

PEMANFAATAN BAMBU PADA KONSTRUKSI BANGUNAN BERDAMPAK POSITIF BAGI LINGKUNGAN

Ni Komang Ayu Artiningsih

Dosen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Email : Mawar.artiningsih@gmail.com

ABSTRACT

Bamboo is one of the oldest building materials and is very versatile with many applications in the field of building construction, especially in developing countries. Bamboo grows abundantly throughout the Indonesian archipelago, and has become part of Indonesian society for centuries. Rapid growth of bamboo to make bamboo as a sustainable resource.

Bamboo is a strong, lightweight material and can often be used without processing or finishing. Bamboo construction is easy to construct, resistant to earthquake forces, and easily repaired if damage occurs. Timber resources is reduced by the restrictions imposed on logging in natural forests, especially in the tropics, has focused world attention on the need to identify replacement materials that can Replaces, environmentally friendly and can be used widely.

The existence of an increasingly scarce wood for wood utilization past massive, while the growth of the wood to be used as construction material so long to reach 40 years in comparison with bamboo which is only about 3 to 5 years.

With rapid growth, good adaptability to most climatic conditions and soil conditions, bamboo emerged as a very suitable alternative. However, in order to fully utilize the potential of bamboo as a construction material, development efforts should be directed to its preservation. Utilization of lands that are less productive for growing bamboo is an attempt to preserve the bamboo. With the extensive use of bamboo structures in the field, the circulation where bamboo can support the economy of the people and provide a positive impact on the environment.

KEY WORDS: *Bamboo, construction, design, environment*

ABSTRAK

Bambu merupakan salah satu bahan bangunan tertua dan sangat serbaguna dengan banyak aplikasi di bidang konstruksi bangunan, khususnya di negara-negara berkembang. Bambu tumbuh melimpah di seluruh kepulauan Indonesia, dan telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat Indonesia selama berabad-abad. Pertumbuhan bambu yang cepat membuat bambu sebagai sumber daya yang dapat berkelanjutan.

Bambu merupakan material kuat dan ringan dan sering dapat digunakan tanpa pengolahan atau finishing. Konstruksi bambu mudah untuk membangun, tahan terhadap gaya gempa, dan mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan. Sumber daya kayu berkurang dengan adanya pembatasan yang dikenakan pada penebangan di hutan alam, terutama di daerah tropis, telah memfokuskan perhatian dunia pada kebutuhan untuk mengidentifikasi pengganti material yang dapat diperbarui, ramah lingkungan dan secara luas dapat dimanfaatkan.

Keberadaan kayu yang semakin langka karena memanfaatkan kayu masa lalu secara besar-besaran, sementara pertumbuhan kayu hingga dapat digunakan sebagai material konstruksi bangunan sangat lama bisa mencapai 40 tahun dibandingkan dengan bambu yang hanya sekitar 3 sampai 5 tahun.

Dengan pertumbuhan yang cepat, kemampuan adaptasi yang baik untuk sebagian besar kondisi iklim dan kondisi tanah, bambu muncul sebagai alternatif yang sangat cocok. Namun, dalam rangka memanfaatkan sepenuhnya potensi bambu sebagai material konstruksi bangunan, upaya pembangunan harus diarahkan untuk pelestariannya. Pemanfaatan lahan-lahan yang kurang produktif untuk penanaman bambu merupakan upaya melestarikan bambu. Dengan pemanfaatan bambu yang luas dibidang struktur bangunan, maka sirkulasi keberadaan bambu dapat mendukung perekonomian rakyat serta memberikan dampak positif yang besar terhadap lingkungan.

KATA KUNCI : *Bambu, konstruksi bangunan, desain, lingkungan.*

LATAR BELAKANG

Bambu memiliki sejarah panjang dan mapan sebagai bahan bangunan di seluruh dunia baik di daerah tropis maupun sub-tropis. Menurut Sharma (1987) di dunia tercatat lebih dari 75 negara dan 1250 spesies bambu, bambu juga tumbuh melimpah di seluruh kepulauan Indonesia, dan telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat Indonesia selama berabad-abad. Pertumbuhan bambu yang cepat membuat bambu sebagai sumber daya yang dapat berkelanjutan.

