



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG ILMU KAYU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI  
DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU  
UNTUK MENINGKATKAN PEMANFAATAN  
JENIS-JENIS KAYU KURANG DIKENAL DAN  
CEPAT TUMBUH**



**OLEH:  
WAHYU DWIANTO**

**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA  
JAKARTA, 6 OKTOBER 2020**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI  
DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU  
UNTUK MENINGKATKAN PEMANFAATAN  
JENIS-JENIS KAYU KURANG DIKENAL  
DAN CEPAT TUMBUH**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

*All Rights Reserved*

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG ILMU KAYU DAN TEKNOLOGI  
HASIL HUTAN**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI  
DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU  
UNTUK MENINGKATKAN PEMANFAATAN  
JENIS-JENIS KAYU KURANG DIKENAL  
DAN CEPAT TUMBUH**

**OLEH:  
WAHYU DWIANTO**

**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA  
JAKARTA, 6 OKTOBER 2020**

© 2020 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)  
Pusat Penelitian Biomaterial

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pengembangan Teknologi Densifikasi dan Pelengkungan Kayu untuk Meningkatkan Pemanfaatan Jenis-jenis Kayu Kurang Dikenal dan Cepat Tumbuh /Wahyu Dwianto. Jakarta: LIPI Press, 2020.

xi + 89 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-163-3 (cetak)  
978-602-496-162-6 (e-book)



1. Teknologi densifikasi dan pelengkungan kayu
2. Jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh

681.7676

*Copy editor* : Martinus Helmiawan  
*Proofreader* : Sonny Heru Kusuma  
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima  
Desainer Sampul : Meita Safitri

Cetakan : Oktober 2020



Diterbitkan oleh:  
LIPI Press, anggota Ikapi  
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6  
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710  
Telp.: (021) 573 3465  
*e-mail*: [press@mail.lipi.go.id](mailto:press@mail.lipi.go.id)  
*website*: [lipipress.lipi.go.id](http://lipipress.lipi.go.id)  
 LIPI Press  
 @lipi\_press

## BIODATA RINGKAS



Wahyu Dwianto yang lahir di Surabaya pada tanggal 18 April 1960 adalah anak kedua dari Bapak Kolonel Suprpto (alm.) dan Ibu Hj. Praptati (almh.), dari lima bersaudara. Menikah dengan Ema Marianingsih dan dikaruniai tiga orang anak, yakni Yudistira Nur Riyadi S.T., Kintaro Aditya Rachmadi S.Ab., dan Ramadhan Putra Mahardika.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 83/M Tahun 2017 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai tanggal 27 Desember 2017.

Berdasarkan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Nomor 190/A/2020 tanggal 22 September 2020 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Dana Pembangunan Nasional (Dapena) Surabaya tahun 1972, Sekolah Menengah Pertama Yayasan Perguruan Cikini Jakarta tahun 1975, dan Sekolah Menengah Atas Yayasan Perguruan Cikini Jakarta tahun 1978/1979. Memperoleh gelar Sarjana Kehutanan dari Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 1984, gelar Magister bidang *Agriculture* dari Kyoto University tahun 1996, dan gelar Doktor bidang *Agriculture* dari Kyoto University tahun 1999.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain *Management of Forests and Wood Industries* di Uppsala University, Swedia (1999); Program Pendidikan Non-Gelar Riset Pro: “Strengthening Life Sci-

ences Application-oriented Research Base on Bioresources Prospecting” di Robert Gordon University (RGU), University of Aberdeen, University of Highlands and Islands (UHI), serta Heriot-Watt University (HWU) Scotland UK (2016); Japan Society for the Promotion of Sciences (JSPS) Bridge Fellowships Program di Kyoto University, Jepang (2017); dan JSPS Invitational Fellowships Program di Kyoto University, Jepang (2019).

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Seksi Pengembangan Teknologi Unit Pelayanan Teknis (UPT) Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial LIPI (2008–2012), dan Kepala Bidang Pengelolaan dan Diseminasi Hasil Penelitian (PDHP) Pusat Penelitian Biomaterial LIPI (2014–2016).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Muda golongan III/d tahun 2005, Peneliti Ahli Madya golongan IV/a tahun 2007, Peneliti Ahli Madya golongan IV/c tahun 2013 dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama golongan IV/d bidang ilmu kayu dan teknologi hasil hutan tahun 2017.

Menghasilkan 140 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 82 KTI ditulis dalam bahasa Inggris, dan 58 dalam bahasa Indonesia.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti pada Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, pembimbing skripsi (S1) pada Universitas Negeri Jakarta (UNJ), pembimbing tesis (S2) pada Universitas Winaya Mukti (UNWIM); pembimbing disertasi (S3) pada Universitas Sumatera Utara (USU); serta penguji disertasi (S3) pada Institut Pertanian Bogor (IPB).

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai Anggota Japan Wood Research Society (JWRS, 1994–1999); Ketua Bidang Publikasi dan Informasi Penerbitan Berkala Jurnal

Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis (2003–2012), Ketua Bidang Penerbitan Berkala Berbahasa Inggris *Wood Research Journal* (2013–2019); dan Anggota Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI, sejak 2003); Anggota Perhimpunan Polimer Indonesia (HPI, sejak 2012); dan Anggota Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo, sejak 2019).

Menerima tanda penghargaan Transfer Teknologi (2017) dari LIPI, dan Satyalancana Karya Satya X Tahun (1995), XX Tahun (2005), dan XXX Tahun (2015) dari Presiden RI.



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS .....	v
PRAKATA PENGUKUHAN.....	ix
I PENDAHULUAN .....	1
II PERKEMBANGAN PENELITIAN DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU .....	4
2.1 Potensi Jenis-Jenis Kayu Kurang Dikenal dan Cepat Tumbuh di Indonesia .....	4
2.2 Perkembangan Penelitian Densifikasi Kayu .....	6
2.3 Perkembangan Penelitian Pelengkungan Kayu .....	12
III PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU .....	15
3.1 Pengembangan Teknologi Densifikasi Kayu.....	15
3.2 Pengembangan Teknologi Pelengkungan Kayu .....	21
IV PROSPEK PEMANFAATAN TEKNOLOGI DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU .....	24
4.1 Teknologi Densifikasi Kayu.....	24
4.2 Teknologi Pelengkungan Kayu .....	25
V KESIMPULAN .....	28
VI PENUTUP .....	30
UCAPAN TERIMA KASIH .....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN .....	48
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	51
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA .....	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	70

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## PRAKATA PENGUKUHAN

*Bismillaahirrahmaanirrahiim.*

*Assalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.*

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DENSIFIKASI DAN  
PELENGKUNGAN KAYU UNTUK MENINGKATKAN  
PEMANFAATAN JENIS-JENIS KAYU KURANG DIKENAL  
DAN CEPAT TUMBUH”**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan sumber daya alam hayati yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia karena sifatnya yang berkelanjutan dan dapat diperbaharui. Pada masa sebelum tahun 1985, Indonesia merupakan penghasil berbagai jenis kayu tropis berkualitas di pasaran dunia. Akan tetapi, pengelolaan dan eksploitasi yang kurang memperhatikan kelestarian menyebabkan penurunan kemampuan hutan alam dalam menyediakan kayu perdagangan komersial berkualitas untuk kebutuhan bahan baku industri per kayu di Indonesia.

Hal tersebut mengakibatkan ketersediaan kayu yang berasal dari hutan alam terus mengalami penurunan bahkan semakin sulit diperoleh, padahal kebutuhan kayu terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk. Permintaan masyarakat untuk menggunakan jenis-jenis kayu yang berasal dari hutan alam masih cukup tinggi. Permintaan kayu nasional pada tahun 2004<sup>1</sup> mencapai 60 juta m<sup>3</sup>, sedangkan ketersediaan kayu dari hutan alam hanya sekitar 10 juta m<sup>3</sup> dan hutan tanaman baru mampu menyediakan 5 juta m<sup>3</sup> sehingga terjadi defisit sebesar 45 juta m<sup>3</sup>. Sebagian masyarakat masih cenderung menggunakan jenis-jenis kayu tertentu, seperti Meranti, Jati, dan sebagainya, sehingga pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal (*lesser known*) masih terbatas.

Produksi kayu bulat di Indonesia pada tahun 2017<sup>2</sup> berasal dari jenis-jenis kayu Akasia (63,4%), Meranti (10,6%), Sengon (7,8%), Ekaliptus (7,8%), rimba campuran (5,1%), dan lainnya (5,4%) dengan total produksi 49,1 juta m<sup>3</sup>. Produksi industri primernya<sup>3</sup> meliputi kayu gergajian 1,2 juta m<sup>3</sup>, pulp 5,4 juta ton, *veneer* 0,9 juta m<sup>3</sup>, dan kayu lapis 3,2 juta m<sup>3</sup>. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa jenis kayu Akasia dari hutan ta-

naman industri (HTI) mendominasi penyediaan bahan baku kayu di Indonesia, yaitu sebesar 31,2 juta m<sup>3</sup>, yang sebagian besar adalah untuk bahan baku industri pulp dan kertas.

Dengan asumsi permintaan kayu yang terus meningkat dari tahun ke tahun, terbuka peluang bagi hutan tanaman, baik hutan tanaman rakyat maupun HTI, untuk berperan lebih besar dalam penyediaan bahan baku kayu. Oleh karena itu, untuk memenuhi kekurangan kebutuhan bahan baku kayu tersebut, diperlukan upaya diversifikasi sumber bahan baku industri perikanan melalui pengembangan dan pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh, serta pengembangan teknologi dalam pemanfaatan sumber bahan baku tersebut. Penelitian potensi jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh telah dilakukan terhadap jenis-jenis kayu di Kebun Raya Cibodas<sup>4,5</sup>, Purwodadi<sup>6</sup>, Eka Karya Bali<sup>7</sup> dan Bogor<sup>8</sup> serta di pulau-pulau terluar di Indonesia (Enggano, Sumba, dan Simeulue), dan jenis Jati Platinum cepat tumbuh hasil rekayasa genetika untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku industri perikanan.

Kendala pada pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh adalah kualitasnya yang rendah, yakni terkait dengan sifat fisik dan mekaniknya. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian dan pengembangan teknologi densifikasi dan pelengkungan kayu agar jenis-jenis kayu tersebut dapat menyubstitusi kebutuhan kayu dengan kualitas yang dibutuhkan. Upaya untuk peningkatan pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh dapat dilakukan melalui teknologi densifikasi dan pelengkungan kayu. Dengan teknologi densifikasi kayu, jenis-jenis kayu cepat tumbuh dapat ditingkatkan sifat fisik, mekanik, dan kekerasan permukaannya melalui peningkatan kerapatan. Masalah pemborosan bahan baku kayu pada pembuatan produk-produk kayu berbentuk lengkung dapat diatasi dengan teknologi pelengkungan kayu.

Melalui teknologi densifikasi, jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh dapat diolah menjadi produk seperti lantai kayu atau bahan bangunan lainnya, sedangkan melalui teknologi pelengkungan, dapat dijadikan produk mebel berbentuk lengkung, rangka sepeda, dan produk inovatif lainnya. Melalui kerjasama dengan mitra swasta, pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh tersebut telah dikembangkan menjadi meja dan kursi berbentuk lengkung dan rangka sepeda kayu/*Laminated Veneer Lumber (LVL)* lengkung.

Orasi ini memaparkan tentang pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh melalui teknologi densifikasi dengan mengembangkan produk akhir seperti lantai kayu dan komponen-komponen bangunan lainnya, sedangkan teknologi pelengkungan kayu/LVL dapat dikembangkan menjadi produk inovatif lainnya dengan inovasi desain-desain baru untuk masa yang akan datang.



## II. PERKEMBANGAN PENELITIAN DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU

### 2.1 Potensi Jenis-Jenis Kayu Kurang Dikenal dan Cepat Tumbuh di Indonesia

Menurut Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan, Departemen Kehutanan<sup>9</sup>, di Indonesia terdapat 3.124 jenis kayu, yang terdiri atas kayu komersial, nonkomersial, tak dikenal, dan jenis kayu budi daya. Menurut klasifikasi di buku Prosea<sup>10,11,12</sup>, di Indonesia terdapat 51 genera yang tergolong *major commercial timbers*, 62 genera *minor commercial timbers* dan 309 genera *lesser known timbers*, sedangkan Atlas Kayu Indonesia<sup>13,14,15</sup> baru merangkum sebanyak 92 jenis kayu dari berbagai hasil penelitian. Penelitian intensif jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh telah dimulai sejak tahun 1990, antara lain Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb)<sup>16,17</sup>, Mindi (*Melia azedarach* L.)<sup>18</sup>, Gadog (*Bischofia javanica* Blume)<sup>19</sup>, dan Cengkeh (*Eugenia aromatica* L.)<sup>20</sup>.

Kebun Raya sebagai kawasan konservasi plasma nutfah mempunyai berbagai jenis tanaman berkayu hasil eksplorasi dari seluruh habitat di Indonesia dan mancanegara. Di Kebun Raya Cibodas<sup>21</sup> terdapat 142 jenis kayu *lesser known*, di Kebun Raya Purwodadi<sup>22</sup> terdapat 157 jenis, di Kebun Raya Ekakarya Bali<sup>23</sup> terdapat 208 jenis, dan di Kebun Raya Bogor<sup>24</sup> terdapat 341 jenis. Dari data di atas, diperkirakan bahwa keempat kebun raya tersebut memiliki koleksi jenis-jenis kayu kurang dikenal sebanyak lebih dari 800 jenis.

Berdasarkan data di katalog Kebun Raya<sup>21,22,23</sup>, klasifikasi di buku Prosea<sup>10,11,12</sup> terhadap kelas kuat, keawetan alami, prospek, dan pengamatan di lapangan terhadap sifat morfologi (kelurusan batang dan ketinggian cabang) serta pengukuran kecepatan per-

tumbuhan (riap diameter), di Kebun Raya Cibodas<sup>4,5,25</sup> terdapat empat jenis kayu *lesser known*, di Kebun Raya Purwodadi<sup>6,26,27</sup> terdapat enam jenis, dan di Kebun Raya Ekarya Bali<sup>7</sup> terdapat satu jenis yang dapat direkomendasikan sebagai bahan baku kayu konstruksi dan berpeluang untuk dapat dikembangkan menjadi HTI. *Schizolobium amazonicum* Vog. di Kebun Raya Purwodadi memiliki sifat morfologi yang baik, kelas kuat III–IV dan riap diameter lebih dari 3 cm/tahun, bahkan lebih tinggi dari riap diameter kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd)<sup>28</sup>. Pada umumnya, riap diameter jenis-jenis kayu di Kebun Raya Purwodadi (400 mdpl) lebih tinggi dibandingkan dengan jenis-jenis kayu di Kebun Raya Ekakarya Bali (1.250–1.400 mdpl)<sup>29,30</sup>.

Selain tumbuhan berkayu koleksi keempat kebun raya tersebut (*ex situ conservation*), diperkirakan masih banyak jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh yang dapat ditemukan di hutan-hutan alam yang kondisinya masih baik. Dari hasil eksplorasi di Pulau Enggano<sup>31</sup> didapatkan 22 jenis kayu dengan kelas kuat I–IV, dan sembilan jenis di antaranya adalah kayu *lesser known*. Dari hasil eksplorasi di Pulau Sumba<sup>32</sup> didapatkan 35 jenis kayu dengan kelas kuat II–V, dan 22 jenis di antaranya adalah kayu *lesser known*. Dari hasil eksplorasi di Pulau Simeulue<sup>33</sup> didapatkan 22 jenis kayu dengan kelas kuat II–V.

Selanjutnya, penelitian kayu Jati Platinum telah dilakukan sejak tahun 2014. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sifat anatomi dari kayu Jati Platinum tidak memiliki perbedaan yang nyata dengan Jati dari hutan rakyat maupun Jati konvensional, baik dalam fitur makroskopis dan mikroskopisnya<sup>34</sup>. Analisis komponen kimia kayu Jati Platinum berdasarkan umur pohon dari tiga lokasi tempat tumbuh yang berbeda di kawasan *Cibinong Science Center* LIPI, yaitu 2–4 tahun (Lokasi I), 5 tahun (Lokasi

II), serta 8 dan 9 tahun (Lokasi III)<sup>35,36,37</sup> menunjukkan rata-rata kadar zat ekstraktifnya cenderung meningkat, kadar ligninnya tidak terjadi perubahan yang signifikan, sedangkan kandungan holoselulosanya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh menurunnya kandungan hemiselulosa dan pektin karena kadar  $\alpha$ -selulosanya tidak terjadi perubahan yang signifikan. Selain itu, dilaporkan bahwa bagian teras kayu Jati Platinum terlihat pada umur pohon 5 tahun<sup>35</sup>.

Penelitian sifat fisik dan mekanik kayu Jati Platinum umur 5 tahun pada posisi batang arah radial dan aksial (pangkal, tengah, ujung)<sup>38</sup> menunjukkan bahwa kerapatan dan keteguhan patahnya lebih tinggi daripada Jati Unggul berumur 8 tahun, Jati Rakyat berumur 9–10 tahun, maupun Jati *progeny test* 10 tahun, bahkan kualitasnya hampir sama dengan kayu Jati Konvensional berumur 20–30 tahun. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kayu Jati Platinum mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan dan dibudidayakan sebagai alternatif bahan baku industri per kayu di masa yang akan datang.

## 2.2 Perkembangan Penelitian Densifikasi Kayu

Jenis-jenis kayu yang tidak komersial ataupun kurang dikenal biasanya memiliki kerapatan rendah, tidak kuat, dan tidak awet sehingga penggunaannya terbatas<sup>39</sup>. Jenis-jenis kayu tersebut pada umumnya cepat tumbuh. Jenis-jenis kayu dengan kerapatan rendah sampai saat ini masih kurang mendapat perhatian untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku industri per kayu karena umumnya memiliki sifat fisik dan mekanik yang relatif lebih rendah jika dibanding dengan jenis-jenis kayu perdagangan komersial. Oleh karena itu untuk mengoptimalkan penggunaannya, sifat-sifat fisik dan mekanik dari jenis-jenis kayu tersebut perlu ditingkatkan terlebih dahulu.

