

**PENGARUH KOMBINASI DAN KONSENTRASI ZAT PENGATUR  
TUMBUH TERHADAP EMBRIOGENESIS SOMATIK KULTUR  
MEGAGAMETOFIT *Pinus merkusii* Jung. & Devr.**

**SKRIPSI**

*disusun untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi*



oleh :

Putri Muna Kanasari

NIM 1500649

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2019**

**PENGARUH KOMBINASI DAN KONSENTRASI ZAT PENGATUR  
TUMBUH TERHADAP EMBRIOGENESIS SOMATIK KULTUR  
MEGAGAMETOFIT *Pinus merkusii* Jung. & Devr.**

Oleh  
Putri Muna Kanasari  
1500649

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains pada Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi  
Fakultas Pendidikan Matematika Ilmu Pengetahuan Alam

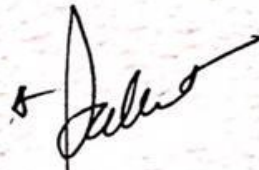
© Putri Muna Kanasari 2019  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

PUTRI MUNA KANIASARI  
**PENGARUH KOMBINASI DAN KONSENTRASI ZAT PENGATUR  
TUMBUH TERHADAP EMBRIOGENESIS SOMATIK KULTUR  
MEGAGAMETOFIT *Pinus merkusii* Jung. & Devr.**

Disetujui dan disahkan oleh :

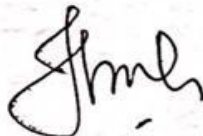
Pembimbing I,



Dr. rer. nat. Adi Rahmat, M. Si.

NIP. 196512301992021001

Pembimbing II,

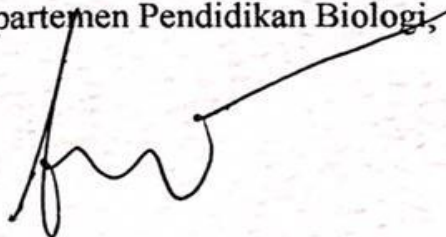


Dr. Hj. Widi Purwianingsih, M. Si.

NIP. 196209211991012001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Biologi,



Dr. Bambang Supriatno, M. Si.

NIP. 19630521198831002

**PENGARUH KOMBINASI DAN KONSENTRASI ZAT PENGATUR TUMBUH  
TERHADAP EMBRIOGENESIS SOMATIK KULTUR MEGAGAMETOFIT  
*Pinus merkusii* Jung. & Devr.**

**Abstrak**

Pinus merupakan pohon penghasil kayu terbesar di pulau Jawa. Pinus juga merupakan penghasil utama bahan baku industri kertas, pulp, gondorukem, dan terpentin. Produk yang dihasilkan pinus masih belum mencukupi kebutuhan dunia. Teknik perbanyakan tanaman secara *in vitro* melalui embriogenesis somatik merupakan salah satu cara memperbanyak tanaman agar tumbuh dan berkembang dengan cepat. Selain itu, tanaman yang dihasilkan pun akan memiliki sifat yang sama dengan induknya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kombinasi dan konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) terhadap embriogenesis somatik pada kultur megagametofit *Pinus merkusii* Jung. & Devr. pada medium DCR. Kombinasi dan konsentrasi ZPT yang digunakan yaitu 2,4-D 9  $\mu$ M, BAP 3  $\mu$ M, 2,4-D 9  $\mu$ M dan BAP 3  $\mu$ M, serta 2,4-D 9  $\mu$ M dan kinetin 2  $\mu$ M. Eksplan yang digunakan adalah megagametofit *Pinus merkusii* yang tidak terlalu bening dan tidak terlalu putih yang diperoleh dari strobilus betina muda yang berukuran 5 – 7 cm. Setelah dikultivasi selama tiga bulan, eksplan yang terdapat pada masing-masing botol kultur ada yang berhasil terinduksi dan ada pula yang tidak terinduksi. Dari keempat kombinasi ZPT tersebut terdapat perbedaan persentase induksi embrio somatik. Eksplan yang paling tinggi terinduksi yaitu eksplan yang terdapat pada kombinasi 2,4-D 9  $\mu$ M dan kinetin 2  $\mu$ M dengan jumlah persentase 5,83%. Pada penelitian ini ditemukan eksplan yang berproliferasi pada kombinasi 2,4-D 9  $\mu$ M dan BAP 3  $\mu$ M, sedangkan pada kombinasi yang lainnya tidak ditemukan eksplan yang berproliferasi.

