

**PROPOSAL**  
**PENELITIAN EKSTERNAL**



**FREKUENSI MUTASI UNTUK PEMULIAAN BENIH UNGGUL**  
**TEKNIK SILVIKULTUR INTENSIF (SILIN)**

**Oleh:**

**Ahmad Parlaongan, S.P, M.Si./1007088704**  
**Hendra Kurniawan, S.Si., M.Si./ 1016057602**  
**Musdi, S.Hut, M.Si/1024098905**

**Dibiayai oleh:**

**Dipa Universitas Muhammadiyah Jambi Tahun Anggaran 2020/2021**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAMBI**  
**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : Frekuensi Mutasi untuk Pemuliaan Benih Unggul Teknik Silvikultur Intensif (Silin)
2. Peserta Program : Penelitian kelompok
3. Tim Peneliti
  - a. Ketua Peneliti
    - a. Nama Lengkap : Ahmad Parlaongan, S.P, M.Si
    - b. NIDN : 1007088704
    - c. Jabatan Fungsional : Dosen Tetap
    - d. Prodi Studi : Sains dan Teknologi/Kkehutanan
    - e. No. HP : 0852-6693-9539
    - f. Alamat email : a.parlaongan@gmail.com
    - g. Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Jambi
  - b. Anggota Peneliti
    - a. Nama Lengkap : Hendra Kurniawan, S.Si, M.Si
    - b. NIDN : 1016057602
    - c. Jabatan Fungsional : Dosen Tetap
    - d. Prodi Studi : Sains dan Teknologi/Kkehutanan
    - e. No. HP : 0812-9884-1770
    - f. Alamat email : awang160576@gmail.com
    - g. Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Jambi
  - c. Anggota Peneliti
    - h. Nama Lengkap : Musdi, S.Hut, M.Si
    - i. NIDN : 1024098905
    - j. Jabatan Fungsional : Dosen Tetap
    - k. Prodi Studi : Sains dan Teknologi/Kkehutanan
    - l. No. HP : 0822-1985-2404
    - m. Alamat email : musdi945@gmail.com
    - n. Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Jambi
  - d. Sumber dana
    - a. Dana dari LPPM : Rp. 1700.000,00
    - b. Sumber dana Lain :-

Mengetahui,  
Ka. Prodi Kehutanan

Hendra Kurniawan, S.Si, M.Si  
NIDN. 1016057602

Kota Jambi, 24 Desember 2021

Ketua Peneliti,

Ahmad Parlaongan, S.P., M.Si  
NIDN. 1007088704

Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Muhammadiyah Jambi



Prima Andriani, S.P., M.Si  
NIDN. 8852530017

## RINGKASAN

Sistem Silvikultur Intensif (SILIN) merupakan sistem hasil pengembangan silvikultur dari hutan karakteristik berbeda dengan pengelolaan hutan agar tetap lestari. Penelitian ini bertujuan untuk Penelitian memiliki tujuan sebagai penghimpun hasil-hasil penelitian frekuensi mutasi yang selama ini telah dilakukan dan pencatat ringkasan hasil penelitian frekuensi mutasi yang telah dikumpulkan.

Penelitian ini dilakukan dengan studi literature dari buku ilmiah baik skripsi, tesis, jurnal dan disertasi. Analisis data penelitian ini dilakukan secara kualitatif berdasarkan kategori frekuensi mutasi. Data-data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian Frekuensi Mutasi Tanaman Hutan akan dibuatkan tabel

Hasil dari penelitian ini bahwa hasil penghimpunan penelitian mengenai SILIN dan frekuensi mutasi yang telah dilakukan, SILIN dan benih unggul mutan hasil mutasigenesis dapat diterapkan dalam pengelolaan hutan lestari baik ditinjau dari aspek ekologis dan silvikultur berdasarkan studi literature. Pengembangan benih unggul mutan tanaman dipengaruhi oleh dosis, fase tanaman, dan jumlah dan ukuran genom tanaman. Hasil penghimpunan penelitian tentang hubungan dosis, fase tanaman, serta ukuran dan jumlah genom telah dikumpulkan dan hasil tersebut masih dapat terus bertambah, sebab tidak menutup kemungkinan bahwa hasil tersebut dapat menghasilkan formula statistic sehingga dapat menduga dosis yang tepat dalam frekuensi mutasi optimal untuk menghasilkan benih unggul mutan tanaman hutan.

