KAJIAN SISTEM STRUKTUR DAN TEKNOLOGI HIJAU PADA BANGUNAN PUBLIK

Diana Ningrum[1], Fifi Damayanti[2]
Dosen Universitas Tribhuana Tunggadewi[1,2]
Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Malang, Jawa Timur
E-mail: dningrum1977@gmail.com

ABSTRAK

Struktur dan teknologi hijau yang terintegrasi identik disebut kombinasi tepat guna, yaitu: muncul akibat konsekuensi praktis dari pembangunan berkelanjutan dan cenderung menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dan tidak berpotensi merusak lingkungan. Penerapan teknologi hijau banyak terintegrasi dengan struktur hijau, khususnya pada bangunan publik. Banyak penelitian sebelumnya yang membahas bangunan hijau secara umum, namun tidak membahas integrasi antara struktur hijau dan teknologi hijau. Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apa saja aplikasi struktur dan teknologi hijau pada bangunan bangunan publik. Tujuan penelitian ini adalah membuat digramatik elemen struktur hijau dan teknologi hijau bangunan publik. Metode penelitian bersifat deskriptif yaitu berisi deskripsi komprehensif struktur dan teknologi hijau. Metode pengumpulan data penelitian ini bersifat kualitatif yaitu bersifat eksplorasi, bukan eksplanasi seperti pada metode kuantitatif. Metode pengumpulan data berdasarkan kajian literatur mengenai struktur dan teknologi hijau. Metode analisis berjenis analisis induktif yaitu mulai dari tema-tema yang khusus ke tema-tema umum dan menjadikan teori sebagai poin akhir penelitian. Temuan pada penelitian ini adalah konsep diagramatik aplikasi struktur dan teknologi hijau terdiri dari struktur atas, struktur utama dan struktur bawah.

Kata kunci: *struktur hijau*, *teknologi hijau, bangunan publik*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian ini berusaha mengkaji aplikasi penggunaan struktur hijau dan teknologi hijau pada bangunan publik. Struktur dan teknologi hijau yang terintegrasi, identik disebut kombinasi tepat guna, yaitu: muncul akibat konsekuensi praktis dari pembangunan berkelanjutan dan cenderung menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dan tidak berpotensi merusak lingkungan.

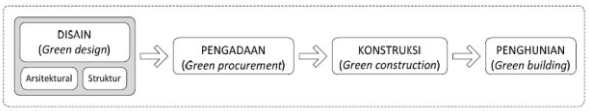
Dengan berkembangnya proyek *green* di Indonesia, GBCI mempublikasikan *rating tools* yang disebut dengan GREENSHIP sebagai instrumen untuk menilai sebuah bangunan dapat dikategorikan sebagai *green building* atau tidak (Ervianto, 2014).

Konsep *green* memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan, ekonomi, kesehatan, dan pengguna gedung tersebut (*Green Building Council, 2013).* Konsep hijau *(green)* dapat menjadi jawaban atas permasalahan-permasalahan yang terjadi atas lingkungan (Reynaldy, 2017).

Dalam menjalankan konstruksi berkelanjutan maka terdapat konsep *green building* (bangunan hijau) yang dibentuk oleh: proses desain *(green design)*, pengadaan material *(green procurement)*, proses konstruksi *(green construction)*, pemilihan teknologi *(green technology)*, dan perawatan bangunan *(green maintaining)* (Ervianto, 2012 dalam Reynaldy, 2017).

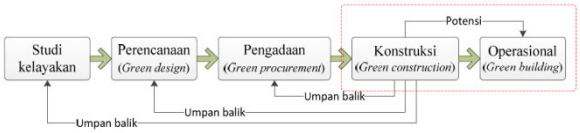
Penelitian ini berusaha mengkaji sistem struktur pembentuk *green building* pada bangunan publik. Sistem struktur / sistem fisik adalah satu dari tiga sistem untuk mengenali jenis bangunan dua yang lainnya adalah sistem spasial (*spatial system*) dan sistem model atau tampilan (s*tylictic system*).

Dari sistem struktur tersebut dapat sudah dapat diketahui apakah bangunan tersebut menggunakan struktur hijau (*green construction*) sehingga dapat dikategorikan sebagai *green building* (bangunan hijau) atau tidak.



Sumber: GBCI, (2010)

Proyek konstruksi merupakan sebuah sistem yang terdiri dari berbagai unsur yang terkait mulai dari proses disain, pengadaan, konstruksi, operasi dan perawatan, dan dekonstruksi dengan penggunaan berbagai jenis sumberdaya. Sistem inilah yang harus dikelola untuk mencapai prinsip-prinsip dalam *sustainable construction*. *Green construction* sebagai bagian dari *sustainable construction* tentunya akan berdampak terhadap operasional bangunan maupun proses disain berupa umpan balik yang bersumber dari pengalaman konstruksi (Ervianto, 2012).