Penelitian-penelitian dasar sifat *viscoelastic* kayu telah berhasil menemukan suatu teknologi densifikasi kayu utuh (*solid*) yang dapat membuat kayu dengan kerapatan rendah menjadi kayu berkerapatan tinggi. Teknik densifikasi kayu adalah teknik pengepresan kayu utuh yang bertujuan untuk meningkatkan kestabilan dimensi, kekerasan permukaan, dan kekuatan kayu dengan meningkatkan kerapatannya. Peningkatan efisiensi pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh sebagai alternatif penggunaan jenis-jenis kayu perdagangan komersial dapat dilakukan dengan menerapkan teknik densifikasi kayu melalui peningkatan sifat-sifat fisik, mekanik<sup>40</sup>, keawetan<sup>41</sup>, serta ketahanan terhadap api<sup>42</sup> dan cuaca<sup>43</sup>.

Pada tahun 1945, dilaporkan bahwa kayu dapat dikompresi menjadi produk densifikasi yang dikenal sebagai *Staypak*<sup>44</sup>. Selanjutnya, kayu kompresi komersial pertama kali dibuat di Jerman dengan nama dagang *Lignostone*<sup>45</sup>. Namun, kayu ini belum mencapai fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen karena masih kembali ke ketebalan semula setelah direndam di dalam air panas.

Teknik densifikasi kayu dapat dilakukan melalui tiga tahapan. *Pertama*, pelunakan (*softening*)<sup>46,47</sup>. Sebelum pengepresan, kayu harus mengalami pelunakan. *Kedua*, deformasi (*deformation*)<sup>48</sup>. Pengepresan umumnya dapat dilakukan pada arah radial di saat kayu dalam keadaan lunak, sehingga dapat lebih mudah dipres<sup>49</sup>. Untuk kayu berkerapatan rendah, pengepresan dengan tekanan 25–30 kg/cm<sup>2</sup> dapat dilakukan sampai 70% dari ketebalan semula<sup>50</sup>. Suhu dan lama pengepresan adalah 100°C selama 4–5 jam atau sampai dengan hilangnya kadar air di dalam kayu tersebut (mendekati 0%). Pada kondisi ini, kayu tersebut mengalami deformasi sementara (*drying set*)<sup>51</sup>, karena akan kembali antara 80–85% dari ketebalan semula jika direndam ke dalam air (*recovery*). *Ketiga*, fiksasi (*fixation*). Proses fiksasi deformasi

kayu kompresi yang permanen mutlak diperlukan agar kayu yang telah dipres tidak mengalami *recovery*.

Penelitian perilaku pelunakan (*softening behaviour*) kayu dalam kondisi basah (*wet*) untuk mengetahui pengaruh perlakuan uap panas (*steam treatment*) terhadap komponen kimia jenis-jenis kayu daun jarum (*softwood*) dan daun lebar (*hardwood*) menunjukkan adanya perbedaan dalam proses relaksasi (*relaxation*) akibat perbedaan struktur kimia lignin antara kayu daun jarum dan kayu daun lebar<sup>46,47</sup>. Perubahan struktur anatomi kayu yang dipres pada arah radial menunjukkan bahwa deformasi dimulai dari permukaan dan dinding sel kayu yang tipis<sup>52</sup>. Semakin besar tingkat pengepresan, semakin banyak sel yang terdeformasi. Dari kurva *stress-strain* terlihat adanya 3 zonasi, yaitu 1) zona *elastic*, 2) zona *plateau*, dan 3) zona *densification*<sup>50</sup>. Tingkat pengepresan sebaiknya dihentikan pada awal zona ketiga ini agar tidak terjadi kerusakan pada dinding sel kayu.

Metode fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan mekanisme fiksasinya. *Pertama*, metode kimia (*chemical treatment*). Mekanisme fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan metode ini adalah proses pengerasan (*curing*) dari perekat, ikatan silang (*cross-link*) maupun polimerisasi (*polimerization*) dari bahan kimia<sup>53</sup> pada saat pengepresan. Selain perekat, seperti phenol<sup>54,55</sup>, melamin, urea, tanin atau ekstrakif yang berasal dari alam<sup>56</sup>, dapat pula dimasukkan bahan-bahan pengawet<sup>57,58,59,60</sup> atau tahan api<sup>61</sup>. *Kedua*, metode panas (*heat treatment*). Metode fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan panas adalah perlakuan suhu tinggi terhadap kayu pada kondisi kering. Metode ini dapat diterapkan menggunakan alat pres panas. Namun, untuk mencapai fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen membutuhkan waktu yang lama, yaitu 20 jam pada suhu 180°C dengan tekanan 25–30 kg/cm<sup>2</sup><sup>62,63,64,65</sup>. *Ketiga*, metode

uap panas (*steam treatment*). Metode fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan uap panas adalah perlakuan suhu tinggi terhadap kayu pada kondisi basah. Untuk mencapai fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen hanya dibutuhkan waktu 8 menit pada suhu 180°C atau 1 menit pada suhu 200°C<sup>66</sup>. Namun, metode ini sangat sulit diterapkan pada skala besar karena diperlukan uap panas yang harus dimasukkan ke dalam *autoclave* dengan tekanan tinggi<sup>67</sup>.

Fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan metode kimia melalui proses pengerasan (*curing*) dari perekat pada saat pengepresan dengan impregnasi resin *phenol formaldehyde* (PF) menunjukkan bahwa kerapatan kayu meningkat secara signifikan dari 0,45 menjadi 1,10 g/cm<sup>3</sup>, demikian pula dengan kekuatannya<sup>68</sup>. Penelitian fiksasi deformasi yang permanen terhadap kayu Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) dengan metode panas menunjukkan bahwa fiksasi deformasi permanen kayu kompresi tersebut dapat dicapai pada suhu 180°C selama 20 jam, 200°C selama 5 jam atau 220°C selama 3 jam<sup>69</sup>. Kestabilan dimensi dan penurunan higroskopisitas dari dinding sel kayu yang disebabkan oleh perlakuan panas diduga berkontribusi pada fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen tersebut.

Penelitian terhadap jenis kayu Sugi, Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) dan Albizia (*Paraserienthes falcataria* Becker) dengan kerapatan awal masing-masing 0,27, 0,40, dan 0,36 g/cm<sup>3</sup> yang dipanaskan pada suhu 120–200°C dengan interval 20°C selama 20 jam menunjukkan bahwa kehilangan berat (*weight loss* = WL) meningkat dengan meningkatnya suhu dan waktu pemanasan, serta menurunkan pemulihan ketebalan (*recovery of set* = RS)<sup>62,63,64,65</sup>. WL untuk mencapai fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen adalah 4%. Kerapatan rata-rata kayu Sugi, Radiata Pine dan Albizia setelah dipres 50% dari ketebalan semula masing-masing meningkat menjadi 0,50, 0,76 dan

0,66 g/cm<sup>3</sup>. Sifat mekanik pun meningkat hampir dua kali lipat dengan pengepresan tersebut, tetapi nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) untuk mencapai fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen adalah 88% dan 78% dari kayu kompresi yang tidak dipanaskan. Pengepresan kayu di dalam *autoclave* dengan tekanan uap panas antara 9–20 kgf/cm<sup>2</sup> menunjukkan bahwa fiksasi deformasi permanen kayu kompresi dapat dicapai pada suhu 180°C selama 8 menit atau 200°C selama 1 menit<sup>66</sup>. Disimpulkan bahwa kadar air kayu memengaruhi fiksasi tersebut karena tidak ada efek dari perlakuan uap panas terhadap kayu dalam kondisi kering. Selain itu, tidak ada penurunan yang nyata pada sifat mekanik dan perubahan warna setelah perlakuan uap panas tersebut.

Penelitian-penelitian mekanisme fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan metode panas ataupun uap panas telah banyak dilakukan<sup>70,71</sup>. Berikut ini adalah beberapa pendapat mengenai penyebab fiksasi deformasi permanen dari kayu kompresi oleh kedua metode tersebut. *Pertama*, panas: reaksi ikatan silang antar polimer di dinding sel kayu<sup>44</sup>, kondisi pengepresan tertentu yang mengakibatkan pencairan lignin dan pelepasan internal stress<sup>45</sup>, menurunnya sifat higroskopis kayu yang disebabkan oleh degradasi hemiselulosa<sup>72</sup>, plastisasi hemiselulosa dan lignin<sup>73</sup>, meningkatnya kestabilan dimensi dari dinding sel kayu<sup>69</sup>, pelepasan *stress* yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin yang diakibatkan oleh ter-degradasinya polimer di dinding sel kayu<sup>74</sup>. *Kedua*, uap panas: meningkatnya kristalisasi selulosa dan pelepasan *internal stress* yang tersimpan di dalam dinding sel kayu yang diakibatkan oleh hidrolisa hemiselulosa selama proses pengepresan<sup>75</sup>, perubahan struktur selulosa<sup>76</sup>, dekomposisi hemiselulosa dan lignin<sup>77,78</sup>.

Penelitian perubahan derajat kristalinitas (*degree of crystallinity* = DC) dengan difraksi X-ray dan penyerapan *infra-red* (IR) untuk mengetahui mekanisme fiksasi deformasi permanen kayu kompresi yang disebabkan oleh perlakuan panas menunjukkan bahwa DC menurun dengan meningkatnya suhu<sup>70</sup>. Perubahan signifikan penyerapan IR juga terjadi pada gugus karbonil (CO) dan karboksil (COOH). Hasil ini menunjukkan bahwa fiksasi deformasi permanen kayu kompresi oleh pemanasan diduga disebabkan oleh pelepasan tegangan (*stress relaxation*) yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin oleh terdegradasinya polimer dinding sel kayu.

Pengukuran relaksasi tegangan terhadap kayu Albizia yang dipres pada suhu 20–200°C dan waktu pengepresan 3, 6, 12, dan 24 jam menunjukkan bahwa tegangan menghilang dalam waktu 20 jam pemanasan pada suhu 180°C dan 5 jam pada suhu 200°C<sup>74</sup>. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa tingkat fiksasi deformasi permanen kayu kompresi sangat berhubungan dengan tegangan sisa (*residual stress*), ketika pada saat tercapainya fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen, yaitu RS = 0%, tidak ada lagi tegangan yang tersisa. Hal ini membuktikan bahwa fiksasi deformasi permanen kayu kompresi oleh perlakuan panas sebagian besar disebabkan oleh pelepasan tegangan yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin akibat terdegradasinya polimer dinding sel kayu.

Selanjutnya, penelitian untuk mengetahui mekanisme fiksasi deformasi permanen kayu kompresi yang diakibatkan oleh perlakuan uap panas melalui pengukuran relaksasi tegangan telah dilakukan terhadap kayu Sugi pada kondisi titik jenuh serat (TJS)<sup>77,78</sup>. Contoh uji dipres pada suhu 0–200°C selama 60 menit. Pengepresan pada suhu antara 100–200°C dilakukan di dalam *autoclave* yang dipanaskan oleh uap jenuh suhu tinggi yang berasal dari *boiler*. *Autoclave* ini dilengkapi alat pres dengan *load*



*cell* untuk mengukur tegangan yang tahan pada kondisi tekanan uap  $16 \text{ kgf/cm}^2$  dan suhu  $200^\circ\text{C}$ . Hasil pengukuran menunjukkan bahwa relaksasi tegangan mulai terjadi pada suhu di atas  $120^\circ\text{C}$ . Fiksasi deformasi yang permanen dicapai setelah 30 menit pada suhu  $180^\circ\text{C}$  atau 10 menit pada suhu  $200^\circ\text{C}$ . Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa pada  $RS < 20\%$  sampai dengan tercapainya fiksasi deformasi yang permanen lebih disebabkan oleh dekomposisi hemiselulosa dan lignin.

### 2.3 Perkembangan Penelitian Pelengkungan Kayu

Kayu lengkung telah digunakan secara luas untuk berbagai bagian lengkung dari produk kayu, seperti mebel, kusen pintu/jendela, peralatan musik dan olah raga, mainan, serta keperluan lainnya. Pada umumnya komponen kayu lengkung tersebut dibuat dari balok ukuran besar yang kemudian digergaji menjadi bentuk lengkung dan disambung. Hal ini mengakibatkan pemborosan bahan baku kayu.

Pelengkungan kayu dapat dilakukan dengan memanfaatkan sifat *viscoelastic* kayu<sup>79,80,81</sup>. Kayu dan bahan berlignoselulosa lainnya dapat mengalami pelunakan pada batas tertentu dengan cara dipanaskan dalam keadaan basah<sup>73</sup>. Pada saat melunak tersebut kayu dapat dilengkungkan.

Pada penelitian sebelumnya, untuk mengetahui jenis-jenis kayu yang mudah dilengkungkan dilakukan dengan pengujian pembebanan arah sejajar serat<sup>82</sup> dan lentur statis<sup>83</sup>. Contoh uji bebas cacat pada kondisi pelunakan menunjukkan bahwa nilai keteguhan tekan, MOE, dan MOR menurun pada kondisi jenuh air jika dibandingkan dengan kondisi kering udara. Selanjutnya, diketahui bahwa pelengkungan kayu membutuhkan kecepatan yang sangat rendah untuk mencegah agar kayu tidak mengalami kerusakan, yaitu  $5 \text{ mm/menit}$ . Jenis kayu yang berhasil dileng-

kungkan secara manual adalah kayu Afrika, Akasia, Albizia, Ambon, Angsana, Bacang, Cemara, Jengkol, Pinus, dan Randu. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab keberhasilan ataupun kegagalan pelengkungan kayu merupakan kombinasi antara kerapatan kayu, nilai relatif MOE, MOR, dan nilai defleksi pada saat patah, di mana kayu yang mudah dilengkungkan adalah kayu yang mempunyai kerapatan rendah sampai dengan sedang; nilai relatif MOE, MOR rendah; dan nilai defleksi tinggi.

Tahapan dan mekanisme pelengkungan kayu sama dengan densifikasi kayu, yaitu (1) pelunakan (*softening*), (2) pelengkungan (*forming*), (3) *drying set (setting)*, dan (4) fiksasi (*fixation*). Pelunakan dapat dicapai dengan merendam kayu sampai jenuh air dan dilanjutkan dengan perlakuan panas. Pelengkungan dapat dimungkinkan pada saat kayu masih lunak jika dibandingkan kayu kering. *Drying set* merupakan proses pengeringan pada saat kayu dalam kondisi lengkung. Fiksasi merupakan usaha/perlakuan tertentu agar kayu yang telah dilengkungkan tidak kembali ke bentuk semula atau bersifat permanen. Perbedaan deformasi yang terjadi pada proses densifikasi kayu adalah pada arah radial (tegak lurus serat), sedangkan pada proses pelengkungan kayu terjadi pada arah longitudinal (memanjang serat), walaupun terjadi juga deformasi pada lengkungan bagian dalam.

Penelitian pengaruh perlakuan panas terhadap fiksasi pelengkungan telah dilakukan terhadap kayu Mizunara (*Quercus mongolica*)<sup>84</sup>. Kayu jenuh air berukuran 30 cm x 2 cm x 1 cm dibungkus dengan *vinylidene chloride film*, kemudian diradiasi dengan *microwave* (2,45 GHz, 500 W) selama 90 detik. Kayu yang telah dilunakkan tersebut kemudian dilengkungkan dengan klem logam, dikeringkan dalam keadaan diklem, kemudian diberi perlakuan panas untuk mencapai fiksasi. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa fiksasi pelengkungan kayu dapat dicapai dalam waktu 30 jam pada suhu 160°C atau 12 jam pada suhu 180°C. Dijelaskan pula bahwa mekanisme terjadinya fiksasi tersebut serupa dengan densifikasi kayu, yaitu pelepasan *stress* yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin<sup>74</sup>, serta menurunnya higroskopisitas kayu. Penelitian ini dilanjutkan terhadap kayu Albizia dengan pemanasan selama 5 jam pada suhu 180°C<sup>85</sup>, tetapi masih terjadi pemulihan radius lengkung sebesar 20%.

Fiksasi pelengkungan dengan perlakuan uap panas dapat dicapai lebih cepat. Penelitian fiksasi kayu lengkung contoh uji bebas cacat berukuran 30 cm x 2 cm x 1 cm dengan perlakuan uap panas di dalam *autoclave* menunjukkan bahwa hubungan antara suhu dan waktu perlakuan uap panas ditunjukkan oleh kurva hiperbolik, di mana untuk mencapai fiksasi kayu lengkung membutuhkan suhu minimal 160°C selama 15 menit<sup>86</sup>.

### III. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU

#### 3.1 Pengembangan Teknologi Densifikasi Kayu

Dari hasil-hasil penelitian dasar yang telah diuraikan pada Bab II, selanjutnya teknologi densifikasi ini diterapkan pada jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh di Indonesia, seperti Agathis, Karet, Randu, Mahoni, Sengon, dan Durian. Pada subbab ini diuraikan pengembangan metode *close system compression* (CSC) dengan tujuan untuk mempersingkat proses pelunakan, deformasi, dan fiksasi dari metode sebelumnya yang menggunakan alat pres panas konvensional (*open system compression*). Penelitian mengenai metode CSC ini dimulai dengan menggunakan alat pres panas yang dilengkapi dengan cetakan kedap udara berukuran 30 cm x 30 cm x 2 cm, kemudian dikembangkan pada alat pres skala pemakaian (*full-scale compression machine*) berukuran 415 cm x 70 cm.

Dari hasil penelitian pada tahun 2001, penerapan teknik densifikasi kayu dengan menggunakan alat pres panas konvensional ternyata dapat meningkatkan kerapatan kayu Agathis menjadi 1,5 kali lebih tinggi, dari kerapatan awal 0,42 menjadi 0,67, dan kayu Karet dari kerapatan awal 0,67 menjadi 0,99 dengan tingkat pengempresan 33%. Kayu Randu dengan kerapatan awal yang sangat rendah bahkan dapat ditingkatkan kerapatannya menjadi tiga kali lebih tinggi dengan tingkat pengempresan 66% tanpa mengalami kerusakan (Gambar 1). Dengan meningkatnya kerapatan kayu tersebut maka sifat fisik dan mekanik pun meningkat.

Pengujian untuk mengetahui ketahanan kayu kompresi terhadap api telah dilakukan dengan menggunakan alat uji *cone calorimeter* terhadap jenis kayu Agathis (*Agathis alba*), kayu

Karet (*Hevea brasiliensis*), kayu Kelapa (*Cocos nucifera*), kayu lapis, serta kayu kompresi Agathis dan Karet dengan kerapatan yang berbeda<sup>87</sup>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan suhu antara 0–100°C mengikuti persamaan garis lurus. Jika batasan untuk kayu tahan api adalah kenaikan suhu minimal 10°C/menit, maka hanya kayu kompresi Karet yang memenuhi persyaratan, tetapi kayu kompresi tersebut belum mencapai fiksasi deformasi yang permanen.

