



MATERIAL BAMBOO

2019



ARCHILIZER

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.

Bambu tergolong keluarga Gramineae (rumput-rumputan) disebut juga Hiant Grass (rumput raksasa), berumpun dan terdiri dari sejumlah batang (buluh) yang tumbuh secara bertahap, dari mulai rebung, batang muda dan sudah dewasa pada umur 4-5 tahun. Batang bambu berbentuk silindris, berbuku-buku, beruas-ruas berongga kadang-kadang masif, berdinding keras, pada setiap buku terdapat mata tunas atau cabang. Akar bambu terdiri atas rimpang (rhizon) berbuku dan beruas, pada buku akan ditumbuhi oleh serabut dan tunas yang dapat tumbuh menjadi batang.

Dari kurang lebih 1.000 species bambu dalam 80 genera, sekitar 200 species dari 20 genera ditemukan di Asia Tenggara (Dransfield dan Widjaja, 1995), sedangkan di Indonesia ditemukan sekitar 60 jenis. Tanaman bambu Indonesia ditemukan di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 m dpl. Pada umumnya ditemukan ditempat-tempat terbuka dan daerahnya bebas dari genangan air.

Dalam kehidupan masyarakat pedesaan di Indonesia, bambu memegang peranan sangat penting. Bahan bambu dikenal oleh masyarakat memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan, antara lain batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkut. Selain itu bambu juga relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lain karena banyak ditemukan di sekitar pemukiman pedesaan. Bambu menjadi tanaman serbaguna bagi masyarakat pedesaan.

Bambu dalam bentuk bulat dipakai untuk berbagai macam konstruksi seperti rumah, gudang, jembatan, tangga, pipa saluran air, tempat air, serta alat-alat rumah tangga. Dalam bentuk belahan dapat dibuat bilik, dinding atau lantai, reng, pagar, kerajinan dan sebagainya. Beberapa jenis bambu akhir-akhir ini mulai banyak digunakan sebagai bahan penghara industri supit, alat ibadah, serta barang kerajinan, peralatan dapur, topi, tas, kap lampu, alat musik, tirai dan lain-lain. Sering ditemui barang-barang yang berasal dari bambu yang dikuliti khususnya dalam keadaan basah mudah diserang oleh jamur biru dan bulukan sedangkan bambu bulat utuh dalam keadaan kering dapat diserang oleh serangga bubuk kering dan rayap kayu kering.

Tanaman bambu hidup merumpun, kadang-kadang ditemui berbaris membentuk suatu garis pembatas dari suatu wilayah desa yang identik dengan batas desa di Jawa. Penduduk desa sering menanam bambu disekitar rumahnya untuk berbagai keperluan. Berbagai-bagai jenis bambu bercampur ditanam di pekarangan rumah. Pada umumnya yang sering digunakan oleh masyarakat di Indonesia adalah bambu tali, bambu petung, bambu andong dan bambu hitam.

Karakter Bambu

Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (pembuluh dan sieve tubes) Dransfield dan Widjaja (1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

Sifat Fisis dan Mekanis

Sifat fisis dan mekanis merupakan informasi penting guna memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat barang yang dihasilkan. Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis bambu telah diberikan oleh Ginoga (1977) dalam taraf pendahuluan. Pengujian dilakukan pada bambu apus (*Gigantochloa apus* Kurz.) dan bambu hitam (*Gigantochloa nigrocillata* Kurz.). Beberapa hal yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luas sampai ke bagian dalam dan kadar air bamboo.

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 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).

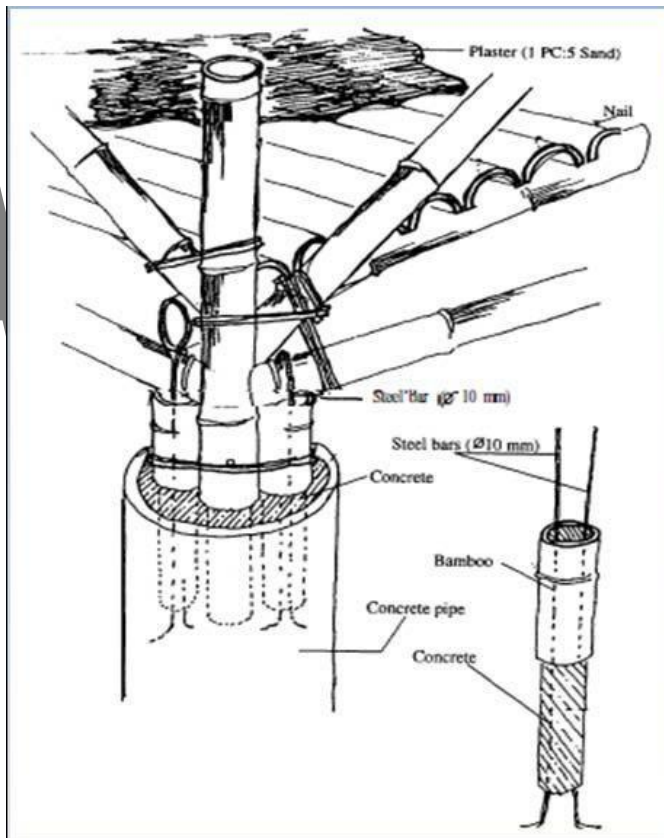
Bambu sebagai elemen struktur bangunan gedung

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 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.



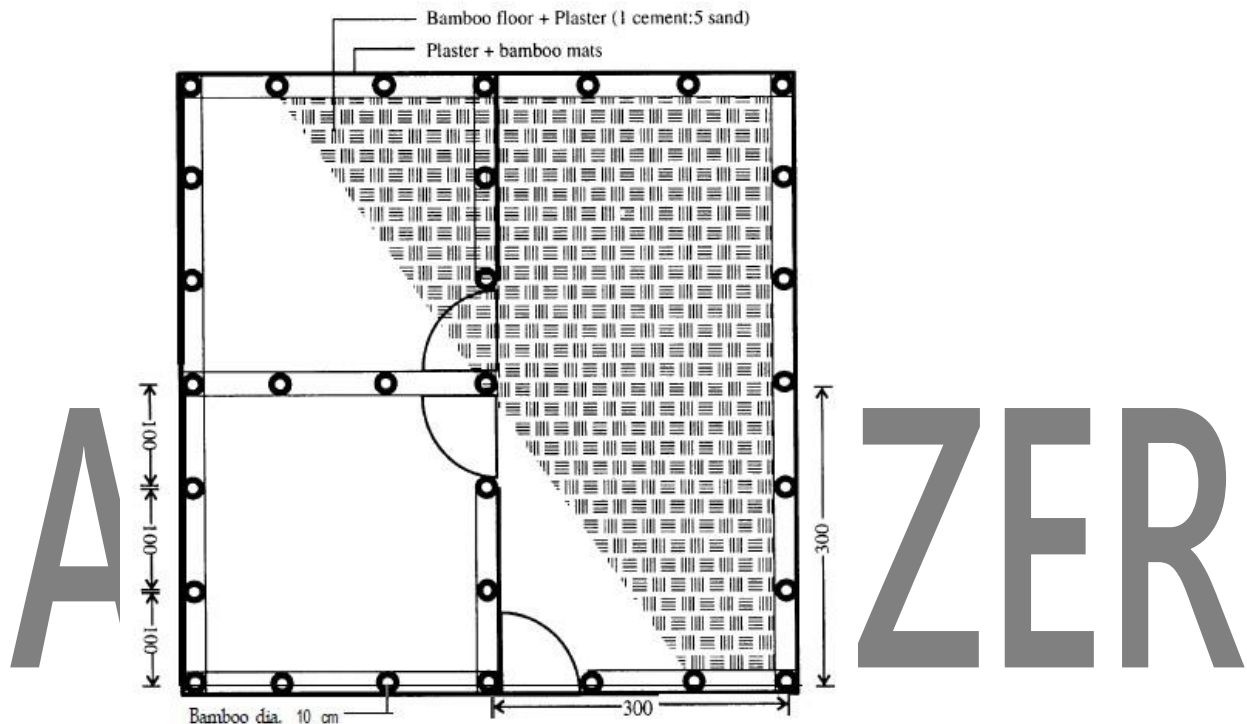
Gambar : Skematik bambu untuk pondasi tidak kontak dengan tanah (Purwito, 1995)