Bambu banyak digunakan untuk berbagai bentuk konstruksi bangunan, khususnya untuk perumahan di daerah pedesaan. Bambu merupakan sumber daya terbarukan dan serbaguna, ditandai dengan kekuatan tinggi dan berat volume rendah, dan mudah dikerjakan dengan menggunakan alat sederhana. Dengan demikian, konstruksi bambu mudah untuk dibangun, sifat yang ringan dan elastic membuat konstruksi bambu tahan terhadap gaya gempa dan mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan. Produk terkait (panel berbasis bambu dan beton bertulang bambu, misalnya) juga menemukan aplikasi dalam proses konstruksi.

Beberapa pertimbangan penting yang saat ini membatasi penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi bangunan secara umum antara lain adalah:

- a) Daya Tahan: bambu rentan terhadap serangan jamur dan serangga. Dengan alas an tersebut maka jika tidak diobati, struktur bambu dipandang sebagai struktur bangunan sementara dengan umur tidak lebih dari lima tahun.
- b) Konstruksi sambungan: meskipun banyak jenis sambungan tradisional yang ada, namun efisiensi strukturalnya rendah (Herbert et al. 1979). Banyak penelitian telah diarahkan pada pengembangan lebih efektif metode sambungan.
- c) Mudah terbakar: struktur bambu tidak berperilaku baik dalam kebakaran.
- d) Kurangnya bimbingan desain dan standarisasi: desain rekayasa struktur bambu belum sepenuhnya ditangani.

Jenis-jenis bambu untuk konstruksi bangunan

Banyak jenis bambu yang terdapat di Indonesia, kurang lebih ada 75 jenis bambu namun yang mempunyai nilai ekonomis hanya sekitar 10 jenis saja (Sutiyono, 2006). Jenis-jenis bambu yang sering digunakan untuk konstruksi bangunan di Indonesia, antara lain bambu wulung, bambu legi, bambu petung, bambu ampel, Gambar 1 di bawah ini menampilkan beberapa jenis bambu yang mempunyai nilai ekonomi yang sering digunakan tersebut.



a) Bambu wulung.



b) bambu ampel.



c. Bambu petung



d) bambu legi

Gambar 1. Beberapa jenis bambu yang sering untuk konstruksi bangunan (Sutiyono,2006).

Keunggulan Bambu

Bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus. Untuk melakukan budi daya bambu, tidak diperlukan investasi yang besar, setelah tanaman sudah mantap, hasilnya dapat diperoleh secara menerus tanpa menanam lagi. Budi daya bambu dapat dilakukan sembarang orang, dengan peralatan sederhana dan tidak memerlukan bekal pengetahuan yang tinggi.

Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam, atau 120 cm per hari. Bambu dapat dimanfaatkan dalam banyak hal. Berbeda dengan pohon kayu hutan yang baru siap ditebang dengan kualitas baik setelah berumur 40-50 tahun, maka bambu dengan kualitas baik dapat diperoleh pada umur 3 - 5 tahun.

Tanaman bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa. Rumpun bambu yang telah dibakar, masih dapat tumbuh lagi.

Bambu mempunyai kekuatan cukup tinggi, kuat tariknya dapat disejajarkan dengan baja. sekalipun demikian kekuatan bambu yang tinggi ini belum dimanfaatkan dengan baik karena biasanya batang-batang struktur bambu dirangkaikan dengan pasak atau tali yang kekuatannya rendah.

Bambu berbentuk pipa sehingga momen kelembabannya tinggi, oleh karena itu bambu cukup baik untuk memikul momen lentur. Ditambah dengan sifat bambu yang elastis, struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi baik terhadap angin maupun gempa.

Kelemahan Bambu

Bambu mempunyai daya tahan yang sangat rendah, bambu sangat potensial untuk diserang kumbang bubuk, sehingga bangunan atau perabot yang terbuat dari bambu tidak awet. Oleh karena itu rangka bangunan dari bambu, yang tidak diawetkan, hanya dipandang sebagai komponen bangun-an sementara yang hanya tahan tidak lebih dari 5 tahun.

Kekuatan sambungan bambu yang pada umumnya sangat rendah karena perangkaian batang-batang struktur bambu sering kali dilakukan secara konvensional memakai paku, pasak, atau tali ijuk. Pada perangkaian batang-batang struktur dari bambu yang dilakukan dengan paku atau pasak, maka serat yang sejajar dengan kekuatan geser yang rendah menjadikan bambu mudah pecah karena

paku atau pasak. Penyambungan memakai tali sangat tergantung pada keterampilan pelaksana. Kekuatan sambungan hanya didasarkan pada kekuatan gesek antara tali dan bambu atau antara bambu yang satu dengan bambu lainnya. Dengan demikian penyambungan bambu secara konvensional kekuatannya rendah, sehingga kekuatan bambu tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Pada saat tali ken-dor sebagai akibat kembang susut karena perubahan temperatur, kekuatan gesek itu akan turun, dan bangunan dapat runtuh. Oleh karena itu sambungan bambu yang memakai tali perlu dicek secara berkala, dan tali harus selalu disetel agar tidak kendur.