Penyebab fiksasi deformasi yang permanen dari kayu kompresi oleh panas adalah pelepasan tegangan yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin yang diakibatkan oleh degradasi polimer di dinding sel kayu<sup>74</sup>, sedangkan oleh uap panas adalah dekomposisi hemiselulosa dan lignin<sup>77</sup>. Dengan dikembangkannya metode CSC, proses pelunakan sampai dengan fiksasi dapat dipersingkat. Metode ini merupakan modifikasi dari metode uap panas dan telah terdaftar dalam paten dengan judul Mesin Kempa Kayu Sistem Tertutup, No. S00200900266: 2009.

Penelitian dengan metode CSC untuk mencapai fiksasi deformasi kayu<sup>88,89,90,91,92</sup>, batang gawang<sup>93</sup>, ataupun kelapa sawit<sup>94,95</sup> kompresi telah banyak dilakukan. Mekanisme fiksasi deformasi yang permanen dari metode ini adalah kadar air yang terkandung di dalam kayu berfungsi sebagai uap panas pada suhu dan tekanan yang tinggi. Terdapat tiga tahapan pada metode CSC ini, yaitu (1) pelunakan, kayu dalam kondisi kadar air di atas titik jenuh serat dipanaskan di atas suhu transisi gelas di dalam alat CSC di antara pelat pres panas; (2) deformasi, kayu yang mulai melunak dipres secara perlahan hingga mencapai target ketebalan dan tertutupnya alat CSC; (3) fiksasi, perlakuan uap panas dengan memanfaatkan penguapan kadar air yang tersimpan dalam kayu.

Hasil pengukuran suhu dan tekanan uap air pada proses fiksasi deformasi kayu kompresi dengan menggunakan alat CSC menunjukkan bahwa besarnya tekanan uap panas yang terjadi di dalam alat CSC sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara faktor suhu, waktu, dan kadar air kayu<sup>88</sup>. Panas yang berasal dari alat pres selama proses densifikasi menyebabkan naiknya suhu air di dalam kayu sehingga menguap. Semakin tinggi kadar air yang terdapat di dalam kayu, maka semakin banyak uap air yang dikeluarkan pada tingkat suhu dan waktu pengepresan tertentu. Uap air ini terperangkap di dalam alat CSC yang kedap udara sehingga menyebabkan terjadinya tekanan uap panas. Semakin tinggi kadar air kayu dan meningkatnya suhu serta semakin lamanya waktu pengepresan, maka tekanan uap semakin meningkat pula, karena jumlah uap air panas yang dihasilkan semakin banyak.

Pada kondisi kayu kering udara, tekanan uap yang terjadi hanya mencapai kisaran 1,1–1,5 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada kondisi jenuh air terjadi peningkatan tekanan uap yang cukup tinggi dengan kenaikan 3,0–8,5 kg/cm<sup>2</sup>. Tekanan uap ini mengalami peningkatan lagi setelah dilakukan penambahan air di dalam alat CSC sebanyak 400 ml, hingga dapat mencapai 9,5 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 180°C dengan waktu pengepresan 30 menit<sup>88</sup>.

Pada metode *steam treatment* sebelumnya<sup>66</sup>, uap air panas berasal dari *boiler* dan dimasukkan ke dalam *autoclave* yang di dalamnya dilengkapi dengan alat pres tahan panas, sehingga tekanannya dapat segera mencapai 10 kg/cm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini tekanan uap panas di dalam alat CSC masih di bawah 10 kg/cm<sup>2</sup>, yaitu 9,5 kg/cm<sup>2</sup>. Oleh karena itu, masih terjadi RS sebesar 8,92%, walaupun telah ditambahkan air pada suhu 180°C dan waktu pengepresan 30 menit.

Hasil pengujian sifat mekanik kayu kompresi Mahoni (*Swietenia mahagoni*) menunjukkan bahwa nilai MOE, MOR, dan keteguhan tekan sejajar serat kayu kompresi tersebut mengalami peningkatan dibandingkan tanpa pengepresan<sup>92</sup>. Nilai peningkatan yang optimal didapatkan pada perlakuan suhu 180°C selama 10 menit. Perlakuan suhu yang lebih tinggi, yaitu 200°C dan waktu pengepresan yang lebih lama, yaitu 20 menit, akan mengakibatkan terdegradasinya struktur penyusun kayu dan menurunnya nilai kekuatannya.

Selain keuntungan, yaitu dapat mencapai fiksasi dalam waktu yang singkat, kayu yang dipres dengan metode CSC ini akan mengalami kehilangan berat yang cukup besar. Kehilangan berat pada saat tercapainya fiksasi dengan metode CSC ini lebih besar dibandingkan dengan metode panas sebelumnya, yaitu pengepresan kayu pada kondisi kering *oven*<sup>62,63,64,65</sup>, karena memanaskan kayu dalam kondisi basah akan menyebabkan komponen kimia kayu lebih banyak terdegradasi. Pengepresan kayu dengan metode CSC kayu Randu pada kondisi jenuh serat mengakibatkan kehilangan berat keseluruhan 12,79%<sup>88</sup>. Untuk mencapai fiksasi (RS = 0,36%) pada suhu 180°C dan waktu pengepresan 20 menit terhadap kayu Mahoni mengakibatkan terdegradasinya holoselulosa sebesar 33,17%,  $\alpha$ -celullose 10,52%, lignin 35,48%, dan zat ekstraktif 53,34%<sup>90,91</sup>. Oleh karena itu, untuk jenis kayu, bambu<sup>96</sup>, ataupun batang kelapa sawit bagian dalam yang mempunyai dinding sel sangat tipis, sebelum proses fiksasi dapat dilakukan pemanasan awal (*pre-heating*) untuk mengurangi terjadinya kehilangan berat dan mencegah terjadinya kerusakan pada saat pengepresan.

Kadar air kayu yang tinggi dapat membantu proses pelunakan dan fiksasi deformasi kayu kompresi, tetapi pembebanan dengan suhu dan tekanan yang tinggi seringkali menghasilkan kayu kompresi yang kurang baik atau bahkan mengalami keru-

sakan. Pemanasan awal yang dilanjutkan dengan perlakuan uap panas dapat dijadikan alternatif proses densifikasi kayu karena akan menghasilkan kayu kompresi dengan target ketebalan yang diinginkan dan tidak terjadi kerusakan walaupun untuk mencapai fiksasi membutuhkan perlakuan uap panas yang lebih lama jika dibandingkan pada kondisi kadar air kayu yang tinggi.

Pada tahun 2009, telah dibuat alat pres skala pemakaian (*full-scale compression machine*) berukuran 415 cm x 70 cm (Gambar 2) dengan mengaplikasikan metode CSC tersebut<sup>97,98,99,100</sup>. Alat ini telah diuji cobakan terhadap kayu Randu (*Ceiba pentandra*) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan kerapatan awal masing-masing adalah 0,24 dan 0,20 g/cm<sup>3</sup> berukuran 400 cm x 12 cm x 12 cm pada kondisi kadar air kering udara (21,54%) dengan target kompresi 33% dan 50% pada suhu 120°C dan 180°C dengan tekanan pengepresan 25–30 kg/cm<sup>2</sup>, serta waktu pengepresan 30 dan 60 menit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan yang cukup signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik kayu kompresi. Dengan target pengepresan 33%, kerapatan kayu Randu meningkat 62,26%, MOE 25,39%, MOR 12,09 %, dan kekuatan tekan sejajar serat 45,24 %; sedangkan untuk kayu Sengon, kerapatan kayu meningkat 77,51%, MOE 58,66%, MOR 108,29%, dan kekuatan tekan sejajar serat 105,69%. Sementara itu, dengan target pengepresan 50%, kerapatan kayu Randu meningkat 114,02%, MOE 84,55%, MOR 77,03%, dan kekuatan tekan sejajar serat 69,40%; sedangkan untuk kayu Sengon, kerapatan kayu meningkat 194,16%, MOE 134,11%, MOR 147,59%, dan kekuatan tekan sejajar serat 217,70%. Kayu Randu dan Sengon termasuk ke dalam kelompok kayu dengan kelas kuat IV–V<sup>13</sup>. Setelah dipres dengan target pengepresan 50%, kerapatan dan kekuatannya meningkat menjadi kelas kuat III, menyamai kelas kuat Meranti merah (*Shorea leprosula*).



Pengaruh waktu pengepresan (60 dan 120 menit) terhadap perubahan komponen kimia kayu Durian (*Durio zibetinus*) berukuran 400 cm x 12 cm x 12 cm dengan kerapatan 0,47~0,56 g/cm<sup>3</sup> telah dilakukan pada suhu 180°C dengan target kompresi 33% dan 50%<sup>101</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan zat ekstraktif yang terlarut dalam alkohol-benzena mengalami penurunan sebesar 1–2%, kandungan holoselulosa sebesar 63–68%, sedangkan kandungan  $\alpha$ -selulosa tidak berubah signifikan. Penurunan kandungan holoselulosa kemungkinan besar disebabkan oleh menurunnya kandungan hemiselulosa. Selain itu, persentase lignin dan zat ekstraktif di bagian permukaan kayu kompresi lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengah. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa parameter proses berupa suhu pengepresan 180°C dan waktu pengepresan 60 dan 120 menit belum memberikan perubahan komponen kimia kayu kompresi skala pemakaian secara signifikan yang berpengaruh pada tingkat fiksasi kayu kompresi tersebut.

Teknologi densifikasi yang telah dikembangkan pada skala pemakaian ini diharapkan dapat menghasilkan produk-produk kayu kompresi yang memiliki kualitas setara dengan jenis-jenis kayu perdagangan komersial, dan membuka peluang untuk dapat dimanfaatkan penggunaannya secara luas, baik sebagai bahan baku kayu konstruksi maupun produk akhir seperti lantai dan komponen-komponen bangunan lainnya. Saat ini, produktivitas alat tersebut belum optimal sehingga perlu dilakukan penelitian-penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan formulasi perlakuan yang tepat agar dapat meningkatkan produktivitas mesin dan kualitas produknya hingga paket teknologi pembuatan kayu kompresi skala pemakaian ini secara ekonomis layak untuk diterapkan dan dikembangkan di masyarakat.

### 3.2 Pengembangan Teknologi Pelengkungan Kayu

Setelah dilakukan penelitian dasar terhadap contoh uji bebas cacat (*small clear specimens*) yang telah diuraikan pada Bab II, serta diketahuinya tahapan dan mekanisme fiksasi pelengkungan kayu, selanjutnya pada subbab ini diuraikan pengembangan teknologi pelengkungan kayu pada skala pilot untuk melengkungkan *Laminated Veneer Lumber* (LVL) ataupun kayu utuh terhadap jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh di Indonesia, seperti kayu Karet, Akasia, Pinus, Mahoni, dan Kepuk.

Pada tahun 2004 telah dibuat alat pelengkung kayu skala pilot tanpa elemen pemanas yang telah mampu digunakan untuk membuat LVL berbentuk lengkung terdiri dari 25 lapis vinir kayu Karet dengan radius lengkung 450 mm. Ukuran vinir yang digunakan adalah 1.100 mm x 50 mm x 2 mm, dan direkatkan pada kondisi kadar air kering udara, menggunakan perekat *resorsinol* dimana tidak memerlukan panas pada proses perekatannya. Produk LVL lengkung ini telah dikarakterisasi sifat fisik dan mekaniknya<sup>102,103</sup>. Akan tetapi, alat pelengkung tersebut belum mampu digunakan untuk melengkungkan kayu dengan ketebalan di atas 10 mm.

Berdasarkan prinsip bahwa proses pelengkungan kayu membutuhkan panas, maka selanjutnya pada alat tersebut ditambahkan elemen pemanas pada cetakannya dengan suhu yang dapat diatur sampai batas maksimum 200°C (*input* 220 V/2.000 watt), dan penutup dengan isolator panas pada ke dua sisi cetakan<sup>104</sup>. Dari hasil pengukuran suhu tercatat bahwa plat pemanas alat ini dapat mencapai suhu 50°C dalam waktu 2,5 menit, 100°C dalam waktu 9,5 menit, dan 180°C dalam waktu 28 menit.

Modifikasi lainnya adalah mengubah jari-jari kelengkungan cetakan dari alat sebelumnya. Cetakan bagian atas memiliki

jari-jari 430 mm dan bagian bawah 470 mm sehingga terdapat selisih 40 mm antara kedua jari-jari cetakan tersebut. Hal ini ditujukan agar cetakan akan berjarak sama, baik di bagian tengah ataupun di pinggir dengan ketebalan 40 mm. Jika suatu balok dilengkungkan, maka selain tegangan lengkung, akan terjadi perbedaan tegangan di sisi lengkung bagian dalam dan sisi luar. Pada sisi dalam terjadi tegangan tekan dan pada sisi luar terjadi tegangan tarik. Hal ini dapat mengakibatkan gagalnya pelengkungan yang dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut, alat yang telah dimodifikasi dilengkapi dengan plat fleksibel sebagai dudukan kayu yang dilengkungkan, serta untuk meredam konsentrasi tegangan yang terjadi.

Contoh uji kayu yang dilengkungkan adalah Akasia dan Pinus berukuran 1.100 mm x 50 mm, serta Mahoni berukuran 1.100 mm x 100 mm dengan ketebalan yang bervariasi dari 10, 20, dan 30 mm. Kayu yang akan dilengkungkan dilunakkan terlebih dahulu dengan cara direndam sampai jenuh air, selanjutnya dibungkus dengan aluminium foil agar kadar air kayu tidak menguap dan dapat berfungsi sebagai faktor pelunak pada saat dipanaskan. Khusus untuk Mahoni digunakan kayu segar dengan kadar air 62,85%. Pelengkungan dilakukan pada suhu 100, 150, dan 180°C, dengan waktu 15 dan 30 menit dengan kecepatan kurang lebih 20–35 mm/menit.

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, alat yang telah dimodifikasi tersebut mampu melengkungkan kayu Akasia sampai ketebalan 30 mm pada suhu 150°C dan waktu 30 menit tanpa terjadi kerusakan (Gambar 3). Pada kayu Pinus dengan ketebalan 20 mm dan 30 mm, terjadi keretakan di sisi luar lengkung walaupun tidak patah, sedangkan kayu Mahoni segar

dengan ketebalan 20 mm dan 30 mm berhasil dilengkungkan pada suhu 150°C dan waktu 15 menit<sup>104</sup>.

Penelitian pengaruh suhu (140°C dan 160°C) dan waktu pemanasan (15, 30, dan 45 menit) terhadap tingkat fiksasi pelengkungan telah dilakukan pada kayu Kepuk (*Sterculia* sp.) berukuran 1.100 mm x 30 mm x 15 mm dengan kadar air 80,7%<sup>105</sup>. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada suhu 160°C dengan waktu pemanasan 45 menit kayu lengkung tersebut mencapai pengembangan radius lengkung terkecil, yaitu sebesar 3,33% pada uji perendaman air selama 2 jam dan 5,76% pada perendaman 24 jam.

Pengembangan teknologi pelengkungan kayu ini telah menghasilkan paten dengan judul Proses Pelengkungan Kayu dengan Perlakuan Uap Panas, No. P00201810001: 2018.

## IV. PROSPEK PEMANFAATAN TEKNOLOGI DENSIFIKASI DAN PELENGKUNGAN KAYU

### 4.1 Teknologi Densifikasi Kayu

Selain dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas jenis-jenis kayu cepat tumbuh, melalui kerja sama penelitian dengan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) dan Universitas Sumatera Utara (USU), teknologi densifikasi kayu ini telah diterapkan untuk meningkatkan kerapatan dan kekuatan batang kelapa sawit bagian dalam<sup>50,54,55,94,95</sup>.

Pengembangan teknologi densifikasi kayu masih menjadi perhatian para peneliti<sup>106,107</sup>, walaupun tahapan dan mekanisme fiksasinya baik secara fisik maupun kimia telah diketahui. Salah satu perkembangan penelitian densifikasi kayu ini adalah *Thermo Hydro Mechanical* (THM)<sup>108,109</sup>, yaitu kombinasi perlakuan antara suhu, kelembapan, dan gaya mekanik yang menyebabkan termodifikasinya kayu. Proses THM ini telah dikembangkan untuk menghasilkan material baru.

Prospek dan peluang di masa yang akan datang dari pengembangan teknologi densifikasi kayu ini kemungkinan besar adalah mengombinasikannya dengan teknologi impregnasi, atau umumnya disebut kompregnasi. Teknik ini mampu menurunkan penyerapan air akibat terbentuknya ikatan kovalen antar-senyawa dengan sel kayu serta terjadinya *cell wall bulking*<sup>110</sup>. Tipe impregnan yang digunakan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu (1) *nonbonded-leachable* berupa *aqueous solution* serta *polyethylene*; (2) *nonbonded-nonleachable* berupa *aqueous solution* dari resin PF; dan (3) *bonded-nonleachable* berupa senyawa anhidrida seperti *succinic anhydride*. Semakin banyak polimer yang mengisi rongga sel, semakin tahan kayu terhadap

air. Peningkatan sifat ini diikuti dengan peningkatan stabilitas dimensi dan kekuatan kayu<sup>111</sup>. Impregnasi dengan *anhydride* mampu meningkatkan stabilitas dimensi dan kekuatan kayu, karena selain gugus hidroksil di dinding sel menjadi lebih hidropobik, rongga sel telah terisi monomer (*cell bulking*)<sup>112</sup>. Selain tipe impregnan, teknik kompregnasi ini tergantung pada suhu dan waktu *curing*, *compression ratio*, serta *pretreatment* yang diterapkan<sup>68</sup>.

Produk-produk kayu kompresi yang dimanfaatkan untuk keperluan eksterior kemungkinan masih dapat mengalami pelapukan karena cuaca, terutama di daerah tropis yang memiliki kelembapan, intensitas cahaya matahari, dan curah hujan tinggi. Upaya untuk meningkatkan keawetan dan masa pakai kayu untuk penggunaan eksterior dapat dilakukan dengan teknik pelapisan permukaan atau *surface coating*. Kekasaran permukaan atau *surface roughness* adalah parameter utama untuk menentukan kualitas permukaan<sup>113</sup>, selain merupakan faktor penting dalam menentukan keterbasahan atau *wettability*<sup>114</sup>.

Metode *surface coating* untuk meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan dan radiasi *ultra violet* (UV) telah banyak dipelajari. Saat ini, bahan berukuran nano telah digunakan dalam struktur kayu untuk meningkatkan kualitas kayu. Fotostabilitas dari struktur kayu yang dilapisi oleh nano partikel seng oksida (ZnO) telah diteliti<sup>115</sup>. Nano ZnO memiliki sifat penghambatan terhadap bakteri, jamur, dan rayap<sup>116</sup>, resistensi radiasi UV<sup>117</sup>, dan resistensi terhadap pencucian<sup>118</sup>.