*Kata Kunci: Perkecambahan, daya kecambah, benih jelutung, Dyera polyphylla, kecepatan berkecambah*

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya jualah sehingga penelitian yang berjudul **frekuensi mutasi untuk pemuliaan benih unggul teknik silvikultur intensif (silin)** dapat diselesaikan tepat pada waktu yang ditentukan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi Kehutanan Universitas Muhammadiyah Jambi, Teman-teman sejawat yang membantu pekerjaan penelitian, Penyandang dana sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan serta rekan-rekan yang mendorong dan memotivasi penelitian ini, semoga segala bantuan mendapat balasanNYA.

Segala bentuk kritik dan saran yang dapat menyempurnakan hasil penelitian ini sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat berguna bagi kita semua. Aamiin.

Kota Jambi, 24 Agustus 2021

Ahmad Parlaongan, S.P., M.Si

## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                           | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                       | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                               | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                             | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                            | <b>v</b>   |
| <b>RINGKASAN .....</b>                               | <b>vi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                        | <b>1</b>   |
| 1.1. Latar Belakang Penelitian.....                  | 1          |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                           | 7          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                  | <b>8</b>   |
| 2.1. Sistem Silvikultur .....                        | 8          |
| 2.2. Teknik Sistem Silvikultur Intensif (SILIN)..... | 8          |
| 2.3. Kelebihan SILIN.....                            | 8          |
| 2.4. Pemuliaan Mutasi .....                          | 9          |
| 2.5. Nilai LD50 ( <i>Lethal Dose 50</i> ).....       | 10         |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>               | <b>11</b>  |
| 3.1. Waktu dan Tempat.....                           | 11         |
| 3.2. Alat dan Bahan .....                            | 11         |
| 3.3. Metode Pengumpulan Data .....                   | 11         |
| 3.4. Analisis Data.....                              | 11         |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>              | <b>11</b>  |
| <b>BAB V KESIMPULAN.....</b>                         | <b>19</b>  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                          | <b>20</b>  |

**DAFTAR TABEL**

|  |          |
|--|----------|
| <b>Tabel 1 Frekuensi mutasi yang dipengaruhi oleh ukuran genom, fase tanam, dan dosis sinar gamma untuk menghasilkan tanaman mutan unggul SILIN.....</b> | <b>9</b> |
|--|----------|

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Penelitian

Sistem Silvikultur Intensif (SILIN) merupakan sistem hasil pengembangan silvikultur dari hutan karakteristik berbeda dengan pengelolaan hutan agar tetap lestari. (Indriyanto 2008). Sistem silvikultur dikembangkan berdasarkan karakteristik hutan di Indonesia yang berbeda-beda. Sistem ini diterbitkan oleh Direktur Jenderal Bina Produksi Kehutanan dengan surat keputusan Nomor 77/VI-BPHA/2005 dan Nomor 226/VI-BPHA/2005 sebagai pengembangan pengelolaan hutan dahulu (Wahyudi 2013). Sistem silvikultur ini diperoleh dari pengabungan teknik Sistem Silvikultur Intensif (SILIN) dengan tiga elemen terdiri spesies target yang dimuliakan, manipulasilingkungan dan pengendalian hama terpadu (Soekotjo 2009). Selain itu, perlakuan TPTII/silin mempunyai nilai penting tertinggi pada burung *Arachnotera longirostra* (Susilo dan Putri 2016). Hal ini menunjukan TPTI/Silin masih cukup layak untuk lingkungan.