Kelangkaan buku petunjuk perancangan atau standar berkaitan dengan bangunan yang terbuat dari bambu.

Sifat bambu yang mudah terbakar. Sekalipun ada cara-cara untuk menjadikan bambu tahan terhadap api, namun biaya yang dikeluarkan relatif cukup mahal.

Bersifat sosial berkaitan dengan opini masyarakat yang sering menghubungkan bambu dengan kemiskinan, sehingga orang segan tinggal di rumah bambu karena takut dianggap miskin. Orang baru mau tinggal di rumah bambu jika tidak ada pilihan lain. Untuk mengatasi kendala ini maka perlu dilibatkan arsitek, agar rumah yang dibuat dari bambu terlihat menarik. Upaya ini tampak pada bangunan-bangunan wisata yang berupa bungalow dan rumah makan yang berhasil menarik wisatawan mancanegara.

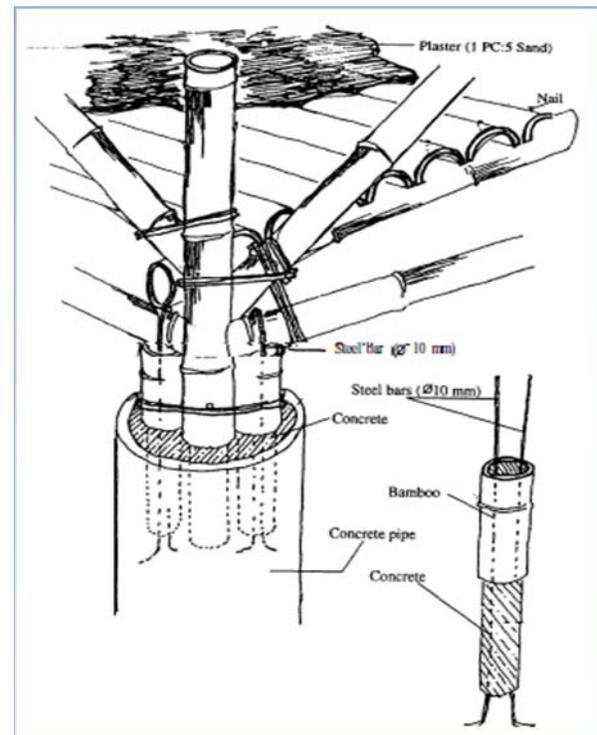
Bambu sebagai elemen struktur bangunan gedung

Bambu dapat digunakan untuk membuat semua komponen bangunan, baik struktural maupun non structural. Konstruksi bangunan bambu ini ditandai dengan pendekatan kerangka struktural mirip dengan yang diterapkan dalam konstruksi kayu. Dalam hal ini, elemen lantai, dinding dan atap saling dihubungkan dan saling bergantung satu sama lain untuk stabilitas keseluruhan. Ada kebutuhan untuk mengontrol deformasi lateral dalam beberapa bentuk tradisional bangunan pada khususnya. Kecukupan dan kesesuaian bangunan untuk hunian juga akan tergantung pada detail yang

baik, misalnya untuk membantu mencegah masuknya air dan kelembaban, serangan jamur dan kutu kutu.

a) Bambu sebagai pondasi

Jenis-jenis pondasi dari bambu yang umum digunakan antara lain bambu kontak tanah secara langsung, bambu di atas pondasi batu atau beton, bambu dimasukkan ke dalam pondasi beton (Gambar 1), dan bambu sebagai tulangan beton. Secara umum, yang terbaik adalah menjaga bambu agar tidak kontak langsung dengan tanah, karena bambu yang tidak diobati dapat membusuk sangat cepat jika kontak dengan tanah.



