

Bambu Sebagai Alternatif Penerapan Material Ekologis: Potensi dan Tantangannya

Efa Suriani

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

efasuriani@gmail.com

Abstract: *Construction industry sector is allegedly second contributing to global warming. Use of non-renewable materials a certain period of time will be exhausted and effects to environmental damage. Application of ecological material which is fulfillment of aspects on concept green building into a topic that continues to be studied by researchers or practitioners. Bamboo meets criteria as an alternative to application of ecological materials. Various potentials of bamboo are good elements of strength, fast growing, low energy, and materials protecting the earth's ecosystem including economic improvement. The bamboo constraint is getting undermined by the development of modern technology. Bamboo as a supporter of everyday life began to lose its identity which resulted in the supply of bamboo material or the continuity of bamboo materials, slowly in the community began to be rare / difficult to find. Therefore, bamboo materials can be used as ecological materials with breakthroughs in terms of modernization of bamboo utilization in the industrial context. The dimensions of bamboo should be able to accommodate designer's difficulties in designing bamboo. Building a modern bamboo culture identity in an industrial context. Thus, bamboo sustainable with happening of harmony of bamboo raw materials with culture to the current of technological progress. In order to reduce the effects of global warming and sustainable ecosystem for the future generations.*

Keywords: ecological, bamboo material, industrial context, modern bamboo culture

Abstrak: Bidang industri konstruksi disinyalir menjadi pelaku kedua dalam menyumbang pemanasan global. Pemakaian bahan material yang tidak dapat diperbaharui dalam jangka waktu tertentu akan habis dan efek yang ditimbulkan merusak lingkungan. Penerapan material ekologis yang merupakan pemenuhan aspek pada konsep green building menjadi topik yang terus dikaji oleh peneliti atau praktisi. Bambu memenuhi kriteria sebagai alternatif penerapan material ekologis. Berbagai potensi bambu baik unsur kekuatan, cepat tumbuh, rendah energi, dan bahan melindungi ekosistem bumi termasuk peningkatan ekonomi. Kendala bambu adalah mulai tergerus oleh perkembangan teknologi modern. Bambu sebagai penopang kehidupan sehari-hari mulai kehilangan identitasnya yang mengakibatkan pasokan material bambu atau keberlangsungan material bambu, perlahan di masyarakat mulai langka/sulit dicari. Oleh sebab itu, material bambu dapat digunakan sebagai material ekologis dengan terobosan dalam hal modernisasi pemanfaatan bambu dalam konteks industri. Dimensi bambu harus dapat mengakomodir kesulitan perancang dalam mendisain bambu. Membangun identitas budaya bambu modern dalam konteks industri. Sehingga, bambu sustainable dengan terjadinya harmoni bahan baku bambu dengan budaya terhadap arus kemajuan teknologi. Dalam rangka mengurangi efek global warming dan terwujudnya kelestarian alam demi generasi mendatang.

Kata Kunci: ekologis, material bambu, konteks industri, budaya bambu modern

1. PENDAHULUAN

Isu pemanasan global bukan marak dibicarakan pada ranah penyebab dan dampak yang terjadi, akan tetapi telah bergerak pada tindakan nyata yang tertuang dalam sebuah desain atau tahap perencanaan yang merupakan tindakan efektif dan tepat untuk dilakukan. Menurut Berge (2009), bidang industri bangunan

merupakan pelaku kedua terbesar setelah bidang industri makanan yang menyumbang terjadinya pemanasan global. Hal ini disebabkan penggunaan bahan material seperti material beton, baja atau logam yang saat ini banyak digunakan baik untuk keperluan elemen konstruksi seperti, balok, kolom, dinding maupun sebagai konstruksi atap. Umumnya bahan

material tersebut merupakan bahan material yang tidak terbarukan (*non renewable resources*). Bahan-bahan tersebut dalam jangka waktu yang tertentu akan habis dan efek yang ditimbulkan dengan penggunaan sumber daya alam tersebut secara terus menerus dapat merusak alam itu sendiri, termasuk banyak energi yang dikeluarkan pada saat pengambilan material, proses maupun pelaksanaan konstruksi.

Dengan demikian, saat ini para praktisi di bidang bangunan termasuk para insinyur atau arsitek sudah mulai memikirkan material apa yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan yang handal, dengan berbagai pertimbangan secara teknis maupun non teknis, sehingga dapat diterapkan dan disosialisasikan kepada masyarakat sebagai bagian usaha pengurangan penyebab pemanasan global pada bumi.

Solusi yang dapat ditawarkan adalah penggunaan material ekologis yang merupakan pemenuhan aspek pada konsep *green building*. Bambu merupakan alternatif penerapan material ekologis yang dapat diterapkan. Penggunaan bambu pada konstruksi bangunan diharapkan menjadi alternatif dalam pemenuhan aspek pada konsep *green building* atau bangunan ramah lingkungan. Namun demikian, potensi dan tantangan yang dihadapi pada material bambu juga perlu dikaji. Hal ini sangat erat kaitannya dengan *sustainability* (kesinambungan) material bambu. Untuk itu maka, tujuan artikel ini adalah menganalisis bambu sebagai alternatif penerapan material ekologis, termasuk potensi dan tantangannya.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan adalah metode studi literatur. Studi literatur merupakan penelitian kualitatif yang dilakukan untuk memperoleh gambaran keseluruhan dari penelitian yang telah dilakukan terlebih dahulu. Sumber primer diperoleh dari bahan disertasi, jurnal, dan hasil wawancara penulis. Sedangkan, sumber sekunder diperoleh dari buku pegangan atau hal-hal yang tidak langsung dialami oleh penulis. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan metode deskriptif. Metode analisis deskriptif dilakukan dengan cara mendeskripsikan / menggambarkan fakta yang kemudian dianalisis, tidak hanya menguraikan melainkan memberikan pemahaman dengan penjelasan yang baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsep Green Building

Green building didefinisikan sebagai sesuatu yang merupakan hasil yang dapat didaur ulang atau bangunan yang menimbulkan sedikit dampak negatif terhadap lingkungannya (Mc Lennan, 2004). Sedangkan, menurut Syahriyah (2016) dalam mewujudkan bangunan ramah lingkungan atau *green building*, aspek yang perlu diperhatikan adalah dalam

tahap perencanaan, pembangunan, penggunaan hingga tahap renovasi. Pemilihan material yang akan digunakan dalam sebuah konstruksi bangunan juga menjadi aspek penting dalam mewujudkan bangunan *green building*. Hal ini dapat dilihat dari peran material tersebut dalam tiga tahapan pembangunan yang disebut sebagai *building material life cycle*, yaitu: *pre-building* (tahapan persiapan konstruksi), *building operation* (tahapan pelaksanaan konstruksi), dan *post-building* (tahapan setelah konstruksi selesai). Ketiga tahapan tersebut sebaiknya dilaksanakan secara berkesinambungan sehingga terwujud bangunan ramah lingkungan. Namun, masih perlu dikaji lebih terperinci mengenai *green material* atau material ekologis yang akan diterapkan dalam *green building*.