Spesies target yang dimuliakan merupakan elemen yang cukup penting kerana dibutuhkan dalam jumlah banyak. Spesies target tersebut perlu dimuliakan lewat uji progeni dan provenansi melalui tahap pemuliaan. Pemuliaan hutan terdiri dari genetic hutan (*Forest Genetic*), pemuliaan pohon (*Tree Improvement*), dan pengembangan genetic (*genetic Improvement*). Pemuliaan hutan dapat dilakukan dengan menggunakan mutagen fisis dengan sinar gamma.

Metode pemuliaan mutasi telah banyak digunakan dalam merekayasa keragaman genetic tanaman. Metode pemuliaan ini diharapkan dapat meningkatkan hasil kayu hutan secara berkelanjutan dengan sistem ekosistem yang kontinum spatial. Pengelolahan ini juga hanya pada produktivitas kayu saja namun seluruh elemen ekosistem yang berdampak baik dan dapat meningkatkan keragaman genetic yang ada. Keragaman genetic digunakan memperbesar peluang karakteristik tanaman hutan untuk seleksi tanaman hutan. Peningkatan peluang sifat-sifat tanaman dan memperbesar keragaman hutan dapat di peroleh dari radiasi sinar gamma.

Radiasi sinar gamma adalah sinar yang dipancarkan dari isotop radioaktif yang memiliki daya tembus lebih kuat dibandingkan sinar X. Sinar gamma dapat menyebabkan perubahan genetik di dalam sel somatik dan menyebabkan terjadinya perubahan fenotip. Perubahan fenotip berasal dari keragaman somaklonal akibat dari adanya sel-sel yang

bermutasi (Hutami et al. 2006). Mutasi dapat terjadi pada setiap tahap perkembangan organisme yang dapat dipengaruhi oleh dosis iradiasi sinar gamma. Dosis radiasi yang rendah mampu meningkatkan mutu bibit dan benih serta memperbaiki pertumbuhan tanaman (Crowder 2006). Sebaliknya, dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian (*lethal*) pada tanaman. Penentuan dosis sinar gamma ditentukan jumlah dan ukuran genom dari tanaman hutan itu sendiri. Selain itu, ukuran tanaman, kondisi (*in vitro* dan *ex vivo*) dan fase-fase tanaman sebagai bahan untuk induksi keragaman genetik.

Dosis radiasi sinar gamma sebesar 5 Gy yang diberikan pada benih suren (*Toona sureni*) mampu meningkatkan volume batang bibit suren (600%) umur 6 dibandingkan dengan kontrol, peningkatan tinggi dan diameter sebesar (3:2 %) (Zanzibar. 2008). Pemuliaan mutasi sangat potensial dilakukan pada jenis-jenis tanaman kehutanan untuk meningkatkan keragaman pada jenis-jenis yang memiliki keragaman sempit atau untuk mendapatkan tanaman yang memiliki adaptasi terhadap kondisi lingkungan dan meningkatkan produktivitas.

Keragaman genetik tanaman hutan hasil induksi mutasi fisika sangat penting diketahui sebagai seleksi karakter individu yang diinginkan. Pembentukan karakter tanaman hutan yang diperoleh dari iradiasi sinar gamma tergantung pada frekuensi mutasi tanaman. Stabilitas generasi mutan akan mengalami perubahan morfologi, fisiologi, dan genetik. Pengamatan perubahan itu dilakukan sebagai langkah awal untuk menghasilkan tanaman mutan unggul dalam cakupan yang besar penelitian.

Penelitian ini digunakan untuk mendapatkan, menduga, menentukan pola dan formula dosis sinar gamma terhadap masing-masing individu tanaman yang akan diiradiasi. Pendugaan dosis ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan kegiatan pemuliaan mutasi tanaman kehutanan selanjutnya.