## 4.2 Teknologi Pelengkungan Kayu

Teknologi pelengkungan kayu utuh tidak berkembang sepesat teknologi densifikasi kayu, tetapi kombinasi perlakuan antara modifikasi panas dan kimia dapat diterapkan juga pada peleng-

kungan kayu. Modifikasi kimia dapat dilakukan melalui proses impregnasi bahan kimia aktif ke dalam kayu sebelum kayu dilengkungkan. Untuk mencapai fiksasi kayu lengkung, dapat digunakan resin sintetik PF dengan berat molekul rendah atau perekat alam yang ramah lingkungan, seperti asam sitrat. Untuk meningkatkan keawetan, masa pakai, dan ketahanan terhadap kelembapan serta radiasi *ultra violet* (UV) kayu lengkung tersebut, dapat diterapkan pula teknik pelapisan permukaan.

Kesulitan dalam menerapkan teknologi pelengkungan kayu utuh adalah karena memerlukan alat pres yang dilengkapi dengan komponen pemanas, serta hanya dapat dibuat dengan radius lengkung tertentu. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pelengkungan LVL menjadi produk inovatif lainnya dengan inovasi desain yang baru lebih berpeluang di masa yang akan datang, karena hanya membutuhkan alat klem yang dibuat dengan radius sesuai keinginan dan dapat direkatkan dengan perekat yang tanpa menggunakan panas (Gambar 4).

Akselerasi Alih/Diseminasi Teknologi Pelengkungan Kayu dan LVL ini menghasilkan Lisensi Perjanjian Kerja Sama dengan mitra swasta pada tahun 2017 untuk memproduksi mebel berbentuk lengkung. Jenis kayu yang digunakan adalah Sengon, Gmelina dan Jati cepat tumbuh dari hutan masyarakat.

Pada tahun 2018, telah dikembangkan teknologi sepeda kayu lengkung bersama mitra swasta<sup>119</sup>. Jenis-jenis kayu yang telah digunakan adalah kayu Karet, Jabon dan Jati Platinum. Kegiatan ini telah menghasilkan empat tipe sepeda, yaitu *manual* dan *electric fixie* (Gambar 5 dan 6), serta *mountain bike*, dan *minivello*. Selain itu, telah didaftarkan empat desain industri dan tiga diantaranya telah tersertifikasi, mendapatkan penghargaan *Transfer of Technology LIPI Award* tahun 2017, serta meng-

hasilkan Lisensi Perjanjian Kerjasama dengan mitra swasta yang ditandatangani pada tanggal 5 Maret tahun 2020.

Selanjutnya, sepeda kayu ini diharapkan dapat dikembangkan sebagai kendaraan di area *free-car*, seperti di kebun raya dan lokasi wisata lainnya.



## V. KESIMPULAN

Jenis-jenis kayu cepat tumbuh dapat ditingkatkan sifat fisik, mekanik, dan kekerasan permukaannya melalui peningkatan kerapatannya dengan teknologi densifikasi kayu. Namun, proses fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen mutlak diperlukan agar kayu yang telah dipres tidak mengalami *recovery* atau kembali ketebalan semula. Hasil penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa mekanisme fiksasi deformasi kayu kompresi yang permanen dengan metode panas ataupun uap panas disebabkan oleh pelepasan tegangan (*stress relaxation*) yang tersimpan di dalam mikrofibril dan matriks hemi-lignin yang diakibatkan oleh terdegradasinya polimer di dinding sel kayu, serta dekomposisi hemiselulosa dan lignin.

Dengan teknologi densifikasi dapat dihasilkan produk-produk kayu kompresi dari jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh yang memiliki kualitas setara dengan jenis-jenis kayu perdagangan komersial, serta kemungkinan akan membuka peluang pemanfaatannya sebagai bahan baku kayu konstruksi, ataupun produk akhir seperti lantai kayu dan komponen-komponen bangunan lainnya.

Tahapan dan mekanisme fiksasi pelengkungan kayu sama dengan densifikasi kayu, tetapi deformasi pada proses densifikasi kayu terjadi pada arah radial (tegak lurus serat), sedangkan pada proses pelengkungan kayu terjadi pada arah longitudinal (memanjang serat). Kesulitan dalam menerapkan teknologi pelengkungan kayu utuh adalah karena memerlukan alat pres yang dilengkapi dengan komponen pemanas, serta hanya dapat dibuat dengan radius lengkung tertentu. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pelengkungan LVL menjadi produk inovatif lainnya dengan inovasi desain yang baru lebih

berpeluang di masa yang akan datang, karena hanya membutuhkan alat klem yang dibuat dengan radius sesuai keinginan dan dapat direkatkan dengan perekat yang tanpa menggunakan panas.

Dengan teknologi pelengkungan kayu dan LVL, pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh dapat lebih efisien. Produk-produk berupa mebel dan sepeda kayu yang telah dikembangkan bersama mitra swasta masih membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas, kelayakan, dan *durability* serta inovasi desain-desain yang baru.

## VI. PENUTUP

Penurunan kemampuan hutan alam dalam menyediakan kayu perdagangan komersial berkualitas untuk kebutuhan bahan baku industri perkayuan di Indonesia merupakan sebuah tantangan. Diperlukan upaya diversifikasi sumber bahan baku industri perkayuan melalui pengembangan dan pemanfaatan jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh.

Hasil penelitian terkait potensi dari jenis-jenis kayu kurang dikenal dan cepat tumbuh ini diharapkan akan membuka peluang bagi jenis-jenis ini untuk dimanfaatkan dengan tepat sesuai sifat dan karakteristiknya. Tujuannya agar kayu-kayu tersebut dapat menjadi alternatif pemasok bahan baku industri perkayuan di Indonesia, yang masih menggunakan jenis-jenis kayu perdagangan komersial. Selain itu, jenis-jenis yang telah diteliti tersebut juga dapat diolah ke dalam berbagai produk berbasis kayu, dimulai dengan penanaman HTI untuk dijadikan bahan bakunya.

Agar hasil-hasil penelitian teknologi densifikasi dan pelengkungan kayu dapat dimanfaatkan oleh pihak pengguna, mitra swasta sebaiknya dilibatkan pada tahapan aplikasi. Selain itu, perlu dukungan pemerintah untuk memberikan ruang agar rekomendasi, teknologi, dan produk baru dari hasil-hasil penelitian dapat berkembang dengan baik dan dimanfaatkan oleh masyarakat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Mengakhiri orasi Pengukuhan Profesor Riset ini, perkenankanlah saya menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kepercayaan, dukungan, dan kesempatan kepada saya sehingga dapat mencapai jenjang ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo atas penetapan saya sebagai Peneliti Ahli Utama; Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Dr. Laksana Tri Handoko; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr.; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Gadis Sri Haryani; Tim Penelaah Naskah Orasi, Prof. Dr. Subyakto, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Euis Hermiati, M.Sc., dan Prof. Drs. Adi Santoso, M.Si.; serta Panitia Penyelenggara Acara Orasi Pengukuhan Profesor Riset.

Ucapan terima kasih tak lupa saya sampaikan kepada Pelaksana Tugas Deputy Bidang Ilmu Pengetahuan Hayati, Dr. Yan Rianto; Sekretaris Utama LIPI, Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; Deputy Bidang Ilmu Pengetahuan Hayati periode 2014–2019; Prof. Enny Sudarmonowati, Kepala Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Dr. Iman Hidayat; dan Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia LIPI, Dr. Heru Santoso, M.App.Sc.

Awal perjalanan saya sebagai seorang peneliti tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dan dukungan untuk melanjutkan studi dari Almarhum Dr. Nilyadi Kahar. Semoga beliau selalu mendapatkan rahmat-Nya.

Saya bersyukur telah menyelesaikan program sarjana di Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dengan pembimbing skripsi Ir. Padli Nurjaji, serta mendapatkan kesempatan un-

tuk melanjutkan program master dan doktor di Wood Research Institute Kyoto University dengan bimbingan Prof. Misato Norimoto dan Dr. Toshiro Morooka sehingga ilmu yang telah saya dapatkan selanjutnya menjadi bidang kepakaran saya.

Terima kasih kepada seluruh pimpinan dan pegawai Pusat Penelitian Biomaterial yang telah memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam bekerja. Tidak lupa saya sampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada para peneliti, yaitu Ika Wahyuni, Yusup Amin, Teguh Darmawan, Sukma Surya Kusumah, Sandi Sufiandi, Danang Sudarwoko Adi, Dwi Ajias Pramasari, Adik Bahanawan, Eka Lestari, Dimas Triwibowo, Prabu Satria Sejati, dan Bernadeta Ayu yang tidak henti-hentinya melakukan penelitian Bersama; serta para perekayasa, yaitu Jayadi, Sudarmanto, Fazhar Akbar, Syaiful, dan Syahrir yang selalu membantu sehingga dapat menghasilkan capaian berupa karya tulis ilmiah, prototipe-prototipe produk dan kerja sama penelitian dengan pihak mitra.

Doa selalu saya panjatkan bagi Ayahanda Kolonel Suprpto (alm) dan Ibu Hj. Praptati (almh.) yang telah membesarkan dan membuat saya mandiri. Semoga Allah Swt. selalu mengasihi mereka seperti mereka mengasihi ketika saya masih kecil. Terima kasih saya sampaikan pula kepada Kakanda Yuniar Setiabudi Ekopurwanto dan Adinda saya, yaitu Tri Suwarni, Agustina, dan Endang Sri Rejeki.

Terima kasih yang tak terhingga kepada istri tercinta, Ema Marianingsih yang setia mendampingi, memberikan pengertian, dan mendorong semangat serta Keluarga Besar Suprpto dan Sunarya yang selalu mendoakan yang terbaik untuk saya. Semoga capaian ini juga dapat memicu semangat Ananda Yudistira Nur Riyadi, Kintaro Aditya Rachmadi, dan Ramadhan Putra

Mahardika beserta menantu Dia Ariani dan Cucunda Muhammad Zayn Ariyadi untuk meraih cita-cita mereka masing-masing.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada panitia penyelenggara dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Akhir kata, terima kasih kepada seluruh hadirin yang telah berkenan mengikuti acara pengukuhan Profesor Riset ini.

*Wa billahi taufik wal hidayah, wassalamualaikum wa rahmatullahi wa barokatuh.*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abdi Z, Prakarsa I. Hutan tanaman industri sebagai langkah tepat rehabilitasi hutan di Kalimantan Selatan. Kalimantan Selatan: PT Hutan Rindang Banoa; 2006.
2. Anonim. Statistik produksi kehutanan. Jakarta: Subdirektorat Statistik Kehutanan, Badan Pusat Statistik; 2017.
3. Anonim. Rencana Strategis 2015-2019 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan; 2015.
4. Wahyuni I, **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T. 2007. Penyusunan *draft data base* jenis-jenis kayu di Kebun Raya Cibodas. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 257–263.
5. Wahyuni I, **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T. Jenis-jenis pohon kayu di Kebun Raya Cibodas. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan 2008; 1(2): 93–101.
6. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T. Penyusunan *draft data-base* jenis-jenis kayu di Kebun Raya Purwodadi. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 783–787.
7. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, Sufiandi S, Suja IM. Penyusunan *data base* dan pengukuran riap diameter 27 jenis kayu di Kebun Raya Eka Karya Bali. Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI, Palangkaraya 2008: 987–996.
8. **Dwianto W**, Wahyuni I, Adi DS. Observasi pemanfaatan jenis kayu *lesser-known* di Kebun Raya Bogor untuk kayu konstruksi melalui analisa *data base*. Prosiding Seminar Nasional XIII MAPEKI, Bali 2010: 666–672.
9. Anonim. Jenis-jenis pohon disusun berdasarkan nama daerah dan nama botaninya di seluruh Indonesia. Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan. Jakarta: Departemen Kehutanan; 1986.

10. Soerianegara I, Lemmens RHMJ. Plant resources of South-East Asia No. 5(1). Timber trees: Major commercial timber. Bogor: Prosea Publisher; 1994.
11. Lemmens RHMJ, Soerianegara I, Wong WC. 1995. Plant resources of South-East Asia No. 5(2). Timber trees: minor commercial timber. Bogor: Prosea Publisher; 1995.
12. Sosef MSM, Hong LT, Prawirohatmodjo. 1998. Plant Resources of South-East Asia No. 5(3). Timber trees: Lesser known timber. Bogor: Prosea Publisher; 1998.
13. Martawijaya A, Kartasujana I, Kadir K, Prawira SA. Indonesian wood atlas volume I. Bogor: Forest Products Research and Development Centre, Agency for Forestry Research and Development, Department of Forestry; 1986.
14. Martawijaya A, Kartasujana I, Mandang YI, Prawira SA Kadir K. Atlas kayu Indonesia Jilid II. Bogor: Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan; 1989.
15. Abdurrohman S, Mandang YI, Sutisna U. Atlas kayu Indonesia Jilid III. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan, Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan; 2004.
16. Mandang YI, Pandit IKN. Pedoman identifikasi jenis kayu di lapangan. Bogor: Yayasan Prosea dan Pusat Diklat Pegawai SDM Kehutanan; 2002.
17. Alrasjid H, Widiarti A. Teknik penanaman dan pemungutan *Gmelina arborea* (Yamane). Bogor: Informasi Teknis No. 36, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Bogor; 1992.
18. Kasmudjo, Sunarto S. Sifat-sifat kayu Mindi dan peluang penggunaannya. Prosiding Seminar Nasional II Mapeki. Yogyakarta 1999: 8–18.



19. Suwandhi I, Rasyid E, Darwis A, Rosmiati. Penyebaran pohon Gadog (*Bischofia javanica* Blume) di Jawa Barat dan uji karakteristik kayunya (Seri eksplorasi pohon khas dan langka Jawa Barat). Prosiding Seminar Nasional VII Mapeki. Makassar 2004: A210–214.
20. Rachman O, Malik J. Prospek pemanfaatan kayu Cengkeh (*Eugenia aromatica* L.) sebagai bahan baku mebel dan barang kerajinan. Prosiding Seminar Nasional II Mapeki. Yogyakarta 1999: 118–131.
21. Immamudin H, Suryana N, Suhatman A, Hidayat A (editor). An alphabetical list of plant species cultivated in the Cibodas Botanic Garden. Cianjur: Indonesian Institute of Sciences Cibodas Botanic Garden; 2005.
22. Soewilo RLP, Astuti IP, Said TD (editor). An alphabetical list of plant species cultivated in the Purwodadi Botanical Garden. Purwodadi: Indonesian Institute of Sciences Purwodadi Botanic Garden; 1999.
23. Siregar M, Lugrayasa IN, Annasa IBK, Mudiana D. (editor). An alphabetical list of plant species cultivated in 'Eka Karya' Botanic Garden. Bali: Indonesian Institute of Sciences 'Eka Karya' Botanic Garden; 2004.
24. Astuti IP, Poernama LS, Said TD, Kosasih RNA. (editor). An alphabetical list of plant species cultivated in the Bogor Botanical Garden. Bogor: Indonesian Institute of Sciences Bogor Botanic Garden; 2001.
25. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, Sudarmanto, Rustandi. Riap diameter sepuluh jenis kayu *lesser-known* di Kebun Raya Cibodas yang berpeluang untuk bahan baku kayu konstruksi. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 302–310.
26. Amin Y, **Dwianto W**, Wahyuni I, Darmawan T, Sudarmanto. Sifat fisik mekanik kayu Wangkal (*Albizia procera* (Roxb.) Benth) berdasarkan letak ketinggian dalam batang. Prosiding Seminar Nasional IX MAPEKI, Banjarbaru 2006: 428–436.

27. Amin Y, **Dwianto W**, Darmawan T, Wahyuni I, Budiman I. Riap diameter dan pendugaan volume biomassa beberapa jenis kayu kurang dikenal (*lesser known species*) di Kebun Raya Purwodadi, Pasuruan – Jawa Timur. Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI, Palangkaraya 2008: 1025–1031.
28. Amin Y, Wahyuni I, Darmawan T, **Dwianto W**, Sunarko. Sifat fisis dan mekanis cabang kayu *Schizolobium amazonicum* Ducke. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis 2011; 9(2): 182–187.
29. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Wahyuni I. Observasi jenis-jenis kayu cepat tumbuh di Kebun Raya Purwodadi dan Eka-karya Bali. Jurnal Rimba Kalimantan 2008; 13(2): 74–77.
30. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Wahyuni I. Pengaruh perbedaan tempat tumbuh terhadap riap diameter jenis-jenis kayu di Kebun Raya Purwodadi dan Eka Karya Bali. Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI, Palangkaraya 2008: 981–986.
31. Lestari E, Amin Y, Pramasari DA, Adi DS, **Dwianto W**. Morfologi serat beberapa jenis kayu asal pulau Enggano. Prosiding Seminar Lignoselulosa 2017: 15–19.
32. Lestari E, Amin Y, Pramasari DA, **Dwianto W**. Exploration of potential tree species in Sumba island. Teknologi Indonesia 2018; 41(1): 16–23.
33. Lestari E, Sumarsono A, Nugroho A, Triwibowo D, Amin Y. Eksplorasi jenis-jenis pohon di Pulau Simeulue. Prosiding Seminar Lignoselulosa 2018: 61–66.
34. Adi DS, Amin Y, Darmawan T, Pramasari DA, **Dwianto W**. Anatomical features and fiber characteristics of 2 and 5 years-old Platinum Teak wood. Proceedings of the 7th International Symposium Indonesian Wood Research Society, Bandung, Indonesia 2016: 251–255.
35. Pramasari DA, Wahyuni I, Adi DS, Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Effect of age on chemical component of Platinum Teak wood - A fast growing Teak wood from LIPI. Proceedings of the Sixth Symposium of Indonesian Wood Research Society, Medan, Indonesia 2015: 211–216.