Gambar 1. Lingkup Konstruksi Hijau dan Teknologi Hijau (Ervianto et al., 2012)

Studi Terdahulu

Banyak penelitian sebelumnya yang membahas mengenai *green building* (bangunan hijau), proses desain *(green design)*, pengadaan material *(green procurement)*, pemilihan teknologi *(green technology)*, konstruksi hijau *(green construction)* dan perawatan bangunan *(green maintaining)* secara terpisah.

Banyak penelitian sebelumnya yang membahas bangunan hijau secara umum, namun tidak membahas integrasi antara struktur hijau dan teknologi hijau sehingga membentuk bangunan hijau.

Rumusan dan Tujuan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apa saja aplikasi struktur dan teknologi hijau pada bangunan bangunan publik.

Tujuan penelitian ini adalah membuat digramatik elemen struktur hijau dan teknologi hijau bangunan publik.

Kebaruan Masalah

Yang membedakan penelitian bangunan hijau ini dengan penelitian lain yaitu: banyak penelitian sebelumnya yang membahas bangunan hijau secara umum, namun tidak membahas integrasi antara struktur hijau dan teknologi hijau dalam rangka mewujudkan bangunan hijau

METODE

Metode Penelitian

Metode penelitian berjenis deskriptif/naratif, yaitu berisi deskripsi komprehensif struktur dan teknologi hijau. Penelitian naratif merupakan strategi penelitian di mana di dalamnya peneliti menyelidiki kehidupan individu-individu dan meminta seorang atau sekolompok individu untuk menceritakan kehidupan mereka. Informasi ini kemudian diceritakan kembali oleh peneliti dalam kronologi naratif. Di akhir tahap penelitian, peneliti harus menggabungkan dengan gaya naratif pandangan-pandangannya tentang kehidupan partisipan dengan pandangan-pandangannya tentang kehidupan peneliti sendiri (Clandinin & Connelly dalam Creswell, 2012).

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data penelitian ini bersifat kualitatif yaitu bersifat eksplorasi, bukan eksplanasi seperti pada metode kuantitatif. Metode pengumpulan data berdasarkan kajian literatur mengenai struktur dan teknologi hijau. Tujuan penelitian dengan metode pengumpulan data yang bersifat kualitatif pada umumnya mencakup informasi tentang fenomena utama yang dieksplorasi dalam penelitian, partisipan penelitian, dan lokasi penelitian. Tujuan penelitian kualitatif juga bisa menyatakan rancangan penelitian yang dipilih. Tujuan ini ditulis dengan istilah-istilah "teknis" penelitian yang bersumber dari bahasa penelitian kualitatif (Schwandt dalam Creswell, 2012).

Metode Analisis Data

Metode analisis berjenis analisis induktif yaitu mulai dari tema-tema yang khusus ke tema-tema umum dan menjadikan teori sebagai poin akhir penelitian. Pada analisis induktif para peneliti kualitatif membangun pola-pola, kategori-kategori, dan tema-temanya dari bawah ke atas (induktif), dengan mengolah data ke dalam unit-unit informasi yang lebih abstrak. Proses induktif ini mengilustrasikan usaha peneliti dalam mengolah secara berulang-ulang membangun serangkaian tema yang utuh. Proses ini juga melibatkan peneliti untuk bekerjasama dengan para partisipan secara interaktif sehingga partisipan memiliki kesempatan untuk membentuk sendiri tema-tema dan abstraksi-abstraksi yang muncul dari proses ini (Creswell, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur, Teknologi dan Bangunan Hijau

Konstruksi hijau *(green construction),* erat kaitannya dengan teknologi hijau *(green technology),* sebab akan menghasilkan bangunan hijau (*green building*). Konstruksi hijau bertujuan untuk mengembalikan dan menjaga keseimbangan antara lingkungan alami dan buatan (Plessis dalam Ervianto, 2014) dan berusaha meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang (Ervianto, 2012).

Terdapat empat kemungkinan kaitan antara konsep hijau dengan kontraktor yaitu: (1) proyek yang direncanakan secara *green* dan dilaksanakan oleh kontraktor *green*, (2) proyek yang direncanakan secara *green* namun tidak dilaksanakan oleh kontraktor *green*, (3) proyek yang tidak direncanakan secara *green* namun dilaksanakan oleh kontraktor *green*, (4) proyek yang tidak direncanakan secara *green* dan tidak dilaksanakan oleh kontraktor *green* (Ervianto, 2014).

