

PEMANFAATAN KAYU PADA BANGUNAN DI PERMUKIMAN

**Oleh :
James Rilatupa**



**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
NOVEMBER 2016**

ABSTRAK

Kayu merupakan bahan produk alam, hutan. Kayu merupakan bahan bangunan yang banyak disukai orang atas pertimbangan tampilan maupun kekuatan. Dari aspek kekuatan, kayu cukup kuat dan kaku walaupun bahan kayu tidak sepadat bahan baja atau beton. Kayu mudah dikerjakan – disambung dengan alat relatif sederhana. Bahan kayu merupakan bahan yang dapat didaur ulang. Karena dari bahan alami, kayu merupakan bahan bangunan ramah lingkungan. Sebagai bahan konstruksi bangunan, kayu sudah dikenal dan banyak dipakai sebelum orang mengenal beton dan baja. Dalam pemakaiannya kayu tersebut harus memenuhi syarat : mampu menahan bermacam-macam beban yang bekerja dengan aman dalam jangka waktu yang direncanakan; mempunyai ketahanan dan keawetan yang memadai melebihi umur pakainya; serta mempunyai ukuran penampang dan panjang yang sesuai dengan pemakaiannya dalam konstruksi.

Banyaknya kebutuhan kayu dalam dunia konstruksi menyebabkan dikembangkannya hutan tanaman industri dengan kayu cepat tumbuh seperti kayu akasia, sengon, albasia, jabon dll. Kayu tersebut mempunyai kekurangan dalam hal kekuatan dan ketahanannya dibandingkan dengan kayu dari hutan alam. Untuk meningkatkan kekuatandan ketahanannya diperlukan teknologi dalam merekayasa kayu cepat tumbuh tersebut; atau yang disebut sebagai kayu rekayasa (engineered wood).

BAB I

PENDAHULUAN

Kondisi dan kualitas bangunan merupakan salah satu komponen fundamental terpenting bagi kualitas kehidupan manusia. Mayoritas manusia menggunakan waktunya lebih dari 95 persen pada satu bangunan ke bangunan lainnya, sehingga lingkungan bangunan menjadi “lingkungan alami” manusia. Kondisi dan kualitas bangunan mencerminkan kebanggaan publik atau perbedaan, kemakmuran pada area tersebut, status sosial dan banyak pengaruh lainnya baik dahulu hingga sekarang yang menjadikan komunitasnya menjadi karakter unik. Ada pemikiran bahwa kerusakan dan ketidaksehatan bangunan, serta “lingkungan alami” yang memburuk dapat menekan kualitas hidup dan kehidupan sosial penggunanya. Malangnya, konsekuensi sosial ini sukar diukur baik untuk keseimbangan kualitas bangunan dan hasilnya yang belum dipertimbangkan secara layak

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kayu merupakan bahan yang sangat sering dipergunakan untuk tujuan penggunaan tertentu. Terkadang sebagai barang tertentu, kayu tidak dapat digantikan dengan bahan lain karena sifat khasnya. Pada dasarnya kayu merupakan bahan alam yang banyak memiliki kelemahan struktural, sehingga penggunaan kayu sebagai bahan struktur perlu memperhatikan sifat-sifat kayu tersebut. Di lain pihak, kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Bangunan kayu telah lama dikenal di Indonesia sebagai rumah tradisional, dan dianggap sebagai tradisi vernakular Indonesia dan dipercaya memiliki kesamaan asal muasal dari tradisi pembangunan kuno. Rumah tradisional di Indonesia umumnya menggunakan kayu sebagai bahan bangunan utamanya, dan berbentuk bangunan panggung berstruktur kayu. Hampir di seluruh kepulauan Indonesia rumah tradisional yang merupakan warisan arsitektur vernakular memiliki kesamaan bentuk, baik dari bentuk bangunan serta dari bentuk morfologis struktur dasarnya. Sementara itu, bangunan kayu modern telah memiliki tiga unsur dalam rancang bangunnya, yaitu: fungsi, kekuatan dan estetika.