3.2. Material Ekologis

Istilah ekologi dipahami sebagai sesuatu yang saling mempengaruhi baik semua jenis makhluk hidup (tumbuhan, binatang, manusia) dan lingkungannya (cahaya, suhu, curah hujan, kelembaban, topografi, dan sebagainya), sehingga dapat dipahami bahwa material ekologis adalah material yang ramah terhadap lingkungannya. Perkembangan yang pesat terhadap teknologi dan pengetahuan tentang material mengenalkan kita kepada bahan material baru (misalnya bahan sintetik atau kaca) termasuk aspek teknologinya. Hal ini akan berpotensi merusak keseimbangan dan keselarasan manusia dengan lingkungannya.

Peneliti senior United State Green Building Council (USGBC), Martin Mulvihill dalam Syahriyah (2016) mengatakan bahwa bahan baku yang dipakai ke bangunan harus memiliki syarat aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Selain itu, bahan tersebut dapat dimanfaatkan kembali atau terbarukan, proses pembuatannya juga aman, efisien dan tidak menimbulkan polusi atau limbah berbahaya. Pengertian ini lebih dikenal dengan istilah material ekologis atau *green material* atau istilah *sustainability material* (material berkelanjutan).

Menurut Frick & Suskiyatno (1998), penggolongan bahan bangunan harus memperhatikan tingkat teknologi dan keadaan entropinya, serta pengaruhnya atas ekologi atau lingkungan sekaligus dampaknya pada kesehatan manusia. Lebih lanjut Frick & Suskiyatno (1998) menyatakan bahwa bahan bangunan menurut penggunaan bahan mentah dan tingkat transformasinya / perubahan, dapat digolongkan sebagai berikut:

- Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali (*regenerative*), yaitu bahan nabati seperti: kayu, rotan, bambu, dan lain-lain
- Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali, ialah bahan bangunan yang tidak dapat dihasilkan kembali, namun dengan perlakuan tertentu dapat dimanfaatkan kembali, seperti batu alam, tanah liat, dan lain-lain.

- c. Bahan bangunan buatan yang dapat didaur ulang (*recycling*) ialah bahan bangunan yang didapat sebagai pendauran ulang limbah, sampah, dan sebagainya.
- d. Bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana, ialah bahan bangunan yang disediakan secara industrial, seperti batu batuan (batu merah) dan genting.
- e. Bahan bangunan alam yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi, meliputi bahan bangunan seperti plastik dan bahan sintetis. Bahan tersebut tentu saja tidak dapat dinamakan 'ekologis'. Bahan bangunan plastik / sintetis berasal dari bahan fosil tumbuhan dan hewan. Bahan-bahan tersebut membutuhkan banyak energi untuk produksinya.
- f. Bahan bangunan komposit, ialah bahan bangunan yang menyatu dan tidak dapat dipisah seperti, beton, pelat serat semen dan sebagainya.

Dari penggolongan tersebut maka bahan bangunan yang memenuhi kategori atau syarat-syarat ekologis adalah setidaknya harus memiliki aspek sebagai berikut:

1. Eksploitasi dan pembuatan (produksi) bahan bangunan menggunakan energi sesedikit mungkin.
2. Tidak mengalami perubahan bahan (transformasi) yang tidak dapat dikembalikan kepada alam.
3. Eksploitasi, pembuatan (produksi), penggunaan, dan pemeliharaan bahan bangunan mencemari lingkungan sesedikit mungkin (keadaan entropinya serendah mungkin).
4. Bahan bangunan berasal dari sumber alam lokal (di tempat dekat).

Menurut Schmid (1986), bahan bangunan ekologis sangat berkaitan dengan sumber daya alamnya. Hal ini dapat dipresentasikan dalam tabel 1, yang memperlihatkan perbandingan bahan material yang mengeksploitasi dan bahan bangunan yang menjaga kesinambungan sumber daya alam.

Tabel 1. Eksploitasi vs Kesinambungan

Eksploitasi	Kesinambungan
Menghancurkan alam	menjamin keseimbangan alam
menghabiskan tidak sisa sumber terbatas	dicadangkan untuk masa depan hampir tidak kehabisan sumber tidak terhingga
dengan biaya besar dapat dikembalikan atau dapat dipugar	selalu tumbuh lagi secara alami dan dapat dibudidayakan dengan mudah
baru dapat dimanfaatkan lagi sesudah waktu lama, memerlukan regenerasi	Secara langsung atau tidak langsung dapat digunakan kembali, daur ulang
merusak kelestarian, dihisap sampai habis	Kultivasi, mendukung alam kerjasama dengan alam

Sumber: Schmid, 1986

Penilaian terhadap sebuah material bangunan dapat dikategorikan sebagai material ekologis dilakukan melalui beberapa tahapan. Penilaian ini pun lebih bersifat global dikarenakan keterbatasan data teknis dan produksi dari sebuah material terkadang tidaklah cukup memadai. Adapun penilaiannya meliputi:

- a. Penggunaan energi pada tahap eksploitasi dan produksi,
- b. Pencemaran lingkungan pada tahap produksi bahan bangunan,
- c. Besarnya jarak dan kebutuhan transportasi,
- d. Pencemaran lingkungan pada tahap pembangunan dan pemeliharaan,
- e. Kemungkinan bahan bangunan untuk digunakan kembali,
- f. Kemungkinan puing dan sampah yang dapat dibuang di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), dan
- g. Dampaknya terhadap kesehatan manusia.