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menghimpun hasil-hasil penelitian Frekuensi mutasi yang selama ini telah dilakukan
2. Mencatat ringkasan hasil penelitian Frekuensi mutasi yang telah dikumpulkan
3. Membuat basis data berisi ringkasan hasil-hasil penelitian Frekuensi mutasi yang dimuat dalam suatu *website*



## **Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran perkembangan hasil-hasil penelitian Frekuensi mutasi yang selama ini telah dilakukan. Selain itu, penelitian ini diharapkan menjadi rujukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya serta menjadi salah satu sumber informasi dalam pemuliaan tanaman untuk menghasilkan benih unggul

### **1.2. Rumusan Masalah**

Perumusan Masalah pengelolaan silin untuk pemuliaan mutasi dalam menghasilkan keragaman genetik dan menghasilkan benih unggul. Informasi awal dosis yang efisien dan efektif terhadap tanaman kehutanan. Respon dosis iradiasi ini juga akan perubahan keragaman yang tinggi yang dapat dilihat secara morfologi atau dengan bantuan penanda molekuler. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana informasi data perubahan bentuk morfologi sengon hasil mutasi radiasi sinar gamma?
2. Bagaimana perubahan kerapatan kayu sengon hasil mutasi radiasi sinar gamma?
3. Bagaimana keragaman genetik jenis-jenis tanam hasil mutasi radiasi sinar gamma?

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Silvikultur**

Sistem silvikultur adalah suatu proses penebangan dan pergantian pohon-pohon di dalam hutan dengan pohon baru yang akan menghasilkan bentuk tegakan baru yang berbeda dari tegakan sebelumnya (Wilarso 2008). Rangkaian kegiatan mengenai pengelolaan hutan meliputi; penebangan, peremajaan, dan pemeliharaan tegakan hutan. Tujuan dari pengelolaan hutan adalah menjamin kelestarian produksi kayu atau hasil hutan lainnya (Departemen Kehutanan 1990).

Sistem Silvikultur yang ada di Indonesia meliputi: (1) TPTI (Tebang Pilih Tanam Indonesia); (2) TJTI (Tebang Jalur Tanam Indonesia) yang dibagi menjadi dua yaitu dengan permudaan buatan dan permudaan alam; (3) TPTJ (Tebang Pilih Tanam Jalur); (4) Tebang Pilih Tanam Indonesia Intensif (TPTII) atau yang dikenal sebagai Teknik SILIN (Silvikultur Intensif) (Indrawan 2010). Sistem yang terakhir merupakan sistem yang sekarang sedang dikembangkan

#### **2.2 Teknik Silvikultur Intensif (SILIN)**

SILIN merupakan sebuah teknik silvikultur yang bertujuan meningkatkan produktivitas yang tercermin dari peningkatan riap dan potensi tegakan, menjaga keseimbangan ekologi dengan mempertahankan keanekaragaman hayati, serta memberikan jaminan kepastian hukum dan keamanan berusaha melalui pengakuan tenurial dari berbagai pihak. Secara teknis, SILIN adalah teknik silvikultur yang berusaha memadukan tiga elemen utama silvikultur yaitu pembangunan hutan tanaman dengan jenis terpilih, melakukan pemuliaan jenis, manipulasi lingkungan untuk mengoptimalkan pertumbuhan, dan pengendalian hama terpadu.

#### **2.3 Kelebihan SILIN**

SILIN memiliki kelebihan dan keunggulan dibandingkan dengan sistem silvikultur terdahulu. SILIN memiliki tingkat produktivitas hutan lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas TPTI. Hasil penelitian Persaki (2009) menunjukkan bahwa produksi pada akhir daur SILIN diprediksi mampu mencapai 225 m<sup>3</sup> dengan potensi tegakan 320 m<sup>3</sup>, sehingga untuk memproduksi sejumlah

volume tertentu diperlukan luasan hutan yang lebih kecil dan sisanya dapat difungsikan menjadi hutan konservasi.