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.

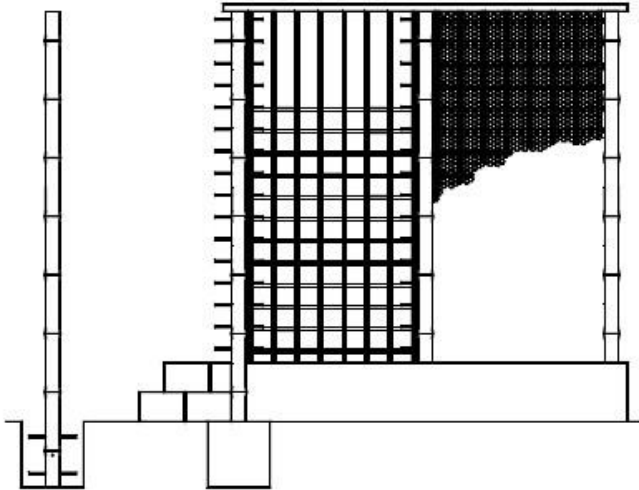


Gambar . Denah, bambu untuk lantai (Purwito, 1995).

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.

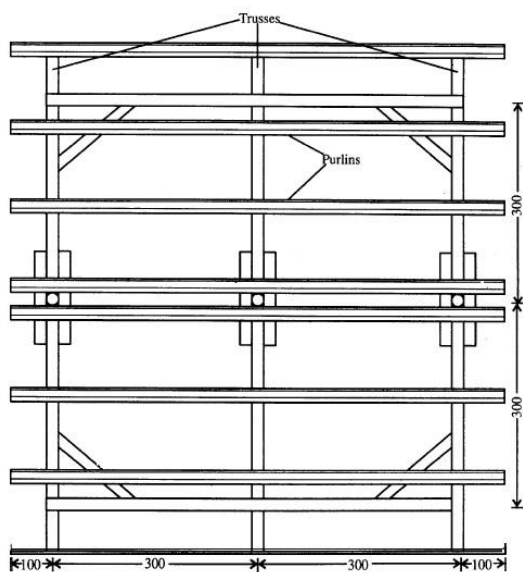


Gambar 4. Konstruksi dinding dengan jaring-jaring bambu (Jayanetti,dkk., 2002).

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 kanopinya. 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).

Pengawetan Bambu

Usaha pengawetan bambu secara tradisional sudah dikenal oleh masyarakat pedesaan. Pengawetan dilakukan dengan cara merendam bambu di dalam air mengalir, air tergenang, lumpur atau di air laut, dan pengasapan. Selain itu, juga sering ditemukan cara pengawetan dengan pelaburan kapur dan kotoran sapi pada gedek dan bilik bambu.

Penelitian pengawetan bambu dengan menggunakan bahan kimia, disertai metode yang tepat dan efisien terus dilakukan. Pengawetan bambu bertujuan mencegah serangan jamur (pewarna dan pelapuk) maupun serangga (bubuk kering, rayap kayu kering, dan rayap tanah). Beberapa pengrajin mebel bambu telah melaksanakan pengawetan dengan menggunakan boraks, campuran kapur barus dengan minyak tanah atau pengasapan dengan belerang. Namun, sesuai dengan berjalannya waktu, yaitu perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sudah berkembang dengan pesat, terdapat metode pengawetan bambu, yakni dengan menggunakan sistem Vertical Soak Diffusion (VSD) menggunakan bahan pengawet (larutan borate) yang ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan. Sistem VSD ini awal mulanya dikembangkan oleh EBF Bali. Metode VSD terbukti efektif melindungi bambu dari serangan kumbang bubuk dan rayap hingga puluhan tahun. Selain itu, juga terdapat metode terbaru pengawetan dengan menggunakan tangki bertekanan yang dapat mengawetkan berbagai jenis dan ukuran bambu secara lebih cepat.



Gambar Pengisian Larutan untuk Gambar 5 Pengisian Larutan untuk Peredaman Vertikal Bambu



Gambar Tangki Pengawetan Bambu



Gambar Bambu pada Tangki Bertekanan

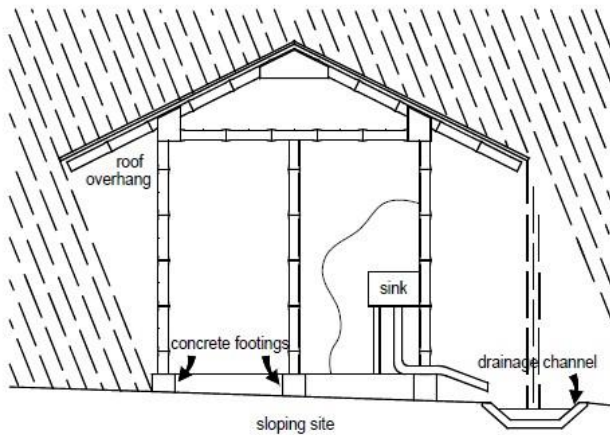
Perlindungan komponen Bambu

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.