36. Pramasari DA, Lestari E, Bahanawan A, Adi DS, **Dwianto W**. Kajian komponen kimia Jati Platinum berdasarkan umur pohon (II). Prosiding Seminar Nasional XVIII MAPEKI, Bandung 2015: 190–197.
37. Lestari E, Pramasari DA, Amin Y, Adi DS, Bahanawan A, **Dwianto W**. The chemical components changes of Platinum Teak wood. Proceedings of the 6th International Symposium for Sustainable Humanosphere. Bogor, Indonesia 2016: 165–171.
38. Adi DS, Sudarmanto, Ismadi, Gopar M, Darmawan T, Amin Y, **Dwianto W**, Witjaksono. Evaluation of the wood quality of Platinum Teak wood, *Teknologi Indonesia* 2016; 39(1): 36–44.
39. Prayitno TA. Pertumbuhan dan kualitas kayu. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM; 1994.
40. Amin Y, **Dwianto W**, Prianto AH. Sifat mekanik kayu kompresi. Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar 2004: A90–A95.
41. Tarmadi D, Amin Y, Prianto AH, Darmawan T, Yusuf S, **Dwianto W**. Termite resistance of nine Indonesian and compression wood. Proceedings of the Sixth International Wood Science Symposium, Bali, Indonesia 2005: 156–159.
42. **Dwianto W**, Subyakto. Fire performance of Albizia compressed wood using Cone Calorimeter. Proceeding of the Third International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan 2000: 31–36.
43. Sudiyani Y, **Dwianto W**. Karakterisasi kayu kompresi setelah diekspos pada cuaca buatan. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 248–255.
44. Seborg RM, Millet MA, Stamm AJ. Heat-stabilized compressed wood (Staypak). *Mech. Eng.* 1945; 67(1): 25–31.
45. Stamm AJ. Wood and cellulose science. The Ronald Press Company 1964; 343–358.
46. Hamdan S, **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Softening characteristics of wet wood under quasi-static loading. *Holzforchung* 2000; 54(5): 557–560.

47. Hamdan S, **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Fitting parameters for softening of wet wood under quasi static loading. *Holzforschung* 2004; 58: 134–137.
48. **Dwianto W**, Norimoto M, Morooka T, Tanaka F, Inoue M, Liu Y. Radial compression of Sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don). *Holz als Roh- und Werkstoff* 1998; 56: 403–411.
49. **Dwianto W**. Deformasi dinding sel kayu pada proses pengempresan arah transversal. *Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak* 2007: 30–33.
50. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**. Pengukuran tingkat pepadatan maksimum batang kelapa sawit. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2011; 9(1): 73–83.
51. Norimoto M, Gril J. Wood bending using microwave heating. *J. Microwave Power and Electromagnetic Energy* 1989; 24(4): 203–212.
52. Darwis A, Wahyudi I, **Dwianto W**. Fixation of Agathis and Gmelina densified woods at radial direction and observation of their anatomical structure. *Proceedings of the First Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bogor, Indonesia* 2009: 71–78.
53. **Dwianto W**, Yalinkilic MK. Fixation of compressive deformation of wood by vinyl polymerization. *Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII, Serpong* 2000: 73–80.
54. Hartono R, Febrianto F, Wahyudi I, **Dwianto W**, Morooka T. Pengaruh waktu impregnasi dan konsentrasi phenol formaldehyde terhadap sifat fisis dan mekanis batang kelapa sawit terpadatkan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 2010; 3(2): 61–65.
55. Hartono R, Hidayat W, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Jang JH, Kim NH. Effect of phenol formaldehyde impregnation on the physical and mechanical properties of soft inner part of oil palm trunk. *J. Korean Wood Sci. Technol* 2016; 44(6): 842–851.

56. Malik J, Ozarska B, **Dwianto W**, Santoso A. Effect of impregnation with polymerized Merbau extractive on density and fixation of compressed Jabon wood. Proceedings of the Eighth European Conference on Wood Modification, Helsinki, Finland 2015: 403–407.
57. Yalinkilic MK, **Dwianto W**. A new process for *in situ* polymerization of vinyl monomers in wood to delay boron leaching. The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 98-40110, 1998.
58. Yalinkilic MK, **Dwianto W**. Effect of post hot-compression of boron-treated wood at radial direction on boron leachability. Proceeding of the Second International Wood Science Seminar JSPS-LIPI, Serpong, Indonesia 1998: C69–C79.
59. Yalinkilic MK, **Dwianto W**. Biological resistance of steam-compressed wood pretreated with boric compounds. The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 99-30190, 1999.
60. Yalinkilic, MK, **Dwianto W**, Imamura Y, Tsunoda K, Takahashi M. Biological resistance of compressed wood pretreated with borates. The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 99, 1999.
61. **Dwianto W**, Subyakto. Fire retardant properties of treated Agathis wood. Proceedings of the Fourth International Wood Science Symposium, Serpong – Indonesia 2002: 44–50.
62. **Dwianto W**. The permanent fixation of compressive deformation in wood by heat treatment. Proceeding of the Third Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Kyoto, Japan 1996: 231–239.
63. **Dwianto W**. Permanent fixation of compressive deformation of Albizia wood (*Paraserienthes falcata*) by heat treatment. Proceeding of the First International Wood Science Seminar JSPS-LIPI, Kyoto, Japan 1996: 46–56.

64. **Dwianto W**, Inoue M, Norimoto M. Fixation of compressive deformation of wood by heat treatment. *Journal of the Japan Wood Research Society* 1997; 43(4): 303–309.
65. **Dwianto W**, Inoue M, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation of Albizia wood (*Paraserienthes falcataria*) by heat treatment. *Journal of Tropical Forest Products* 1998; 4(1): 59–67.
66. Inoue M, Norimoto M, Tanahashi M, Rowell RM. Steam or heat fixation of compressed wood. *Wood Fib. Sci.* 1993; 25: 224–235.
67. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. A method for measuring viscoelastic properties of wood under high-temperature and high-pressure steam conditions. *Journal of Wood Science* 1999; 45(5): 373–377.
68. Shams MI, Yano H, Endou K. Compressive deformation of wood impregnated with low molecular weight phenol formaldehyde (PF) resin I: effects of pressing pressure and pressure holding. *J Wood Sci* 2004; 50(4): 337–342.
69. Inoue M, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation in wood by heat treatment. *Wood Res. and Tech. Notes* 1991; 27: 31–40.
70. **Dwianto W**, Tanaka F, Inoue M, Norimoto M. Crystallinity changes of wood by heat or steam treatment. *Wood Research* 1996; 83: 47–49.
71. **Dwianto W**, Inoue M, Morooka T, Norimoto M. Mechanism of permanent fixation of transversal compressed deformation of wood heat or steam treatment. In: Imamura Y, Umezawa T, Hata T, editor. *Sustainable development and utilization of tropical forest resources*. Kyoto: Kyoto University; 2006. 35–41.
72. Stamm AJ, Hansen LA. Minimizing wood shrinkage and swelling effect of heating in various gases. *Ind. Eng. Chem.* 1937; 29(7): 831–833.
73. Hillis WE, Rozsa AN. The softening temperature of wood. *Holzforchung* 1978; 32(2): 68–73.

74. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. The compressive stress relaxation of wood during heat treatment. *Journal of the Japan Wood Research Society* 1998; 44(6): 403–409.
75. Hsu WE, Schwald W, Schwald J, Shield JA. Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable wood-based composites. *Wood Sci. Tech.* 1988; 22: 281–289.
76. Ito Y, Tanahashi, M, Shigematsu M, Shinoda Y. Compressive-molding of wood by high-pressure steam-treatments Part 2. Mechanism of permanent of fixation. *Holzforschung* 1998; 52(2): 217–221.
77. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M, Kitajima T. Stress relaxation of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) in radial compression under high-temperature steam. *Holzforschung* 1999; 53: 541–546.
78. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Compressive creep of wood under high-temperature steam. *Holzforchung* 2000; 54(1): 104–108.
79. Sudijono, **Dwianto W**, Yusuf S. Penurunan sifat mekanik kayu akibat perubahan kadar air dan suhu. *Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi* 2003: 73–83.
80. Sudijono, **Dwianto W**, Yusuf S, Iida I, Furuta Y, Minato K. Characterization of major, unused and unvalued Indonesian wood species I. Dependencies of mechanical property on the changes of moisture content and/or temperature. *Journal of Wood Science* 2004; 50: 371–374.
81. **Dwianto W**, Sudijono, Yusuf S, Iida I, Minato K. 2005. Hubungan antara Komposisi Kimia dan Sifat Lentur Statis pada Kondisi Pelunakan. *Prosiding Seminar Nasional VIII MAPEKI, Tenggara* 2005: A89–A95.
82. **Dwianto W**, Prianto AH, Amin Y. 2004. Metode pemilihan jenis untuk kayu lengkung dengan pembebanan arah sejajar serat pada kondisi pelunakan. *Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar* 2004: A143–A152.

83. Prianto AH, **Dwianto W**, Amin Y. 2004. Metode pemilihan jenis untuk kayu lengkung dengan pengujian lentur statis pada kondisi pelunakan. Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar 2004: A153–A161.
84. Norimoto M, Ota C, Akitsu H, Yamada T. Permanent fixation of bending deformation in wood by heat treatment. *Wood Research* 1993; 79: 23–33.
85. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y. 2007. Fiksasi kayu lengkung dengan pemanasan *oven*. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 207–213.
86. Makinaga M, Norimoto M, Inoue M. Permanent fixation of bending deformation of wood by steam treatment. *Wood Research* 1997; 84: 39–41.
87. **Dwianto W**, Subyakto. Pengamatan kenaikan suhu sebagai ukuran untuk menentukan kelas ketahanan kayu dan produk panel kayu terhadap api dengan uji Cone Calorimeter. Prosiding Seminar Nasional IV MAPEKI, Samarinda 2001: IV 210–214.
88. Amin Y, **Dwianto W**. Pengaruh suhu dan tekanan uap air terhadap fiksasi kayu kompresi dengan menggunakan *Close System Compression*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2006; 4(2): 55–60.
89. Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Pengaruh perendaman NaOH terhadap fiksasi kayu kompresi dengan menggunakan *Close System Compression*. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 240–247.
90. Adi DS, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Degradasi komponen kimia kayu akibat proses densifikasi kayu dengan metode *Close System Compression* (CSC). Prosiding Simposium Nasional Forum Teknologi Hasil Hutan (FTHH), Bogor 2009: 197–202.
91. Adi DS, Darmawan T, Amin Y, Suprapedi, **Dwianto W**. Optimalisasi perlakuan kimiawi pada proses kompresi kayu dengan metode *Close System Compression*. Prosiding Seminar Nasional XIII MAPEKI, Bali 2010: 327–334.



92. **Dwianto W**, Darmawan T, Adi DS, Amin Y, Wahyuni I, Fitria, Karina M. Mechanical properties and chemical changes of Mahoni wood (*Swietenia mahagoni*) by Close System Compression hot press machine. Proceedings of the International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology, Yogyakarta, Indonesia 2015: 117–123.
93. **Dwianto W**, Darmawan T, Fitria, Kusumah SS, Kusmawan D. 2014. Fixation of Talipot Palm (*Corypha utan* Lamarck) compression wood. Proceedings of the Fourth International Symposium for Sustainable Humansphere, Bandung, Indonesia 2014: 153–158.
94. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Kim NH. Peningkatan mutu batang kelapa sawit bagian dalam dengan *Close System Compression*. Prosiding Seminar Nasional XIV MAPE-KI, Yogyakarta 2011: 80–88.
95. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Hidayat W, Jang JH, Lee SH, Park SH, Kim NH. Quality Improvement of Oil Palm Trunk Properties by Close System Compression Method. J. Korean Wood Sci. Technol 2016; 44(2): 172–183.
96. Subiyanto B, **Dwianto W**, Higashihara T, Morooka T, Norimoto M. Permanent fixation of radially compressed bamboo in dry condition by heating and its mechanism. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis 2011; 9(1): 9–18.
97. **Dwianto W**, Suprapedi, Darmawan T, Jayadi, Nugroho A, Amin Y, Wahyuni I. Pilot scale of Close System Compression hot press machine. Proceedings of the Second Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bali, Indonesia 2010: 163–169.
98. Sufiandi S, **Dwianto W**, Darmawan T, Adi DS. Heat transfer analysis in a production scale of Close System Compression. Proceedings of the Second Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bali, Indonesia 2010: 170–174.

99. Sufiandi S, Kusumah SS, Wahyuni I, Amin Y. Business plan and feasibility study of wood compression production scale. Proceedings of the Second Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bali, Indonesia 2010: 175–179.
100. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Kusumah SS, Adi DS, Wahyuni I, Syamani FA, Ngeljaratan LN. Development of Close System Compression hot press machine and its compression trials. Proceeding of International Conference of Indonesia Forestry Researchers (INAFOR), Bogor, Indonesia 2011: 270–279.
101. Wahyuni I, Adi DS, Darmawan T, Sudarmanto, **Dwianto W**. Pengaruh waktu pengepresan terhadap perubahan komponen kimia kayu Durian kompresi skala pemakaian. Laporan Teknik UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial LIPI 2012.
102. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y, Prasetyo KW, Subiyanto B. Karakteristik LVL lengkung dengan proses kempa dingin. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis 2009; 7(2): 62–66.
103. Darmawan T, Adi DS, Amin Y, Ismadi, Kusumah SS, **Dwianto W**. Physical and mechanical properties of bended laminated veneer lumber (LVL). Proceedings of the 7th International Symposium Indonesian Wood Research Society, Bandung, Indonesia 2016: 271–276.
104. Darmawan T, Jayadi, Sudijono, Amin, Y, Wahyuni I, **Dwianto W**. Modifikasi alat pelengkung kayu skala pilot dengan menggunakan pemanas. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis 2006; 4(1): 1–8.
105. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y, Sudarmanto, Wahyuni I. Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap tingkat fiksasi pelengkungan kayu Kepuk (*Sterculia* sp.) skala pemakaian. Prosiding Seminar Nasional IX MAPEKI, Banjarbaru 2006: 268–273.
106. Sufiandi S, Darmawan T, **Dwianto W**. Mechanism of heat transfer using water in wood pores during wood densification. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012013. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012013.

107. Sufiandi S, Darmawan T, **Dwianto W**. Optical analysis of extractive materials distribution in wood densification. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012014. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012014.
108. Navi P, Pizzi A. Property changes in thermo-hydro-mechanical processing. *Holzforschung* 2015; 69(7): 863–873.
109. Hughes M, Hill C, Pfriem A. The toughness of hygrothermally modified wood – a review. *Holzforschung* 2015.
110. Rowell RM, Banks WB. Water repellency and dimensional stability of wood. Gen. Tech. Rep. FPL-50, Madison, WI (US): U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory 1985; 24 p.
111. Chen H, Lang Q, Bi Z, Miao X, Li Y, Pu J. Impregnation of poplar wood (*Populus euramericana*) with methylolurea and sodium silicate sol and induction of in-situ gel polymerization by heating. *Holzforschung* 2013; 68(1): 1–8.
112. Khalil AHPS, Bakare IO, Khairul A, Issam AM, Bhat I. Effect of anhydride modification on the thermal stability of cultivated *Accacia mangium*. *J. Wood Chem Tech* 2011; 31(2): 154–171.
113. Buyuksari U, Akbulut T, Guler C, As N. Wettability and surface roughness of natural and plantation-grown narrow-leaved ash. *Biores.* 2011; 6(4): 4721–4730.
114. Darmawan W, Nandika D, Noviyanti E, Alipraja I, Lumongga D, Gardner D, Gerardin P. Wettability and bonding quality of exterior coating on jaban and sengon wood surfaces. *J of Coat Tech and Res.* 2017; DOI:10.1007/s11998-017-9954-1
115. Beyer M, Weichelt F, Emmmler R, Flyunt R, Beyer E, Buchmeiser MR. ZnO-based UV nanocomposites for wood coatings in outdoor applications. *Macromol Mater Eng.* 2010; 295(2): 130–136.
116. Clousen CA, Yang VW, Arang RA, Green F. Feasibility of nanozinc oxide as a wood preservative. *American Wood Protection Association -Proceeding* 2009; 105: 255–260.

117. Blanchard V, Blanchet P. Color Stability for wood products during use: effects of inorganic nanoparticles. *BioResources*. 2011; 6: 1219–1229.
118. Clausen CA, Green F, Kartal SN. Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide. *Nanoscale Research Letters* 2010; 5(9): 1464–67.
119. **Dwianto W**, Darmawan T, Jayadi, Adiana DD. Development of bicycles with LVL curve frames. *Proceeding of International Symposium on Bioeconomics of Natural Resources Utilization (ISBINARU)*, Bogor, Indonesia 2017: 586–591.

## LAMPIRAN



**Gambar 1.** Kayu Randu Sebelum dan Sesudah Didensifikasi



**Gambar 2.** Alat Pres Skala Pemakaian dengan Metode CSC

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**Gambar 3.** Kayu Lengkung dengan Ketebalan 10, 20, 30 mm



**Gambar 4.** LVL Lengkung dengan Berbagai Radius Lengkung



**Gambar 5.** Sepeda Kayu Tipe *Manual Fixie*



**Gambar 6.** Sepeda Kayu Tipe *Electric Fixie*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

### Buku Nasional

1. Maryanto I, Rahajoe JS, Munawar SS, **Dwianto W**, Asikin D, Ariati SR, Sunarya Y, Susiloningsih D (Editor). Bioresources untuk pembangunan ekonomi hijau. Jakarta: LIPI Press; 2013.

### Bagian dari Buku Internasional

2. **Dwianto W**, Sudijono, Yusuf S, Sudiyani Y, Iida I, Minato K. Characterization of main and lesser used wood species grown in Indonesia. In: Imamura Y, Umezawa T, Hata T, editor. Sustainable development and utilization of tropical forest resources. Kyoto: Kyoto University. 2006. 25–34.
3. **Dwianto W**, Inoue M, Morooka T, Norimoto M. Mechanism of permanent fixation of transversal compressed deformation of wood heat or steam treatment. In: Imamura Y, Umezawa T, Hata T, editor. Sustainable development and utilization of tropical forest resources. Kyoto: Kyoto University. 2006. 35–41.

### Jurnal Internasional

4. Darwis A, Wahyudi I, **Dwianto W**, Cahyono TD. Densified wood anatomical structure and the effect of heat treatment on the recovery of set. *J. Indian Academic Wood Science* 2017. DOI 10.1007/s13196-017-0184-z.
5. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Hidayat W, Jang JH, Lee SH, Park SH, Kim NH. Quality Improvement of Oil Plm Trunk Properties by Close System Compression Method. *J. Korean Wood Sci. Technol* 2016; 44(2): 172–183.
6. Hartono R, Hidayat W, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Jang JH, Kim NH. Effect of phenol formaldehyde impregnation on the physical and mechanical properties of soft inner part of oil palm trunk. *J. Korean Wood Sci. Technol* 2016; 44(6): 842–851.