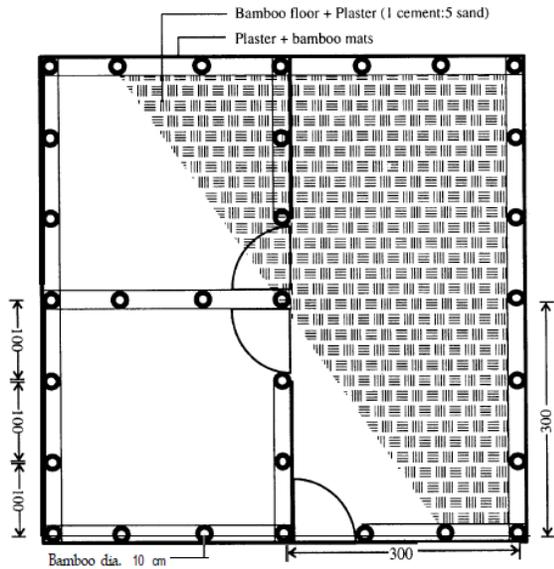
Gambar 2: Skematik bambu untuk pondasi tidak kontak dengan tanah (Purwito, 1995)

b) Bambu sebagai Lantai

Lantai bangunan bambu mungkin di permukaan tanah, dan karena itu hanya terdiri dari tanah yang dipadatkan, dengan atau tanpa perkuatan dari anyaman bambu. Namun, solusi yang dipilih adalah untuk menaikkan lantai di atas tanah menciptakan jenis konstruksi panggung. Hal ini meningkatkan kenyamanan dan kebersihan dan dapat memberikan tempat penyimpanan tertutup di bawah lantai. Ketika

lantai ditinggikan, lantai menjadi bagian integral dari kerangka struktur bangunan.

Lantai bambu biasanya terdiri dari balok bambu tetap untuk strip pondasi atau tumpuan ke pondasi. Balok-balok dipasang di sekeliling bangunan. Balok dan kolom umumnya berdiameter sekitar 100 mm.

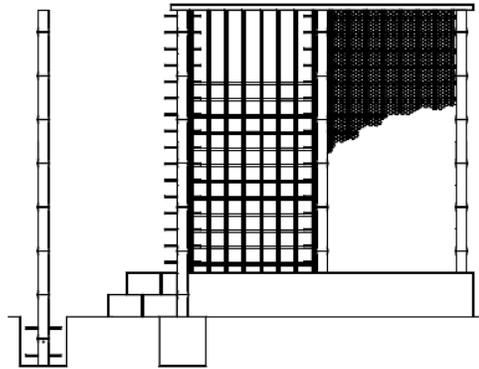


Gambar 3. Denah, bambu untuk lantai (Purwito, 1995).

c) Bambu sebagai dinding

Penggunaan yang paling luas dari bambu dalam konstruksi adalah untuk dinding dan partisi. Elemen utama dari dinding bambu umumnya merupakan bagian dari kerangka struktural. Dengan demikian bambu harus mampu untuk menahan beban bangunan baik berat sendiri maupun beban berguna, cuaca, dan gempa bumi.

Sebuah pengisi antara anyaman bambu diperlukan untuk menyelesaikan dinding. Tujuan dari pengisi adalah untuk melindungi terhadap hujan, angin dan hewan, untuk memberikan privasi dan memberikan perkuatan untuk menjamin stabilitas keseluruhan struktur ketika mengalami gaya horisontal. Pengisi harus didesain untuk memungkinkan cahaya dan ventilasi.

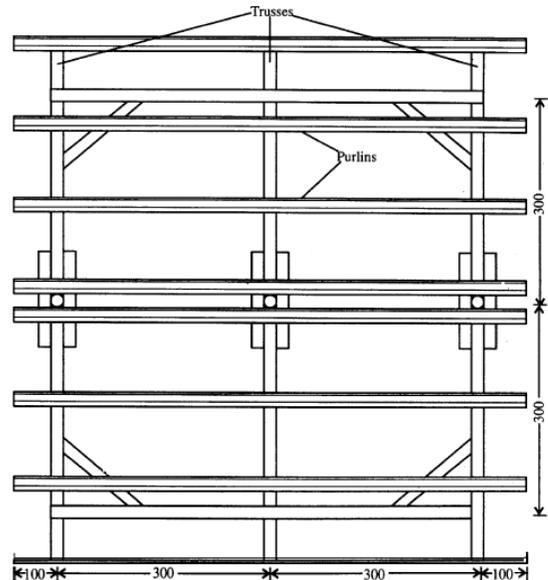


Gambar 4. Konstruksi dinding dengan jaring-jaring bambu (Jayanetti,dkk., 2002).

d) Bambu sebagai atap

Atap bangunan yang diperlukan untuk memberikan perlindungan terhadap cuaca ekstrem termasuk hujan, matahari dan angin, dan untuk memberikan yang jelas, ruang yang dapat digunakan di bawah kanopi nya. Di atas semua, itu harus cukup kuat untuk menahan kekuatan yang cukup dihasilkan oleh angin dan penutup atap. Dalam hal ini bambu sangat ideal sebagai bahan atap - itu kuat, tangguh, dan ringan.