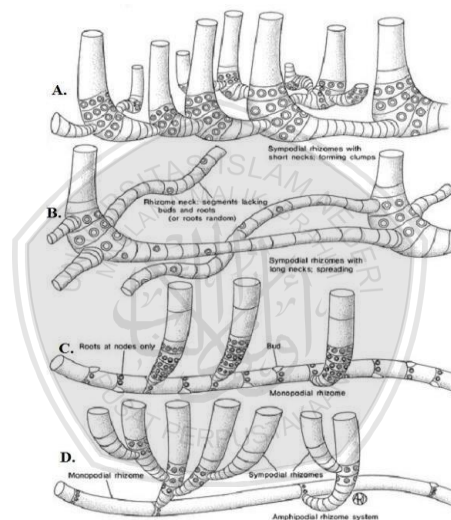
Gambar 12. Pengamanan dengan desain yang tepat (Jayanetti dkk., 2002)

Struktur dan Perawakan Bambu

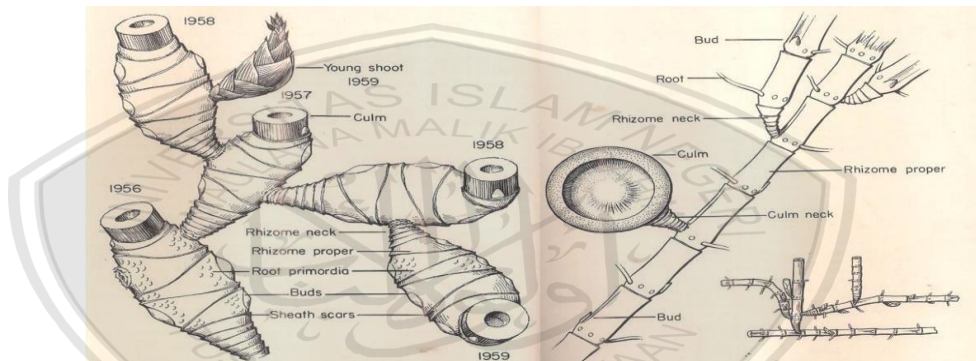
1) Akar rimpang

Bambu memiliki organ bawah tanah yang disebut rimpang. Rimpang adalah batang di dalam tanah. Sebagian kuncup pada rimpang muncul ke permukaan tanah menjadi buluh (Wong, 2004). Rimpang dapat digunakan untuk membedakan kelompok-kelompok bambu (Widjaja, 2001).

Terdapat dua bentuk tipe akar rimpang, yaitu simpodial dan monopodial. Rimpang simpodial memiliki buluh yang berdekatan dengan leher rimpang yang pendek. Sedangkan rimpang monopodial buluh lebih terpisah dengan leher rimpang yang panjang (Widjaja, 2001). Selain itu terdapat pula sistem rimpang gabungan antara simpodial dan monopodial yang dikenal dengan amphipodial (Wong, 2004). Bentuk rimpang simpodial, monopodial dan amphipodial seperti pada gambar berikut.



Bagian-bagian akar rimpang meliputi leher akar rimpang (rhizome neck), rhizome proper, akar primordial (root primordia), akar, kuncup tunas, dan cincin bekas pelepah (sheath scars) (McClure, 1966). Perhatikan gambar 2.2 berikut.



Gambar .Bagian-bagian akar rimpang. Kanan tipe *monopodial* dan kiri *simpodial* (McClure, 1966).

2. Rebung

Rebung tumbuh dari kuncup yang terdapat pada akar rimpang di dalam tanah atau dari pangkal buluh yang tua. Rebung dapat digunakan untuk membedakan jenis bambu karena menunjukkan warna ciri yang khas pada ujungnya dan bulu-bulu yang terdapat pada pelepahnya. Bulu pada pelepah rebung berwarna hitam, cokelat, kuning atau putih. Beberapa dapat menyebabkan gatal dan yang lain tidak. Pada beberapa jenis rebung bambu tertutupi oleh lilin putih misalnya pada *Dinochloa matmat*. Rebung selalu ditutupi oleh pelepah buluh yang juga tumbuh memanjang mengikuti perpanjangan ruas (Widjaja, 2001).

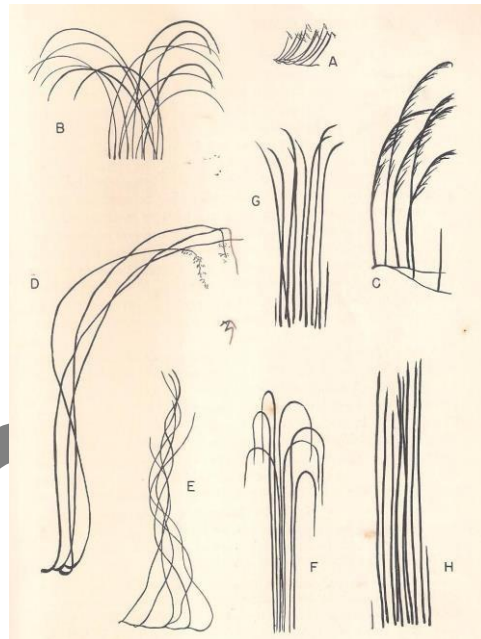
3. Buluh atau batang

Buluh berkembang dari rebung, tumbuh sangat cepat dan mencapai tinggi maksimum dalam beberapa minggu. Buluh terdiri atas beberapa ruas dan buku- buku. Beberapa jenis memiliki ruas yang panjang seperti *Schizostachyum iraten* dan yang lain mempunyai ruas pendek, misalnya pada *Bambusa vulgaris* (Widjaja, 2001).

Selain berbeda dalam panjang ruasnya, beberapa jenis tertentu mempunyai diameter buluh yang berbeda. Jenis *Dendrocalamus asper* mempunyai diameter buluh terbesar yang diikuti oleh jenis-jenis dari marga *Gigantochloa* dan *Bambusa*. Sementara pada marga *Schizostachyum*, beberapa jenis di antaranya mempunyai diameter sedang, seperti pada *Schizostachyum brachycladum*. Sedangkan pada *Schizostachyum iraten* buluhnya kecil.

Beberapa jenis mempunyai buluh muda yang tertutup lilin putih seperti pada *Fimbribambusa horsifeldii* (Widjaja, 2001).

Buluh bambu umumnya tegak, tetapi ada beberapa marga yang tumbuhnya merambat seperti marga *Dinochloa*, dan ada juga yang tumbuhnya serabutan misalnya pada marga *Fimbribambusa* (Widjaja, 2001). Secara umum buluh (rumpun) bambu terdapat tipe tegak, merebah, serabutan, dan merambat (McClure, 1966). Berikut ilustrasinya, gambar.



Selain itu beberapa marga memiliki akar udara pada buku-buku buluhnya, akar udara yang tumbuh dari pangkal sampai tengah buluh marga *Dendrocalamus*, bila akar udara hanya tumbuh pada ruas bawah maka marga *Bambusa* atau *Gigantochloa* (Widjaja et al 2005). Pada jenis *Schizostachyum iraten* dan *Gigantochloa apus*, bagian luar bukunya menebal sehingga tampak gelang-gelang buku yang membengkak (Widjaja, 2001).

Buku-buku bambu juga dapat mencirikan marga misal pada pada marga *Fimbribambusa* buku-bukunya terdapat lutut yang disebut fimbriil. Sedangkan pada marga *Dinochloa*, buku-bukunya sering ditutupi oleh lampang pelepah buluh yaitu bagian pangkal pelepah buluh yang tertinggal (Widjaja, 2001).