**Kata Kunci :** *Pinus merkusii*, 2,4-D, BAP, Kinetin, Embrio Somatik

**THE EFFECT OF COMBINATIONS AND CONCENTRATIONS OF PLANT GROWTH REGULATOR ON SOMATIC EMBRYOGENESIS IN THE MEGAGAMETOPHYTE CULTURE OF *Pinus merkusii* Jung. & Devr.**

**Abstract**

Pine is the biggest wood producing tree on Java Island. Pine is also a major producer of raw materials for the paper, pulp, gondorukem, and terpentine industries. Pine-produced products are still not sufficient for the world's needs. Plant propagation technique in vitro through somatic embryogenesis is one of the ways to multiply plants to grow and develop quickly. In addition, the plants produced will also have the same nature as the parent. The present study was aimed at analyzing the effect of combinations and concentrations of Plant Growth Regulator (PGR) on somatic embryogenesis in the megagametophyte culture of *Pinus merkusii* Jung. & Devr. on DCR medium. The combination and concentration of PGR used were 2,4-D 9  $\mu$ M, BAP 3  $\mu$ M, 2,4-D 9  $\mu$ M and BAP 3  $\mu$ M, and 2,4-D 9  $\mu$ M and kinetin 2  $\mu$ M. Explants used were megagametophyte of *Pinus merkusii* which was not too clear and not too white obtained from young female strobilus sized 5-7 cm. After being cultivated for three months, there were several explants that were successfully induced and those that were not induced in each culture bottle. From the four PGR combinations there was a difference in the percentage of somatic embryo induction. The highest explants induced were explants in a combination of 2,4-D 9  $\mu$ M and kinetin 2  $\mu$ M with the percentage of 5,83%. In this study found proliferating explants on combinations of 2,4-D 9  $\mu$ M and BAP 3  $\mu$ M, while the other combinations is not found it.

**Keyword :** *Pinus merkusii*, 2,4-D, BAP, Kinetin, Somatic Embryo

## DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Struktur Organisasi Skripsi.....	6
BAB II <i>Pinus merkusii</i> Jung. & Devr., KEGUNAAN PINUS, BIJI PINUS, SIKLUS HIDUP PINUS, KULTUR JARINGAN, EMBRIOGENESIS SOMATIK, MEDIA KULTUR JARINGAN, DAN ZAT PENGATUR TUMBUH (ZPT)	
2.1 <i>Pinus merkusii</i> Jung. & Devr.....	8
2.2 Kegunaan Pinus.....	12
2.3 Biji Pinus.....	13
2.4 Siklus Hidup Pinus.....	14
2.5 Kultur Jaringan.....	17
2.6 Embriogenesis Somatik.....	19
2.7 Media Kultur Jaringan.....	23
2.8 Zat Pengatur Tumbuh (ZPT).....	24
2.8.1 Auksin.....	25
2.8.1.1 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid).....	25
2.8.2 Sitokinin.....	27