Lebih lanjut Umar, Khamidi, & Tukur (2014) menyatakan bahwa bahan bangunan yang *sustainability* atau berkelanjutan adalah bahan yang dibuat dan diproduksi secara lokal yang mengurangi biaya transportasi dan emisi CO₂, terdiri dari bahan-bahan bekas, memiliki dampak negatif yang rendah terhadap lingkungan, namun efektif secara efektif. Bahan bangunan tersebut memerlukan lebih sedikit energi daripada bahan konvensional, menggunakan sumber daya alam yang terbarukan (*renewable resources*), bahan bangunan memiliki kadar emisi zat berbahaya yang berbahaya serta secara ekonomi bersifat berkelanjutan.

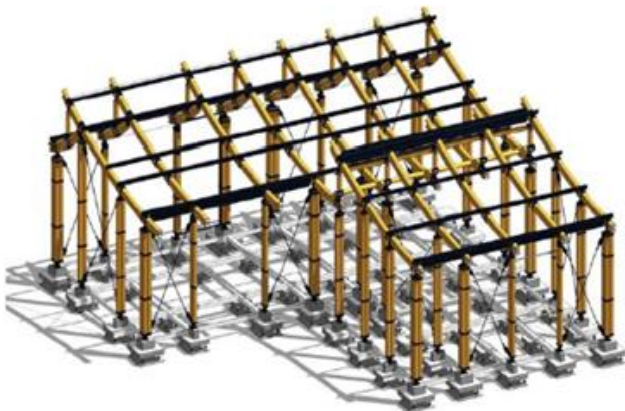
Bahan bangunan yang *sustainable* atau lestari perlu digunakan dengan benar dan kontekstual dalam setiap pengembangan masyarakat. Penerapan bahan bangunan berkelanjutan tidak hanya meminimalkan biaya transportasi dan emisi karbon namun bahan bangunan tersebut mampu menawarkan peluang pengembangan ketenagakerjaan dan ketrampilan bagi anggota masyarakat.

3.3. Bambu sebagai Alternatif Penerapan Material Ekologis

Berdasarkan pemaparan terdahulu, maka bambu dapat menjadi alternatif dalam penerapan material ekologis. Salah satu kategori utama pada material ekologis adalah memiliki syarat aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan dan hal ini selaras dengan apa yang dinyatakan oleh Frick & Suskiyatno (1998) bahwa bahan bangunan tradisional yang bersumber dari alam seperti, batu alam, kayu, bambu dan tanah liat merupakan material yang tidak mengandung zat kimia yang dapat mengganggu kesehatan manusia, berbeda dengan material kontemporer seperti keramik, tegel, pipa plastik dan sebagainya. Hal tersebut dikarenakan komposisi bahan-bahan campuran dalam pembuatan material masih dipertanyakan keamanannya untuk kesehatan manusia.

Setidaknya bambu telah memenuhi empat kategori persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat dikategorikan sebagai material ekologis. Syarat pertama dari material ekologis adalah eksploitasi dan pembuatan (produksi) bahan bangunan menggunakan energi sesedikit mungkin. Bangunan struktur bambu atau bahan material menggunakan bahan bambu, membutuhkan lebih sedikit energi dan menghasilkan lebih sedikit karbondioksida dibandingkan dengan bangunan bata-beton bertulang selama siklus hidup sebuah bangunan (D. Yu, Tan, & Ruan, 2011).

Penilaian oleh D. Yu, Tan, & Ruan (2011) dilakukan dengan cara sistematis dengan beberapa skenario yang dirancang berdasarkan standar LEED (*Low Energy Electron Diffraction*) dan potensi teknisnya. Hasilnya menunjukkan bahwa purwarupa bangunan rumah susun dengan struktur bambu (gambar 1) dengan menggunakan teknologi insulasi inovatif memiliki konsumsi energi dan produksi karbon yang lebih rendah bila dibandingkan bangunan batu bata. Lebih lanjut, selama siklus hidupnya bangunan berstruktur bambu, maka potensi bahan bangunan untuk mendaur ulang energi hingga 11 % dan 18,5% karbon yang terkandung. Untuk limbah bangunan yang dihasilkan selama konstruksi dan pembongkaran bangunan struktur bambu, potensinya dari daur ulang adalah 51,3% dari total energi dan 69,2% dari total karbon yang terkandung. Akan tetapi, besar kecilnya potensi tersebut sangat bervariasi tergantung kepada tingkatan manajemen proyek dan teknologi yang tersedia dilapangan.



Gambar 1. Prototipe Bangunan Bambu
(sumber: D. Yu *et al.*, 2011)

Syarat kedua sebuah material dikategorikan sebagai material ekologis adalah material tidak mengalami perubahan bahan (transformasi) yang tidak dapat dikembalikan kepada alam. Bambu merupakan bahan material dari tumbuhan atau sumber daya alam, sehingga dapat terurai dengan baik di alam. Menurut Mc.Clure (1996) dan Liese (1985) dalam X. Yu (2007), bambu dapat tumbuh secara alami di semua benua kecuali Eropa. Bambu dapat ditemukan di garis lintang 32° selatan sampai dengan 46° utara. Pada umumnya

bambu lebih cenderung tumbuh iklim tropis atau sub tropis dengan rata-rata suhu tahunan antara 20°C dan 30°C, namun beberapa jenis bambu bisa tinggal di daerah persawahan dengan suhu hangat, yakni pada kisaran 40-50°C. Umumnya bambu tumbuh ditinggikan antara 100 dan 800 meter, tetapi bambu juga mampu ditemukan di daerah pegunungan dengan ketinggian 3000 meter di atas permukaan laut. Struktur tanaman bambu terdiri dari selulosa, lignin dan hemiselulosa yang tidak berbeda dengan pohon pada umumnya, hanya saja perbedaan terletak pada persentase dari masing-masing komponen dan struktur mikronya. Komponen kimia didalam bambu terdiri dari resin, tanin, lilin dan garam anorganik. Komposisi kimia ini berubah sesuai dengan spesies, umur dan bagian bambu.