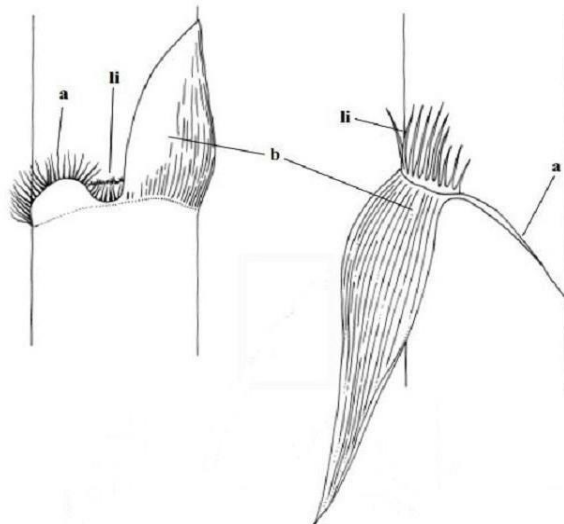
Permukaan ruas pada setiap jenis bambu berbeda, mungkin gundul atau berbulu lebat. Pada jenis *Dinochloa matmat* permukaannya gundul tetapi kasar. Jenis *Dendrocalamus asper* mempunyai bulu cokelat yang tersebar pada ruasnya. Pada *Schizostachyum brachycladum* dan *Thyrsostachys siaminensis* terdapat bulu putih yang melekat pada permukaan ruasnya (Widjaja, 2001).

4. Pelepah buluh

Pelepah buluh merupakan hasil modifikasi daun yang menempel pada setiap ruas (Widjaja, 2001). Pelepah buluh merupakan organ penting dalam proses identifikasi (Wong, 1995) terdiri atas daun pelepah buluh, aurikel pelepah buluh dan ligula. Daun pelepah buluh terdapat pada bagian atas pelepah, demikian juga aurikel pelepah buluh sedangkan ligula pelepah buluh terdapat pada sambungan antara pelepah dan daun pelepah buluh (Widjaja, 2001).

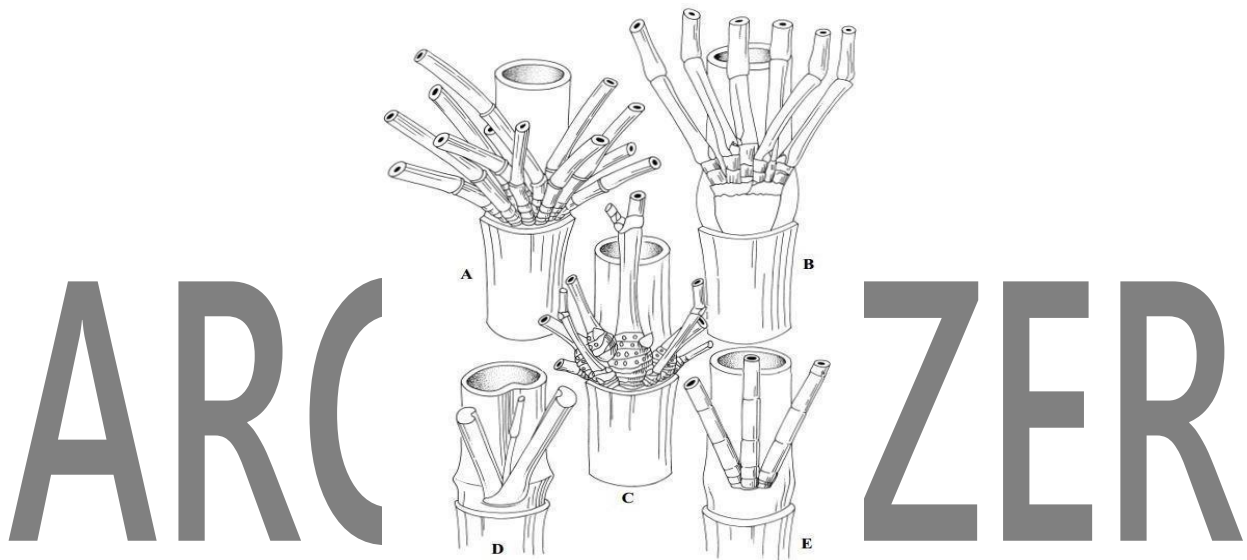
Pelepah buluh sangat penting fungsinya yaitu menutupi buluh ketika muda. Ketika buluh tumbuh dewasa dan tinggi pelepah buluh mudah luruh, terlambat luruh atau selalu menempel. Pada beberapa jenis bambu, pelepahnya luruh, yang tertinggal adalah lampangnya yang kasar. Ciri ini dapat digunakan untuk membedakan marga *Dinochloa* (Widjaja, 2001).

Daun pelepah buluh pada beberapa jenis bambu tampak tegak seperti pada jenis *Schizostachyum brachycladum* tetapi umumnya tumbuh menyebar seperti pada *Bambusa blumena*. *Fimbribambusa horsfieldi* mempunyai daun pelepah buluh yang menyebar sampai terkeluk balik. Beberapa jenis bambu mempunyai aurikel pelepah buluh dan ligula yang berkembang baik. Jenis lainnya aurikel dan ligula kecil atau hampir tidak tampak. Aurikel pelepah buluh dan ligula merupakan ciri penting yang dapat digunakan untuk membedakan jenis bahkan marga. Keduanya dapat mempunyai bulu kejur atau tanpa bulu kejur. Aurikel pelepah buluh yang besar, umum ditemukan pada jenis-jenis bambu dari marga *Bambusa*, sedangkan marga *Gigantochloa* dan *Dendrocalamus* umumnya mempunyai aurikel pelepah buluh lebih kecil dibandingkan marga *Bambusa*. Aurikel pelepah buluh yang sulit dilihat atau seperti bingkai misalnya pada *Gigantochloa apus*. Bentuk ligula bervariasi yaitu menggerigi, menggergaji atau bahkan rata (Widjaja, 2001). Morfologi dasar pelepah buluh bambu seperti pada gambar.



5. Cabang

Pola percabangan umumnya terdapat di atas buku. Cabang dapat digunakan sebagai ciri penting untuk membedakan marga bambu. Pada marga *Bambusa*, *Dendrocalamus* dan *Gigantochloa*. Sistem percabangan mempunyai satu cabang yang lebih besar dari pada lainnya. Pada marga *Phyllostachys* cabang hanya terdiri atas dua atau tiga cabang dengan lekukan memanjang di belakang cabang buluh utama. Biasanya buluh *Dinochloa* sering mempunyai cabang yang dorman dan akan tumbuh sebesar buluh utama terutama ketika buluh utama terganggu. Pada jenis-jenis *Schizostachyum* mempunyai cabang yang sama besar (Widjaja, 2001). Beberapa macam tipe cabang bambu sebagaimana gambar berikut.