BAB II

ARSITEKTUR DAN PATOLOGI BANGUNAN

Kata ‘arsitektur’ berasal dari kata Yunani ‘arche’ yang berarti ketua dan ‘tektoon’ berarti pembangun atau tukang kayu. ‘Archetektoon’ bisa diartikan sebagai kepala tukang atau orang yang ahli dalam membangun. Kata arsitektur dalam bahasa Yunani berarti hasil karya seorang kepala tukang. Dalam kamus Oxford, arsitektur berarti seni dan ilmu dalam merancang bangunan. Dalam pengertian di atas, arsitektur hanya diartikan sebagai bangunan atau proses yang berkaitan dengan bangunan. Sedangkan jika dilihat lebih luas, arsitektur tidak hanya berhubungan dengan bangunan saja, namun mencakup keseluruhan kegiatan membangun sebuah lingkungan binaan, mulai dari skala makro seperti lansekap dan perancangan kota sampai pada skala mikro seperti desain produk dan perabot (Ballantyne, 2002).

Secara taksonomi keilmuan, ‘kegiatan perancangan’ arsitektur pada dasarnya merupakan muara dari seluruh rangkaian kegiatan perencanaan dan perancangan bidang arsitektur yang terbagi kedalam beberapa ranah/bidang garapan/bidang kajian (domain) penting yang tidak dapat terpisahkan satu dengan lainnya. Setidaknya ditemukan dan dikenal lima ranah-ranah penting dalam bidang arsitektur yang perlu diketahui dan dipahami baik oleh kalangan para akademisi maupun para profesional. Kelima ranah penting dalam arsitektur tersebut adalah: (a) ranah keilmuan dalam arsitektur, (b) ranah seni/kesenian dalam arsitektur, (c) ranah teknik/keteknikan dalam arsitektur, (d) ranah filosofi/filsafat dalam arsitektur dan (e) ranah perancangan dalam arsitektur (Prawiro, 2009).

Jika menilik masalah bangunan yang merupakan hasil karya arsitektur, tentunya tidak terlepas dari masa layan bangunan tersebut. Masa layan bangunan adalah jangka waktu bangunan untuk dapat tetap memenuhi fungsi dan keandalan bangunan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Untuk bangunan gedung komponen bangunan diperhitungkan 50 tahun; dan untuk bangunan rumah komponen bangunan diperhitungkan 20 tahun. Dalam konteks aset bangunan, seluruh proses dari aset manajemen seharusnya dimulai dari tingkat disain oleh arsitek pada setiap bangunan baru, yang analisa detailnya dimulai dari siklus biaya

hidup untuk mencapai keseimbangan yang baik antara biaya konstruksi awal dan pemeliharaan selanjutnya yang sedang berjalan. Pemilik bangunan kemudian mengawasi dari tingkat awal semua biaya total untuk pemeliharaan bangunan yang sesuai standar (misalnya standar bangunan atau standar pemerintahan).

Pada kondisi tertentu tingkat pemeliharaan, tingkat perawatan dan tingkat pemeriksaan suatu bangunan tentunya dapat diperkirakan secara terukur. Pengetahuan sistematis memperkirakan kondisi konstruksi atau memperkirakan “penyakit-penyakit” bangunan dengan mengatasi penyebab, gejala dan perlakuannya adalah ilmu pengetahuan patologi bangunan. Patologi bangunan dapat didefinisikan sebagai pengetahuan sistematis dari “penyakit-penyakit” bangunan, dengan tujuan untuk mengerti penyebab, gejala dan perlakuan perbaikan yang perlu diberikan untuk mengatasinya. Dalam konteks medis, seseorang menjadi subyek dari pengujian dan penyelidikan yang detail dengan mempertimbangkan waktu layan, kesehatan dan cara perawatannya. Patologi bangunan baik secara konsep maupun keseluruhan memerlukan pendekatan holistik dari kondisi anatomi suatu bangunan. Beberapa unsur detail yang diperlukan dalam pendekatan tersebut yaitu disain bangunan, pemilihan material, cara membangun, penggunaan, perubahan yang ada dan mekanisme lainnya yang berhubungan dengan kondisi lingkungan setempat (Watt, 2007).

