

## Potensi bambu swat (*gigantochloa verticillata*) sebagai material karbon aktif untuk adsorbed natural gas (ANG)

Dewa Ngakan Ketut Putra Negara<sup>1)\*</sup>, Tjokorda Gde Tirta Nindhia<sup>2)</sup>,  
I Wayan Surata<sup>3)</sup>, dan Made Sucipta<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik, Pasca Sarjana Universitas Udayana, Denpasar Bali.

<sup>2,3,4)</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

### Abstrak

Bambu merupakan material biomassa yang banyak diteliti, diproduksi sebagai karbon aktif dan diaplikasikan di berbagai bidang kehidupan. Namun sangat sedikit bahkan hampir tidak ditemukan referensi yang membahas kegunaan karbon aktif dari bambu sebagai adsorbent untuk Adsorbed Natural Gas (ANG). Penelitian ini difokuskan untuk mengkaraktisasai dan mengevaluasi potensi bambu swat (*Gigantochloa verticillata*) sebagai material dasar karbon aktif untuk aplikasi ANG. Pengujian yang dilakukan meliputi uji proximate, uji ultimate, uji komposisi kimia dan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bambu swat memiliki kandungan lignin 22,9920%, selulosa 44,2247%, volatile 88,32%, carbon 43,42%, ash 1,83%, silica (1,8664%) dan nitrogen 1,7065%. Bambu swat memiliki ikatan pembuluh yang terdiri atas satu ikatan pembuluh (xilem dan floem) dan dua ikatan serat yang terletak di sebelah dalam dan luar dari ikatan pembuluh. Secara umum dapat dikatakan bahwa bambu jenis ini memiliki kandungan selulosa, volatile dan karbon yang cukup tinggi serta ash, silica, hydrogen dan nitrogen yang rendah sehingga bambu swat sangat berpotensi digunakan sebagai material sumber karbon aktif.

Kata kunci: Karbon aktif, bambu swat, ANG, lignin, selulosa, analisa ultimate dan proximates

### Abstract

Bamboo is a biomass material widely researched, produced as activated carbon and applied in various life fields. However, very little or almost no references were found with regard to utilization of bamboo activated carbon as adsorbent for Adsorbed Natural Gas (ANG). This study is concerned to characterize and evaluate potency of bamboo swat (*Gigantochloa verticillata*) as a precursor of activated carbon for ANG application. Examinations conducted were proximate, ultimate, chemical composition tests and microstructure observation. The results showed that bamboo swat have a lignin content 22.9920%, cellulose 44.2247%, volatile 88.32%, carbon 43.42%, ash 1.83%, silica 1.8664% and nitrogen 1.7065%. The type of bamboo swat vascular bundles consist of a single bond vessels (xylem and phloem) and two ligament fibers are located on the inside and outside of the vascular bundles. Generally, it can be said this type of bamboo has high contents of cellulose, volatile and carbon and low contents of ash, silica and nitrogen so that it has great potential as a source of activated carbon..

Keywords: Activated carbon, bamboo swat, ANG, lignin, cellulosa, ultimate and proximate analysis

### 1. Pendahuluan

Dewasa ini karbon aktif banyak digunakan di berbagai bidang kehidupan seperti di bidang industri, kesehatan dan pertanian. Di bidang industri karbon aktif digunakan untuk memisahkan bermacam jenis polutan seperti zat warna dan ion logam dari limbah industri [1], sebagai material katode battery Li-S [2], sebagai penyimpanan gas [3-7] dan lainnya. Hal ini karena sifat-sifat unik yang dimiliki oleh karbon aktif seperti porositas yang tinggi [8, 9], luas permukaan yang sangat besar [10], kapasitas penyerapan yang tinggi [11] dan memiliki kekuatan mekanis yang tinggi. Karbon aktif komersial umumnya bersumber dari batu bara yang merupakan sumber karbon yang tidak dapat diperbaharui dan harganya mahal [12]. Hal ini mendorong banyak peneliti untuk mengembangkan karbon aktif dari biomassa, seperti dari palm [13], kulit kelapa [14-16], dan bambu [2, 13, 17-20].