Gambar. Pola percabangan menuncukkan ciri marga: A, *Holttumochloa*;

B, *Schizostachyum*; C, *Bambusa*; D, *Phyllostachys*, dan E, *Chimonobambusa*

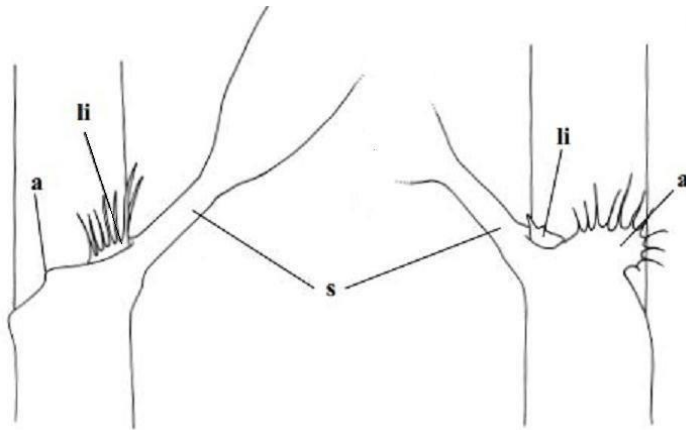
(Wong, 2004).

6. Helai daun dan pelepah daun

Helai daun bambu mempunyai urat daun sejajar seperti pada rumput, setiap daun mempunyai tulang daun utama yang menonjol. Bentuk helai daun umumnya melanset (lanceolate) atau memita-melanset (linear-lanceolate). Helai daun dihubungkan dengan pelepah daun oleh tangkai daun (Widjaja, 2001), pelepah daun merupakan bentuk dimorfisme dari pelepah buluh sehingga memiliki bagian yang sama yaitu dilengkapi dengan aurikel (kuping) pelepah daun dan juga ligula (lidah) pelepah daun (McClure, 1966).

Aurikel pelepah daun mungkin besar tetapi bisa juga kecil atau bahkan tidak tampak. Pada beberapa jenis ada yang bercuping besar dan melipat keluar. Umumnya aurikel pelepah daun mempunyai bulu kejur ada juga yang gundul. Ligula mungkin panjang tetapi bisa juga kecil dengan bulu kejur panjang atau tanpa bulu kejur. Ligula kadang mempunyai pinggir yang menggerigi tidak teratur, menggerigi, menggergaji atau rata (Widjaja, 2001).

Permukaan daun bagian atas (adaksial) atau bagian bawah (abaksial) bisanya dilapisi bulu lebat pada *Schizostachyum silicatum* (Widjaja, 1997) ataupun jarang pada *Schizostachyum iraten* (Wong, 1995) bahkan beberapa jenis tidak berbulu misal pada *Dinocloa matmat* (S. Dransfield & Widjaja, 2000).



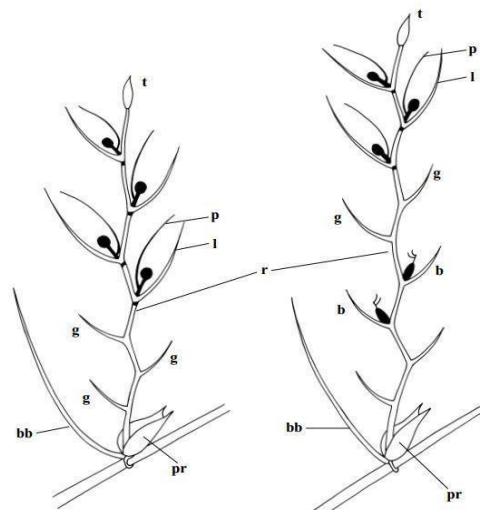
Gambar. Morfologi pelepah daun dan bagian-bagiannya: a, auricle (kuping); b, daun pelepah buluh; li, ligula; s, tangkai daun (Wong, 2004).

7. Bunga dan buah

Bunga bambu terdiri atas struktur yang kompleks dan rumit. Terdapat sistem perbungaan pada tiap jenis, berbeda dengan jenis lainnya. Seperti halnya rumput biasa disebut spikelet (seperti buliran spikelet-like). Pada beberapa jenis bambu disebut pseudospikelet, karena mempunyai kuncup bunga (buds) sebelum bunga aslinya. Kuncup bunga (buds) jika tumbuh bisa menjadi pseudospikelet- pseudospikelet yang lain (McClure, 1996). Pseudospikelet umumnya terdapat pada bambu-bambu di Asia Tenggara, contohnya pada marga *Bambusa*, *Gigantochloa*, *Dendrocalamus*, *Dinocloa*, *Fimbribambusa*, *Neololeba*, *Schizostachyum Sphaerobambos* dan *Thyrsochloa*. Pseudospikelet terdiri atas struktur dasar seperti braktea, glume, rachilla, lemma, palea, anther dan stigma (Wong, 2004).

Susunan pseudospikelet, dimana terdapat propil pada bagian dasarnya yang berfungsi sebagai penyokong dan melindungi tunas dibagian dasar pseudospikelet. Kemudian terdapat 1 atau 2

braktea (sekam yang melindungi kuncup [buds] bunga) dan 2-3 gluma (sekam kosong) (McClure, 1996). Selanjutnya struktur lemma (sekam kelopak) melindungi palea (sekam mahkota). Kumpulan lemma-palea disebut 1 bunga (1 floret). Didalam floret selain lemma dan palea terdapat 6 benang sari (anter), tangkai benang sari (filament), 1 tangkai putik dengan 1 hingga 3 stigma (putik). Pada beberapa jenis terdapat lodikula (Wong, 2004). Floret yang memiliki anter (benang sari) dan stigma (putik) disebut floret fertile (bunga yang subur), sedangkan yang kosong disebut floret steril (mandul) dan kadang hanya terdiri atas lemma dan palea, atau lemma saja (McClure, 1996). Morfologi dasar bunga bambu seperti pada gambar berikut



Gambar. Struktur bunga dan pola perbungaan bambu: b, bracts; g, glume; l, lemma; p, palea; r, rachilla; t, bunga terminal; bb, braktea dan pr, prophyll (Wong, 2004).