Menurut Association d’Experts Europeens du Bâtiment et de la Construction (AEEBC, 1994 dalam Watt, 2007), definisi patologi bangunan mencakup tiga hal yaitu :

1. Identifikasi, investigasi dan diagnosis dari cacat yang muncul pada suatu bangunan;
2. Prediksi dari diagnosa cacat dan rekomendasi untuk tujuan utama dari tindakan terhadap bangunan, masa depannya dan ketersediaan dana dan
3. Disain, spesifikasi, implementasi dan pengawasan pada program perbaikan, monitoring dan evaluasi dari program perbaikan tersebut yang sesuai dengan penampilan fungsi, teknis dan ekonomis penggunaannya.

Definisi tersebut meliputi :

- pengetahuan tentang kondisi tapak – lokasi : topografi, laut, sungai dan udara

- pengetahuan mengenai kegagalan masa pakai material bangunan dan komponennya;
- perlakuan sistematis dari cacat bangunan, penyebab, konsekwensi dan perbaikannya;
- pengetahuan mengenai kegagalan pada hubungan struktur, konstruksi dan material bangunan dengan lingkungannya, pengguna dan isi bangunan tersebut; dan
- pengetahuan ilmiah mengenai struktur dan fungsi dari upper struktur dan sub struktur serta bagian-bagiannya. Disini terlihat bahwa perlunya mengetahui hubungan antara material, konstruksi, fungsi ruang dan tata ruangnya dengan lingkungannya, pengguna serta isi dari bangunan itu (seperti mebel, alat-alat listrik dan lain-lain).

Dari penjelasan definisi yang telah disebutkan di atas, terlihat jelas bahwa patologi bangunan sangat luas, yang pada prinsipnya memperhatikan cacat dari bangunan secara keseluruhan dan memberikan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan. Sementara itu untuk memahami bangunan diperlukan pendekatan secara holistik, karena suatu bangunan tidak berdiri secara tersendiri; tetapi mewakili berbagai tingkat kegiatan dan aktifitas manusia dan lingkungan sekitarnya. Selain itu dalam pengertian cacat di atas sebenarnya terdiri dari tiga pengertian (Watt, 2007), yaitu :

- cacat yang merupakan cacat bawaan, dalam hal ini sejak disain hingga fabrikasi (periode pengerjaan bangunan) telah terjadi kerusakan; misalnya penempatan atau pemakaian material yang kurang/tidak tepat.
- rusak merupakan cacat yang timbul setelah bangunan tersebut difungsikan, dalam hal ini kurang perhatian/lalai mengantisipasi masa pakai material bangunan, atau dapat saja karena fungsi suatu bangunan atau ruang atau material yang tidak tepat penggunaannya.
- lapuk, adalah cacat yang timbul karena masa pakainya telah berakhir dan juga dapat terjadi karena adanya intervensi faktor iklim setempat, hama maupun mikroba lainnya.

BAB III

KAYU DAN RAYAP

Di Indonesia kebutuhan perumahan sangat besar seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, sehingga kebutuhan akan bahan bangunan juga meningkat. Kayu sebagai salah satu bahan konstruksi banyak digunakan di Indonesia, antara lain untuk keperluan bangunan gedung, rumah tinggal, jembatan, bantalan kereta api dan lain-lainnya. Selain itu ditinjau dari segi arsitektur, bangunan dari kayu mempunyai nilai estetika yang tinggi. Kayu dipilih sebagai bahan struktur karena ringan dan memerlukan peralatan yang sederhana dalam proses pengerjaannya. Kayu adalah bahan struktur yang dapat diperbaharui di alam dan juga tetap digunakan, walaupun bahan struktur lain seperti beton dan baja juga sering digunakan. Dalam perkembangannya penggunaan kayu sebagai bahan struktur harus dapat dimanfaatkan secara maksimal dan ekonomis, maka aturan perencanaan telah ditetapkan agar keamanan tetap terjamin. Sebagai bahan struktur kayu mempunyai berbagai kekuatan (Anonymous, 2010), khususnya dalam:

- Menahan tarikan: kekuatan terbesar yang dapat ditahan oleh kayu adalah sejajar arah serat, sedangkan kekuatan tarikan tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada sejajar serat.
- Menahan tekanan (desak): kayu juga dapat menahan beban desak, baik tekanan sejajar serat maupun tegak lurus serat, misalnya sebagai bantalan kereta api. Daya tahan desak tegak lurus serat lebih kecil bila dibandingkan dengan sejajar serat.
- Menahan lenturan: besarnya daya tahan kayu terhadap lenturan tergantung pada jenis kayu, besarnya penampang kayu, berat badan, lebar bentangan, sehingga dengan dapatnya kayu menahan lenturan maka dapat menahan beban tetap maupun beban kejut/pukulan

Kayu berasal dari berbagai jenis pohon memiliki sifat dan ciri tersendiri baik dalam segi keindahan serat, kadar air, keawetan, berat jenis, kerapatan, dan kekuatan. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda. Sifat-sifat

yang erat kaitannya dengan pemanfaatan kayu adalah sifat fisik (kerapatan, kadar air, kekasaran permukaan, penyusutan dan pengembangan), sifat mekanik (sifat yang disebabkan oleh gaya luar yang berkerja, seperti kelenturan, kekakuan dan kekuatan). Sifat pengeringan, pemesinan, keterawetan dan pengawetan. Kendala pemanfaatan kayu secara optimal saat ini disebabkan kayu dapat mengalami kerusakan akibat serangan biodeteriorasi, terutama rayap.

Rayap telah menjadi bagian ekosistem habitat manusia (pemukiman) yang memberikan pengaruh tidak saja yang menguntungkan, tetapi juga merugikan. Bahkan masyarakat kebanyakan lebih cenderung melihat rayap sebagai musuh yang harus diperangi. Sebagai serangga yang merugikan, rayap mampu menyerang apa saja yang dibangun manusia termasuk rumah tinggal dan bangunan gedung lainnya. Serangannya menyebabkan kehancuran dan kerugian ekonomis yang tidak sedikit. Suatu bangunan bisa rusak berat akibat adanya serangan rayap (Surjokusumo, 2005). Serangan rayap ini juga tidak pilih-pilih. Tidak hanya mengancam bangunan-bangunan sederhana, tetapi juga bangunan-bangunan mewah yang berlokasi di kota maupun di desa.

Tidak mudah untuk mencegah serangan terhadap investasi bangunan maupun barang-barang berharga lainnya, yang menjadi sasaran serangga tersebut. Apapun bentuk konstruksi bangunan gedung baik slab, basement atau *crawl space*; rayap dapat menembus lubang terbuka atau celah sekecil satu per enam puluh empat inci pun. Rayap dapat masuk melalui celah pada slab di sekitar celah kayu atau pipa air, shaf, ducting AC, celah antara pondasi dan tembok, maupun pada kuda-kuda atap. Rayap juga dapat membuat lubang di atas pondasi, terus ke atas hingga mencapai kuda-kuda dan di seluruh permukaan tembok. Kaitannya dengan karakteristik dan umur bangunan tampaknya dapat ditentukan dari tingkat serangan rayap (Rilatupa, 2010).

Serangan rayap pada bangunan dapat terjadi melalui berbagai cara antara lain hubungan langsung antara tanah dengan kayu, melalui retakan atau rongga dalam tembok atau pondasi, serta dengan membuat liang kembara di permukaan kayu. Dalam sepuluh tahun mendatang berbagai jenis rayap perusak kayu dan bangunan masih tetap akan merupakan bagian integral dari ekosistem Indonesia. Bahkan meluasnya pembangunan dan areal pemukiman di berbagai daerah cenderung

meningkatkan interaksi antara koloni rayap dengan bangunan gedung. Padahal keawetan alami kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan gedung cenderung semakin rendah. Oleh karena itu, ancaman serangan rayap pada bangunan gedung di Indonesia diperkirakan akan tetap tinggi.