Bambu adalah salah satu biomas yang banyak diteliti sebagai sumber karbon aktif karena keunggulan karakteristik yang dimilikinya. Bambu memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, ketinggian maksimumnya dapat dicapai hanya dalam beberapa bulan [21] dan dewasa dalam tiga tahun. Bambu merupakan tanaman tropis dan tumbuh secara alami di semua benua kecuali Eropa [22]. Di Asia bambu tumbuh di China, Thailand, Vietnam [23] dan Indonesia. Bambu tumbuh hampir di seluruh wilayah Indonesia, baik yang tumbuh secara alami maupun yang tumbuh karena dibudidayakan. Khususnya di Bali, bambu banyak dimanfaatkan sebagai material bangunan, mebel, peralatan rumah tangga, sarana upacara keagamaan dan rebungnya merupakan sumber makanan yang lezat. Bahkan daunnya banyak digunakan sebagai pembungkus kue tradisional Bali. Bambu memiliki kandungan karbon yang tinggi (48,64%) dan kandungan nitrogen, sulfur

\*Korespondensi: Tel./Fax.: 62 361 703321

E-mail: devputranegara@unud.ac.id

©Teknik Mesin Universitas Udayana 2016

dan hydrogen yang rendah yaitu berturut turut 0,14%, 0,11% dan 6,75% [24]. Komposisi kimia dari bambu mirip dengan kayu dengan kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa lebih dari 90% dari total masanya. Secara umum kandungan alpha selulosa dari bamboo adalah 40-50% sedangkan kandungan alpha selulosa dari kayu lunak dan kayu keras adalah 40-52% dan 38-56%. [25, 26]. Sedangkan kandungan lignin bambu berkisar 20-26%. Dengan komposisi kimia seperti itu bambu memiliki kriteria yang bagus sebagai sumber karbon aktif.

Bambu dapat dibuat menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi adalah suatu proses untuk memepertkaya kandungan karbon dalam bahan karbon dengan mengeliminasi unsur-unsur non karbon menggunakan dekomposisi termal [27], mengurangi kandungan *volatile* dari bahan baku dan mengkonversi menjadi *char* dengan kandungan *fix karbon* yang lebih tinggi. Sedangkan proses aktivasi (aktifasi fisika atau kimia) bertujuan untuk mengembangkan porositas lebih lanjut dan menghasilkan struktur teratur yang pada akhirnya membentuk karbon aktif dengan porositas padat yang tinggi [4]. Beberapa peneliti telah mengembangkan karbon aktif dari bambu untuk berbagai aplikasi seperti untuk pemisahan logam berat [28], sebagai material litium - sulfur battery [2], pemurnian limbah air [13], material katode superkapasitor [20] dan lainnya. Walaupun telah banyak diteliti karbon aktif dari bambu untuk berbagai aplikasi, belum ditemukan penelitian karbon aktif dari bamboo sebagai adsorben untuk *Adsorbed Natural Gas* (ANG).

Pada ANG, gas metana diserap dan disimpan dalam karbon aktif sehingga molekul molekul metana dalam fasa terserap memiliki jarak yang jauh lebih dekat dibandingkan molekul pada fasa tidak terserap. Akibatnya molekul-molekul gas metana akan berperilaku seperti cair dan memiliki *density* yang tinggi. Sebagai adsorben ANG, karbon aktif haruslah memiliki miropori dan *surface area* yang tinggi. Dengan komposisi kimia yang dimilikinya, bambu memiliki kriteria yang bagus sebagai sumber karbon aktif. Dibandingkan dengan karbon berbasis kayu, karbon aktif berbasis bambu memiliki 4 kali lebih besar mikropori dan 10 kali lebih besar *surface area* [29].

Disamping itu bambu sangat mudah didapat dan memiliki daur tebang yang lebih pendek (3-5 tahun) dibandingkan dengan kayu [25]. Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik dan kualitas dari karbon aktif adalah komposisi kimia dari material asal yang digunakan. Pada penelitian ini, dilakukan karakterisasi dan evaluasi awal terhadap bambuswat sebagai material dasar karbon aktif untuk aplikasi ANG.

## 2. Metode

### 2.1. Bahan

Bambu yang digunakan adalah bamboo swat (*Gigantochloa verticillata*) yang diambil dari daerah Payangan – Gianyar Bali. Bambu ini mempunyai diameter berkisar dari 11 – 15 cm dengan ketebalan 1 - 1,5 cm yang pada kondisi mentah memiliki ciri khas berupa garis-garis pada batangnya, seperti ditunjukkan pada gambar 1 (a). Bambu yang sudah dewasa dipotong kecil-kecil, dikeringkan selama 5 hari dengan sinar matahari dan dipanaskan di dalam dapur listrik selama 1 jam pada suhu 110°C sampai tidak terjadi perubahan berat. Potongan-potongan kecil ini selanjutnya dibuat menjadi powder seperti gambar 1 (c). Masing-masing 5 gram powder digunakan untuk uji komposisi kimia, uji *proximate* dan uji *ultimate*. Sedangkan untuk mengetahui struktur mikro, bambu dipotong dengan ukuran 3 x 1 cm dan diresin untuk memudahkan dalam proses polishing, seperti ditunjukkan pada gambar 1(b).