2.8.2.1 BAP (6-Benzylaminopurin).....	27
2.8.2.2 Kinetin (6-Furfurylaminopurin) .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Jenis Penelitian.....	29
3.2 Populasi dan Sampel .....	31
3.3 Lokasi Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	31
3.4.1 Persiapan Pelaksanaan .....	31
3.4.1.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	31
3.4.1.2 Persiapan Eksplan.....	32
3.4.1.3 Pembuatan Medium Induksi .....	32
3.4.2 Pelaksanaan Eksperimen.....	40
3.4.2.1 Pengambilan dan Pendinginan Eksplan.....	40
3.4.2.2 Sterilisasi dan Penanaman Eksplan .....	41
3.4.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data .....	42
3.5 Alur Penelitian .....	43
<b>BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Induksi Embrio Somatik.....	44
4.2 Proliferasi Pada Eksplan yang Terinduksi .....	53
<b>BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI</b>	
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Implikasi .....	57
5.3 Rekomendasi.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, R. H. (2013). Pemanfaatan Embriogenesis Somatik dalam Usaha Penyediaan Bibit Tanaman Obat. *Makalah Seminar*. Yogyakarta: Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UGM.
- Abidin, Z. (1985). Dasar-Dasar Pengetahuan Tentang Zat Pengatur Tumbuh dalam Ginting, B. A. A. (2018). *Pengaruh Penambahan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Terhadap Perkecambahan dan Induksi Kalus Embrionik Tanaman Cendana (Santalum album L.) Secara In Vitro*. (Skripsi). Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Aitken dan Guy. (2004). *Seed Structure, Dispersal, Dormancy and Germination*. [Online]. Diakses dari <http://courses.forestry.ubc.ca/KRLecture6.htm> (Oktober 2018).
- Alvarez, J. M., Bueno N., Cortizo, M., dan Ordas, R. J. (2013). Improving Plantlet Yield in *Pinus pinaster* Somatic Embryogenesis. dalam Fikri, R. I. (2018). *Respons Eksplan Megagametofit Pinus Merkusii Jung. & Devr. Pada Media DCR dengan Kombinasi ZPT BA, 2,4-D, dan NAA yang Berbeda*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Ariana, E. (2005). *Pengaruh Konsentrasi BAP (Benzylaminopurin) Terhadap Pertumbuhan Mimba (Azadirachta indica A. Juss) Secara Kultur In Vitro*. (Skripsi). Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Arya, S., Kalia, R. K., dan Arya, L. D. (2000). Induction of Somatic Embryogenesis in *Pinus roxburghii* Sarg. *Plant Cell Report*, 19, 775-780.
- Attree, S. M., Budimir, S., dan Fowke, L. C. (1990). Somatic Embryogenesis and Plantlet Regeneration from Cultured Shoots and Cotyledons of Seedlings from Stored Seeds of Black and White Spruces (*Picea mariana* and *Picea glauca*). *Canadian Journal of Botany*, 68 (1), 30-34.
- Attree, S. M., dan Fowke, L. C. (1993). Embryogeny of Gymnosperms: Advances in Synthetic Seed Technology of Conifers. dalam Zoglauer K., Behrendt U.,



- Rahmat A., Ross H., dan Taryono. (2003). Somatic Embryogenesis - The Gate to Biotechnology in Conifers. Laimer & Rucker (eds). *Plant Tissue Culture 100 Years since Gottlieb Haberlandt*. Austria: Springer Verlag.
- Basri, Z. dan Muslimin. (2001). Pengaruh Sitokinin Terhadap Organogenesis Krisan Secara In Vitro. dalam Lubis, Y. M. (2016). *Regenerasi In Vitro Tanaman Krisan Melalui Tunas Aksilar Sebagai Respon Terhadap Media Dasar dan Benziladenin serta Aklimatisasi Planlet*. (Skripsi). Fakultas Pertanian, UNILA, Lampung.
- Becwar, M. R. dan Pullman E .S. (1995). Somatic Embryogenesis in Loblolly Pine (*Pinus taeda* L). dalam S. Jain, P.K. Gupta & R. Newton (eds). Somatic Embryogenesis in Woody Plant Vol.3. Dordrecht Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Beekman. (1996). Pembudidayaan Tusam Uyam (*Pinus merkusii* Jungh et. De Vriese, Coniferae). dalam Rianto, A. (2012). *Karakteristik Biometrik Pohon Pinus merkusii Jungh. et De Vriese di Hutan Pedidikan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat*. (Skripsi). Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor.
- Bold dan Claire. (1987). *The Plant Kingdom. Fifth Edition*. New Jersey : Prenticehall, Inc. Englewood.
- Bomfim, G., Dibax, R., Augusto, R., Filho, J. C. B., dan Daros, E. (2014). Plant Regeneration and Histological Study of The Somatic Embryogenesis of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) cultivars RB855156 and RB72454. *Acta Scientiarium Agronomy*, 36, 63-72.
- Bronstein, A. C. (2004). *Herbicides. In: Dart RC, editor. Medical Toxicology. 3rd Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams dan Wilkins.
- Butarbutar, T. R. M. S., Harahap, P., dan Murdiana. (1998). Evaluasi Pertumbuhan Tanaman Pinus merkusii di Aceh Tengah. *Buletin Penelitian Kehutanan Pematang Siantar*. 13 (4), 330.
- Carneros, E., Celestino, C., Klimaszewska, K., Park, Y. S., Toribio, M., dan Bonga, J. M. (2009). Plant Regeneration in Stone Pine (*Pinus pinea* L.) by Somatic Embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 98 (2) 165-178.