BAB IV

ARSITEKTUR BERKELANJUTAN DAN KAYU REKAYASA

Rancangan arsitektur kekinian perlu memperhatikan keberlanjutan sosok bangunan itu sendiri secara proposional dan orang sebagai pengguna bangunan tersebut. Arsitek dalam berkarya perlu mengetahui perkembangan tentang teknologi bahan bangunan serta penerapan teknologi bangunan dan merupakan kebutuhan standar pada rancangan arsitektur yang sifatnya kuantitatif. Arsitektur berkelanjutan adalah sebuah filosofi arsitektur yang mengangkat keselarasan antara tempat tinggal manusia dan alam melalui desain yang mendekati dengan harmonis antara lokasi bangunan, perabot, dan lingkungan menjadi bagian dari suatu komposisi, dipersatukan dan saling berhubungan.

Pendekatan ekologi pada rancangan arsitektur bukan merupakan konsep rancangan bangunan hi-tech yang spesifik, tetapi konsep rancangan bangunan yang menekankan pada suatu kesadaran dan keberanian sikap untuk memutuskan konsep rancangan bangunan yang menghargai pentingnya keberlangsungan/keberlanjutan ekosistem di alam (Frick, H dan T.H. Mulyani, 2006). Pendekatan dan konsep rancangan arsitektur seperti ini diharapkan mampu melindungi alam dan ekosistem didalamnya dari kerusakan yang lebih parah, dan juga dapat menciptakan kenyamanan bagi penghuninya secara fisik, sosial dan ekonomi. Pendekatan ekologi pada perancangan arsitektur berkelanjutan tidak menentukan apa yang seharusnya terjadi dalam arsitektur, karena tidak ada sifat khas yang mengikat sebagai standar atau ukuran baku. Namun mencakup keselarasan antara manusia dan alam. Arsitektur berkelanjutan mengandung juga dimensi waktu, alam, sosio-kultural, ruang dan teknik bangunan.

Material yang dipilih harus dipertimbangkan hemat energi mulai dari pemanfaatan sebagai sumber daya alam sampai pada penggunaan di bangunan dan memungkinkan daur ulang (berkelanjutan) dan limbah yang dapat sesuai dengan siklus di alam. Konservasi sumberdaya alam dan keberlangsungan siklus-siklus ekosistem di alam, pemilihan dan pemanfaatan bahan bangunan dengan menekankan pada daur ulang, kesehatan penghuni dan dampak pada alam sekitarnya, energi yang

efisien, dan mempertahankan potensi setempat. Keselarasan rancangan arsitektur dengan alam juga harus dapat menjaga kelestarian alam, baik vegetasi setempat maupun makhluk hidup lainnya. Dengan memperluas area hijau, diharapkan dapat meningkatkan penyerapan CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan manusia, dan melestarikan habitat makhluk hidup lain.

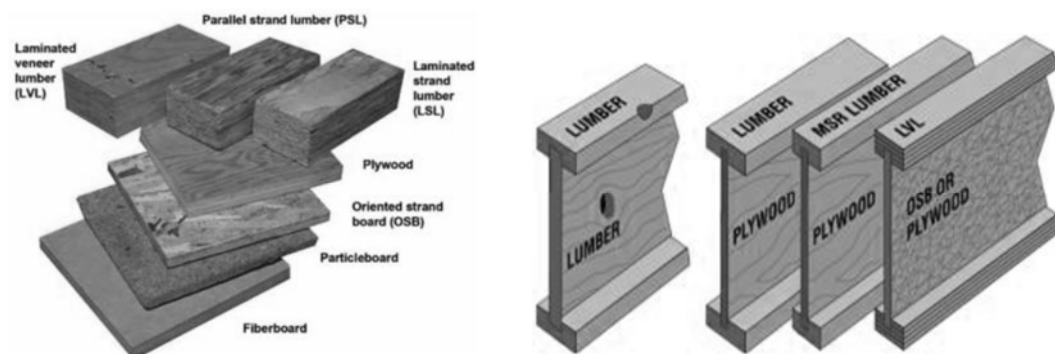
Material kayu ramah lingkungan (*green*) dan bersumber dari alam yang tidak pernah habis (berkelanjutan) kurang dimanfaatkan untuk bahan bangunan. Kayu yang masih muda dalam pertumbuhannya menyerap dan menyimpan banyak CO₂ dan menghasilkan O₂ (Anonymous, 2010). Kayu dalam prosesnya menjadi bahan bangunan paling rendah konsumsinya karena hanya menggunakan energi dari matahari (Kolb, 2008). Penggunaan bahan bangunan kayu di berbagai negara sebagai bahan yang ramah lingkungan dan hemat energi menyebabkan kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi kayu maju dengan sangat pesat.