Syarat yang ketiga dari material ekologis adalah proses eksploitasi, pembuatan (produksi), penggunaan, dan pemeliharaan bahan bangunan tidak mencemari lingkungan (keadaan entropinya serendah mungkin). Menurut Frick & Suskiyatno (1998) keadaan entropi dapat dijadikan sebagai tolak ukuran dalam mempertimbangkan nilai ekologis sebuah bahan bangunan. Sebagai tahap awal perlu dipertimbangkan dan diperhatikan kapan dan dimana proses terjadinya material, sehingga dapat ditentukan keadaan entropi paling rendah atau sama dengan nol.

Pada tumbuhan kondisi entropinya berdasarkan arah hadap terhadap cahaya matahari, sedangkan entropi bentukan batuan didasarkan pada letusan purba dan tidak dapat diulang lagi prosesnya. Akibatnya terdapat batasan dalam mempertimbangkan bahan material, yaitu pemilihan bahan bangunan yang bersumber dari vegetasi harus berdasarkan arah entropi cahaya matahari, perubahan (transformasi) yang dialami oleh suatu bahan bangunan tidak boleh mendahului pembaharuan/pertumbuhan kembali oleh alam, dan bahan bangunan tidak boleh mengalami perubahan (transformasi) yang mempengaruhi keseimbangan keadaan entropi. Sebagai ilustrasi bahwa minyak bumi yang digunakan oleh manusia dalam satu hari membutuhkan waktu 1 juta tahun untuk dapat diperbaharui kembali dan mencapai keseimbangan alamiahnya kembali. Apabila keseimbangan ini tidak diikuti maka, keadaan entropi bumi meningkat.

Bambu merupakan bahan yang dapat memenuhi unsur diatas. Bambu merupakan material yang berdasarkan entropi surya. Bambu merupakan bahan bangunan yang tidak mendahului pembaharuan / pertumbuhan kembali oleh alam karena dapat diperbaharui (*renewable resources*). Bambu merupakan bahan bangunan yang dapat berkelanjutan (*sustainability*) sehingga tidak mempengaruhi keseimbangan alam.

Menurut Ben-zhi *et al* (2005), hutan bambu merupakan jenis hutan yang penting di daerah subtropis dan tropis dikarenakan karakteristik biologis dan

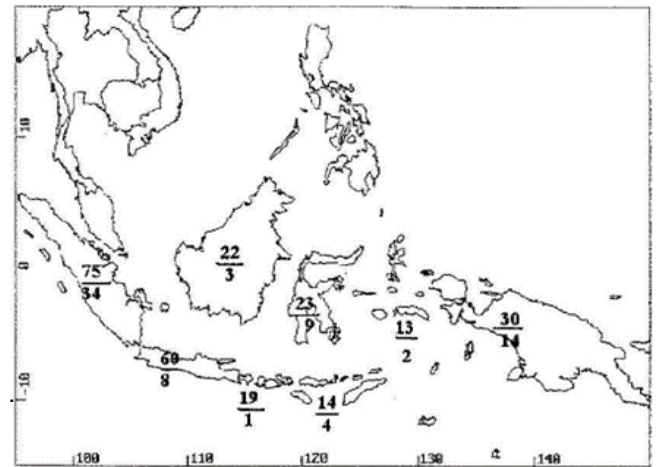
pertumbuhannya. Bambu bukan hanya investasi ekonomi ideal yang dapat dimanfaatkan dalam beragam cara, namun memiliki potensi yang sangat besar mengatasi berbagai masalah lingkungan yang dihadapi dunia saat ini. Hutan bambu mampu membantu fungsi ekologi dari kontrol pada erosi tanah, konservasi air, rehabilitasi lahan dan penyerapan karbon. Menurunnya sumber daya alam dan kualitas lingkungan menuntut akan kebutuhan material bahan bangunan yang berkelanjutan dan terjangkau secara finansial (Tanuwidjaja *et al*, 2009).

Syarat keempat adalah bahan bangunan berasal dari sumber alam yang bersifat lokal. Menurut Sattar (1995) terdapat sekitar 75 *genus* dan 1250 spesies bambu tumbuh di berbagai tempat di dunia, terutama di Asia. Ukuran tanaman bambu bervariasi dari mulai berukuran kecil (berwujud seperti rumput) sampai yang berukuran raksasa dengan ketinggian lebih dari 40 meter dan diameter hingga 30 cm. Setidaknya terdapat 19 jenis bambu yang umumnya ditemui dan 18 jenis bambu diantaranya berperan penting dalam kehidupan manusia. Sebagian besar jenis bambu tersebut digunakan sebagai bahan konstruksi terutama di daerah Asia.

Van der Lugt *et al* (2009) memaparkan bahwa bambu merupakan sumber material terbarukan yang menjanjikan karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi dan pengolahannya yang mudah. Bambu memiliki sifat mekanik yang baik dan memiliki biaya pengelolaan yang rendah dan yang terpenting ketersediaannya melimpah di negara-negara berkembang. Pertumbuhan bambu yang cepat dan jaringan akar yang luas mampu membuat tanaman bambu menjadi pemuat karbon yang baik, pengendali erosi dan *water preserver*. Tanaman bambu juga merupakan sarana unggulan untuk memulai reboisasi dan memiliki efek positif pada tingkat air tanah dan perbaikan tanah melalui nutrisi pada kotoran tanaman.

Menurut Martin (1996) dalam Van der Lugt *et al* (2009), tunas-tunas bambu di negara tropis dapat tumbuh sampai ketinggian 30 meter dalam waktu enam bulan. Kecepatan rekor pertumbuhan yang diukur untuk batang bambu sendiri adalah 1,20 meter per hari. Kemudian, bambu memiliki potensi sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan bahan bangunan di negara-negara maju dengan kondisi batasan tertentu serta dengan rekomendasi berdasarkan studi kasus (Lugt *et al*, 2006). Dengan karakteristik keistimewaannya bambu akan dapat bersaing dengan bahan yang lebih umum digunakan.

Di Indonesia sendiri, sebanyak seratus empat puluh lima (145) spesies dapat ditemukan dengan sekitar 29 marga bambu yang tersebar dari ujung barat hingga ujung timur negeri ini dengan berbagai macam keanekaragamannya.