7. **Dwianto W**, Kusumah SS, Fitria, Purwanto Y, Gunawan H. A Project on restoration of damaged peat swamp forest at biosphere reserve, Riau Province through community empowerment. *Journal of Kuroshio Science* 2016; 9(2): 88–94.
8. **Dwianto W**, Fitria, Wahyuni I, Adi DS, Hartati S, Kaida R, Hayashi T. A new method for producing bioethanol from the lignocellulose of Meranti Bakau by enzymatic saccharification and fermentation. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences* 2014; 46(2): 169–174.
9. Yoshida T, **Dwianto W**, Honda Y, Uyama H, Azuma J. Removal of arabinose substituents from corn pericarp arabinoxylan. *Wood Research Journal* 2013; 4(1): 41–45.
10. Yoshida T, **Dwianto W**, Honda Y, Uyama H, Azuma J. Water vapor sorption behavior of arabinoxylan from corn pericarp. *Wood Research Journal* 2013; 4(1): 46–51.
11. Sakata M, Tokue M, Kaida R, Taji T, Sakata Y, Hayashi T, Narko D, Fitria, Adi DS, **Dwianto W**. Enzymatic Saccharification and Ethanol Production of Xylems from Purwodadi Botanical Garden Trees. *Wood Research Journal* 2012; 3(2): 117–120.
12. Takahashi Y, Tsubaki S, Sakamoto M, Watanabe S, **Dwianto W**, Azuma J. Chemical and mechanical properties of cuticular membranes isolated from young matured leaves of *Sonneratia alba*. *Wood Research Journal* 2011; 2(1): 69–72.
13. Hartati S, Sudarmonowati E, Fatriasari W, Hermiati E, **Dwianto W**, Kaida R, Baba K, Hayashi T. Wood characteristic of superior Sengon (*Paraserianthes falcataria*) collection and prospect of wood properties improvement through genetic engineering. *Wood Research Journal* 2010; 1(2): 103–107.
14. Sudijono, **Dwianto W**, Yusuf S, Iida I, Furuta Y, Minato K. Characterization of major, unused and unvalued Indonesian wood species I. Dependencies of mechanical property on the changes of moisture content and/or temperature. *Journal of Wood Science* 2004; 50: 371–374.

15. Hamdan S, **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Fitting parameters for softening of wet wood under quasi static loading. *Holzforchung* 2004; 58: 134–137.
16. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Compressive creep of wood under high-temperature steam. *Holzforchung* 2000; 54(1): 104–108.
17. Hamdan S, **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Softening characteristics of wet wood under quasi-static loading. *Holzforchung* 2000; 54(5): 557–560.
18. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. A method for measuring viscoelastic properties of wood under high-temperature and high-pressure steam conditions. *Journal of Wood Science* 1999; 45(5): 373–377.
19. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M, Kitajima T. Stress relaxation of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) in radial compression under high-temperature steam. *Holzforchung* 1999; 53: 541–546.
20. **Dwianto W**, Inoue M, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation of Albizia wood (*Paraserienthes falcataria*) by heat treatment. *Journal of Tropical Forest Products* 1998; 4(1): 59–67.
21. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. The compressive stress relaxation of wood during heat treatment. *Journal of the Japan Wood Research Society* 1998; 44(6): 403–409.
22. **Dwianto W**, Norimoto M, Morooka T, Tanaka F, Inoue M, Liu Y. Radial compression of Sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don). *Holz als Roh- und Werkstoff* 1998; 56: 403–411.
23. Yalinkilic MK, Tsunoda K, Takahashi M, Gezer ED, **Dwianto W**, Nemoto H. Enhancement of biological and physical properties of wood by boric acid-vinyl monomer combination treatment. *Holzforchung* 1998; 52(6): 563–676.

24. **Dwianto W**, Inoue M, Norimoto M. Fixation of compressive deformation of wood by heat treatment. *Journal of the Japan Wood Research Society* 1997; 43(4): 303–309.
25. **Dwianto W**, Tanaka F, Inoue M, Norimoto M. Crystallinity changes of wood by heat or steam treatment. *Wood Research* 1996; 83: 47–49.

### **Jurnal Nasional**

26. Lestari E, Amin Y, Pramasari DA, **Dwianto W**. Exploration of potential tree species in Sumba island. *Teknologi Indonesia. Teknologi Indonesia* 2018; 41(1): 16–23.
27. Adi DS, Sudarmanto, Ismadi, Gopar M, Darmawan T, Amin Y, **Dwianto W**, Witjaksono. Evaluation of the wood quality of Platignum Teak wood, *Teknologi Indonesia* 2016; 39(1): 36–44.
28. Hartono R, Sucipto T, **Dwianto W**, Darmawan T. Karakteristik papan lamina dari batang kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Rekayasa* 2015; 6(2): 54–59.
29. Adi DS, Wahyuni I, Risanto L, Rulliaty S, Hermiati E, **Dwianto W**, Watanabe T. Central Kalimantan fast growing species: Suitability for pulp and paper. *Indonesian Journal of Forestry Research* 2015; 2(1): 21–29.
30. Basri E, Abdurachman, **Dwianto W**. Pengaruh pengukusan dan pengempaan panas terhadap beberapa sifat kayu Jabon untuk bahan mebel. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2014; 12(2): 169–177.
31. Kaida R, Tokue M, Sakata M, Taji T, Sakata Y, Hayashi T, Kusumah SS, Darmawan T, Adi DS, **Dwianto W**. Enzymatic saccharification and ethanol production of xylems from Ekakarya Bali Botanical Garden trees. *Indonesian Polymer Journal* 2012; 15(2): 52–56.
32. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**. Pengukuran tingkat pemadatan maksimum batang kelapa sawit. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2011; 9(1): 73–83.

33. Amin Y, Wahyuni I, Darmawan T, **Dwianto W**, Sunarko. Sifat fisis dan mekanis cabang kayu *Schizolobium amazonicum* Ducke. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2011; 9(2): 182–187.
34. Subiyanto B, **Dwianto W**, Higashihara T, Morooka T, Norimoto M. Permanent fixation of radially compressed bamboo in dry condition by heating and its mechanism. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2011; 9(1): 9–18.
35. Adi DS, Risanto L, Wahyuni I, Fitria, Kusumah SS, **Dwianto W**, Hayashi T. Fiber and chemical characteristics of branchwoods of three Meranti species. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2011; 9(2): 166–171.
36. Hartono R, Febrianto F, Wahyudi I, **Dwianto W**, Morooka T. Pengaruh waktu impregnasi dan konsentrasi phenol formaldehid terhadap sifat fisis dan mekanis batang kelapa sawit terpadatkan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 2010; 3(2): 61–65.
37. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y, Prasetyo KW, Subiyanto B. Karakteristik LVL lengkung dengan proses kempa dingin. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2009; 7(2): 62–66.
38. Wahyuni I, **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T. Jenis-jenis pohon kayu di Kebun Raya Cibodas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 2008; 1(2): 93–101.
39. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Wahyuni I. Observasi jenis-jenis kayu cepat tumbuh di Kebun Raya Purwodadi dan Eka-karya Bali. *Jurnal Rimba Kalimantan* 2008; 13(2): 74–77.
40. **Dwianto W**, Marsoem, SN. Tinjauan hasil-hasil penelitian faktor-faktor alam yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik Kayu Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2008; 6(2): 85–100.
41. **Dwianto W**, Karina M. Fire resistance measurement of oil palm empty fruit bunch–plastic composites by combustibility test. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2008; 9(2): 150–155.

42. Darmawan T, Jayadi, Sudijono, Amin, Y, Wahyuni I, **Dwianto W**. Modifikasi alat pelengkung kayu skala pilot dengan menggunakan pemanas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2006; 4(1): 1–8.
43. Amin Y, **Dwianto W**. Pengaruh suhu dan tekanan uap air terhadap fiksasi kayu kompresi dengan menggunakan *Close System Compression*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2006; 4(2): 55–60.
44. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Fiksasi bambu Gombang dan Tali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2004; 2(1): 40–45.
45. Subyakto, **Dwianto W**. Sifat ketahanan api lima jenis kayu dengan pelapisan *carbon phenolic spheres (CPS)* yang diuji dengan *cone calorimeter*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2004; 2(1): 46–50.
46. Suryanegara L, **Dwianto W**. Pengaruh dimensi dan pre-kompresi terhadap sifat penyerapan air kayu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2004; 2(2): 79–82.
47. Subyakto, **Dwianto W**, Yusuf S. Beberapa sifat papan partikel Tusam dan Jeunjing yang direkat dengan isosianat. *Duta Rimba* 1990; 115–116(16): 11–16.

### **Prosiding Internasional**

48. Hartono R, Iswanto AH, Sucipto T, Cahyono TD, **Dwianto W**, Darmawan T. The effect of glue spreads and adhesive type on quality of board from oil palm trunk. *IOP Conf. Series* 2019: Earth and Environmental Science 260-012079.
49. **Dwianto W**, Bahanawan A, Darmawan T, Adi DS, Sufiandi S, Akbar F, Damayanti R. Lignocellulosic materials modification and engineering in relation to viscoelastic perspectives. *Proceeding of International Conference on Forest Products, Bogor, Indonesia 2018*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 359 (2019) 012013. *IOP Publishing* doi:10.1088/1755-1315/359/1/012013.

50. **Dwianto W**, Kusumah SS, Darmawan T, Amin Y, Bahanawan A, Pramasari DA, Lestari E, Himmi SK, Hermiati E, Fatriasari W, Laksana RPB, Damayanti R. Anatomical observation and characterization on basic properties of Agarwood (Gaharu) as an Appendix II CITES Wood. Proceedings of the 8th International Symposium for Sustainable Humanosphere. Medan, Indonesia 2018. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012062. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012062.
51. **Dwianto W**, Bahanawan A, Kusumah SS, Darmawan T, Amin Y, Pramasari DA, Lestari E, Akbar F, Sudarmanto. Study on the existence and characteristics of Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb) as an Appendix II CITES Wood. Proceedings of the 8th International Symposium for Sustainable Humanosphere. Medan, Indonesia 2018. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012063. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012063.
52. Bahanawan A, Kusumah SS, Darmawan T, Ismadi, Masruchin N, Sudarmanto, Jayadi, Pramasari DA, Triwibowo D, Kusumaningrum WB, Wibowo ES, Syamani FA, Krishanti NPRA, Lestari E, Amin Y, Sufiandi S, Syahrir A, **Dwianto W**. Moisture content, color quantification and starch content of oil palm trunk (*Elaeis guineensis* Jacq.). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012041. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012041.
53. Sufiandi S, Darmawan T, **Dwianto W**. Mechanism of heat transfer using water in wood pores during wood densification. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012013. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012013.
54. Sufiandi S, Darmawan T, **Dwianto W**. Optical analysis of extractive materials distribution in wood densification. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 374 (2019) 012014. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/374/1/012014.
55. Sucipto T, Hartono R, **Dwianto W**. Determination of wood wettability properties of oil palm trunk, *Shorea* sp. and *Paraserianthes falcataria* by contact angle method. IOP Conf. Series 2018: Earth and Environmental Science 122-012141.

56. Surjosatyo A, Dewantoro BR, Saragih BR, Nainggolan F, **Dwianto W**, Darmawan T. Selecting and testing of wind turbine blades of the local-wood growing fast on local wind characteristics. The 2nd International Tropical Renewable Energy Conference (i-TREC). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 105 (2017) 012095. DOI:10.1088/1755-1315/105/1/012095.
57. **Dwianto W**, Darmawan T, Jayadi, Adiana DD. Development of bicycles with LVL curve frames. Proceeding of International Symposium on Bioeconomics of Natural Resources Utilization (ISBINARU), Bogor, Indonesia 2017: 586–591.
58. Hartono R, **Dwianto W**, Wahyudi I, Febrianto F, Morooka T. Fixation of soft-inner part of oil palm trunk by Close System Compression Method. IOP Conf. Series 2017: Materials Science and Engineering 180 – 012016.
59. Lestari E, Pramasari DA, Amin Y, Adi DS, Bahanawan A, **Dwianto W**. The chemical components changes of Platinum Teak wood. Proceedings of the 6th International Symposium for Sustainable Humanosphere. Bogor, Indonesia 2016: 165–171.
60. Darmawan T, Adi DS, Amin Y, Ismadi, Kusumah SS, **Dwianto W**. Physical and mechanical properties of bended laminated veneer lumber (LVL). Proceedings of the 7th International Symposium Indonesian Wood Research Society, Bandung, Indonesia 2016: 271–276.
61. Adi DS, Amin Y, Darmawan T, Pramasari DA, **Dwianto W**. Anatomical features and fiber characteristics of 2 and 5 years-old Platinum Teak wood. Proceedings of the 7th International Symposium Indonesian Wood Research Society, Bandung, Indonesia 2016: 251–255.
62. **Dwianto W**, Darmawan T, Fitria, Pramasari DA. Total utilization of oil palm trunk. Proceedings of the Sixth Symposium of Indonesian Wood Research Society, Medan, Indonesia 2015: 33–40.

63. Pramasari DA, Wahyuni I, Adi DS, Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Effect of age on chemical component of Platinum Teak wood - A fast growing Teak wood from LIPI. Proceedings of the Sixth Symposium of Indonesian Wood Research Society, Medan, Indonesia 2015: 211–216.
64. Hartono R, Sucipto T, Simarmata F, Ginting B, Hidayat R, Pasaribu DP, **Dwianto W**. Variation surface layer and glue spread on laminated board with core of Oil Palm trunk. Proceedings of the Sixth Symposium of Indonesian Wood Research Society, Medan, Indonesia 2015: 242–246.
65. **Dwianto W**, Darmawan T, Adi DS, Amin Y, Wahyuni I, Fitria, Karina M. Mechanical properties and chemical changes of Mahoni wood (*Swietenia mahagoni*) by Close System Compression hot press machine. Proceedings of the International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology, Yogyakarta, Indonesia 2015: 117–123.
66. Malik J, Ozarska B, **Dwianto W**, Santoso A. Effect of impregnation with polymerized Merbau extractive on density and fixation of compressed Jabon wood. Proceedings of the Eighth European Conference on Wood Modification, Helsinki, Finland 2015: 403–407.
67. Adi DS, Risanto L, Damayanti R, Rullyati S, Dewi LM, Susanti R, **Dwianto W**, Hermiati E, Watanabe T. Exploration of Unutilized Fast Growing Wood Species from Secondary Forest in Central Kalimantan: Study on the Fiber Characteristic and Wood Density. *Procedia Environmental Sciences* 2014; 20: 321–327.
68. **Dwianto W**, Darmawan T, Fitria, Kusumah SS, Kusmawan D. 2014. Fixation of Talipot Palm (*Corypha utan* Lamarck) compression wood. Proceedings of the Fourth International Symposium for Sustainable Humansphere, Bandung, Indonesia 2014: 153–158.



69. Sri Hartati N, **Dwianto W**. In vitro shoots and callus induction of Meranti Bakau on medium containing different types of antioxidant and growth regulator. Proceedings of the Fourth International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bandung, Indonesia 2014: 209–214.
70. **Dwianto W**, Adi DS, Wahyuni I, Fitria, Kaida R, Hayashi T. Enzymatic saccharification and ethanol production of xylems from Indonesian Botanical Garden trees. Proceedings of the Fifth International Symposium of Indonesian Wood Research Society, Balikpapan, Indonesia 2014: 55–59.
71. Gunawan H, Kobayashi S, Mizuno K, Kono Y, **Dwianto W**, Kusumah SS. The promotion of rural communities participation to conserve biomass and carbon functions of peatland ecosystem in Riau Biosphere Reserve. Proceedings of the Third International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bengkulu, Indonesia 2013: 137–144.
72. **Dwianto W**, Fitria, Wahyuni I, Sri Hartati N, Hayashi T. 2013. A study on the mechanism of cellulose degradation by enzym. Proceedings of the Third International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bengkulu, Indonesia 2013: 176–180.
73. **Dwianto W**, Fitria, Wahyuni I, Adi DS, Sri Hartati N, Kaida R, Hayashi T. Relationships between chemical components of wood and their ethanol production. Proceedings of the Second Korea-Indonesia Workshop and International Symposium on Bioenergy from Biomass, Puspiptek-Serpong, Indonesia 2012: 87–90.
74. Wahyuni I, Adi DS, Amin Y, Kusumah SS, Darmawan T, **Dwianto W**, Hayashi T. Chemical properties and sugar released of Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) NIELSEN) stem and branch-wood. Proceedings of the Second International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bandung, Indonesia 2012: 142–145.
75. Sukara E, **Dwianto W**, Fitria, Kusumah SS, Darmawan T, Gunawan H. Biovillage concept for community development: Case study in Temiang Village–Riau Biosphere Reserve Area. Proceedings of the Second International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bandung, Indonesia 2012: 161–165.

76. **Dwianto W**, Fitria, Gunawan H, Hayashi T. Meranti Bakau as a potential wood species in Riau peat swamp forest. Proceedings of the International Workshop on Sustainable Management of Bio-resources in Tropical Peat-swamp Forest, MAB Indonesia, Cibinong, Indonesia 2011: 151–157.
77. **Dwianto W**, Kusuma SS, Darmawan T, Fitria, Wahyuni I, Adi DS, Hartati S, Kaida R, Hayashi T. Searching for preeminent wood species with high sugar released and fast growing characteristics in Indonesian Botanical Gardens for bioethanol production. Proceedings of the First International Symposium for Sustainable Humanosphere, Pattimura University, Ambon, Indonesia 2011: 37–40.
78. Wahyuni I, Kusumah SS, Amin Y, Darmawan T, Adi DS, **Dwianto W**. Basic properties of Kedawung (*Parkia timoriana* (dc.) Merr.) branchwoods. Proceedings of the First International Symposium for Sustainable Humanosphere, Pattimura University, Ambon, Indonesia 2011: 77–83.
79. Adi DS, Risanto L, Wahyuni I, Fitria, Kusumah SS, **Dwianto W**, Hayashi T. Fiber characteristics and chemical properties of branchwoods of three different species of Meranti collected from Bukit Batu peat swamp forest, Riau. Proceedings of the First International Symposium for Sustainable Humanosphere, Pattimura University, Ambon, Indonesia 2011: 134–136.
80. **Dwianto W**, Fitria, Wahyuni I, Adi DS, Sri Hartati N, Kaida R, Hayashi T. Relationships between chemical components of wood and its sugar released. Proceeding of the International Conference on Sustainable Future for Human Security (SUSTAIN 2011), Kyoto University, Kyoto, Japan 2011: 449–452.
81. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Kusumah SS, Adi DS, Wahyuni I, Syamani FA, Ngeljaratan LN. Development of Close System Compression hot press machine and its compression trials. Proceeding of International Conference of Indonesia Forestry Researchers (INAFOR), Bogor, Indonesia 2011: 270–279.