(a) Batang bambu swat



(b) Spesimen uji mikrostruktur



(c) Spesimen uji proximate, ultimate dan komposisi kimia  
Gambar 1. Spesimen Uji

### 2.2. Metode Pengujian

Untuk mengetahui komposisi kimia bambu swat dilakukan di Laboratorium Nutrisi Makanan

Ternak Universitas Udayana dengan metode *Analisis Van Soest* yang dikenal juga dengan USDA (*United State Department of Agriculture*). Uji ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lignin, hemiselulosa, selulosa dan silika. Uji *proximate* dilakukan berdasarkan ASTM D7582MVA dengan TGA 701 untuk mengetahui kandungan *moisture*, *volatile*, *ash* dan *fix carbon*. Uji *ultimate* didasarkan pada ASTM D7582 Biomass menggunakan mesin CHN628S untuk mengetahui kandungan karbon (C), nitrogen (N) dan hydrogen (H). Uji *proximate* dan *ultimate* dilakukan di Laboratorium Analisa Bahan Teknik Mesin Universitas Udayana. Uji mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan *microscope opti* dengan *optical zoom* 10 sampai 1200 % di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Komposisi kimia bambu swat

Komposisi kimia bambu swat ditunjukkan pada table 1. Kandungan utama bambu terdiri dari sellulosa, hemiselulosa dan lignin, sedangkan sisanya terdiri dari sejumlah kecil resin, tanin, lilin dan anorganik garam. Bambu swat memiliki kandungan selulosa (44,2247 %), hemiselulosa (14,9701%), lignin (22,9920%) dan silika (1,8664 %). Komposisi hemiselulosa dan selulosa bambu swat sekitar 59,1948 %, komponen ini berfungsi sebagai pendukung material di dalam dinding sel sehingga bambu bisa tegak berdiri. Beberapa peneliti telah melakukan uji komposisi kimia terhadap jenis bambu yang berbeda. Scurllock dkk, melaporkan kandungan selulosa sebuah jenis bambu jepang sebesar 43,3% [30]. Hasil ini dekat dengan nilai selulosa bambuswat. Li dkk, meneliti kandungan bambu yang diambil dari Kisatchie National Forest, Louisiana, USA dan diperoleh kandungan selulosa berkisar 46.08 – 47.91% [25]. Luz dkk, [31] mendapatkan kandungan selulosa 4 jenis *Guadua bamboo* (*Macana*, *Cebolla*, *Rayada* dan *Castila*) berkisar dari 37-44 %. Nilai-nilai ini pun mirip dengan kandungan selulosa bambuswat. Dengan range komposisi kimia seperti ditunjukkan pada table 1, bambu swat

memiliki potensi sebagai material awal karbon aktif.

#### 3.2. Analisa *proximate* dan *ultimate*

Tabel 2 menunjukkan hasil analisa *proximate* dan *ultimate* dari bambu swat. Bambu swat memiliki *fix carbon* yang *relative kecil* (1,99%). *Fix carbon* merupakan karbon yang masih terikat oleh unsur-unsur pengikat seperti H, N dan O. Analisa *ultimate* menunjukkan bahwa bambu swat memiliki kandungan karbon (43,42%). Hal ini karena selama uji *ultimate* terjadi proses *pyrolysis* sehingga terjadi dekomposisi *fix carbon* yang memisahkan karbon dari unsur seperti H, N dan O yang menyebabkan kandungan karbon meningkat. Selanjutnya setelah dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi, diharapkan *fix carbon* dan kandungan karbonnya juga akan meningkat. Bambu swat mengandung *volatile* (88,32 %), *ash* (1,83 %), *moisture* (7,865%), *hydrogen* (6,14%) dan *nitrogen* (1,7%). Kandungan *ash* yang rendah akan menghasilkan minimal efek dari pengotor pada pembentukan pori selama proses aktivasi. Menurut SMA Mahamin dkk, karbon aktif yang baik mengandung *ash* yang rendah dan kandungan karbon dan *volatile* yang tinggi [17]. *Ash* terdiri dari sebagian besar mineral seperti silica, alumina, besi, magnesium dan kalsium yang tidak diinginkan karena merupakan pengotor. Pada umumnya material dengan kandungan *ash* paling rendah akan menghasilkan karbon yang paling aktif [17].