Bambu Sebagai Material Berkelanjutan

Sebagai tumbuhan, bambu memiliki manfaat yang besar bagi ekologi dan lingkungan. Bambu menghasilkan oksigen 35% lebih banyak dibandingkan tanaman biasa, maka apabila ingin menghasilkan target jumlah oksigen untuk suatu wilayah atau kota, dapat tercapai lebih cepat karena pertumbuhannya yang cepat dibandingkan tanaman biasa. Selain menghasilkan oksigen lebih banyak, bambu juga menyerap karbondioksida lebih banyak. Bahkan beberapa varietas bambu dapat mengurangi 12 ton CO² per hektar per tahun. Tanaman bambu juga dapat meningkatkan muka air tanah dan meningkatkan penyerapan air oleh tanah. Oleh karenanya perlu dimanfaatkan untuk ditanam di daerah yang sulit air baik karena tanahnya cenderung kering atau karena dalamnya permukaan air tanah. Kemudian juga dapat menahan longsor tanah lebih baik dibandingkan pepohonan biasa, ini dikarenakan karena akar bambu tipe akar serabut, sama halnya dengan pohon kelapa (namun bambu masih dalam golongan rerumputan). Hal-hal tersebut juga dapat menjadikan bambu sebagai pilihan alternatif hutan

industri. Di Indonesia bambu adalah tanaman yang mudah ditemui dan didapati, serta mudah dan cepat tumbuh. Agar memenuhi syarat atau mengoptimalkan kekuatan konstruksi cukup membutuhkan waktu 3-7 tahun untuk tumbuh, lebih cepat dibandingkan kayu yang harus menunggu 10-30 tahun. Secara kekuatan juga lebih baik dibandingkan kayu. Bahkan dalam salah satu artikel majalah Newsweek edisi April 2008, ditulis bahwa bambu dapat memiliki kuat torsi lebih besar dari baja dan kuat tekan lebih besar dari beton. Oleh karena tersebutlah bambu menjadi alasan alternatif terbaik untuk material konstruksi di Indonesia.

Aplikasi bambu untuk berbagai jenis konstruksi bangunan dan lain-lain

Mungkin anda berpikir bahwa bangunan dengan konstruksi bambu akan berupa bangunan-bangunan tradisional yang biasa kita lihat di pedesaan atau di daerah wisata. Namun saat ini dengan berkembangnya pengetahuan, teknologi dan hasil penelitian tentang bambu, tipologi konstruksi bambu juga berkembang. Berikut ini disajikan beberapa contoh aplikasi bambu dengan inovasi dan sistem konstruksi modern.

Berikut beberapa contoh konstruksi bambu pada bangunan dan lain-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 1. Pengujian konstruksi jembatan bambu (Morisco, 2006)

b). Perancah bamboo

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 2. 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 Kekuatannya untuk rasio berat badan lebih baik dibandingkan dengan baja.



Gambar 3. Bambu sebagai tulangan pondasi plat. (Hidalgo, 1995)

d). Ting Xi Bamboo Restaurant di China

restoran bambu ting xi yang dirancang oleh vo trong nghia terletak di daerah pinggiran yang dikelilingi oleh hutan yang rimbun di dekat pusat Xiamen, sebuah kota pantai yang menarik di Cina. persyaratan fungsional terutama terdiri dari restoran dan kafe lounge yang dapat menampung 200 tamu. selain itu, area internal dirancang untuk menjadi ruang yang fleksibel yang dapat menampung berbagai jenis acara. berkat daya serap CO2 yang sangat baik dan pertumbuhan yang cepat, bambu telah menjadi bahan hijau abad ke-21 sebagian besar karena kekuatan mekaniknya yang khas dan bobotnya yang sangat ringan, yang bersaing dengan bahan struktural lainnya.

struktur ruangnya sederhana dan terdiri dari dua komponen utama: yang pertama adalah bangunan bambu segitiga, dan yang kedua adalah bagian belakang sebuah rumah. Struktur bambu VTN menampilkan 14 kolom dengan rentang delapan meter di antaranya, dan panjangnya 14 meter dari tepi atap di satu sisi ke sisi lainnya. 'bagian belakang rumah' berisi fungsi layanan seperti WC, dapur, ruang staf, dan penyimpanan. semua program ini terkandung dalam kolam dangkal yang mengelilingi bangunan. empat belas kolom memberi bentuk pada bangunan bambu ketika mereka secara dinamis menyebar ke empat arah dari pangkalan mereka dan sebagai hasilnya menjadi tebal yang mengesankan, membentuk kekosongan di dalamnya.



Gambar 4. Konstruksi bambu Ting Xi Bamboo Restaurant di China

karena ruang interior membutuhkan AC, tantangan utama yang dihadapi oleh arsitek VTN adalah menjaga struktur bambu yang kedap udara kedap udara. arsitek memecahkan ini dengan memasang panel kaca berbentuk lengkung di antara kolom dan dinding. juga, dinding partisi yang terdiri dari lapisan bambu, lembaran karet, dan finishing jerami ditempatkan di dalam kolom untuk membuatnya kedap udara juga. atap runcing, yang memiliki ketinggian maksimum 6,4 m, memungkinkan cahaya alami untuk meresap ke dalam dan memberikan suasana yang menyenangkan untuk ruangan yang dinamis ini. bentuk interior melengkung lembut memungkinkan orang mengalami struktur bingkai berlapis, yang semakin jauh persepsi pengguna tentang kedalaman ruang.



e). Bangunan bambu hay hay restaurant and bar di Vietnam

Gambar 5. Konstruksi bambu luar Bangunan bambu hay hay restaurant and bar di Vietnam

Vietnam - Arsitek Vo Trong Nghia telah menambahkan bangunan bambu baru ke The Naman Retreat Beach Bar. Ini lah resor dan spa mewah dan spa di pantai spektakuler Vietnam, dekat Da Nang.

Bangunan baru ini berfungsi sebagai restoran dan bar, yang menonjolkan pilar bambu, dengan latar belakang laut membiru. Restoran ini merupakan fasilitas tambahan untuk hotel. Balok bambu dan atap jerami membawa tamu seolah-olah hanyut ke sebuah pulau eksotis nan

mewah. Berbagai jenis bambu yang digunakan dalam proyek memiliki ukuran, kekakuan dan fleksibilitas berbeda. Semuanya disesuaikan dengan fungsi ruangan.

Penggunaan bambu melewati tahapan pemanasan, perendaman dan pemasangan, yang kurang lebih membutuhkan waktu empat bulan. "Bahan ini menciptakan gambar yang sangat tropis bersama pemandangan hijau di sekitar gedung, yang meningkatkan suasana santai resor," kata Nghia.

Salah satu bangunan yang nuansa bambunya sangat kental adalah The Hay Hay Restaurant. Baguna ini terbangun dari struktur bambu berbentuk kubah yang menghadap kolam renang. Kubah memungkinkan pengunjung dalam kelompok besar memiliki area pribadi untuk makan dalam restoran terbuka. Sedangkan 29 kolom bambu yang menopang atap restoran membuat



sudut terpencil untuk kelompok-kelompok kecil dan pasangan

Gambar 6. Konstruksi bambu dalam Bangunan bambu hay hay restaurant and bar di Vietnam

The Naman Retreat Beach Bar, di sisi berlawanan dari kolam renang, memiliki atap runcing yang disokong oleh lengkungan bambu. "Gedung ini memiliki struktur atap sederhana yang tidak mengganggu pemandangan dari restoran," ujar Nghia.

f). The Rising Cane Pavilion di china

Selama BJDW, pengunjung akan menyemai tanaman ke keranjang untuk dihubungkan ke paviliun. Tumbuhan akan tumbuh di sepanjang struktur dan setelah beberapa waktu, alam akan menjadi elemen desain utama, arsitektur sekunder. Simpan gambar ini! Pengembangan



Instalasi Seiring Waktu. Gambar milik Penda Selama sepuluh tahun ke depan, Rising Canes akan berkembang ke alternatif yang layak untuk standar saat ini dalam konstruksi.