82. **Dwianto W**, Suprapedi, Darmawan T, Jayadi, Nugroho A, Amin Y, Wahyuni I. Pilot scale of Close System Compression hot press machine. Proceedings of the Second Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bali, Indonesia 2010: 163–169.
83. Sufiandi S, **Dwianto W**, Darmawan T, Adi DS. Heat transfer analysis in a production scale of Close System Compression. Proceedings of the Second Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bali, Indonesia 2010: 170–174.
84. Darwis A, Wahyudi I, **Dwianto W**. Fixation of *Agathis* and *Gmelina* densified woods at radial direction and observation of their anatomical structure. Proceedings of the First Symposium of Indonesian Wood Research Society, Bogor, Indonesia 2009: 71–78.
85. Yusuf S, **Dwianto W**, Sudijono, Kawato Y, Iida I, Minato K. Characterization of fifteen Indonesian wood species from the physical, mechanical and chemical aspects. Proceedings of the Sixth International Wood Science Symposium, Bali, Indonesia 2005: 98–102.
86. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T. Influence of NaOH pre-treatment on fixation of compressed wood. Proceedings of the Sixth International Wood Science Symposium, Bali, Indonesia 2005: 103–108.
87. Tarmadi D, Amin Y, Prianto AH, Darmawan T, Yusuf S, **Dwianto W**. Termite resistance of nine Indonesian and compression wood. Proceedings of the Sixth International Wood Science Symposium, Bali, Indonesia 2005: 156–159.
88. **Dwianto W**, Prianto AH, Amin Y, Rosalita Y. Detection of cracking sound on static bending test of wood compression by acoustic emission monitoring. Proceedings of the Fifth International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan 2004: 81–85.
89. **Dwianto W**, Sudijono, Iida I, Subyakto, Yusuf S. Mechanical properties, fire performance and termite resistance of *Acacia mangium* Wild. Proceeding of International Symposium on Sustainable Utilization of *Acacia mangium*. Wood Research Institute, Kyoto University, Japan 2003: 128–139.

90. **Dwianto W**, Subyakto. Fire retardant properties of treated *Agathis* wood. Proceedings of the Fourth International Wood Science Symposium, Serpong, Indonesia 2002: 44–50.
91. **Dwianto W**, Subyakto. Fire performance of *Albizia* compressed wood using Cone Calorimeter. Proceeding of the Third International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan 2000: 31–36.
92. Yalinkilic MK, **Dwianto W**. Effect of post hot-compression of boron-treated wood at radial direction on boron leachability. Proceeding of the Second International Wood Science Seminar JSPS-LIPI, Serpong, Indonesia 1998: C69–C79.
93. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. The permanent fixation of compressive deformation in wood by heat treatment. Proceeding of the Third Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Kyoto, Japan 1996: 231–239.
94. **Dwianto W**, Morooka T, Norimoto M. Permanent fixation of compressive deformation of *Albizia* wood (*Paraserienthes falcata*) by heat treatment. Proceeding of the First International Wood Science Seminar JSPS-LIPI, Kyoto, Japan 1996: 46–56.
95. **Dwianto W**, Subyakto. Bamboo overlays particleboard for panel products diversification. Proceeding of the Second Indonesia-JI-CA Polymer Symposium Cum-Workshop, Bandung, Indonesia 1990: 296–295.

### Prosiding Nasional

96. Lestari E, Sumarsono A, Nugroho A, Triwibowo D, Amin Y. Eksplorasi jenis-jenis pohon di Pulau Simeulue. Prosiding Seminar Lignoselulosa 2018: 61–66.
97. **Dwianto W**, Bahanawan A, Kusumah SS, Darmawan T, Amin Y, Himmi KS, Pramasari DA, Lestari E, Damayanti R, Dewi, LM. Karakterisasi dan pengamatan anatomi jenis-jenis kayu Appendix II CITES. Prosiding Seminar CITES 2018: 103–110.
98. Lestari E, Amin Y, Pramasari DA, Adi DS, **Dwianto W**. Morfologi serat beberapa jenis kayu asal pulau Enggano. Prosiding Seminar Lignoselulosa 2017: 15–19.

99. Pramasari DA, Lestari E, Bahanawan A, Adi DS, **Dwianto W**. Kajian komponen kimia Jati Platinum berdasarkan umur pohon (II). Prosiding Seminar Nasional XVIII MAPEKI, Bandung 2015: 190–197.
100. Sucipto T, Hartono R, **Dwianto W**, Darmawan T. Karakteristik papan laminasi batang Kelapa Sawit dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat. Prosiding Seminar Nasional XVII MAPEKI, Medan 2014: 96–104.
101. Asri N, Ahmad I, Handoyo SS, Budiman I, **Dwianto W**. Perbedaan metode pengkondisian papan semen sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L) terhadap sifat fisik dan mekaniknya. Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XVI, Balikpapan 2013: 97–102.
102. Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, Adi DS, Kusumah SS, **Dwianto W**. Distribusi kerapatan kayu dalam kayu kompresi skala pemakaian. Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XV, Makassar 2012. 156–164.
103. **Dwianto W**, Sufiandi S, Kusumah SS, Adi DS, Fitria, Kaida R, Hayashi T. Celullose-lignin ratio to predict sugar released values. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Proses dan Produk Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia, Universitas Parahyangan, Bandung 2012: 108–112.
104. Hartono R, Wahyudi I, Febrianto F, **Dwianto W**, Kim NH. Peningkatan mutu batang kelapa sawit bagian dalam dengan *Close System Compression*. Prosiding Seminar Nasional XIV MAPEKI, Yogyakarta 2011: 80–88.
105. Darmawan T, Kusumah SS, Adi DS, Amin Y, Ismadi, **Dwianto W**. Pengembangan balok bambu laminasi skala pemakaian. Prosiding Seminar Nasional XIV MAPEKI, Yogyakarta 2011: 454–461.
106. Adi DS, Kusumah SS, Darmawan T, Wahyuni I, **Dwianto W**, Hayashi T. Observasi anatomi tiga jenis Meranti: Kajian terhadap mikroskopik dan makroskopik kayunya. Prosiding Seminar Nasional XIV MAPEKI, Yogyakarta 2011: 815–818.

107. Kaida R, Sakata M, Tokue M, Taji T, Sakata Y, Hayashi T, Sukara E, Suprapedi, Adi DS, **Dwianto W**. Enzymatic saccharification and ethanol production of xylems from Cibodas Botanical Garden trees. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia*, Serpong 2011: 118–121.
108. Hartono R, Febrianto F, Wahyudi I, **Dwianto W**, Morooka T. Pengaruh waktu impregnasi dan konsentrasi phenol formaldehid terhadap sifat fisis dan mekanis batang Kelapa Sawit terpadatkan. *Prosiding Seminar Nasional XIII MAPEKI*, Bali 2010: 281–289.
109. Adi DS, Darmawan T, Amin Y, Suprapedi, **Dwianto W**. Optimasi perlakuan kimiawi pada proses kompresi kayu dengan metode *Close System Compression*. *Prosiding Seminar Nasional XIII MAPEKI*, Bali 2010: 327–334.
110. **Dwianto W**, Wahyuni I, Adi DS. Observasi pemanfaatan jenis kayu *lesser-known* di Kebun Raya Bogor untuk kayu konstruksi melalui analisa *data base*. *Prosiding Seminar Nasional XIII MAPEKI*, Bali 2010: 666–672.
111. Darwis A, Wahyudi I, **Dwianto W**. Fiksasi kayu Agathis dan Gmelina terpadatkan pada arah radial. *Prosiding Seminar Nasional XII MAPEKI*, Bandung 2009: 166–171.
112. Adi DS, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Degradasi komponen kimia kayu akibat proses densifikasi kayu dengan metode *Close System Compression (CSC)*. *Prosiding Simposium Nasional Forum Teknologi Hasil Hutan (FTHH)*, Bogor 2009: 197–202.
113. **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan T, Wahyuni I. Pengaruh perbedaan tempat tumbuh terhadap riap diameter jenis-jenis kayu di Kebun Raya Purwodadi dan Eka Karya Bali. *Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI*, Palangkaraya 2008: 981–986.
114. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, Sufiandi S, Suja IM. Penyusunan *data base* dan pengukuran riap diameter 27 jenis kayu di Kebun Raya Eka Karya Bali. *Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI*, Palangkaraya 2008: 987–996.

115. Amin Y, **Dwianto W**, Darmawan T, Wahyuni I, Budiman I. Riap diameter dan pendugaan volume biomassa beberapa jenis kayu kurang dikenal (*lesser known species*) di Kebun Raya Purwodadi, Pasuruan – Jawa Timur. Prosiding Seminar Nasional XI MAPEKI, Palangkaraya 2008: 1025–1031.
116. **Dwianto W**. Deformasi dinding sel kayu pada proses pengempresan arah transversal. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 30–33.
117. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y. 2007. Fiksasi kayu lengkung dengan pemanasan *oven*. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 207–213.
118. Amin Y, Darmawan T, **Dwianto W**. Pengaruh perendaman NaOH terhadap fiksasi kayu kompresi dengan menggunakan *Close System Compression*. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 240–247.
119. Wahyuni I, **Dwianto W**, Amin Y, Darmawan. 2007. Penyusunan *draft data base* jenis-jenis kayu di Kebun Raya Cibodas. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 257–263.
120. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T, Sudarmanto, Rustandi. Riap diameter sepuluh jenis kayu *lesser-known* di Kebun Raya Cibodas yang berpeluang untuk bahan baku kayu konstruksi. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 302–310.
121. **Dwianto W**, Wahyuni I, Amin Y, Darmawan T. Penyusunan *draft data-base* jenis-jenis kayu di Kebun Raya Purwodadi. Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI, Pontianak 2007: 783–787.
122. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y, Sudarmanto, Wahyuni I. Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap tingkat fiksasi pelengkungan kayu Kepuk (*Sterculia* sp.) skala pemakaian. Prosiding Seminar Nasional IX MAPEKI, Banjarbaru 2006: 268–273.
123. Amin Y, **Dwianto W**, Wahyuni I, Darmawan T, Sudarmanto. Sifat fisik mekanik kayu Wangkal (*Albizia procera* (Roxb.) Benth) berdasarkan letak ketinggian dalam batang. Prosiding Seminar Nasional IX MAPEKI, Banjarbaru 2006: 428–436.

124. **Dwianto W**, Yalinkilic MK. 2000. Fixation of compressive deformation of wood by vinyl polymerization. Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII, Serpong: 73–80.
125. **Dwianto W**, Sudijono, Yusuf S, Iida I, Minato K. 2005. Hubungan antara Komposisi Kimia dan Sifat Lentur Statis pada Kondisi Pelunakan. Prosiding Seminar Nasional VIII MAPEKI, Tenggaraong 2005: A89–A95.
126. Amin Y, **Dwianto W**, Prianto AH. Sifat mekanik kayu kompresi. Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar 2004: A90–A95.
127. **Dwianto W**, Prianto AH, Amin Y. 2004. Metode pemilihan jenis untuk kayu lengkung dengan pembebanan arah sejajar serat pada kondisi pelunakan. Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar 2004: A143–A152.
128. Prianto AH, **Dwianto W**, Amin Y. 2004. Metode pemilihan jenis untuk kayu lengkung dengan pengujian lentur statis pada kondisi pelunakan. Prosiding Seminar Nasional VII MAPEKI, Makasar 2004: A153–A161.
129. **Dwianto W**. Pengukuran nilai tegangan - regangan bambu Gombang dan Tali. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 26–34.
130. Sudijono, **Dwianto W**. Pengaruh arah pembebanan terhadap nilai keteguhan patah kayu kompresi. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 54–58.
131. Sudijono, **Dwianto W**, Yusuf S. Penurunan sifat mekanik kayu akibat perubahan kadar air dan suhu. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 73–83.
132. **Dwianto W**, Subyakto. 2003. Hubungan antara sifat ketahanan api dengan sifat mekanik kayu. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 121–130.
133. Sudiyani Y, **Dwianto W**. Karakterisasi kayu kompresi setelah diekspos pada cuaca buatan. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 248–255.



134. Yusuf S, **Dwianto W**. Penelitian pendahuluan pengaruh perendaman air panas terhadap sifat keawetan kayu. Prosiding Seminar Nasional VI MAPEKI, Bukittinggi 2003: 272–277.
135. Subyakto, **Dwianto W**. Pengaruh pelapisan *Graphite Phenolic Sphere* (GPS) terhadap sifat ketahanan api kayu dan kayu lapis. Prosiding Seminar Nasional IV MAPEKI, Samarinda 2001: IV 159–166.
136. **Dwianto W**, Subyakto. Pengamatan kenaikan suhu sebagai ukuran untuk menentukan kelas ketahanan kayu dan produk panel kayu terhadap api dengan uji Cone Calorimeter. Prosiding Seminar Nasional IV MAPEKI, Samarinda 2001: IV 210–214.
137. **Dwianto W**. 2000. Sifat-sifat mekanik kayu Scots Pine yang dipres dengan menggunakan alat Iso-Static Pressing. Prosiding Seminar Nasional III MAPEKI, Jatinangor 2000: 26–32.
138. **Dwianto W**, Subyakto. Peningkatan sifat kekuatan kayu dengan perlakuan suhu tinggi yang optimum. Prosiding Seminar Nasional II MAPEKI, Yogyakarta 1999: 72–79.
139. Subyakto, Subiyanto B, Sudijono, Sudyani Y, **Dwianto W**, Gopar M. Pengembangan papan bambu komposit. Prosiding Seminar Ilmiah Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Fisika Terapan LIPI 1993: 108–125.
140. Sudyani Y, **Dwianto W**, Yusuf S, Subyakto. 1990. Pemanfaatan limbah industri bambu untuk memperluas cakrawala produk dan meningkatkan nilai tambah bambu. Proceeding Seminar Pengembangan Industri dan Kerajinan Bambu beserta Pemantapan Penyediaan Bahan Bakunya, Jakarta 1990: 13–15.

## DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

### Daftar Paten

1. Darmawan T, **Dwianto W**, Kusumah SS, Jayadi, Sudarmanto, Amin Y, Prianto AH. Proses Pelengkungan Kayu dengan Perlakuan Uap Panas. No. P00201810001: 2018.
2. **Dwianto W**, Suprapedi, Darmawan T, Jayadi, Nugroho A, Amin Y, Wahyuni I. Mesin Kempa Kayu Sistem Tertutup. No. S00200900266: 2009.

### Daftar Desain Industri

3. **Dwianto W**, Adiana DD, Darmawan T, Jayadi, Sudarmanto, Syahrir A, Ismadi, Triwibowo D. Rangka Sepeda. Sertifikat No. IDD000053321: 2018.
4. Darmawan T, **Dwianto W**, Amin Y, Jayadi, Sudarmanto, Syahrir A, Ismadi, Triwibowo D, Lestari E, Kusumah SS, Pramasari DA. Rangka Sepeda. Sertifikat No. IDD000053322: 2018.
5. Darmawan T, Jayadi, Sudarmanto, Syahrir A, Akbar F, Ismadi, Prianto AH, **Dwianto W**. Rangka Sepeda Kayu Tipe Sepeda Gunung. Pendaftaran No. A00201700863: 2017.
6. Darmawan T, Jayadi, Sudarmanto, Syahrir A, Akbar F, Saepulloh, Ismadi, Prianto AH, **Dwianto W**. Rangka Sepeda. Sertifikat No. IDD000050073: 2017.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Data Pribadi

Nama : Dr. Ir. Wahyu Dwianto, M.Agr.  
Tempat, Tanggal Lahir : Surabaya, 18 April 1960  
Anak ke : Dua dari lima bersaudara  
Nama Ayah Kandung : Suprpto  
Nama Ibu Kandung : Praptati  
Nama Istri : Ema Marianingsih  
Jumlah Anak : Tiga  
Nama Anak : 1. Yudistira Nur Riyadi, S.T  
2. Kintaro Aditya Rachmadi, S.Ab.  
3. Ramadhan Putra Mahardika  
Nama Instansi : Pusat Penelitian Biomaterial  
Judul Orasi : Pengembangan Teknologi Densifikasi dan Pelengkungan Kayu untuk Meningkatkan Pemanfaatan Jenis-jenis Kayu Kurang Dikenal dan Cepat Tumbuh  
Bidang Keahlian : Ilmu Kayu dan Teknologi Hasil Hutan  
No. SK Pangkat Terakhir : Nomor 30/K Tahun 2018  
No. SK Peneliti Ahli Utama : Nomor 83/M Tahun 2017

## B. Pendidikan Formal

No	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	Dapena	Surabaya/ Indonesia	1972
2.	SMP	Cikini	Jakarta/Indonesia	1975
3.	SMA	Cikini	Jakarta/Indonesia	1979
4.	S1	Institut Pertanian Bogor	Bogor/Indonesia	1984
5.	S2	Kyoto University	Kyoto/Jepang	1996
6.	S3	Kyoto University	Kyoto/Jepang	1999

## C. Pendidikan Nonformal

No	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
1.	JSPS Bilateral Project Bidang Composite Wood Products	Wood Research Institute (WRI)/Kyoto University/ Jepang	1986
2.	JSPS Bilateral Project Bidang Composite Wood Products	WRI/Kyoto University/ Jepang	1988
3.	JSPS Bilateral Project Bidang Wood Property Enhancement	WRI/Kyoto University/ Jepang	1993
4.	Kursus bahasa Jepang	Kyoto University/ Jepang	1993
5.	Management of Forests and Wood Industries	Uppsala University/ Swedia	1999
6.	JSPS Core University Program Bidang Wood Science	WRI/Kyoto University/ Jepang	2000
7.	JSPS Core University Prog- ram Bidang Wood Science	WRI/Kyoto University/ Jepang	2001
8.	JSPS Core University Prog- ram Bidang Wood Science	Kyoto Prefectural University	2002

No	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
9.	JSPS Core University Program Bidang Wood Science	Kyoto Prefectural University	2003
10	JSPS Core University Program Bidang Wood Science	Kyoto Prefectural University	2004
11.	JSPS Collaboration Research	RISH Kyoto University/ Jepang	2010
12.	JSPS Bilateral Project	Osaka University/ Jepang	2011
13.	JSPS Bilateral Project	Osaka University/ Jepang	2012
14.	JASTIP Program	RISH Kyoto University/ Jepang	2016
15.	Program Pendidikan Non Gelar Riset Pro	Scotland UK	2016
16.	JASTIP Program	RISH Kyoto University/ Jepang	2017
17.	JSPS Bridge Fellowships Program	RISH Kyoto University/ Jepang	2017
18.	JASTIP Program	RISH Kyoto University/ Jepang	2018
19.	JSPS Invitational Fellowships Program	RISH Kyoto University/ Jepang	2019