#### 3.3. Strukturmikro bambu swat

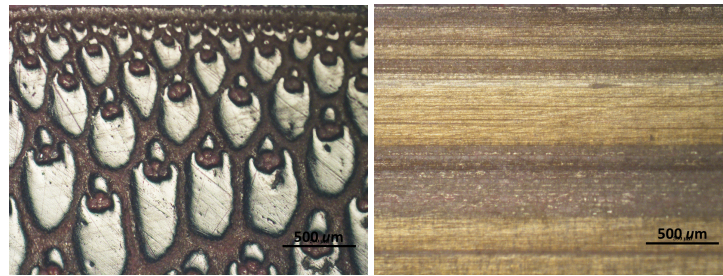
Pada gambar 2 ditunjukkan struktur mikro penampang arah melintang dan memanjang dari bambuswat. Ikatan pembuluh tampak berbeda antara bagian mendekati epidermis ke bagian yang menjauhi epidermis. Ikatan pembuluh yang mendekati epidermis ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan yang menjauhi epidermis. Dari gambar 2 (a) tampak bahwa bambu swat memiliki tipe ikatan pembuluh yang terdiri atas satu ikatan pembuluh (*xilem dan floem*) dan dua ikatan serat yang terletak di sebelah dalam dan luar dari ikatan pembuluh.

Tabel 1. Komposisi kimia bambu swat

Sampel	Hemi sellulosa (%)	Lignin (%)	Sellulosa (%)	Silika (%)
Bambu Swat	14,9701	22,9920	44,2247	1,8664

Tabel 2. Hasil analisa *proximate* dan *ultimate* dari bambu swat

Sampel	Moisture (%)	Volatile (%)	Ash (%)	Fix carbon (%)	C (%)	H (%)	N (%)
Bambu Swat	7,86	88,32	1,83	1,99	43,42	6,14	1,70



(a) Arah melintang

(b) Arah memanjang

Gambar 2. Struktur mikro bamboo swat

Pada gambar 2 ditunjukkan struktur mikro penampang arah melintang dan memanjang dari bambuswat. Ikatan pembuluh tampak berbeda antara bagian mendekati epidermis ke bagian yang menjauhi epidermis. Ikatan pembuluh yang mendekati epidermis ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan yang menjauhi epidermis. Dari gambar 2 (a) tampak bahwa bambu swat memiliki tipe ikatan pembuluh yang terdiri atas satu ikatan pembuluh (*xilem dan floem*) dan dua ikatan serat yang terletak di sebelah dalam dan luar dari ikatan pembuluh.

#### 3.4. Potensi bambu swat sebagai bahan baku karbon aktif

Berdasarkan evaluasi di atas terlihat bahwa bambu swat memiliki potensi digunakan sebagai material dasar karbon aktif. Kandungan selulosa, karbon dan volatile yang tinggi serta kandungan silika, ash dan nitrogen yang rendah, merupakan jaminan bahwa bambu ini memiliki karakteristik yang memenuhi syarat digunakan sebagai material dasar karbon aktif. Karena komposisi awal yang dimiliki sudah memenuhi syarat, proses selanjutnya adalah pemilihan parameter karbonisasi dan aktivasi yang sesuai agar dapat dihasilkan karbon aktif dengan kualitas yang baik yang memenuhi syarat digunakan sebagai adsorben ANG.

#### 4. Simpulan

Dari komposisi kimia yang dimiliki dan kandungan selulosa (44,2247 %), lignin (22,9920%), carbon (43,42%), dan volatile (88,32 %) yang tinggi, serta komponen pengotor yang rendah yaitu ash (1,83%), silika (1,8664%), nitrogen (1,70%) dan hidrogen (6,14%), maka bambu swat memiliki kriteria yang memenuhi syarat digunakan sebagai material dasar untuk pembuatan karbon aktif.