Gambar 7. Konstruksi bambu The Rising Cane Pavilion di china

ARCHITECTURIZER

Penggunaan bahan-bahan alami seperti bambu dalam sistem modular yang cerdas, memberikan struktur kebebasan untuk tumbuh di segala arah. Dengan menambahkan dan menghubungkan tongkat bambu baru, struktur tumbuh dan menjadi lebih kuat, mampu mengambil lebih banyak beban. Untuk memastikan pasokan bahan bangunan yang stabil, sebuah rumpun bambu ditanam. Untuk setiap batang bambu yang diambil sebagai bahan konstruksi, 2 pohon baru harus ditanam ke hutan. Pendekatan ini mengamankan elemen bangunan dalam jangka panjang dan menciptakan hutan bambu yang indah di sekitar pembangunan.



Gambar 8. Konstruksi bambu The Rising Cane Pavilion di china

f). The Temple House Di Bali



Gambar 9. Konstruksi bambu The Rising Cane Pavilion di china

TEMPLE HOUSE adalah rumah bambu dengan garis menyapu dan sudut melingkar, dibangun dengan menggabungkan sudut dramatis dan kurva lembut. Properti sederhana ini memiliki tiga tingkat yang mengalir menuruni lereng menuju sungai Ayung yang deras. Masuki rumah bambu ini melalui lantai atas melalui pintu bundar, dibingkai oleh dua keranjang bambu berbentuk kepompong. Rumah 3 kamar tidur ini memiliki lantai bambu mewah, dinding, langit-langit, tangga, dan susunan tangga - semuanya dalam kaleidoskop bentuk dan pola.

Semua kamar di Temple House dilengkapi dengan perabotan bambu yang indah. Ruang tamu terbuka dan dapur modern lengkap dirancang untuk menangkap keindahan alami sungai dan sekitarnya. . Ada satu kamar tidur utama yang besar dan dua kamar tamu. Setiap kamarnya tertutup kaca dan ber-AC. Kamar-kamar dapat digunakan sebagai kamar tidur anak-anak dan cocok untuk tempat tidur susun. Ruang hiburan menyediakan ruang keluarga yang luas untuk kumpul-kumpul akhir pekan, dan dilengkapi dengan TV satelit. Kolam renang pribadi dilengkapi dengan cabana bambu yang terpisah, tempat yang ideal untuk bersantai di sore hari yang memanjakan diri sendiri atau refleksi tenang.

g). Bamboo-woven Hostel di China



Gambar 10. Konstruksi bambu Bamboo-woven Hostel di China

salah satu skema khas yang dipamerkan di biennale bambu adalah arsitek Jerman dan dua hostel dan satu wisma. total tiga struktur - berbeda dalam bentuknya, tetapi sama dalam ekspresi materialnya - mengeksplorasi bambu yang digunakan dengan cara kontemporer. tidak seperti rumah tradisional yang menyembunyikan lumpur di balik fasad palsu, proyek ini merayakan keindahan bambu dalam bentuknya yang terbuka dan alami. anna heringer bamboo biennale hostel designboomvisitors mengunjungi acara juga bisa menginap di hostel

‘Secara umum kita cenderung berpikir bahwa keberlanjutan adalah tentang kelangkaan. tetapi sifat alami tidak terbatas. bahan bangunan bambu dan lumpur yang luar biasa ini berlimpah jumlahnya. mereka masuk akal dalam perspektif ekonomi maupun ekologis, sehat untuk manusia dan planet ini. bangunan-bangunan ini adalah pernyataan

bahwa keberlanjutan adalah tentang kualitas hidup dan perayaan sumber daya alam yang luas.

tradisi yang kaya dan warisan baoxi adalah pengaruh utama untuk bentuk karakteristik dari tiga bangunan: satu asrama pria dan wanita dan sebuah wisma tamu. keranjang anyaman dan vas keramik diterjemahkan dan diterapkan ke dalam arsitektur bentuk seperti kapal dari struktur. inti bumi yang ditabrak dikelilingi oleh kulit tenun ekspresif dan melekat padanya adalah unit tidur; yang terakhir dirancang seperti penutup lampu Cina yang bersinar di malam hari

kulit bangunan yang berkelok-kelok melindungi ruang-ruang seperti kepompong dan ruang utilitas yang terletak di intinya. menggunakan teknik tingkat teknologi rendah termasuk api untuk memanaskan hangat hangat untuk mandi, ruang dasar tetapi fungsional menciptakan suasana komunikatif dan memberi tamu pengalaman yang menawan.

h). Aplikasi Bambu untuk Rumah Susun (Bambu Plester)

Teknologi konstruksi bambu plester sudah sejak dulu kala dipakai tidak hanya di Indonesia namun juga dipakai di negara lain. Terdapat berbagai banyak varian bamboo plester yang merupakan teknologi lama maupun varian baru. Di Indonesia pada awalnya bambu plester memakai bahan plester dari campuran kapur atau kotoran hewan, misalnya kotoran sapi. Di Kolombia bahan plester yang dipakai tanah liat, atau di Peru memakaiM campuran tanah liat serta serat tumbuhan, dan nama dindingnya disebut Quincha Wall.M Konstruksi ini biasanya dipakai untuk bangunan satu lantai, dimana bambu plester tersebut dipakai sebagai dinding pemikul dengan bentang atau modul tidak lebih besar dari tiga meter. Gambar di bawah ini adalah salah satu varian baru bambu plester yang dikembangkan oleh Bpk. Andry Widyowijatnoko (salah satu staf pengajar Arsitektur

ITB).



Gambar 11. Proses pembangunan bambu plester (Sumber : Dokumentasi Bpk. Andry Widyowijatnoko dan Mustakim)

Komponen Prefabrikasi dengan Penguatan Bambu

Sistem konstruksi di bawah ini dikembangkan oleh Bpk. Andry Widyowijatnoko. BeliauM uji cobakan pada bangunan rumah tinggal. Namun, komponen-komponennya yang di desain, dapat dikembangkan dan diaplikasikan untuk rumah susun atau bangunan berlantai banyak. Tidak seperti material prefabrikasi pada umumnya yang dijual memakai tulangan besi, sistem seperti ini dapat meminimalkan penggunaan tulangan besi untuk konstruksi nonstruktural. Sehingga diharapkan dapat menurunkan biaya konstruksi komponen nonstruktur.