Teknik SILIN mewajibkan melakukan *enrichment planting* jenis-jenis unggulan. Oleh karena itu, dengan diwajibkannya hal tersebut maka penanaman dilaksanakan segera setelah penebangan yaitu pada LOA yang berumur nol tahun (ET+0), sehingga dapat memudahkan pengawasan pengelolaan (Indrawan 2010). SILIN juga memberikan perbedaan yang nyata tentang kondisi fisik antara tegakan alam dengan tegakan yang ditanam, hal ini berbeda dengan sistem TPTI yang bersifat *spot* dan tersebar sehingga sulit membedakannya dengan tegakan alam.

Kelebihan lainnya adalah kemampuannya untuk memperkokoh pengakuan hak kawasan atau *tenurial rights* (hak pemilikan) perusahaan, terutama dari praktek perambahan masyarakat lokal melalui aktivitas pertanian atau perladangan berpindah dan mampu menyerap tenaga kerja yang lebih banyak.

## 2.4 Pemuliaan Mutasi

Mutasi Fisik Melalui Sinar Gamma Pemuliaan mutasi merupakan salah satu metode pemuliaan tanaman yang memanfaatkan mutagen seperti sinar gamma sebagai sumbernya, sehingga apabila sinar tersebut mengenai materi reproduksi tanaman dapat menimbulkan perubahan pada struktur dan komposisi materi genetik (genom, kromosom, gen, DNA). Handayati (2013) menerangkan bahwa masing-masing jenis tanaman, varietas, bagian tanaman, dan hasil perbanyakan baik in vitro maupun in vivo memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap jenis dan dosis mutagen yang diberikan. Penggunaan mutagen sinar gamma untuk tanaman memiliki efek yang berbeda pada kandungan biokimia dan perubahan fisiologi tanaman, pertumbuhan, dan perkecambahan (Piri et al., 2011). Iradiasi dapat menciptakan keragaman baru yang dapat menjadi tahap awal untuk proses seleksi (pemuliaan mutasi) terhadap individu-individu tanaman dengan karakter-karakter yang diinginkan sehingga mampu meningkatkan produktivitas. Penelitian mengenai mutasi padi dengan iradiasi sinar gamma oleh Sobrizal (2016) membuktikan bahwa mutagen sinar gamma sangat efektif memperbaiki karakter varietas lokal karena hanya mengubah sedikit sifat sehingga tidak mengubah sifat daya adaptasi di daerah tertentu. Selain itu, Warman et al. (2015) menyebutkan iradiasi sinar gamma menyebabkan kekosongan biji pada malai padi. Keragaman bunga matahari dapat ditingkatkan dengan cara induksi mutasi. Induksi mutasi dilakukan dalam program

pemuliaan tanaman menunjukkan keragaman pewarisan sifat bunga matahari (Cvejic et al., 2011). Mutasi dengan sinar gamma telah memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan tanaman di dunia. Iradiasi sinar gamma dengan dosis 20-60 Gy pada biji bunga matahari memberikan pengaruh nyata terhadap karakter tinggi tanaman, jumlah daun, lebar tajuk dan diameter batang (Saputra, 2012). Faktor yang mempengaruhi terbentuknya mutan antara lain dosis iradiasi. Dosis iradiasi dibagi menjadi tiga, yaitu tinggi ( $>10,000$  Gy), sedang ( $1,000 - 10,000$  Gy), dan rendah ( $<1,000$  Gy). Mutasi pada bunga matahari dilakukan dengan dosis iradiasi rendah. ( $<1,000$  Gy). Bunga matahari yang diiradiasi neutron cepat dengan dosis 50 – 150 Gy dapat meningkatkan kadar minyak dan produksi biji (Elangovan, 2001) dan meningkatkan keragaman tinggi tanaman, ukuran bunga, mahkota bunga (Saputra, 2012; Monikasari, 2017), dan warna bunga (Monikasari, 2017). Efek pemberian iradiasi sinar gamma adalah adanya pembelahan sel dan pertumbuhan pertanaman yang terhambat (Maharani dan Khumaida, 2013).