#### Daftar Pustaka

- [1] W. H. Cheung, S. S. Y. Lau, S. Y. Leung, A. W. M. Ip, and G. McKay, 2012, *Characteristics of chemical modified activated carbons from bamboo scaffolding*, Chinese Journal of Chemical Engineering, 20, pp. 515-523.
- [2] X. Gu, Y. Wang, C. lai, J. Qiu, S. Li, Y. L. Huo, W. Martens, N. Mahmood, and S. Zhang, 2014, *Microporous bamboo biochar for lithium - sulfur battery*, Nano Research, pp.1-13.
- [3] I. A. A. C. Esteves, M. S. S. Lopes, P. M. C. Nunes, and J. e. P. B. Mota, *Adsorption of natural gas and biogas components on activated carbon*, 2008, Separation and Purification Technology, 62, pp. 281–296.
- [4] K. Inomata, K. Kanazawa, Y. Urabe, H. Hosono, and T. Araki, 2002, *Natural gas storage in activated carbon pellets without a binder*, Carbon, 40, pp. 87-93.
- [5] D. C. Azevedo, J. C. S. Araujo, M. Bastos-Neto, A. E. B. Torres, E. F. Jaguaribe, and C. L. Cavalcante, 2007, *Microporous activated carbon prepared from coconut shells using chemical activation with zinc chloride*, Microporous and Mesoporous Materials, 100, pp.361-364.
- [6] T. Zhang, W. P. Walawender, and L. Fan, 2010, *Grain-based activated carbons for natural gas storage*, Bioresource Technology, 101, pp. 1983-1991.
- [7] J. Sreńscek-Nazzal, W. Kamińska, B. Michalkiewicz, and Z. C. Koren, 2013, *Production, characterization and methane storage potential of KOH-activated carbon from sugarcane molasses*, Industrial Crops and Products, 47, pp. 153-159.
- [8] H. JR, A. FI, and C. Sc, 2007, *Activated carbon production from pyrolysis and steam activation of cotton gin trash*, Am Soc Agric Biol Eng, pp. 1–8.
- [9] Y. Z. Jin X J, Wu Y., *Preparation of activated carbon from lignin obtained by straw pulping by KOH and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> chemical activation*, 2010, Cellul Chem Technol, 46, pp. 79-85.
- [10] I. Y. Idris S, Dauda BEN, Ndamitso MM, Umar MT, *Kinetic study of utilizing*