Struktur bambu untuk atap dapat terdiri dari komponen Rangka atap (kuda-kuda), Gording atau purlin, kasau dan reng.



Gambar 5. Denah konstruksi atap dengan bambu. (Purwito,1995).

Aplikasi bambu untuk berbagai jenis konstruksi lain

a) Jembatan bambu

Sebuah jembatan dapat didefinisikan sebagai struktur tinggi yang menghubungkan dua tempat agar lalu lintas dapat melewati hambatan yang ada diantara keduanya (misalnya lembah dan sungai). Berbagai jenis bentangan dan kapasitas yang hampir tak terbatas. Jembatan bambu umumnya digunakan untuk konstruksi jembatan dengan bentang terbatas untuk pejalan kaki dan lalu lintas ringan. Namun konstruksi bambu dengan sambungan yang baik, telah dibangun dan telah terbukti mampu mendukung beban yang cukup besar.



Gambar 6. Pengujian konstruksi jembatan bambu (Morisco, 2006)

b) Perancah bambu

Perancah bambu secara luas digunakan di seluruh Asia Selatan dan Asia Tenggara dan juga Selatan Amerika sebagai struktur sementara untuk mendukung platform yang bekerja di konstruksi bangunan dan pemeliharaan (Jayanetti dkk, 2002). Keuntungan utama dari perancah bambu bila dibandingkan dengan baja yang ringan dan rendah biaya. Hal ini juga mudah disesuaikan dengan bentuk bangunan. Namun, masalah seperti kurangnya daya tahan, dan non-standar sambungan saat ini membatasi penggunaan bambu secara luas.



Gambar 7. Bambu untuk scaffolding (Chu, 2002).

c) Bambu sebagai tulangan beton

Penggunaan bambu sebagai tulangan beton adalah salah satu topik yang lebih luas dibahas berkaitan dengan bambu dalam konstruksi. Ada beberapa alasan bagus mengapa bambu mungkin dianggap sebagai penguat untuk beton yaitu : biaya rendah dibandingkan dengan baja, mudah di dapat, dan Kekuataannya untuk rasio berat badan lebih baik dibandingkan dengan baja.



Gambar 8. Bambu sebagai tulangan pondasi plat. (Hidalgo, 1995)

Perlindungan komponen Bambu

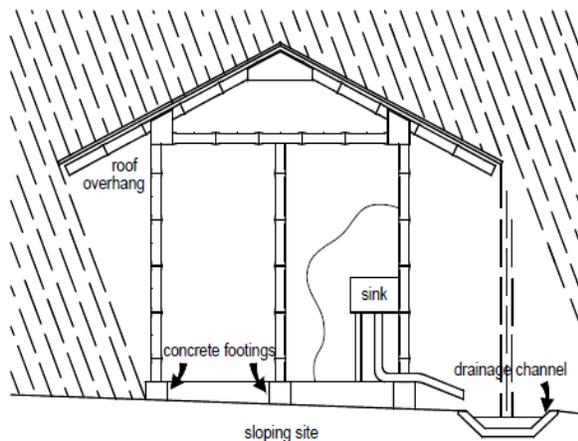
Bambu tidak tahan lama dalam keadaan aslinya. Kandungan alami bambu terdapat sumber makanan yang siap untuk serangga dan jamur, dan dapat membusuk dalam waktu kurang dari satu tahun jika kontak langsung dengan tanah. Oleh karena itu perlindungan merupakan usaha yang penting

untuk menjamin umur yang lama dari material bambu.

Perlindungan tidak selalu berarti perawatan dengan kimia. Garis pertahanan pertama adalah desain yang baik. Perlindungan dengan desain melibatkan empat prinsip dasar yaitu : menjaga bambu tetap kering, menjaga bambu kontak dengan tanah, memastikan sirkulasi udara yang baik, dan memastikan visibilitas yang baik.