- Chantrapadist, C. dan Khanchanapoom, K. (1995). *Somatik Embryo Formation from Cotyledonary Culture of Theobroma cacao L.* Thailand : Departement of Biology, Faculty of Science, Prince of Songkla University.
- Chavez, A. M. L. (2010). *Somatic Embryogenesis in Southern and Tropical Pine Species: Loblolly Pine (Pinus taeda), Longleaf Pine (P. palustris), and Oocarpa Pine (P. oocarpa).* (Disertasi). Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Choudhury, H., Kumaria, S., Tandon, P. (2008). Induction and Maturation of Somatic Embryos from Intact Megagametophyte Explants in Khasi Pine (*Pinus Kesiya* Royle Ex. Gord.). *Current Science*, 95 (10), 1433-1438.
- Dahlian dan Hartoyo. (1997). *Komponen Kimia Terpentin dari Getah Tusam (Pinus merkusii) Asal Kalimantan Barat.* Bogor : BPPK.
- Davies, P. J. (1995). The Plant Hormone Their Nature, Occurrence, and Function. Dalam Lestari, E. G. (2011). Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyak Tanaman Melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7 (1), 63-68.
- Debergh, P. C. dan Maene, L. J. (1981). A Scheme for Commercial Propagation of Ornamental Plants by Tissue Culture. dalam Wattimena, G.A., Gunawan, L.W., Mattjik, N. A., Syamsudin, E., Wiendi, N. M. A., dan Ernawati, A. (1992). *Bioteknologi Tanaman.* Bogor: Laboratorium Kultur Jaringan, Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Dinar. L. (2007). *Optimasi Induksi Embriogenesis Somatik Pinus merkusii Jungh. et de Vriese. Melalui Teknik Pemotongan Ujung Kalaza Eksplan.* (Skripsi) Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Dixon, R. A. (1985). *Plant Cell Culture a Practical Approach.* Washington DC : Departement of Biochemistry, Royal Holloway College. IRL Press Oxford.
- Dunstan, D. I., Tautorius, T. E., dan Thorpe, T. A. (1995). Somatic Embryogenesis in Woody Plants. *In Vitro Embryogenesis in Plants*, 471-538.
- Dunstan, D. I., Tautorius, T. E., dan Thorpe, T. A. (1995). Somatic Embryogenesis in Woody Plants. dalam Zoglauer, K., Behrendt, U., Rahmat, A., Ross, H.,