Gambar 2. Peta endemik dan keanekaragaman bambu di Indonesia (Sumber: Widjaja, 2000)

Wilayah sebelah barat Indonesia didominasi oleh *genera bambusa*, *gigantochloa* dan *dendrocalamus* yang memiliki diameter menengah sampai dinding tebal dan diameter besar, sedangkan di wilayah timur didominasi oleh *schizostachyum*, *dinochloa*, *nastus* dan *racemobambos* yang sebagian besar memiliki diameter lebih kecil dan dinding tipis dan kebanyakan bambu yang menjalar/merambat.

Keragaman dan endemik bambu tertinggi di Indonesia ditemukan di pulau Sumatera, yakni mencapai 75 spesies, dengan 34 diantaranya bersifat endemik, sedangkan yang terendah adalah *moluccas* (13 spesies, 2 diantaranya bersifat endemik). Pada daerah Bali memiliki endemisme terendah yakni 19 spesies dengan 1 diantaranya bersifat endemik. Beberapa bambu digunakan oleh masyarakat lokal di Indonesia, namun hanya enam dari 63 spesies yang telah digunakan pada industri bambu. Presentasi spesies dan wilayah endemik dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Persentasi spesies dan wilayah endemik

No.	Lokasi	Total Spesies	% spesies wilayah endemik
1	Sumatera	75	34(45,3)
2	Kalimantan	22	3(13,6)
3	Sulawesi	23	9(39,1)
4	Moluccas	13	2(15,3)
5	Papua	30	14(46,7)
6	Lesser Kep. Sunda	14	4(28,5)
7	Jawa	60	8(13,3)
8	Bali	19	1(5,2)

Sumber: Widjaja (2000)

Bambu sebagai produk hayati dari Hutan Produk Bukan Kayu (HPBK) merupakan salah satu sumber daya terbarukan yang potensial (FAO, 2007). Dengan demikian, bambu merupakan bahan material yang bersifat lokal dan umumnya dapat ditemui di daerah yang dominan akan hutan bambu.

3.4. Potensi Bambu

3.4.1. Potensi kekuatan

Bambu memenuhi unsur kekuatan yang diperlukan sebagai bahan bangunan. Unsur kekuatan disini dapat dipresentasikan dalam perbandingan dalam sifat mekanik bambu dengan beberapa material lain dapat dilihat pada tabel 2. Sifat mekanik mengacu pada efisiensi bahan untuk kekuatan (tegangan kerja per satuan volume) dan kekakuan (modulus E per satuan volume).

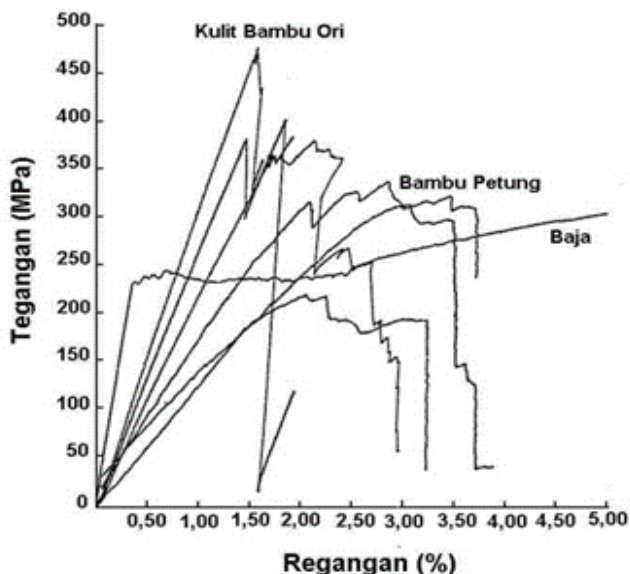
Tabel 2. Perbandingan Material dari segi Kekuatan dan Kekakuan

Material	Tegangan Kerja/ Volume	Modulus E/ Volume
Beton	$8/2400 = 0.003$	$25000/2400 = 10$
Steel	$160/7800 = 0.02$	$210000/7800 = 27$
Kayu	$7.5/600 = 0.013$	$11000/600 = 18$
Bambu	$10/600 = 0.017$	$20000/600 = 33$

Sumber: Janssen, 1981

Dalam tabel 2 terlihat bahwa bambu memiliki kekuatan dan kekakuan bahkan dapat melebihi material lain. Bambu bisa lebih kuat dari beton dalam aspek kompresi atau tekan, yang merupakan sifat struktural yang baik untuk penggunaan konstruksi. Sifat mekanik bambu yang paling penting adalah memiliki kekuatan yang sama bahkan lebih tinggi dalam perbandingan atau rasio dengan material baja pada aspek ketegangan/kekakuan, yang ideal untuk penggunaan dalam konstruksi *frame* / rangka.

Grafik persentasi perbandingan regangan dengan tegangan pada material baja terhadap kulit bambu *ori* maupun bambu *petung* dapat terlihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 3. Grafik tegangan vs regangan (sumber: Morisco, 1999)

Menurut Morisco (1999), bahwa pada grafik tersebut memperlihatkan kulit bambu *ori* dapat memiliki tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material baja. Informasi yang diperoleh pada tabel 2 dan gambar 3 menjadi sangat penting karena berdasarkan informasi tersebut disimpulkan bahwa material bambu dapat dikatakan layak sebagai bahan bangunan baik digunakan sebagai konstruksi utama maupun digunakan sebagai bahan tidak permanen pada suatu konstruksi tergantung dari kebutuhan itu sendiri.

3.4.2. Potensi ekonomi

Menurut Mera & Xu (2014), bambu merupakan sumber daya alam penting yang tersebar di seluruh dunia dan memiliki unsur serba guna termasuk dibidang ekonomi. Banyak dari negara di Asia, Afrika dan Amerika Selatan mengandalkan produk bambu sebagai alat perumahan dan pertanian. Selain itu, tunas tanaman bambu dikonsumsi sebagai bahan makanan sayuran pada berbagai negara di Asia Timur dan Tenggara.

Negara Cina memiliki kawasan hutan bambu terbesar dan memiliki spesies terbesar lebih dari 590 spesies. Kegunaan bambu dibidang ekonomi sangat signifikan. Jenis bambu yang paling penting di Cina yaitu bambu Moso (*Phyllostachys edulis*), karena tidak hanya digunakan sebagai kayu tetapi dapat dijadikan makanan. Perhatian negara Cina terhadap bambu yang terjadi pada beberapa dekade terkait dalam pengelolaan hutan bambu dikarenakan hal tersebut dianggap memiliki dampak ekonomi yang luas terhadap penduduknya.