## **2.5 Nilai LD50 (*Lethal Dose 50*)**

Nilai LD50 (*Lethal Dose 50*) adalah nilai dosis yang mengakibatkan kematian sebanyak 50% dari suatu populasi akibat suatu perlakuan. Dosis optimum diperoleh dengan cara memberi perlakuan iradiasi dengan taraf dosis di sekitar LD50 dan melihat respon tanaman (Marthin, 2014). Mutasi dengan iradiasi pada umumnya akan menghasilkan keragaman terbanyak di sekitar nilai LD50. Abdullah et al. (2009) menyatakan bahwa kisaran dosis LD50 berguna sebagai 5 acuan untuk memprediksi konsentrasi atau dosis yang sesuai untuk menginduksi mutasi.

Respon kematian akibat iradiasi sinar gamma dipengaruhi oleh jenis tanaman, ukuran dan jumlah genom, serta bagian tanaman yang digunakan. Dua faktor yang mempengaruhi radiosensitivitas pada benih adalah oksigen dan kadar air, sedangkan untuk jaringan aktif, faktor-faktor didominasi pada tahap perkembangan seperti sintesis DNA dan laju dosis (IAEA, 2018). Iradiasi sinar gamma pada benih akan mengakibatkan gangguan dan disorganisasi tunika, lapisan biji, operculum (perkecambahan pori), gangguan mitosis atau bahkan eliminasi pembelahan sel lengkap menyebabkan benih tidak berkecambah (Lokesha et al., 1992). Disarankan menggunakan nilai *Lethal dose* pada 50 persen (LD50) dan di bawahnya agar kerusakan kromosom dan efek negatif yang dihasilkan lebih sedikit (Roux, 2004).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan akan bulan Januari sampai April 2021 di Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Jambi, Perpustakaan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan serta Konservasi Alam Gunung Batu Bogor.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat tulis, telepon genggam dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil-hasil penelitian Frekuensi Mutasi Tanaman Hutan secara *offline* dan *online* di Google dan Repository IPB

#### **3.3 Metode Pengumpulan Data**

Data tersebut diperoleh dari hasil pencarian baik secara *online* maupun *offline*. Kegiatan inventarisasi dilakukan dengan mencatat judul penelitian, penulis, tahun penelitian, lokasi penelitian serta ringkasan penelitian. Jumlah data yang dikumpulkan sesuai dengan kemampuan menemukan data tersebut.

Hasil-hasil penelitian Frekuensi Mutasi Tanaman Hutan selanjutnya akan disusun secara sistematis serta diklasifikasikan ke dalam lima kategori yaitu: DNA content, ukuran dan jumlah genom, Radiosensitivitas tanaman (LD 50 dan RD50), perubahan Fisiologi, perubahan morfologi, perubahan genetic (struktur dan keragaman DNA), dan karakteristik klon (galur).

#### **3.4 Analisis Data**

Analisis data akan dilakukan secara kualitatif berdasarkan kategori frekuensi mutasi. Data-data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian Frekuensi Mutasi Tanaman Hutan akan dibuatkan tabel.