- dan Taryono. (2003). Somatic Embryogenesis - The Gate to Biotechnology in Conifers. Laimer & Rucker (eds). *Plant Tissue Culture 100 Years since Gottlieb Haberlandt*. Austria: Springer Verlag.
- Dwiyani, R. (2015). *Kultur Jaringan Tanaman*. Bali: Pelawa Sari.
- Erindyah, R. W. (2003). Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Pinus Terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*, 3, 130-139.
- Fehér, A., Pasternak, T. P., dan Dudits, D. (2003). Transition of Somatic Plant Cells to an Embryogenic State. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*, 74, 201–228.
- Fischerová, L., Fischer, L., Vondráková, Z., dan Vagner, M. (2008). Expression of The Gene Encoding Transcription Factor PaVP1 Differs in *Picea abies* Embryogenic Lines Depending on Their Ability to Develop Somatic Embryos. dalam Fikri, R. I. (2018). *Respons Eksplan Megagametofit Pinus Merkusii Jung. & Devr. Pada Media DCR dengan Kombinasi ZPT BA, 2,4-D, dan NAA yang Berbeda*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Grossmann, K. (2000). Mode of Action of Auxin Herbicides: A New Ending to A long, Drown Out Story. *Trends Plant Sci*, 5, 506-508.
- Gunawan, L.W. (1987). *Pengenalan Teknik In vitro*. Bogor: Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Gunawan, L. W. (1988). *Teknik Kultur Jaringan*. Bogor : IPB.
- Gunawan, L. W. (1995). *Teknik Kultur In Vitro dalam Holtikultura*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Gupta, P. K. (1988). Advances in Biotechnology of Conifers. *Current Science*, 57 (12), 629-637.
- Gupta, P. K. dan Durzan, D. J. (1986). Somatic Polyembryogenesis from Callus of Mature Sugar Pine Embryos. *Nature Biotechnology*, 4 (7), 643-645.
- Haggman, H., Jokela, A., Krajnakova, J., Kauppi, A., Niemi, K., dan Aronen, T. (1999). Somatic Embryogenesis of Scots Pine: Cold Treatment and Characteristics of Explants Affecting Induction. *Journal of Experimental Botany*, 50 (341), 1769–1778.

- Hakman, I. dan Arnold, S. V. (1985). Plantlet Regeneration Through Somatic Embryogenesis in *Picea abies* (Norway Spruce). *J plant physiol*, 121, 149–158.
- Harahap, R. M. S., dan Izudin. (2002). *Konifer di Sumatra Bagian Utara. Konifera: Pematang Siantar*. [Online]. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/1042>.
- Hendaryono, D. P. S. dan Wijayani. (1994). *Teknik Kultur Jaringan, Pengenalan dan Petunjuk Perbanyakkan Secara Vegetatif*. Yogyakarta : Kanisius.
- Hidayat, J. dan Hansen, C. P. (2001). *Informasi Singkat Benih Pinus merkusii Jungh.et de Vriese*. Bandung : IFSP.
- Hutami, S. (2008). Ulasan Masalah Pencoklatan Pada Kultur Jaringan. *Jurnal Agrobiogen*, 4 (2), 83-88.
- Irvine, J. E., Fitch, M., dan Moore, P. H. (1983). The Induction of Callus in Sugarcane Tissue Cultures by Selected Chemicals. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 2, 141-149.
- Jimenez, V. M., Guevara, E., Herrera, J., dan Bangerth, F. (2005). Evolution of Endogenous Hormone Concentration in Embryogenic Cultures of Carrot During Early Expression of Somatic Embryogenesis. *Plant Cell Reports*, 23, (8), 567-572.
- Jones, N. dan van Staden, J. (2001). Improved Somatic Embryo Production from Embryogenic Tissue of *Pinus patula*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*, 37 (5), 543-549.
- Kasli. (2009). Upaya Perbanyakkan Tanaman Krisan (*Crysanthemum sp.*) Secara In Vitro. *Jurnal Jerami*, 2 (3), 121-125.
- Krajňáková, J., Häggman, H., dan Gömöry, D. (2009). Effect of Sucrose Concentration, Polyethylene Glycol and Activated Charcoal on Maturation and Regeneration of *Abies cephalonica* Somatic Embryos. dalam Fikri, R. I. (2018). *Respons Eksplan Megagametofit Pinus Merkusii Jung. & Devr. Pada Media DCR dengan Kombinasi ZPT BA, 2,4-D, dan NAA yang Berbeda*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.