- ground nut shell as an adsorbent in removing chromium and nickel from dye effluent. , Am Chem Sci J. 2 (2012) 12–24.
- [11] S. M. Hu Z, 2001, *Mesoporous high-surface-area activated carbon*, MicroMeso Mater, 43, pp. 267-275.
- [12] B. S. Patil and K. S. Kulkarni, 2012, *Development of high surface area activated carbon from waste material*, International Journal of Advanced Engineering and Studies (IJAERS), 1, pp. 109-113.
- [13] W. K. Koo, N. A. Gani, M. S. Shamsuddin, N. S. Subki, and M. A. Sulaiman, 2015, *Comparison of wastewater treatment using activated carbon from bamboo and oil palm: an overview*, Journal of Tropical and Resource Sustainable Science, 3, pp. 54-60.
- [14] M. Sudibandriyo, 2011, *High pressure Adsorption of methane and Hydrogen at 25°C on activated carbon prepared from coal and coconut shell*, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS, 11, pp. 79-85.
- [15] D. Das, D. Samal, and B. Meikap, 2015, *Preparation of Activated Carbon from Green Coconut Shell and its Characterization*, J Chem Eng Process Technol, 6, pp. 1-7.
- [16] A. Ahmadpour, A. Okhovat, and M. D. Mahboub, *Pore size distribution analysis of activated carbons prepared from coconut shell using methane adsorption data*, 2013, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 74, pp. 886-891.
- [17] S. Mahanim, I. W. Asma, J. Rafidah, E. Puad, and H. Shaharuddin, 2011, *Production of activated carbon from industrial bamboo waste*, Journal of Tropical Forest Science, 23, pp. 417-424.
- [18] F. T. Ademiluyi and O. Braide, 2012, *Effectiveness of Nigerian bamboo activated with different activating agents on the adsorption of BTX*, J. Appl. Sci. Environ. Manage, 16, pp. 267 - 273.
- [19] W. H. Cheung, S. S. Y. Lau, S. Y. Leung, A. W. M. Ip, and G. McKay, 2012, *Characteristics of chemical modified activated carbons from bamboo scaffolding*, Chinese Journal of Chemical Engineering, 20, pp. 515-235.
- [20] T. Huang, Z. Qiu, D. Wu, and Z. Hu, 2015, *Bamboo-based activated carbon @ MnO<sub>2</sub> nanocomposites for flexible high-performance supercapacitor electrode materials*, Int. J. Electrochem. Sci, 10, pp. 6312 - 6323.
- [21] T. Itoh and K. Shimaji, 1981, *Lignification of bamboo culm (Phyllostachys pubescens) during its growth and maturation*, Bamboo Production and Utilization., Proc. XVII IUFRO Congress Group5.3. Ed. T. Higuchi. Kyoto, Japan, pp.104-110.
- [22] L. A. Sánchez-Echeverri, G. Aita, D. Robert, and M. E. R. Garcia, 2014, *Correlation between Chemical compounds and mechanical response in culms of two different ages of Guadua angustifolia Kunth*, Verano. 20, pp. 87-94.
- [23] K. K. H. Choy, J. P. Barford, and G. McKay, 2005, *Production of activated carbon from bamboo scaffolding waste—process design, evaluation and sensitivity analysis*, Chemical Engineering Journal, 109, pp. 147–165.
- [24] E. L. K. Mui, W. H. Cheung, V. K. C. Lee, and G. McKey, 2008, *Kinetic study on bamboo pyrolysis*, International Engineering Chemical Resources, 47 pp. 5710-5722.
- [25] X. B. Li, T. F. Shupe, G. F. Peter, C. Y. Hse, and T. L. Eberhardt, 2007, *Chemical changes with maturation of the bamboo species phyllostachys pubescens*, Journal of Tropical Forest Science, 19, pp. 6-12.
- [26] C. W. Dence, 1992, *The determination of lignin*, Methods in Lignin Chemistry, Springer-Verlag, Berlin, pp. 33-61.
- [27] N. M. Nor, L. L. Chung, L. K. Teong, and A. R. Mohamed, 2013, *Synthesis of activated carbon from lingo cellulosic biomass and its applications in air pollution control : a review* Journal of Environmental Chemical Engineering, 1 pp. 658–666.
- [28] S.-F. Lo, S.-Y. Wang, M.-J. Tsai, and L.-D. Linc, 2012, *Adsorption capacity and removal efficiency of heavy metal ions by Moso and Ma bamboo activated carbons*, chemical engineering research and design, Elsevier, 90 , pp. 1397–1406.
- [29] R. S. Zhao, J. P. Yuan, T. Jiang, J. B. Shi, and C. C. Cheng, 2008, *Application of bamboo charcoal as solid-phase extraction adsorbent for the determination of atrazine and simazine in environmental water samples*

by high-performance liquid chromatography-ultraviolet detector, *Talanta*, 76, pp. 956-959.

- [30] J. M. O. Scurlock, D. C. Dayton, and B. Hames, 2000, *Bamboo: an overlooked biomass resource*, *Biomass & Bioenergy*, 19, pp. 229-244.
- [31] L. A. Sánchez-Echeverri, G. Aita, D. Robert, and M. E. R. Garcia, 2014, *Correlation between chemical compounds and mechanical response in culms of two different ages of Guadua angustifolia Kunth*, *Madera y Bosques*, 2, 87-94.



**Dewa Ngakan Ketut Putra Negara** menyelesaikan studi S1 di Universitas Brawijaya Malang, pada tahun 1995, kemudian melanjutkan program Master di University of Bradford, UK, dalam bidang Manufacturing System Engineering and Management, dan lulus pada Desember tahun 2001.

Saat ini sedang melanjutkan studi S3 di Program Doktor Ilmu Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Udayana. Bidang penelitian yang diminati adalah *surface hardening* dan *porous material*.



**Prof. Tjokorda Gde Tirta Nindhia** memperoleh gelar Dokter Teknik Mesin dari Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, Indonesia pada Agustus 2003, dengan bidang studi utama adalah Teknik Material.

Beliau berpartisipasi dalam berbagai kerjasama penelitian internasional seperti dengan Muroran Institute of Technology Jepang (2004), Toyohashi University of Technology Jepang (2006), Leoben Pertambangan Universitas Austria (2008-2009), Technical University of Vienna Austria (2010) dan Terakhir dengan Institute chemical Technology Praha Republik Ceko (2012 – sekarang). Bidang penelitiannya meliputi biomaterial, daur ulang sampah, analisis kegagalan, keramik, metalurgi, komposit, energi terbarukan, dan manufaktur ramah lingkungan.