- Abdullah, T. L., J. Endan, M. Nazir. 2009. Changes in flower development chlorophyll mutation and alteration in plant morphology of *Curcuma alismatifolia* by gamma irradiation. *American Journal of Applied Sciences* 6 (7):1436–1439.
- Crowder LV. 2006. *Genetika Tumbuhan*. Kusdiarti L, penerjemah; Soetarso, editor. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Plant Genetik*.
- Cvejic, S., S. Jovic, S. Prodanovic, S. Terzic, D.I. Miladinovic, I. Balalic. 2011. Creating new genetic variability in sunflower using induced mutations. *Helia* 34 (55):47-54.
- Dephut] Departemen Kehutanan. 1990. *Pedoman dan petunjuk teknis pemeliharaan*. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Pengusahaan Hutan.
- Elangovan, M. 2001. Gamma radiation induced mutant for improved yield components in sunflower. *Mutat. Breed. Newslett.* 45:28-29.
- Handayati, W. 2013. Perkembangan pemuliaan mutasi tanaman hias di Indonesia. *J. Ilmiah AI & R* 9(1):67-80.
- Hutami S, I Mariska, Y Supriati. 2005. Peningkatan keragaman genetik tanaman melalui keragaman somaklonal. *Jurnal Agro Biogen*. 2(2):81– 88.
- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 2018. *Manual on Mutation Breeding 3 rd Edition*. Spencer-Lopes, M.M., B.P. Forster, L. Jankuloski. (eds.), Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Indriyanto. 2008. *Ekologi Hutan*. Jakarta (ID): Bumi Aksara
- Lokesha, R., S.G. Hegde, R.U. Shaanker, K.N. Ganeshaiah. 1992. Dispersal mode as a selective force in shaping the chemical composition of seeds. *The American Naturalist* 140(3):520–525.
- Maharani, S., N. Khumaida, M. Syukur, dan S. W. Ardie. 2015. Radiosensitivitas dan keragaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil iradiasi sinar gamma. *J.Agron. Indonesia* 43(2):111-117.
- Monikasari, I.N.S. 2017. Keragaman M1 tanaman hias bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) akibat penyinaran iradiasi sinar gamma. Skripsi. Fakultas peternakandan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Piri, I., M. Babayan., A. Tavassoli., and M. Javaheri. 2011. The use of gamma irradiation in agriculture, a review. *Afr. J. Microbiol* 5(32):5806-5811.

- Roux, N. 2004. Mutation induction in Musa—review. Banana Improvement: Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations. Enfield: Sci Pub, Inc. hal.21–29.
- Saputra, M.H.C. 2012. Pengaruh mutasi fisik melalui iradiasi sinar gamma terhadap keragaan bunga matahari (*Helianthus annuus* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sobrizal. 2016. Potensi Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan Varietas Padi Lokal Indonesia. J. Ilmiah AI & R. 12(1):23-36.
- Soekotjo. 2009. *Teknik Silvikultur Intensif (SILIN)*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Susilo A dan Putri P I S A. 2016. Dampak Sistem Silvikultur Intensif (Silin) terhadap komunitas burung bawah tajuk di PT. Triwira Asta Bharata, Kaltim. Jurnal penelitian kehutanan Wallace. 5(2):135-147.
- Wahyudi. 2013. *Sistem Silvikultur di Indonesia*. Palangka Raya (ID): Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya
- Warman, B., Sobrizal, I. Suliansyah, E. Swasti, dan A. Syarif. 2015. Perbaikan genetik kultivar padi beras hitam lokal sumatera barat melalui mutasi induksi. J. Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi 11(2):125-135.
- Weising K, Nybom H, Wolff K, Kahl G. 2005. DNA Fingerprinting in Plants Principles, Methods and Applications. Boca Raton: CRC Press.
- Wilarso S. 2008. Penetapan multisistem silvikultur pada areal hutan produksi di Indonesia: tinjauan aspek teknik silvikultur. Di dalam: *Penerapan Multisistem Silvikultur pada Pengusahaan Hutan Produksi dalam Rangka Peningkatan Produktifitas dan Pemantapan Kawasan Hutan. Prosiding Lokakarya Nasional*; Bogor, 23 Agu 2008. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan IPB. hlm 127-151
- Zanzibar M, Pujiastuti E, Megawati, Sudrajat D. 2015. Iradiasi sinar gamma (  $^{60}\text{Co}$ ) untuk meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan bibit 35 tembesu (*Fagraea fragrans* Roxb.). Jurnal Penenlitian Hutan Tanaman 12(3): 165–174.