- Kvaalen, H., Daehlen, O. G., Rognstad, A. T., dan Gronstad, B. (2005). Somatic Embryogenesis for Plant Production of *Abies lasiocarpa*. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (5), 1053-1060.
- Lelu, M. A., Bartien, C., Drugeault, A., Laure, G. M., Marie, & Klimaszewska, K. (1999). Somatic Embryogenesis and Plantlet Development in *Pinus sylverstris* and *Pinus pinaster* with and without Growth Regulators. *Physiologia Plantarum*.
- Lestari, E. G. (2011). Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakan Tanaman Melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7 (1), 63-68.
- Malabadi, R. B., Silva, J. A. T. D., dan Mulgund, G. S. (2011). Induction of Somatic Embryogenesis in *Pinus caribaea*. *Tree and Forest Science and Biotechnology* 5 (1), 27-32.
- Maruyama, E., Hosoi, Y., dan Ishii, K. (2005). Propagation of Japanese Red Pine (*Pinus densiflora* Zieb. et Zucc.) via Somatic Embryogenesis. *Propagation of Ornamental Plants*, 5 (4), 199-204.
- Maruyama, E., Hosoi, Y., dan Ishii, K. (2007). Somatic Embryogenesis and Plant Regeneration in Yakutanegoyou, *Pinus armandii* Franch. var. Amamiana (Koidz.) Hatusima, an Endemic and Endangered Species in Japan. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*, 43 (1), 28-34.
- Mathur, G., Arnold, S., dan Nadganda, R. (2000). Studies on Somatic Embryogenesis from Immature Zygotic Embryos of Chir Pine (*Pinus roxburghii* Sarg). Dalam Dinar, L. (2007). Optimasi Induksi Embriogenesis Somatik *Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese. Melalui Teknik Pemotongan Ujung Kalaza Eksplan. *Skripsi Sarjana Biologi UPI*. Tidak diterbitkan.
- Newton, R. J., Marek-Swize, K. A., Magallanes-Cedeno, M. E., Dong, N., Sen, S., dan Jain, S. M. (1995). Somatic Embryogenesis in Slash pine (*Pinus elliottii*). Dalam Jain S., Gupta P. K., dan Newton, R. J. (eds) *Somatic Embryogenesis in Woody Plants*. 4. Dordrecht Netherlands : Kluwer Academic Publisher.
- Norgaard, J. V. dan Krogstrup, P. (1991). Cytokinin Induced Somatic Embryogenesis from Immature Embryos of *Abies Nordmanniana* Lk. *Plant Cell Reports*, 9 (9), 509-513.

- Nurani, R. (2004). *Struktur dan Perkembangan Embrio Pinus merkusii Jungh & Devr.* (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Nurdini, T. L. (2005). *Induksi Embrio Somatik Pinus merkusii Jung & Devr. pada Medium DCR dengan Kombinasi ZPT 2,4-D dan BAP.* (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- O'hara, S. (1997). *Buku Saku Fakta Alam.* Jakarta : Erlangga.
- Owens, J. N., Morris, S. J., dan Misra, S. (1993). The Ultrastructural, Histochemical, and Biochemical Dvelopment of The Post-Fertilization Megagametophyte and The Zygotic Embryo of *Pseudotsugamenziesii*. *Canadian Journal of Forest Research*, 23 (5), 816-827.
- Perum Perhutani. (2015). *Menata Proses Bisnis dan Meningkatkan Akuntabilitas.* Annual Report Perhutani.
- Pullman, G. S., Johnson, S., Peter, G., Cairney, J., dan Xu, N. (2003). Improving Loblolly Pine Somatic Embryo Maturation: Comparison of Somatic and Zygotic Embryo Morphology, Germination, and Gene Expression. *Plant Cell Reports*, 21 (8), 747-758.
- Quiroz-Figueroa, F. R., Rafael, R. H., Rosa, M. G. A., dan Víctor, M. L. V. (2006). Embryo Production Through Somatic Embryogenesis Can be Used to Study Cell Differentiation in Plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 86 (3), 285-301.
- Rahardja, P. C. dan Wahyu. (2003). *Aneka Cara Perbanyak Tanaman.* Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Rahmadani, E. (2007). *Optimasi Induksi Embriogenesis Somatik Pinus merkusii Jung. & Devr. Melalui Teknik Pendinginan Eksplan.* (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Rani, V. dan Raina, S. N. (2000). Genetic Fidelity of Organized Meristem-Derived Micropropagated Plants : A Critical Reappraisal. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, 36, 319-390.
- Riyadi, I. dan Tirtoboma. (2004). Pengaruh 2,4-D Terhadap Induksi Embrio Somatik Kopi Arabika. *Buletin Plasma Nutfah*, 10 (2).