Hal tersebut terbukti berkontribusi ybesar terhadap pembangunan pedesaan dan pengentasan kemiskinan di negara Cina. Fakta ini semakin menegaskan industri bambu telah menjadi pilar ekonomi di daerah pegunungan di Cina. Selain itu, perkebunan bambu juga menyerap secara signifikan emisi karbon dan menjadi pilihan utama untuk mengurangi degradasi tanah.

3.4.3. Keberlangsungan ekosistem lingkungan

Erosi tanah adalah ancaman utama bagi keberlanjutan lingkungan serta kapasitas produktif pertanian. Menurut Barrow dalam Ben-zhi *et al* (2005), analisis erosi tanah sangat tergantung kepada lokasi daerahnya dimana saat ini tanah lapisan atas telah hilang 16 sampai dengan 300 kali lebih cepat dari kemampuan rehabilitasinya. Tanah dapat terkikis oleh angin, air dan gravitasi ditambah dengan buruknya persiapan dan pengelolaan lahan / tanah. Selain itu, banyak kebutuhan untuk industri maupun konstruksi turut berkontribusi terhadap munculnya erosi tanah.

Bambu sangat berharga dalam upaya mengendalikan erosi tanah. Bambu tumbuh dengan baik di lereng bukit terjal, tanggul jalan, selokan atau ditepian sungai. Di negara Jepang komunitas bambu menanam bambu didaerah pegunungan dengan ketinggian 1000 meter

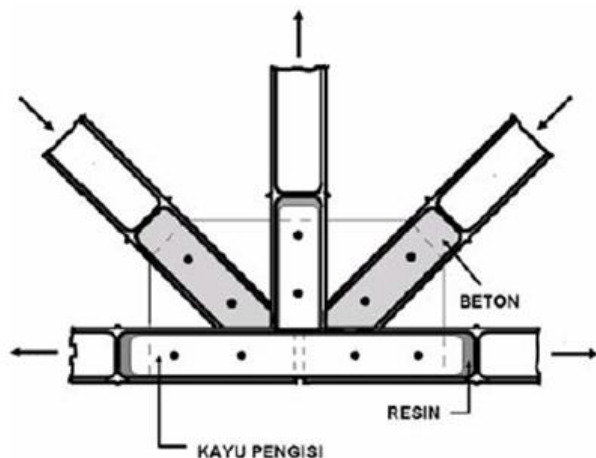
diatas permukaan laut, sehingga, manfaatnya terhadap keterjagaan kondisi tanah dapat dinikmati bersama.

Ben-zhi *et al* (2005) juga memaparkan bahwa masyarakat Brazil menanam jenis bambu *Bambusa blumeana* dan *Phyllostachys pubescens* untuk mengendalikan erosi tanah, mencegah hilangnya unsur hara tanah serta memperbaiki struktur tanah. Bambu memiliki sistem akar berserat yang luas, akar rimpang yang terhubung secara sistematis, daun bambu yang relatif lebat yang mampu melindungi dari hentakan hujan, dan bambu memproduksi batang baru dari rima bawah tanah sehingga dapat panen tanpa mengganggu tanah.

Manfaat bambu selain pengendali erosi juga dapat berfungsi sebagai pemegang tanah dimana akar dan rimpang bambu berfungsi paling baik dalam mengendalikan tanah, pelindung di tepian sungai, karena apabila bambu ditanam disepanjang sungai dan tepian sungai dapat menahan arus kuat selama banjir dan mencegahnya dari longsor. Selain itu rumpun bambu juga berfungsi sebagai konservasi air, merehabilitasi lahan dan terakhir bambu sangat baik dalam penyerapan karbon.

3.4.4. Perkembangan Teknologi Bambu

Teknologi sambungan bambu mengalami perkembangan yang signifikan dan dapat terlihat pada beberapa bangunan yang telah terbangun. Pada jaman dahulu, sambungan bambu menggunakan ijuk, paku dan sekrup, akan tetapi saat ini, bentuk sambungan sudah berkembang dengan kombinasi dari baja atau mur baut mutu tinggi atau model sambungan mekanik lainnya. Jenis sambungan yang diperkenalkan oleh Morisco (1999) merupakan jenis sambungan bambu yang menggunakan mortar atau campuran semen untuk meningkatkan kemampuan dalam unsur kekuatan sambungan (gambar 4). Jenis sambungan bambu ini, diperkuat dengan pelat baja dan diisi dengan mortar yaitu, semen dan pasir.



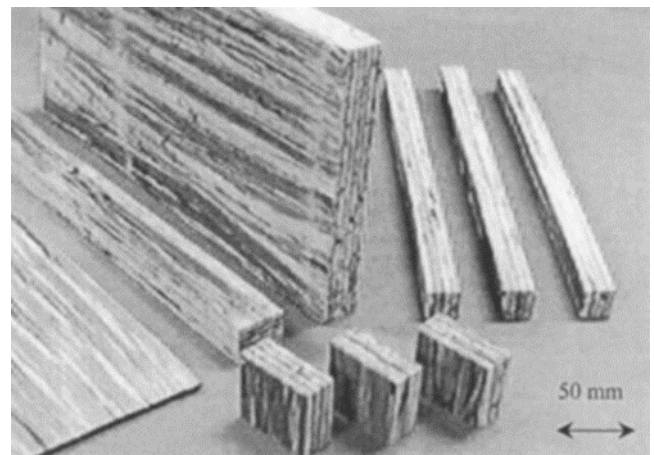
Gambar 4. Sambungan Bambu.
(Sumber: Morisco, 1999)

Sambungan tersebut diprediksi mampu menahan beban hingga 4000 kg. Sambungan ini dapat diterapkan pada konstruksi kuda-kuda bambu dengan bentang 12 meter. Beberapa model sambungan bambu dengan beberapa kombinasi dengan teknologi baja di berbagai manca negara dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Konstruksi kuda-kuda Bambu
(Sumber: Morisco, 1999)

Bambu laminasi ini memiliki sifat mekanik yang baik serupa dengan produk kayu. Namun, kelemahannya adalah sulit untuk jenis sambungannya dan biaya produksi lebih mahal daripada bahan yang bersaing dengan yang tersedia dipasaran/lokal. Teknologi bambu laminasi saat ini lebih berfokus terhadap penggunaan bahan konstruksi yang lebih berkelanjutan (Mahdavi *et al*, 2011). Bambu komposit atau bambu laminasi dikenal dengan istilah LBL atau *Laminated Bamboo Lumber* telah menjadi perhatian peneliti dan praktisi karena dapat menjadi alternatif untuk pemakaian bahan bangunan. Bambu laminasi ini memiliki sifat mekanik yang baik serupa dengan produk kayu. Namun, kelemahannya adalah sulit untuk jenis sambungannya dan biaya produksi lebih mahal daripada bahan yang bersaing dengan yang tersedia dipasaran/lokal.



