tahun). Hal ini terlihat dari daya berkecambah benih setelah penyimpanan asal benih Kampar hanya mampu mempertahankan viabilitas sebesar 26,50 persen, sedangkan asal benih Batu Hijau dan Pomalaa daya berkecambahnya benih masih tinggi, yaitu di atas 60 persen. Hal ini sejalan dengan Joker (2002) menyatakan bahwa periode penyimpanan benih akan lebih singkat pada daerah yang lebih basah.

Vigor benih merupakan sejumlah sifat yang menggambarkan beberapa karakteristik yang berhubungan dengan penampilan suatu lot benih, diantaranya kecepatan tumbuh dan kemampuan benih untuk berkecambah setelah mengalami penyimpanan (Marcos Filho, 2015). Benih yang berasal dari Batu Hijau dan Pomalaa merupakan asal benih yang memiliki vigor tinggi setelah penyimpanan yang ditandai dengan kecepatan berkecambah dan

nilai perkecambahan yang cukup tinggi serta rata-rata waktu berkecambah yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan asal benih lain.

2. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perkecambahan dan vigor benih

Benih yang telah mengalami kemunduran secara biokimia diindikasikan dengan terjadi perubahan aktivitas enzim, perubahan laju respirasi, perubahan cadangan makanan, perubahan membran sel, dan kerusakan kromosom (Shaban, 2013). Kondisi tersebut berdampak pada menurunnya viabilitas dan vigor benih. Pemaparan benih terhadap iradiasi sinar gamma dengan dosis rendah dapat merangsang proses biokimia dan fisiologis dalam benih sehingga berpotensi untuk memperbaiki proses perkecambahan (Sudrajat & Zanzibar, 2009). Pada penelitian ini, beberapa dosis iradiasi sinar gamma (< 50 Gy) mampu meningkatkan perkecambahan benih jabon putih.

Kepekaan benih terhadap dosis iradiasi sinar gamma berbeda-beda yang diduga disebabkan viabilitas awal benih dan karakter genetik setiap asal benih yang berbeda. Perlakuan iradiasi terhadap benih jabon putih dalam hubungannya dengan tujuan peningkatan viabilitas benih potensial dapat diterapkan pada benih yang memiliki rentang daya berkecambah awal (sebelum perlakuan) 60 persen sampai 70 persen, sedangkan untuk viabilitas di bawahnya menghasilkan

perbedaan daya berkecambah yang tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Vigor benih merupakan sifat-sifat untuk menentukan tingkat potensi aktivitas dan kinerja benih atau lot benih selama perkecambahan atau pemunculan kecambah (Marcos Filho, 2015). Ciri-ciri benih vigor salah satunya dapat ditandai dengan kecepatan tumbuh benih. Iradiasi sinar gamma sampai dosis 100 Gy menyebabkan kecepatan tumbuh benih lebih lama dibanding dengan benih tanpa perlakuan. Kecepatan tumbuh benih berkaitan dengan kemampuan benih untuk mengimbibisi air ke dalam benih. Air yang masuk ke benih membantu dalam proses aktivitas enzim yang sebelumnya telah terstimulasi dari iradiasi sinar gamma. Namun pada penelitian ini setelah iradisi dan imbibisi tidak mampu mempercepat kecepatan tumbuh benih. Sementara, nilai perkecambahan untuk asal benih Pomalaa meningkat sampai 81,86 persen pada dosis iradiasi 10 Gy. Ranal dan Santana (2006) menyatakan nilai perkecambahan merupakan indeks untuk menyatakan kecepatan dan kesempurnaan benih untuk berkecambah.

3. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan bibit

Tinggi tanaman merupakan karakter penting sebagai indikator pertumbuhan tanaman dan merupakan indikator bibit siap tanam (Sudrajat, 2010). Rentang dosis 10 Gy –70 Gy meningkatkan pertumbuhan tinggi dan

diameter bibit. Pada dosis ini diduga dapat memberi pengaruh hormosis yang mampu merangsang pertumbuhan tinggi dan diameter bibit dibandingkan dengan kontrol. Pengaruh stimulasi sinar gamma terhadap pertumbuhan bibit diduga disebabkan adanya percepatan pembelahan sel atau stimulasi langsung/tidak langsung gen-gen yang responsif terhadap auksin. Perubahan biokimia akibat radiasi sinar gamma mempengaruhi proses metabolisme sel yang pada tingkat tertentu dapat menguraikan bahan kimia penghambat perkecambahan dan juga meningkatkan pembelahan sel sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit (Piri *et al.*, 2011).

Parameter pertumbuhan bibit yang juga mempengaruhi persen hidup dan pertumbuhan bibit di lapangan adalah berat kering total bibit dan indek kekokohan bibit (Budiman, Sudrajat, Lee, & Kim, 2015). Dosis iradiasi yang efektif untuk meningkatkan berat kering total bibit semua asal benih adalah dosis 40 Gy. Berat kering total mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik seperti unsur hara, air dan karbondioksida (Sudrajat, 2015). Berat kering total berhubungan erat dengan pertumbuhan tinggi dan diameter. Apabila pertumbuhan tanaman berlangsung cepat, maka berat kering totalnya akan semakin tinggi. Penelitian yang sama pada bibit *Terminalia arjuna* (Akshantha, Chandrashekar, Somashekarappa, &

Souframanien, 2013) iradiasi sinar gamma juga mampu meningkatkan berat kering total benih pada dosis 25 Gy sampai 50 Gy.

Indek kekokohan bibit merupakan perbandingan antara tigggi dengan diameter bibit yang dilakukan pada akhir pengamatan. Standar untuk indek kekokohan bibit adalah 5.1-12 (SNI 01-5006-1-1999).Bibit dengan indek kekokohan di atas 12 menunjukkan bibit yang memiliki ukuran yang tinggi dengan diameter yang kecil sedangkan bibit dengan indek kekokohan di bawah 5.1 berarti ukuran bibit rendah dengan diameter yang besar.Iradiasi sinar gamma meningkatkan indek kekokohan bibit pada asal benih Kampar dan Pomalaa. Menurut Budiman *et al.* (2015), indeks kekokohan yang tinggi untuk jabon putih menghasilkan kinerja bibit yang kurang baik setelah penanaman. Indek kekokohan hingga dosis iradiasi 40 Gy masih berada di bawah standar (rata-rata < 12), namun pada dosis >50 Gy khususnya untuk benih asal Batu Hijau memiliki indek kekokohan di atas 12 yang menunjukkan bibit tersebut tidak mampu untuk tumbuh baik pada saat penanaman di lapangan, karena antara tinggi dengan diameter bibit terjadi ketidakseimbang. Secara umum pertumbuhan dan vigor bibit terbaik dihasilkan dari perlakuan iradiasi sinar gamma pada dosis 40 Gy.

IV. KESIMPULAN

Penyimpanan benih jabon putih selama 4.5 tahun secara umum mengakibatkan penurunan

viabilitas dan vigor benih dari beberapa asal benih(provenan), kecuali asal benih Batu Hijau (63,00 persen–67,50 persen). Penyimpanan juga mengakibatkan kadar air benih menurun hingga 4,08 persen–4,87 persen atau dapat dinyatakan sebagai kadar air kesetimbangan. Iradiasi sinar gamma memberikan respon yang berbeda-beda pada setiap asal benih. Iradiasi hanya mampu meningkatkan perkecambahan benih dengan daya berkecambah awal lebih dari 40. Secara keseluruhan dosis iradiasi 40 Gy mampu memperbaiki perkecambahan benih dan meningkatkan pertumbuhan bibit sehingga bisa diaplikasikan untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih jabon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) Batan, Jakarta yang telah membantu dalam perlakuan iradiasi benih jabon putih. Terima kasih juga diucapkan kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan Bogor atas bantuan fasilitas laboratorium pengujian benih dan bibit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akshantha, Chandrashekar, K. R., Somashekarappa, H. M., & Souframanien, J. (2013). Effect of gamma irradiation on germination, growth, and biochemical parameters of Terminalia arjuna Roxb. *Radiation Protection and Environment*, 36(1), 38–44. <https://doi.org/10.4103/0972-0464.121826>