- Roy, M., Hossain, M., Biswas, A., Biswas, M. K., dan Islam, R. (2011). Plant Regeneration Through Somatic Embryogenesis from Leaf Sheath Derived Callus of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Var. Isd-16. *Plant Tissue Culture & Biotech*, 21 (2), 143-149.
- Rusfiandi, H. (2007). *Optimasi Induksi Embriogenesis Somatik Pinus merkusii Jung. & Devr. Melalui Kombinasi Teknik Pendinginan dan Pemotongan Ujung Kalaza Eksplan*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Salaj, T., Matúšová, R. dan Salaj, J. (2004). The Effect of Carbohydrates and Polyethylene Glycol on Somatic Embryo Maturation in Hybrid fir *Abies alba* x *A. numidica*. dalam Fikri, R. I. (2018). *Respons Eksplan Megagametofit Pinus Merkusii Jung. & Devr. Pada Media DCR dengan Kombinasi ZPT BA, 2,4-D, dan NAA yang Berbeda*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Salajova, T., Jasik, J., Kormutak, A., Salaj, J., dan Hakman, I. (1996). Embryogenic Culture Initiation and Somatic Embryo Development in Hybrid Firs (*Abies alba* x *Abies cephalonica*, and *Abies alba* x *Abies numidica*). *Plant Cell Reports*, 15, 527-530.
- Salajova, T. dan Salaj, J. (2005) Somatic Embryogenesis in *Pinus nigra*: Embryogenic Tissue Initiation, Maturation, and Regeneration Ability of Established Cell Lines. *Biologia Plantarum*, 49 (3), 333-339.
- Santos, K. G. B., Mariath, J. E. A., Moco, M. C. C., dan Zanettini, M. H. B. (2006). Somatic Embryogenesis from Immature Cotyledons of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.): Ontogeny of Somatic Embryos. *Braz.Arch.Biol.Technol.*, 4, 49-55.
- Santos, A. L. W., Silveira, V., Steiner, N., Vidor, M., dan Guerra, M. P. (2002). Somatic Embryogenesis in Parana Pine (*Araucaria angustifolia* (Bert) O. Kuntze). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 45 (1).
- Sastrohamidjojo, H. (2004). *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta : UGM Press.
- Schuller, A., Reuther, G., dan Geier, T. (1989). Somatic Embryogenesis from Seed Explants of *Abies alba*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 17, 53-58.