Gambar 6. Laminated Bamboo Lumber
(sumber: Mahdavi *et al.*, 2011)

Berbagai disain bambu dapat diterapkan untuk bangunan termasuk perumahan dan rumah susun (Tanuwidjaja *et al*, 2009). Salah satu teknologi lama dan terus dikembangkan adalah dinding bambu plester (gambar 7). Untuk bangunan atau rumah satu lantai biasanya dipakai dinding pemikul. Namun, perkembangannya dapat sebagai dinding pengisi atau dapat dibuat secara pre-fabrikasi.



Gambar 7. Rumah dengan dinding bambu plester.
(sumber: Tanuwidjaja *et al*, 2009)

Salah satu konsep konstruksi bambu kombinasi yang dapat diterapkan pada rumah tinggal adalah konstruksi toilet / kamar mandi yang merupakan kombinasi antara material bambu dengan material lain seperti batu alam, termasuk dilengkapi dengan *sanitair fixture* (gambar 8). Contoh lain penerapan lainnya adalah konstruksi bambu pada bangunan tempat pertemuan warga (gambar 9).



Gambar 8. Disain toilet dengan konstruksi bambu
(sumber: dokumentasi peneliti, 2017)



Gambar 9. Tempat Pertemuan Warga
(sumber: dokumentasi peneliti, 2017)

3.5. Kelemahan Bambu

Dilain pihak bambu sebagai material memiliki kelemahannya tersendiri. Menurut Bao *et al* (2017), kayu atau bambu yang merupakan bahan material berbasis bio, memiliki kelemahan berupa sensitifitas yang tinggi terhadap air dan kelembaban. Bambu mampu menyerap atau melepaskan air tergantung dari kelembaban lingkungan sekitarnya. Berdasarkan penelitian sebelumnya bambu dapat menyerap air hingga 100% dari keringnya berat, bahkan dari sumber lain dapat mencapai nilai ekstrim sampai dengan 300%. Penyerapan kelembaban cenderung lama pada proses awalnya, sekitar 20 sampai dengan 24 jam. Hal tersebut menyebabkan bambu dapat membengkak sampai dengan titik jenuh seratnya.

Bambu juga rentan terhadap kerusakan akibat perusak biologis (Sulistyowati, 1996). Perusak biologis yang sering menyerang bambu adalah jamur, rayap, kumbang bubuk, dan mikroorganisme laut. Kerusakan akibat jamur menyebabkan bambu mengalami pengotoran, pelapukan dan perubahan warna. Kerusakan akibat serangan kumbang bubuk biasanya setelah batang bambu selesai ditebang karena masih menempelnya sari pati dari batang bambu. Kumbang tersebut hidup dalam jaringan serat bambu dan menetap untuk memperoleh zat patinya.

Sedangkan ancaman kerusakan non-biologis berasal dari air. Kadar air yang tinggi menyebabkan kekuatan bambu menurun dan mudah lapuk. Akan tetapi, permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pengawetan baik secara kimia maupun non kimia.

Bila bambu tidak diberikan perlakuan pengawetan, bersentuhan secara langsung dengan tanah dan tidak terlindung dari cuaca, maka bambu hanya memiliki umur layan sekitar 1 sampai dengan 3 tahun. Bambu yang terlindung dari cuaca luar, diprediksi umur layan bambu dapat mencapai antara 4 sampai dengan 7 tahun bahkan lebih. Apabila bambu ditempatkan pada lingkungan sekitar yang ideal, tidak begitu lembab, maka konstruksi bambu dapat diperkirakan mampu bertahan hingga 10 sampai dengan 15 tahun. Selain itu, bila tanpa pengawetan, bambu yang terpapar

langsung dengan air laut diprediksi akan cepat hancur dalam waktu kurang dari satu tahun akibat serangan mikroorganisme laut.

3.6. Tantangan Bambu

Tabanab bambu merupakan jenis tanaman yang memiliki unsur keindahan / corak khas tersendiri. Tanaman bambu juga termasuk tanaman yang mampu bertahan hidup dengan strukturnya yang efisien melalui proses jutaan tahun evolusi. Sejak awal peradaban manusia di dunia, pada berbagai negara dimana banyak ditemukan habitat pohon bambu, seperti Cina, telah menggunakan bambu sebagai bahan yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari penduduknya serta memerankan peran penting pada aspek kehidupan manusia lainnya, diantaranya pada bidang seni, sastra dan filsafat, dikarenakan sifat bambu yang diyakini dekat dengan makna elegan, praktis dan sarat akan makna simbolis.

Akan tetapi saat ini, perkembangan bambu terancam oleh era modernisasi atau industri yang prinsipnya sangat berlawanan dengan kejayaannya jaman sejarah bambu terdahulu. Bambu mulai diinggalkan, karena bambu memiliki bentuk yang tidak simetris (ukuran tidak sama dari ujung akar ke ujung batang) hingga perbedaan sifat yang dimiliki antara satu batang bambu dengan bambu yang lain. Hal tersebut oleh sebagian besar pelaku industri dianggap tidak menarik. Kondisi tersebut semakin diperkuat fakta bahwa teknologi pengolahan bambu belum berkembang secara luas serta opini negatif dimasyarakat terkait anggapan bahwa material bambu hanya digunakan untuk masyarakat tradisional atau mereka yang berasal dari kalangan ekonomi rendah / miskin.