- Araújo, S. de S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7(May), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00646>
- Bodele, S. K. (2013). Effect of gamma radiation on morphological and growth parameters of *Andrographis paniculata*. *Indian Journal of Applied Research*, 3(6), 55–57.
- Budiman, B., Sudrajat, D. J., Lee, D. K., & Kim, Y. S. (2015). Effect of initial morphology on field performance in white jabon seedlings at Bogor, Indonesia. *Forest Science and Technology*, 11(4). <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1007897>
- 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.
- Iglesias-Andreu, L., Octavio-Aguilar, P., & Bello-Bello, J. (2012). Current importance and potential use of low doses of gamma radiation in forest species. In F. Adrovic (Ed.), *Gamma Radiation* (pp. 265–280). Rijeka, Croatia: In Technology Europe. <https://doi.org/10.5772/36950>
- Ikram, N., Dawar, S., Abbas, Z., & Javed, Z. (2010). Effect of (60 cobalt) gamma rays on growth and root rot diseases in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42(3), 2165–2170.
- Ilyas, S. (2012). *Ilmu dan Teknologi Benih Teori dan Hasil-Hasil Penelitian*. Bogor: IPB Press.
- Irawan, U. S., & Purwanto, E. (2014). White jabon (*Anthocephalus cadamba*) and red jabon (*Anthocephalus macrophyllus*) for community land rehabilitation: Improving local propagation efforts. *Agricultural Science*, 2(3), 36–45. <https://doi.org/10.12735/as.v2i3p36>
- ISTA. (2010). *International rules for seed testing Edition 2010*. Bassersdorf (CH): The International Seed Testing Association.
- Joker, D. (2002). *Shorea leprosula* Miq. In *Informasi Singkat Benih* (p. 2). Bandung.
- Kallio, M. H., Krisnawati, H., Rohadi, D., & Kanninen, M. (2011). Mahogany and kadam planting farmers in South Kalimantan: The link between silvicultural activity and stand quality. *Small-Scale Forestry*, 10(1), 115–132. <https://doi.org/10.1007/s11842-010-9137-8>
- Khatun, A., Kabir, G., & Bhuiyan, M. A. H. (2009). Effect of harvesting stages on the seed quality of lentil (*Lens culinaris* L.) during storage. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34(4), 565–576.
- Krisnawati, H., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Anthocephalus cadamba* Miq.: ekologi, silvikultur dan produktivitas. Bogor: Center for International Forestry Research.
- Mansur, I. (2012). Prospek pengembangan jabon untuk mendukung pengembangan hutan tanaman. In M. Langi, J. S. Tasirin, H. Walangitan, & L. Asir (Eds.), *Prospek Pengembangan Hutan Tanaman (Rakyat), Konservasi dan Rehabilitasi Hutan* (pp. 1–14). Manado: IPB Press.
- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363–374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Mustika, S., Suhartanto, M. R., & Qodir, A. (2014). Kemunduran benih kedelai akibat pengusangan cepat menggunakan alat IPB 77-1 MM dan penyimpanan alami. *Buletin Agrohortikultur*, 2(1), 1–10.
- Piri, I., Babayan, M., Tavassoli, A., & Javaheri, M. (2011). The use of gamma irradiation in agriculture. *African Journal of Microbiology Research*, 5(32), 5806–5811. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.949>
- Ranal, M. A., & Santana, D. G. de. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1–11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Sadjad, S. (1993). *Dari Benih Kepada Benih*. Jakarta: Grasindo.
- Shaban, M. (2013). Review on physiological aspects of seed deterioration. *International*