- Stasolla, C. dan Yeung, E. C. (2003). Recent Advances in Conifer Somatic Embryogenesis: Improving Somatic Embryo Quality. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 74 (1), 15-35.
- Suberti, A. (2017). *Pohon Pinus*. [Online]. Diakses dari <https://biodiversitywarriors.org/m/isi-katalog.php?idk=7786> (Agustus 2019)
- Sutiya, B. (2006). Rendemen Minyak Atsiri Daun Pinus (*Pinus merkusii* Jung & Devr) dari Banjarbaru. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 7.
- Taiz, L. dan Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. USA: Sinauer Associates, inc.
- Taji, A., Kumar, P. P., dan Lakshmanan, P. (2005). In Vitro Plant Breeding diterjemahkan oleh Zulkarnain. (2005). Pemuliaan Tanaman Secara In vitro Terbitan Pertama. Jambi : Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
- Taji, A. M., Dodd, W. A., dan Williams, R. R. (2006). diterjemahkan oleh Zulkarnain. (2006). Teknik Kultur Jaringan Tanaman Edisi Ketiga. Jambi : Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
- Tang, W., Guo, Z., dan Ouyang, F. (2001). Plant Regeneration from Embryogenic Cultures Initiated from Mature Loblolly Pine Zygotic Embryos. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant*, 37, 558-563
- Thorpe, T. A. (1982). In Vitro Embryogenesis in Plants. *Kluwer Academic Publishers*, 471-540.
- Utami, E. S. W., Sumardi, I., Taryono, dan Semiarti, E. (2007). Pengaruh a-Naphtaleneacetic acid (NAA) Terhadap Embriogenesis Somatik Anggrek Bulan *Phalaenopsis amilis* (L.) BI. *Biodiversitas*, 8 (4), 295-299.
- Vasishta, P. C. (1983). *Gymnosperm*. dalam Rahmadani, E. (2007). *Optimasi Induksi Embriogenesis Somatik Pinus merkusii Jung. & Devr. Melalui Teknik Pendinginan Eksplan*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- Vasishta, P. C. (1983). *Gymnosperm*. dalam Fikri, R. I. (2018). *Respons Eksplan Megagametofit Pinus Merkusii Jung. & Devr. Pada Media DCR dengan Kombinasi ZPT BA, 2,4-D, dan NAA yang Berbeda*. (Skripsi). Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, FPMIPA, UPI. Bandung.
- von Arnold, S., Egertsdotter, U., Eberg I., Gupta, P., Mo, H., dan Nörsgaard, J. (1995). Somatic Embryogenesis in Norway Spruce (*Picea abies*). dalam



- Jain, S., Gupta, P. K., dan Newton, R (eds). Somatic Embryogenesis in Woody Plant. *Kluwer Academic Publisher*, 3.
- Wattimena, G. A. (1988). *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB.
- Wattimena, G.A., Gunawan, L.W., Mattjik, N. A., Syamsudin, E., Wiendi, N. M. A., dan Ernawati, A. (1992). *Bioteknologi Tanaman*. Bogor: Laboratorium Kultur Jaringan, Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB.
- Wetherell, D. F. (1982). *Pengantar Propagasi Tanaman Secara In Vitro*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Wijayani, Y. (2007). Pertumbuhan Tunas dan Struktur Anatomi PLB Anggrek *Grammatophyllum scriptum* dengan Pemberian Kinetin dan NAA. *Bioteknologi*, 4 (2), 33-40.
- Yildirim, E. (2000). A New Record Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) Pest for Turkey from Erzurum. *Turkish Journal*, 26 (1).
- Yildirim, T. (2005). *Induction of Embryogenic Tissue and Development of Somatic Embryos in Pinus brutia Ten.* (Thesis). The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Yildirim, T., Kaya, Z., dan Isik, K. (2006). Induction of Embryogenic Tissue and Maturation of Somatic Embryos in *Pinus Brutia* TEN. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 87 (1), 67-76.
- Yusnita. (2003). *Kultur Jaringan : Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Zhang, C-X., Li, Q., dan Kong, L. (2007). Induction, Development, and Maturation of Somatic Embryos in Bunge's Pine (*Pinus bungeana* Zucc. ex Endl.). *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*, 91 (3), 273-280.
- Zoglauer, K., Behrendt, U., Rahmat, A., Ross, H., dan Taryono. (2003). *Somatic Embryogenesis - The Gate to Biotechnology in Conifers*. Laimer dan Rucker (eds). *Plant Tissue Culture 100 Years Since Gottlieb Haberlandt*. Austria: Springer Verlag.
- Zulkarnain. (2006). Teknik Kultur Jaringan Tanaman (Diterjemahkan dari Plant Tissue Culture Practice oleh Acram M. Taji, William A. Dodd, dan Richard R. Williams). Jambi: Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Zulkarnain. (2009). *Kultur Jaringan Tanaman : Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya*. Jakarta: Bumi Aksara.