Yu (2007) menyatakan bahwa secara sosial budaya bambu saat ini telah kehilangan hubungannya dengan budaya bambu pada masa tradisionalnya, dalam artian, masyarakat telah meninggalkan bambu sebagai penyokong dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan bambu saat ini telah tergantikan oleh material dari plastik karena efek dari modernisasi. Hal ini mengakibatkan peredaran atau keberlangsungan bahan bambu dan para perajin bambu semakin berkurang dan terpinggirkan. Lebih lanjut Yu (2007) juga menegaskan solusi yang harus dilakukan adalah melakukan modernisasi pemanfaatan bambu dalam konteks industri, dimana modernisasi ini mencakup aspek hubungan antara bahan bambu dan kebutuhan manusia,

4. KESIMPULAN

Bambu sebagai material memiliki keunggulan dan potensi menjanjikan di berbagai aspek, termasuk aspek terhadap keramahan lingkungan. Bambu dianggap telah selaras dengan kriteria material ekologis dalam upaya pemenuhan aspek konsep *green building*. Akan tetapi, kendala yang dihadapi

diapangan dalam upaya menjadikan bambu sebagai alternatif utama material ekologis masih banyak ditemui. Fakta akan keberadaan bambu sebagai material arsitektural mulai tergerus oleh perkembangan teknologi modern, keterbatasan pasokan bahan mentah dan hilangnya identitas bambu dimasyarakat semakin menegaskan bahwa kondisi ini memerlukan perhatian yang lebih serius lagi.

Dua hal yang dapat dirintis dalam upaya menjawab tantangan eksistensi bambu sebagai material ekologis yakni: pertama, secara teknis dimensi bambu harus dapat mengakomodir kebutuhan dan menjawab kesulitan perancang dalam mendisain objek arsitektural menggunakan material bambu. Kedua, diperlukan langkah nyata untuk membangun identitas budaya bambu modern dalam konteks industri. Dengan semakin banyak material bambu atau konstruksi bambu baru yang dirancang dengan pertimbangan yang tepat, maka budaya bambu akan lebih mudah masuk ke kehidupan sehari-hari masyarakat modern. Selain itu bambu sebagai bahan bangunan dapat menawarkan sebuah identitas budaya baru bagi penggunaannya di tengah-tengah kepungan budaya industri. Hal ini merupakan langkah awal terjadinya harmonisasi antara bambu sebagai material dengan budaya dan arus kemajuan teknologi yang pesat sehingga keberlangsungan bambu, baik dari sisi ketersediaan maupun pemanfaatannya, tetap dapat terjaga dan lestari dengan baik.

Tentu saja, hal tersebut bukan pekerjaan yang mudah, dan membutuhkan sinergitas dari semua pihak yang terkait dan peduli akan keberadaan bambu, termasuk pemerintah yang harus mampu menjadi *leading sector* dalam merangkul setiap elemen masyarakat. Dengan begitu material bambu sebagai alternatif penerapan material ekologis akan terwujud yang berimbas kepada kelestarian alam dan lingkungan untuk generasi mendatang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ben-Zhi, Z., Mao-Yi, F., Jin-Zhong, X., Xiao-Sheng, Y., & Zheng-Cai, L. (2005). Ecological functions of bamboo forest: research and application. *Journal of Forestry Research*, 16(2), 143–147.
- Berge, B. (2009). *The Ecology of Building Materials*. Routledge.
- Bui, Q.-B., Grillet, A.-C., & Tran, H.-D. (2017). A Bamboo Treatment Procedure: Effects on the Durability and Mechanical Performance. *Sustainability*, 9(9), 1444.
- Frick, H., & Suskiyatno, F. B. (1998). *Dasar-Dasar Eko Arsitektur*. Penerbit Kanisius.
- Janssen, J. J. (1981). Bamboo in building structures.
- Mahdavi, M., Clouston, P., & Arwade, S. (2010). Development of laminated bamboo lumber: review of processing, performance, and economical considerations. *Journal of Materials*

- in *Civil Engineering*, 23(7), 1036–1042.
- McLennan, J. F. (2014). *The Philosophy of Sustainable Design* (First Edition edition). Canada: Ecotone Publishing Company LLC.
- Mera, F. A. T., & Xu, C. (2014). PLANTATION MANAGEMENT AND BAMBOO RESOURCE ECONOMICS IN CHINA. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 1.
- Morisco. (1999). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Sattar, M. (1995). Traditional bamboo housing in Asia: Present status and future prospects. *Bamboo, People and the Environment*, 3, 1–13.
- Schmid, P. (1986). *Bio-logische Baukonstruktion*. KOin Muller.
- Sulistiyowati, C. A. (1997). Pengawetan Bambu. *Teknologi Wacana. Pusat Informasi Teknologi Terapan ELSPAT. Jakarta*, 6, 11–13.
- Syahriyah, D. R. (2016). Penerapan Aspek Green Material pada Kriteria Bangunan Ramah Lingkungan di Indonesia. In *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2016* (pp. H179–H186). Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia.
- Tanuwidjaja, G., Widyowijatnoko, A., & Faisal, B. (2009). Bambu sebagai Material yang Berkelanjutan dan Affordable untuk Perumahan.
- Umar, U. A., Khamidi, M. F., & Tukur, H. (2014). Sustainable Building Material for Green Building Construction, Conservation and Refurbishing. In *Management in Construction Research Association (MiCRA)* (pp. 2–6). UTM Razak School of Engineering and Advanced Technology.
- Van der Lugt, P., Van den Dobbelsteen, A., & Janssen, J. (2006). An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures. *Construction and Building Materials*, 20(9), 648–656.
- Van der Lugt, P., Vogtländer, J., & Brezet, H. (2008). *Bamboo, a sustainable solution for Western Europe: design cases LCAs and land-use*. Centre for Indian Bamboo Resource and Technology.
- Widjaja, E. A. (2000). Bamboo Diversity and Its Future Prospect in Indonesia. In *Proceedings of The Third International Wood Science Symposium* (pp. 235–240). Kyoto: JSPS-LIPI Core University Program.
- Yu, D., Tan, H., & Ruan, Y. (2011). A future bamboo-structure residential building prototype in China: Life cycle assessment of energy use and carbon emission. *Energy and Buildings*, 43(10), 2638–2646.
- Yu, X. (2007). *Bamboo: Structure and Culture: Utilizing Bamboo in the Industrial Context with Reference to Its Structure and Cultural Dimensions*. VDM Publishing.