Konsol atap yang lebar dapat mencegah pembasahan langsung dinding saat hujan lebat, dan drainase saluran atau selokan dapat digunakan untuk menjauhkan air dari gedung dengan jarak yang aman. Risiko banjir yang lebih umum dapat dikurangi dengan membangun sebuah situs dinilai atau sedikit miring, dan menggunakan batu dinaikkan atau pondasi beton. (Gambar 9).

Meningkatkan kolom bambu atau panel dinding jelas tanah juga mengurangi risiko serangan rayap, dan meningkatkan visibilitas, membuat pemeriksaan lebih mudah. Perisai rayap dapat digunakan antara pondasi dan dinding, jika risiko dianggap tinggi. Bila memungkinkan, ruang atap harus dibiarkan terlihat dengan baik sehingga untuk visibilitas dan aliran udara, dan pemeliharaan rutin, Konstruksi bambu juga dapat memberikan daerah bersarang ideal untuk tikus dan hama lainnya. Secara umum, konstruksi rongga harus dihindari.



Gambar 12. Pengamanan dengan desain yang tepat (Jayanetti dkk., 2002)

Bangunan bambu sebagai bangunan ramah lingkungan “Green Building”

Setiap bangunan menempati ruangan, dirancang, dibangun, dioperasikan dan dipelihara untuk kesehatan dan kesejahteraan penghuni, sambil meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Adapun kategori bahan “green building” adalah sebagai berikut:

- Produk yang dibuat dari bahan lingkungan yang menarik.
- Produk yang mengurangi dampak lingkungan selama konstruksi, renovasi atau pembongkaran.
- Produk yang mengurangi dampak lingkungan dari operasi bangunan.
- Produk yang membuat lingkungan yang aman dan sehat dalam ruangan.

Bambu memenuhi syarat sebagai bahan bangunan ramah lingkungan (green building). Bambu saat ini sedang dipandang sebagai alternatif bahan dengan biaya rendah untuk masalah besar perumahan yang dihadapi oleh beberapa negara berkembang. Bambu merupakan potensi bahan untuk perumahan dan konstruksi yang ramah lingkungan, karena:

- Kekuatan tarik tinggi dibandingkan dengan yang ringan baja.
- Kekuatan tinggi untuk rasio berat dan beban daya dukung tinggi tertentu.
- Membutuhkan lebih sedikit energi untuk produksi,
- Layanan kinerja bambu dapat ditingkatkan dengan pengawetan dengan pengobatan yang cocok.
- Dapat dibentuk menjadi panel dan material komposit yang dapat meningkatkan kekuatan yang cocok untuk aplikasi struktural properti.
- Bambu juga memiliki kekuatan sisa tinggi untuk menyerap pengaruh guncangan dan sangat cocok untuk bahan pembangunan rumah untuk melawan kekuatan angin dan seismik yang tinggi.
- Bambu sangat efisien dalam menyerap karbon dioksida dan berkontribusi terhadap pengurangan efek rumah kaca.

Peran bambu dalam restorasi lingkungan

Biosfer kita menderita penipisan sumber daya, hilangnya habitat, kepunahan spesies dan pencemaran ekosistem, menunjukkan keberlanjutan yang tidak cukup. Arsitek dan pengembang sekarang dapat memilih bahan dan sistem yang memiliki efek restoratif pada lingkungan. Bambu dapat memainkan peran kunci.

Bambu adalah tanaman yang paling cepat berkembang. Bambu menghasilkan oksigen yang lebih besar 30% dari pada hutan kayu pada wilayah yang sama, sekaligus meningkatkan daerah aliran sungai, mencegah erosi, mengembalikan tanah yang rusak, bambu dapat menetralkan racun dari tanah yang terkontaminasi.

Bambu menghasilkan struktur balok, lantai, panel dinding, pagar dan banyak yang berkelanjutan dengan produk dari restorasi lingkungan.

Batang bambu dapat dipanen setiap tahun setelah 3 sampai 5 tahun, dibandingkan dengan 30 sampai 50 tahun untuk pohon. Dengan kenaikan tahunan 10-30% dalam biomassa dibandingkan 2-5% untuk pohon, bambu dapat menghasilkan 20 kali lebih banyak kayu dari pohon-pohon di daerah yang sama. Bambu dapat selektif dipanen setiap tahun dan melahirkan tanpa melakukan penanaman kembali.