Gambar.12. Komponen bambu sebagai penguat (Sumber : Proceeding ICBS dan Dokumentasi Bpk. Andry Widyowijatnoko)



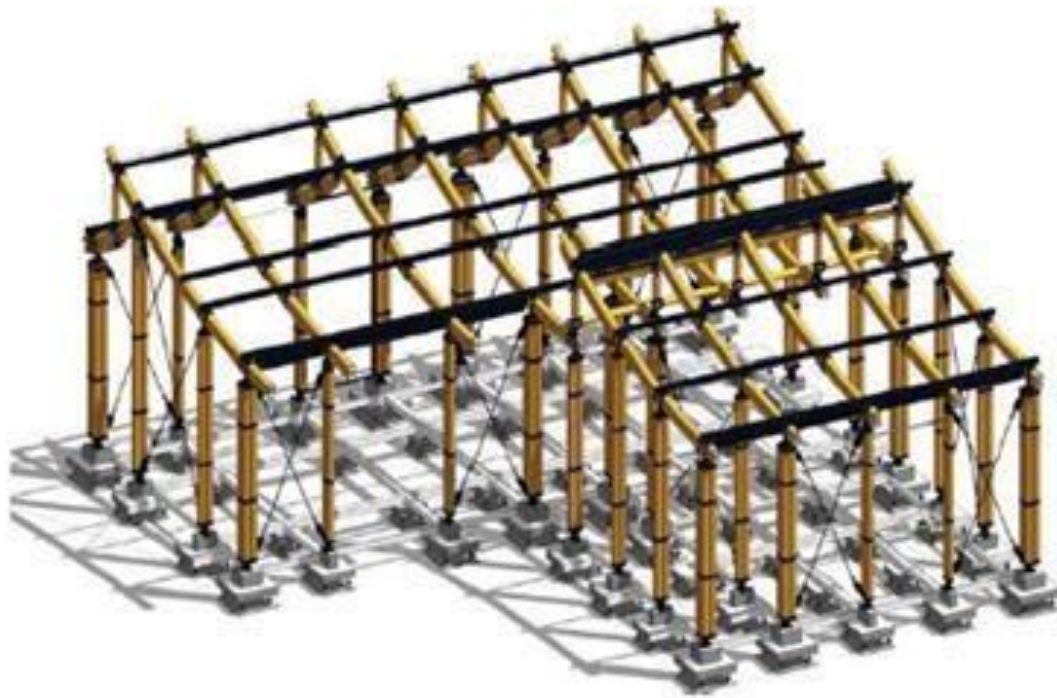
Gambar 13. Pengiriman komponen ke lokasi (Sumber : Proceeding ICBS dan Dokumentasi Bpk. Andry Widyowijatnoko)

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.



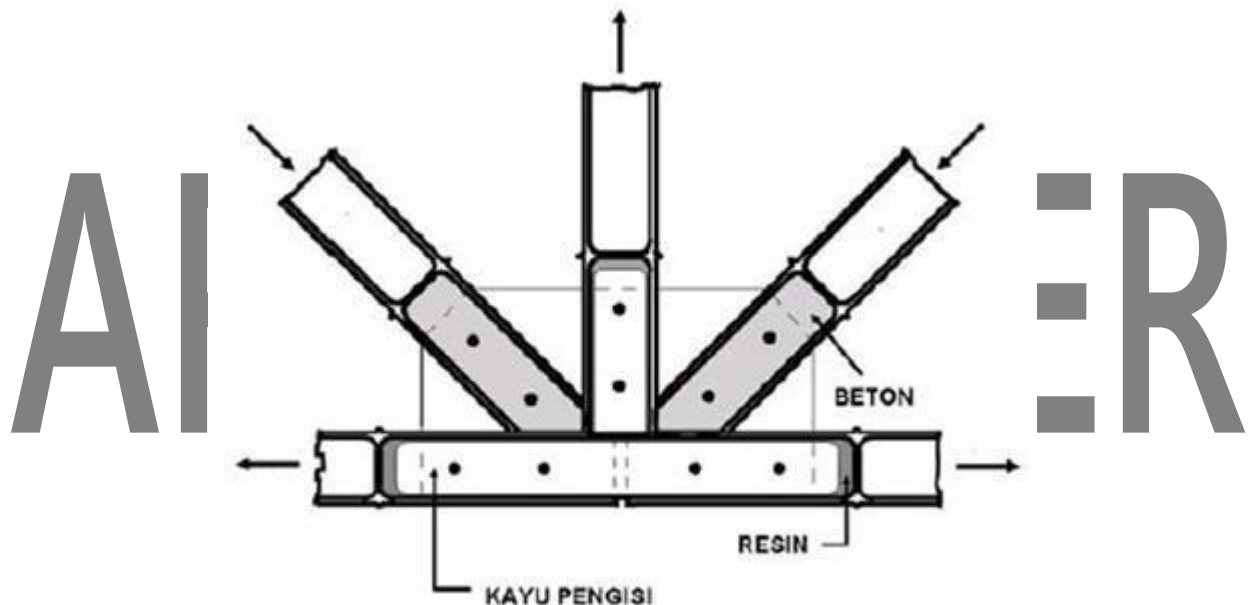
Gambar 14. Prototipe Bangunan Bambu

(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 diketinggian antara 100 dan 800 meter, tetapi bambu juga mampu ditemukan didaerah 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.

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 15. Sambungan Bambu.

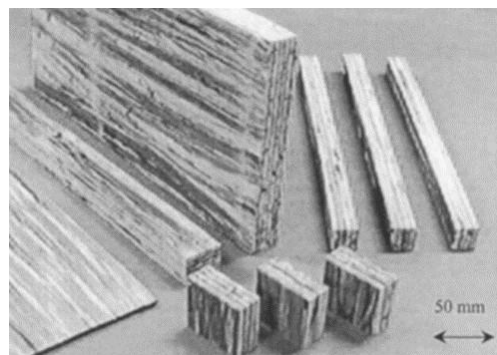
(Sumber: Morisco, 1999)

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 16. 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.17. Laminated Bamboo Lumber (sumber: Mahdavi *et al.*, 2011)

DAFTAR PUSTAKA

1. Mendler, Sandra et als, 2000, *The HOK Guidebook to Sustainable Design*, John Wiley and Sons
 2. Yeang, Ken, 2006, *Ecodesign : A Manual for Ecological Design*, John Wiley and Sons
 3. Xiao, Yuen et als, 2008, *Modern Bamboo Structures: Proceedings of First International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS-2007)*, Changsha, China, 28-30 Oktober , CRC Press.
 4. Frick, Heinz, 2004, *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*, Penerbit Kanisius.
 5. Hidalgo-Lopez, Oscar, 2003. *Bamboo: The Gift of Gods*, D’Vinni LTDA
 6. Widjowijatnoko, Andry, 1999, *Kajian Konstruksi Bambu Plester dan Konsep Pengembangannya*, Departement Teknik Arsitektur ITB.
 7. Huang, Lily, 2008, *Stronger than Steel*, Newsweek, 28 April 2008.
 8. Rahardi, F., 2004, *Memperbaiki Tata Air dengan Bambu*, Kompas, 30 Januari 2004
 9. _____, 2007, *Spesies Bambu Dunia Ada di Jabar: Urang Sunda Memiliki Ritual Penebangannya*, Kompas, 28 Juli 2007
- 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*

SUMBER INTERNET

Bambootechnologies.com
Bambooliving.com