Tabel 1. Realisasi Produksi Kayu Bulat Berdasarkan Sumber Produksi Tahun 2010-2013 (BPS, 2016)

No	Tahun	Sumber Produksi (m ³)		Total (m ³)
		Hutan Alam	Hutan Tanaman	
1	2010	572.481,78	12.632.094	13.204.575,78
2	2011	6.277.012,76	13.379.630	19.656.642,76
3	2012	5.122.301,86	20.216.635	25.338.936,86
4	2013	3.672.594,25	19.554.418	23.227.012,25
Jumlah		15.644.390,65	65.782.777	81.427.167,65

Kayu bersifat *renewable*, artinya ketersediaannya akan tetap ada selama pelestarian sumber dayanya tetap terjaga. Kayu dapat didaur ulang secara sempurna dan terurai di alam, sehingga kayu menjadi salah satu bahan struktur yang ramah lingkungan. Dilain pihak, kerusakan hutan yang tinggi di Indonesia memerlukan penyelamatan hutan untuk segera dilakukan dengan menghentikan penebangan hutan alam sebagai upaya memberi ruang agar hutan dapat bernafas kembali (*renewable resources*). Hal lain yang perlu dilakukan juga adalah dengan mengembangkan hutan tanaman sebagai upaya memenuhi kebutuhan industri per kayu nasional. Dengan demikian industri per kayu harus beralih dari hutan alam ke hutan tanaman (Tabel 1).

Banyaknya kebutuhan kayu dalam dunia konstruksi ini menyebabkan dikembangkannya hutan tanaman industri dengan kayu cepat tumbuh seperti kayu akasia, sengon, albasia, jabon dll. Diharapkan dengan pengelolaan dan kebijakan pemerintah yang baik kebutuhan kayu sebagai bahan bangunan dapat terpenuhi pada masa mendatang. Di daerah dimana kesulitan bahan semen dan baja untuk membuat bangunan dari beton atau baja, bangunan kayu merupakan solusinya karena dapat menggunakan material lokal seperti kayu. Sementara itu luas hutan alam, hutan tanaman industri dan juga hutan tanaman rakyat di Indonesia jika dikelola dengan baik seharusnya dapat menjadi sumber daya untuk menyediakan kebutuhan kayu sebagai bahan bangunan. Kayu yang digunakan menjadi elemen struktural dapat berupa kayu solid maupun kayu rekayasa (*engineered wood*). Kayu rekayasa (Gambar 1) seperti glulam, cross laminated timber dan lainnya dibuat untuk memenuhi kebutuhan kekuatan dan dimensi kayu yang besar. Selain *green* dan *sustainable*, kayu mempunyai rasio kekuatan/massa yang lebih besar daripada material beton dan baja (Tjondro, 2014).