Bambu menghasilkan oksigen 30% lebih dari pohon. Hal ini membantu mengurangi karbon dioksida gas yang menyebabkan pemanasan global. Rumpun bambu dapat menyerap karbon dioksida hingga 12 ton per hektar, yang membuat bambu menjadi pengisi ulang udara segar yang efisien.

Bambu merupakan penghalang mengalirnya air alami, karena sistem akar yang luas penyebarannya, bambu sangat mengurangi limpasan hujan, mencegah erosi tanah besar-

besaran dan membuat air dua kali lebih banyak di daerah aliran sungai (DAS).

Bambu membantu mengurangi polusi air karena konsumsi nitrogen tinggi, sehingga merupakan solusi untuk penyerapan nutrisi kelebihan air limbah dari pertanian, manufaktur, peternakan, dan pengolahan limbah.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan dampak positif penggunaan bambu pada konstruksi bangunan sebagai berikut:

- 1) Bambu dapat digunakan untuk berbagai aplikasi di bidang konstruksi bangunan sebagai pengganti keberadaan kayu yang semakin langka, dan jika didesain dengan baik dan di rawat dengan baik akan mempunyai daya tahan yang lama.
- 2) Pengakuan penggunaan bambu oleh masyarakat luas untuk konstruksi bangunan dan keperluan lain akan berpengaruh pada kebutuhan pengadaan bambu yang semakin besar pula. Hal ini dapat memicu masyarakat untuk melakukan penanaman bambu di tanah-tanah yang kurang produktif dengan demikian akan memberikan nilai tambah secara ekonomis.
- 3) Dengan semakin meluasnya lahan yang ditanami bambu, maka akan berdampak positif bagi lingkungan antara lain: udara segar karena bambu penyumbang oksigen yang lebih besar dibanding kayu dan dapat menyerap karbon dioksida, pemanfaatan lahan gundul, dan dapat mencegah erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arce, O.A., (1995), "Bambu Housing in Seismic-prone Areas", In Ganapati, P.M., Janssen, J.A., Sastry, C.B., ed., *Bambu People and Environment, Proceedings of the Vth International Bambu Workshop and the IV International Bambu Congress*, Bali, 19-22 June 1995, p.38 – 48
- Bhalla, S., Gupta, S., Sudhakar, P., Sures, R., (2008), "Bambu as Green Alternatif to Concrete and Steel for Modern Structures", *The International Congress of Environmental Research*, Goa, 18-20 December 2008.
- Tong, A.,Y.,C., (2002), "Bambu Scaffolding – Practical Application", In Chung, K.F, and Chan S.,S., ed., *Bamboo Scaffolds in Buliding Construction, Proceeding of International Seminar*, Hongkong, 11 May 2002, p.31-42.
- Hidalgo, O., (1995), "Study of Mechanical Properties of Bambu and its Use as Concrete Reinforcement: Problems and Solutions", In Ganapati, P.M., Janssen, J.A., Sastry, C.B., ed., *Bambu People and Environment, Proceedings of the Vth International Bambu Workshop and the IV International Bambu Congress*, Bali, 19-22 June 1995, p.66 - 75.
- Jayanetti, D.L., & Follet, P.R., (2002), "Bambu in Construction: An Introduction", *INBAR Technical Report No.16*, India.
- Morisco and Mardjono, F., (1995), "Strength of Filled Bambu Joint", In Ganapati, P.M., Janssen, J.A., Sastry, C.B., ed., *Bambu People and Environment, Proceedings of the Vth International Bambu Workshop and the IV International Bambu Congress*, Bali, 19-22 June 1995, p.113 -1120.
- Paudel, S.K., (2008), "Engineered Bambu as A Building Material", In Xiao, Y., Inoue, M., Paudel, S. K., ed., *Modern Bambu Structures, ed., Proceeding of First International Conference*, Changsha, 28-30 October 2007, p.33-40.
- Purwito, (1995). "The Application of Bambu for Earthquake-resistant Houses", In Ganapati, P.M., Janssen, J.A., Sastry, C.B., ed., *Bambu People and Environment, Proceedings of the Vth International Bambu Workshop and the IV International Bambu Congress*, Bali, 19-22 June 1995.
- Sharma, Y.M.L. 1987. *Bambus in the Asia-Pacific region.*: 99-100. In Lessard, G. & Chouinard. A. (eds) *Bambu Research in Asia*. IDRC, Canada.