#### D. Jabatan Struktural

No	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Kepala Seksi Pengembangan Teknologi	Unit Pelaksana Teknis (UPT) Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial	2008–2012
2.	Kepala Bidang Pengelolaan dan Diseminasi Hasil Penelitian (PDHP)	Pusat Penelitian Biomaterial	2014–2016

## E. Jabatan Fungsional

No	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Peneliti Ahli Muda III/d	2005
2.	Peneliti Ahli Madya IV/a	2007
3.	Peneliti Ahli Madya IV/c	2013
4.	Peneliti Ahli Utama IV/d	2017

## F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Anggota Dewan Editor LIPI Press	LIPI	2015
2.	Anggota Tim Penilai Jabatan Fungsional Peneliti	LIPI	2016–2019
3.	Memimpin kegiatan litbang eksternal instansi, JASTIP R-04: <i>Searching and Characterization of Economically Potential Utilizations of Tropical Wood and Bamboo Species</i>	JASTIP	2015–2019
4.	Memimpin kegiatan litbang eksternal instansi, JASTIP R-13: <i>Development of ECO-house Concepts for A Traditional-Modern Combination Design of Wooden House Construction</i>	JASTIP	2018–2019
5.	Memimpin kegiatan litbang internal instansi, CITES: Karakterisasi Sifat Fisik, Mekanik dan Anatomi Kayu Gaharu, Ramin, Pterocarpus dan Dalberia dari berbagai Provenance untuk Klarifikasi dan Standardisasi	CITES LIPI	2018

## G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	<i>The First Indonesia-JICA Symposium on Polymeric Materials Characterization</i>	Peserta	JICA (Bandung)	1989
2.	<i>The Second Indonesia-JICA Polymer Symposium Cum Workshop</i>	Pembicara	JICA (Bandung)	1990
3.	X-ray Diffraction Workshop	Peserta	JICA (Bandung)	1990
4.	<i>Training Tensile Tester</i>	Peserta	JICA (Bandung)	1990
5.	Seminar Pengembangan Industri dan Kerajinan Bambu beserta Pemantapan Penyediaan Bahan Bakunya	Peserta	Asosiasi Bambu Indonesia (Jakarta)	1990
6.	Simposium Fisika Nasional XIII	Penyaji Makalah	Puslitbang Fisika Terapan (Bandung)	1991
7.	Seminar Sehari Teknologi Pengeringan dan Pengawetan Kayu	Peserta	Departemen Kehutanan (Jakarta)	1991
8.	Penataran Metodologi Penelitian	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Bandung)	1991
9.	<i>Second Asean Symposium on Polymers</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Bandung)	1992
10.	Seminar Ilmiah Hasil-hasil Penelitian	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	1993

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
11.	<i>The First International Wood Science Seminar JSPS-LIPI</i>	Penyaji Makalah	Kyoto University (Kyoto)	1996
12.	<i>The Third Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium</i>	Penyaji Makalah	Kyoto University (Kyoto)	1996
13.	<i>One Day Seminar Technology and Environment</i>	Peserta	PPI (Kyoto)	1997
14.	<i>The Second International Wood Science Seminar JSPS-LIPI</i>	Penyaji Makalah	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	1998
15.	Seminar Nasional II MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Yogyakarta)	1999
16.	Seminar <i>Laser Incising of Wood dan Dyeing of Wood Utilizing Sap-flow of Living Tree</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	1999
17.	Seminar <i>An Introduction to Termite Problems in Japan, Taxonomy of Coptotermes</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	1999
18.	Seminar <i>Bamboo Formation; Softening Behavior of Bamboo by Heat and Steam Treatment; Smoke Drying for Bamboo and Wood; and Charcoal Production Technology for Bamboo</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	1999



No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
19.	<i>The Third International Wood Science Symposium</i>	Penyaji Makalah	Kyoto University (Kyoto)	2000
20.	Seminar Nasional III MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Jatinangor)	2000
21.	Simposium Fisika Nasional XVIII	Penyaji Makalah	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	2000
22.	Seminar <i>Recent Development of Composite Wood Products and their Application in Japan; and Softening Behavior of Bamboo by Heat and Steam Treatment</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Bandung)	2000
23.	Seminar <i>the Mechanisms behind the Improved Dimensional Stability of Particleboards Made from Steam Pre-treated Particles</i>	Peserta	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	2000.
24.	Seminar Nasional IV MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Samarinda)	2001
25.	<i>The Fourth International Wood Science Symposium</i>	Penyaji Makalah	Puslitbang Fisika Terapan (Serpong)	2002
26.	<i>International Symposium on Sustainable Utilization of Acacia mangium</i>	Penyaji Makalah	Kyoto University (Kyoto)	2003

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
27.	<i>Workshop and Ex- pose Fundamental Research Scientific Result of Indonesia – Japan Cooperation Program</i> (LIPI – JSPS)	Organizing Committee	LIPI – JSPS (Jakarta)	2003
28.	Seminar Nasional VI MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Bukittinggi)	2003
29.	Workshop Manaje- men Komersialisasi Hasil-Hasil Riset dan Teknologi	Peserta	Kementrian Riset dan Teknologi (Jakarta)	2003
30.	Seminar <i>Biodegrada- tion and Protection of Wood</i> oleh Prof. Kunio Tsunoda, Wood Research Institute, Kyoto University	Organizing Committee	UPT Balibang Biomaterial (Cibinong)	2003
31.	Seminar <i>Colorimetry of Wood and Its Ap- plications</i> oleh Dr. M. Nakamura Graduate School of Agriculture, Kyoto University	Organizing Committee	UPT Balibang Biomaterial (Cibinong)	2003

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
32.	<i>Seminar Prenylation Enzyme Accepting Aromatic Substrate Involved in Secondary Metabolism in Plants</i> oleh Prof. Kazufumi Yazaki, Wood Research Institute, Kyoto University	Organizing Committee	UPT Balibang Biomaterial (Cibinong)	2003
33.	<i>The Fifth International Wood Science Symposium</i>	Penyaji Makalah	Kyoto University (Kyoto)	2004
34.	Seminar Nasional VII MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Makasar)	2004
35.	<i>Seminar What Genes Act when Bamboo Grows Up? Comprehensive Analysis of Bamboo Shoot Elongation</i> oleh Prof. Masahiro Sakamoto, Graduate School of Agriculture, Kyoto University	Organizing Committee	UPT Balibang Biomaterial (Cibinong)	2004

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
36.	Seminar <i>Altering Product Outcome in Abies grandis (-)-Limonene Synthase and (-)-Limonene (-) alpha-Phinene Synthase by Domain Swapping and Directed Mutagenesis</i> oleh Dr. Sadanobu Katoh, Faculty of Science and Engineering, Shimane University	Organizing Committee	UPT Balibang Biomaterial (Cibinong)	2004
37.	Lokakarya Pengelolaan Laboratorium dalam rangka Peningkatan Kualitas Pendidikan	Penyaji Makalah	Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor	2004
38.	<i>The Sixth International Wood Science Symposium</i>	Committee/ Penyaji Makalah	UPT Balibang Biomaterial (Bali)	2005
39.	Seminar Nasional VIII MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Tenggarong)	2005
40.	Simposium Peran Bioteknologi dalam Pengembangan Pengetahuan Tradisional untuk Meningkatkan Investasi Daerah	Peserta	Pusat Penelitian Bioteknologi (Cibinong)	2006

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
41.	Seminar Nasional Bioteknologi “ <i>Capturing Opportunities through Biotechnology</i> ”	Peserta	Pusat Penelitian Bioteknologi (Cibinong)	2006
42.	Seminar Nasional IX MAPEKI	Peserta	MAPEKI (Banjarbaru)	2006
43.	Seminar Nasional X MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Pontianak)	2007
44.	Seminar Nasional XI MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Palangkaraya)	2008
45.	<i>The Forth Kyoto University-Southeast Asian Forum</i>	Committee	CSEAS (Bogor)	2009
46.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pengarah	UPT Balibang Biomaterial (Bogor)	2009
47.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pengarah	UPT Balibang Biomaterial (Bengkulu)	2009
49.	<i>The First Symposium of Indonesian Wood Research Society</i>	Vice Chair	IWORS (Bogor)	2009
50.	Seminar Nasional XII MAPEKI	Peserta	MAPEKI (Bandung)	2009
51.	Simposium Nasional Forum Teknologi Hasil Hutan (FTHH)	Peserta	Forum Teknologi Hasil Hutan (Bogor)	2009
52.	<i>The Second Symposium of Indonesian Wood Research Society</i>	Penyaji Makalah	IWORS (Bali)	2010

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
53.	Seminar Nasional XIII MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Bali)	2010
54.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pen- garah	UPT Balibang Biomaterial (Yogyakarta)	2010
55.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pen- garah	UPT Balibang Biomaterial (Ambon)	2011
56.	<i>The First International Symposium for Sustainable Humano- sphere</i>	Penyaji Makalah	Pattimura Uni- versity (Ambon)	2011
57.	<i>International Conference of Indonesia Forestry Researchers (INAFOR)</i>	Penyaji Makalah	Puslitbang Hasil Hutan (Bogor)	2011
58.	Prosiding Seminar Nasional XIV MAPEKI	Peserta	MAPEKI (Yogyakarta)	2011
59.	Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia	Peserta	Serpong	2011
60.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pen- garah	UPT Balibang Biomaterial (Bandung)	2012
61.	<i>The Second International Symposium for Sustainable Humano- sphere</i>	Penyaji Makalah	UPT Balibang Biomaterial (Bandung)	2012

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
62.	<i>The Second Korea-Indonesia Workshop and International Symposium on Bio-energy from Biomass</i>	Penyaji Makalah	Puslit Kimia (Serpong)	2012
63.	Seminar Nasional MAPEKI XV	Peserta	MAPEKI (Makassar)	2012
64.	Seminar Nasional Inovasi Teknologi Proses dan Produk Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia	Penyaji Makalah	Universitas Parahyangan (Bandung)	2012
65.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pengarah	UPT Balibang Biomaterial (Bengkulu)	2013
66.	<i>The Third International Symposium for Sustainable Humano-sphere</i>	Penyaji Makalah	UPT Balibang Biomaterial (Bengkulu)	2013
67.	Seminar Nasional XVI MAPEKI	Penyaji Makalah	MAPEKI (Balikpapan)	2013
68.	Seminar Nasional MAKSI		MAKSI (Bogor)	2013
69.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pengarah	Puslit Biomaterial (Bandung)	2014
70.	<i>The Fourth International Symposium for Sustainable Humano-sphere</i>	Penyaji Makalah	Puslit Biomaterial (Bandung)	2014

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
71.	<i>The Fifth International Symposium of Indonesian Wood Research Society</i>	Penyaji Makalah	IWORS (Balikpapan)	2014
72.	Seminar Nasional XVII MAPEKI	Peserta	MAPEKI (Medan)	2014
73.	<i>Humanosphere Science School</i>	Dewan Pen- garah	Puslit Biomaterial (Jakarta)	2015
74.	<i>The 18th Kyoto University Southeast Asia Forum and 2015's HAKU Meeting</i>	Dewan Pen- garah	HAKU (Aceh)	2015
75.	<i>The International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology</i>	Penyaji Makalah	Puslit Fisika (Yogyakarta)	2015
76.	<i>The Sixth Symposium of Indonesian Wood Research Society</i>	Penyaji Makalah	IWORS (Medan)	2015
77.	Seminar Nasional XVIII MAPEKI	Peserta	MAPEKI (Bandung)	2015
78.	<i>The 6th International Symposium for Sustainable Humano- sphere</i>	Peserta	Puslit Biomaterial (Bogor)	2016
79.	<i>The 7th International Symposium Indonesian Wood Research Society</i>	Peserta	IWORS (Bandung)	2016



No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
80.	<i>The 7th International Symposium of Sustainable Humansphere</i>	Invited Speaker	Bogor	2017
81.	<i>The 6th Southeast Asia Network Forum (SNAF) and HAKU Meeting</i>	Penyaji Makalah	HAKU (Malang)	2017
82.	<i>International Symposium on Bioeconomics of Natural Resources Utilization (ISBINARU)</i>	Penyaji Makalah	Puslit Bioteknologi (Bogor)	2017
83.	Seminar Lignoselulosa	Peserta	Puslit Biomaterial (Cibinong)	2017
84.	<i>The 3rd JASTIP Bioresources and Biodiversity Workshop and the 2nd Humansphere Asia Research Node Workshop toward Sustainable Utilization of Tropical Bioresources</i>	Penyaji Makalah	Puslit Biomaterial (Bogor)	2017
85.	<i>The 4th JASTIP Symposium "Biomass to Energy, Chemicals, and Functional Materials"</i>	Penyaji Makalah	NASDA (Thailand)	2017
86.	<i>The 9th International Symposium of Indonesian Wood Research Society</i>	Penyaji Makalah	IWORS (Bali)	2018

Buku ini tidak diperjualbelikan.

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Peran/ Tugas</b>	<b>Penyelenggara (Kota, Negara)</b>	<b>Tahun</b>
87.	<i>The 5th JASTIP Symposium</i>	Invited Speaker	JASTIP (Malaysia)	2018
88.	<i>The 6th JASTIP Symposium</i>	Invited Speaker	JASTIP (BSD City)	2018
89.	<i>International Conference on Forest Products</i>	Invited Speaker	Puslitbang Hasil Hutan (Bogor)	2018
90.	<i>The 8th International Symposium for Sustainable Humano-sphere</i>	Penyaji Makalah	Puslit Biomaterial (Medan)	2018
91.	Seminar Lignoselulosa	Peserta	Puslit Biomaterial (Cibinong)	2018
92.	Seminar CITES	Penyaji Makalah	Puslit Biologi (Cibinong)	2018
93.	<i>The 7th JASTIP Symposium</i>	Penyaji Makalah	JASTIP (BSD City)	2019
94.	<i>The 9th International Symposium for Sustainable Humano-sphere</i>	Penyaji Makalah	Puslit Biomaterial (Bogor)	2019
95.	Seminar Lignoselulosa	Peserta	Puslit Biomaterial (Cibinong)	2019
96.	<i>The 3<sup>rd</sup> International Symposium of JAAI</i>	Penyaji Makalah	JAAI (Bogor)	2019
97.	<i>The 4<sup>th</sup> SATREPS Seminar</i>	Penyaji Makalah	SATREPS (Kyoto University)	2019

## H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal

No	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis	Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI)	Ketua Redaksi	2003–2012
2.	Wood Research Journal	Indonesian Wood Research Society (IWORS)	Chief Editor	2013–2019
3.	Journal of Wood Science	Japan Wood Research Society (JWRS)	Editor Manager Team	2019
4.	Jurnal Penelitian Hasil Hutan	Puslitbang Hasil Hutan	Tim Editor	2019
5.	Jurnal Kimia Terapan Indonesia	Himpunan Kimia Indonesia	Mitra Bestari	2019
6.	Biodiversitas, Journal of Biological Diversity	Universitas Airlangga Surabaya	Mitra Bestari	2019

## I. Karya Tulis Ilmiah

No	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	3
2.	Bersama Penulis Lainnya	137
	Total	140

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	58
2.	Bahasa Inggris	82
3.	Bahasa Lainnya	-
	Total	140

## J. Pembinaan Kader Ilmiah

### Pejabat Fungsional Peneliti

No	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Yusup Amin	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2006–saat ini
2.	Ika Wahyuni	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2007–2012
3.	Teguh Darmawan	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2007–saat ini
4.	Sandi Sifiandi	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2008–2019
5.	Sukma Surya Kusumah	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2010–2019
6.	Danang Sudarwoko Adi	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2010–saat ini
7.	Dwi Ajias Pramasari	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2015–2019
8.	Eka Lestari	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2015–2018
9.	Adik Bahanawan	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2015–saat ini
10.	Dimas Triwibowo	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2018–saat ini
11.	Prabu Satria Sejati	Puslit Biomaterial LIPI	Penelitian & publikasi	2019–saat ini

## Mahasiswa

No	Nama	PT/ Universitas	Peran/Tugas	Tahun
1.	Atmawi Darwis	Universitas Winaya Mukti Jatinangor	Membimbing Ma- hasiswa Pasca-sar- jana S2	2008
2.	Rudi Hartono	Universitas Sumatera Utara Medan	Membimbing Ma- hasiswa Pasca-sar- jana S3	2012
3.	Noviana Asri	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2012
4.	Moh. Haepi Muzayyin	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2013
5.	Rendhy Karunia Budhi	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2013
6.	Sabaruddin	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2013
7.	Ardhy Krisnanto	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2013
8.	Oetomo Ariobimo	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2015
9.	Muhammad Fathul Rohman	Universitas Negeri Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2015
10.	Arrazi Johan	Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2016
11.	Suherman	Universitas Kuningan	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2019
12.	Aziz Rumbaremata	Universitas Darussalam Ambon	Membimbing Ma- hasiswa Sarjana S1	2019

## K. Organisasi Profesi Ilmiah

No	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Japan Wood Research Society (JWRS)	1994–1999
2.	Ketua Bidang Publikasi dan Informasi Penerbitan Berkala Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis	Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI)	2003–2012
3.	Ketua Bidang Penerbitan Berkala Berbahasa Inggris <i>Wood Research Journal</i>	MAPEKI	2013–2018
4.	Ketua	JSPS Alumni Association of Indonesia (JAAI)	2020–2022
4.	Anggota	MAPEKI	2003–saat ini
5.	Anggota	Perhimpunan Polimer Indonesia (HPI)	2012–saat ini
6.	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia (HIMPENINDO)	2019–saat ini

## L. Tanda Penghargaan

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Satyalancana Karya Satya 10 Tahun	Presiden RI	1995
2.	Satyalancana Karya Satya 20 Tahun	Presiden RI	2005
3.	Satyalancana Karya Satya 30 Tahun	Presiden RI	2015
4.	Transfer Teknologi	LIPI	2017



## **LIPI Press**

Gedung PDDI LIPI, Lantai 6  
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710  
Telp. (+62 21) 573 3465  
E-mail: [press@mail.lipi.go.id](mailto:press@mail.lipi.go.id)  
Website: [lipipress.lipi.go.id](http://lipipress.lipi.go.id)



Buku ini tidak diperjualbelikan.