Gambar 1. Beberapa produk kayu rekayasa

Produk–produk dari kayu rekayasa ini dapat digunakan baik sebagai elemen struktural maupun non-struktural. Saat ini para ahli rekayasa telah menambahkan *design for disassembly* atau desain yang dapat dibongkar kembali, *design for recycling* atau desain yang dapat didaur ulang, dan *design for environment* atau desain yang mempertimbangkan aspek lingkungan ke dalam perbendaharaan desain mereka. Rekayasa untuk pengembangan berbagai produk inovasi, misalnya kayu

rekayasa (*engineered wood*) dengan cara komposit dari limbah bahan kayu dengan limbah non kayu merupakan usaha agar masa pakai atau lifetime dari produk berbahan kayu akan lebih lama di manfaatkan. *Engineered wood* atau kayu rekayasa telah sangat maju dan banyak digunakan di negara-negara seperti Kanada, Australia, New Zealand Amerika Serikat dan banyak negara di Eropa. Bangunan bertingkat sampai dengan 10 lantai yang banyak digunakan sebagai apartemen dengan menggunakan kayu rekayasa (Gambar 2 dan 3) sudah menjadi hal yang umum di beberapa negara-negara tersebut.



Gambar 2. Bentuk fleksibel dari struktur dengan kayu rekayasa.



Gambar 3. Sistem struktur balok dan kolom dengan kayu glulam (Kolb, 2008).

BAB V

KESIMPULAN

1. Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kayu merupakan bahan yang sangat sering dipergunakan untuk tujuan penggunaan tertentu. Terkadang sebagai barang tertentu, kayu tidak dapat digantikan dengan bahan lain karena sifat khasnya.
2. Pengetahuan sistimatis memperkirakan kondisi konstruksi atau memperkirakan “penyakit-penyakit” bangunan dengan mengatasi penyebab, gejala dan perlakuannya adalah ilmu pengetahuan patologi bangunan. Patologi bangunan dapat didefinisikan sebagai pengetahuan sistematis dari “penyakit-penyakit” bangunan, dengan tujuan untuk mengerti penyebab, gejala dan perlakuan perbaikan yang perlu diberikan untuk mengatasinya.
3. Kendala pemanfaatan kayu secara optimal saat ini disebabkan kayu dapat mengalami kerusakan akibat serangan biodeteriorasi, terutama rayap. Sebagai serangga yang merugikan, rayap mampu menyerang apa saja yang dibangun manusia termasuk rumah tinggal dan bangunan gedung lainnya.
4. Perlu dipersiapkan *engineered wood* atau kayu rekayasa (*engineered wood*) sebagai pengganti kayu solid dan material bangunan lainnya, sehingga dapat mewujudkan arsitektur bangunan kayu berkelanjutan. Produk-produk dari kayu rekayasa ini dapat digunakan baik sebagai elemen struktural maupun non-struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. (2010). *Wood Handbook: Wood As an Engineering Material*. Washington: US Dept. of Agriculture.
- Ballantyne, A. (2002). *What is Architecture?* New York: Routledge.
- Biro Pusat Statistik (BPS). (2016). *Data Sensus Produksi Kayu Hutan Menurut Jenis Produksi (m3)*. Dipetik November 28, 2016, dari Biro Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/862>
- Frick, H dan T.H. Mulyani. (2006). *Arsitektur Ekologis*. Yogyakarta: Kanisius dan Soegijapranata Press.
- Kolb, J. (2008). *Systems in Timber Engineering*. Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag AG.
- Prawiro, U. (2009). Pemahaman Keterkaitan 'Teori Arsitektur' - Kegiatan 'Perancangan' dan 'Kritik Karya' Dalam Arsitektur. *Jurnal Itenas Rekayasa, Vol. 4, No. XIII, Oktober - Desember 2009*, 176-183.
- Rilatupa, J. (2010). Correlated Characteristics of Termite Attack with High-Rise Building Condition Index. *Civil Engineering Journal*, 144-155.
- Surjokusumo, S. (2005). *Perkembangan Aspek Regulasi Pengendalian Serangan Rayap pada Bangunan Gedung*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Tjondro, J. A. (2014). Perkembangan dan Prospek Rekayasa Struktur Kayu di Indonesia. *Seminar dan Lokakarya Rekayasa Struktur* (hal. 1-12). Surabaya: Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.
- Watt, D. S. (2007). *Buiding Pathology: Principles and Practice*. Oxford: Blackwellience, Ltd.