- Journal of Agriculture and Crop Sciences IJACS*, 11(6), 627–631. Retrieved from www.ijagcs.com
- Shelar, V. R., Shaikh, R. S., & Nikam, A. S. (2008). Soybean seed quality during storage: a review. *Agricultural Reviews*, 29(2), 125–131. Retrieved from <http://www.arccjournals.com/uploads/articles/ar292006.pdf>
- Sudrajat, D. J. (2010). Tinjauan standar mutu bibit tanaman hutan dan penerapannya di Indonesia. *Tekno Hutan Tanaman*, 3(3), 85–97.
- Sudrajat, D. J. (2015). *Keragaman populasi, uji provenansi dan adaptasi jabon (Neolamarckia cadamba (Roxb.) Bosser)S*. Institut Pertanian Bogor.
- Sudrajat, D. J. (2016). Genetic variation of fruit, seed, and seedling characteristics among 11 populations of white jabon in Indonesia. *Forest Science and Technology*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1007896>
- Sudrajat, D. J. (2016). Genetic variation of fruit, seed, and seedling characteristics among 11 populations of white jabon in Indonesia. *Forest Science and Technology*, 12(1), 9–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1007896>
- Sudrajat, D. J., & Nurhasybi. (2017). Daya simpan benih suren (*Toona sinensis*) dalam hubungannya dengan karakteristik tempat tumbuh dan morfo-biokimia benih. In R. Diana, Y. B. Sulistioadi, Karyati, S. Sarminah, K. Y. Widiati, H. Kuspradini, ... Tata (Eds.), *Seminar Nasional Silvikultur IV Mengatasi Perubahan Iklim Terhadap Kelestarian Sumberdaya Hutan dan Ekonomi Sumberdaya Hayati* (pp. 379–389). Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Sudrajat, D. J., Nurhasybi, & Bramasto, Y. (2017). *Standar Pengujian dan Mutu Benih Tanaman Hutan*. (D. Iriantono & M. Zanzibar, Eds.). Bogor: IPB Press.
- Sudrajat, D. J., Siregar, I. Z., Khumaida, N., Siregar, U. J., & Mansur, I. (2014). Genetic diversity in white jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq.) based on AFLP markers. *Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 22(3).
- Sudrajat, D. J., & Zanzibar, M. (2009). Prospek teknologi radiasi sinar gamma dalam peningkatan mutu benih tanaman hutan. *Info Benih*, 13(1), 158–163.
- Suszka, J., Plitta, B. P., Michalak, M., Bujarska-Borkowska, B., Tytkowski, T., & Chmielarz, P. (2014). Optimal seed water content and storage temperature for preservation of *Populus nigra* L. germplasm. *Annals of Forest Science*, 71(5), 543–549. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0368-2>
- Yasaka, M., Takiya, A. M., Watanabe, A. I., Oono, Y., & Mizui, N. (2008). Variation in seed production among years and among individuals in 11 broadleaf tree species in northern Japan. *Journal of Forest Research*, 13, 83–88. <https://doi.org/10.1007/s10310-007-0052-6>
- Yuniarti, N., & Nurhasybi. (2015). Viability and biochemical content changes in seed storage of jabon putih (*Anthocephalus Cadamba* (Roxb.) Miq.). *Jurnal Manajemen Hutan Tropis*, 21(August), 92–98. <https://doi.org/10.7226/jtfm.21.2.92>
- Zanzibar, M., Megawati, Pujiastuti, E., & Sudrajat, D. . (2015). Iradiasi sinar gamma (6xb.)0Co) untuk meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan bibit tembesu (*Fagrae fragrans*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 165–174.
- Zanzibar, M., & Sudrajat, D. J. (2016). Effect of gamma irradiation on seed germination, storage, and seedling growth of *Magnolia champaca* L. . *Indonesian Forestry Research Journal*, 3(2), 95–106.