Struktur danTeknologi Hijau pada Atap

Berikut beberapa contoh struktur dan teknologi hijau pada atap:

- ventilasi atap (Karyono, 2010);
- sky light plafon (Karyono, 2010);
- atap *multi layer* (Nugroho, 2018);

- lapisan insulasi atap (Nugroho, 2018);
- atap volume besar, material ringan, kemiringan curam, warna atap (Nugroho, 2018)

Struktur dan teknologi hijau pada atap berfungsi untuk: meminimalkan radiasi panas (ventilasi atap, lapisan insulasi atap); menghindari radiasi matahari (atap multilayer, warna atap); pencahayaan alami (*sky light plafon*); pengurangan limpasan air (atap volume besar, material ringan, kemiringan curam).

Untuk meminimalkan radiasi panas dari plafon, perlu diusahakan ventilasi atap (Karyono, 2010). Dengan demikian panas tidak merambat ke langit-langit mlalui proses konduksi yang pada akhirnya memanaskan ruang yang berada di bawahnya.

Radiasi matahari tidak langsung dapat juga digunakan untuk menerangi ruang dalam bangunan yaitu dengan *sky light plafon* (Karyono, 2010). Untuk menerangi ruang usahakan mengambil cahaya langit, bukan cahaya matahari.
Atap multi layer (Nugroho, 2018) merupakan salah satu teknologi dan struktur hijau untuk menerangi ruang dan menurunkan suhu dalam rang. Atap multi layer adalah salah satu cara untuk menghindari imitasi masa lampau, yaitu berbeda dengan atap konvensional.

Teknologi lain terkait dengan atap hijau adalah insulasi atap (Nugroho, 2018). Pentingnya insulasi atap di iklim tropis adalah ketebalan insulasi harus mencapai 8 cm serta menekankan bahwa sebuah ruang dibawah insulasi atap yang baik memiliki perbedaan 1 ^{o}C - 1,5^{o}C lebih tinggi daripada ruang yang tidak berada di bawah atap.

Strategi atap hijau yang ramah lingkungandiutamakan untuk mendukung sistem alami lingkungan baik material, warna, bentuk dan kemiringannya (Nugroho, 2018). Pemilihan warna atap juga mempengaruhi tingkat pemantulan radiasi panas.

No	Teknologi & Struktur Hijau pada Atap
1	Ventilasi atap (Karyono, 2010)
2	*Sky light* plafon (Karyono, 2014)
3	Atap multi layer (Nugroho, 2018)
4	Lapisan insulasi atap (Nugroho, 2018)
5	Atap volume besar, material ringan, kemiringan curam, warna atap (Nugroho, 2018)

Struktur danTeknologi Hijau pada Balok

Berikut beberapa contoh struktur dan teknologi hijau pada balok:

- Balok Glulam (Design Media, 2010; Sulistyawati, 2008)
- Balok Bambu Komposit
- Balok Susun Kayu Komposit (Rochman & Sudjatmiko, 2008)
- Balok dari Limbah Kayu (Purwanto, 2011)

Balok Glulam / *Glulam Beam* (Design Media, 2010) merupakan salah satu metoda mengatasi keterbatasan dimensi bahan dasar kayu yang tersedia. Dengan mempersiapkan lamina-lamina dan menyusunnya serta melakukan proses perekatan antar permukaan lamina dapat menghasilkan dimensi balok sesuai kebutuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai kekakuan dan kekuatan lentur maksimum balok glulam dengan ketebalan lamina yang berbeda serta membandingkannya terhadap balok utuh. Kekakuan dinyatakan dalam MOE (modulus of elastcity), dan kekuatan lentur maksimum dinyatakan dalam MOR (modulus of rupture). Penelitian ini menggunakan kayu Akasia (Acacia mangium) termasuk kayu dengan kerapatan menengah.

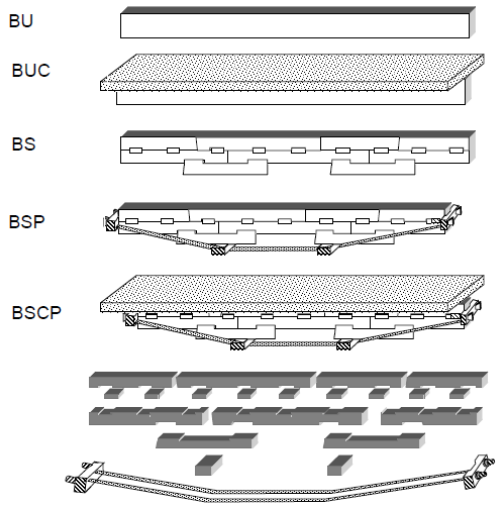
Gambar 2. Proses pengempaan balok laminasi (Glulam) *(Sulistyawati, 2008)*

Produk balok bambu komposit (Nugroho et al, 2017) terbuat dari bambu yang sudah dipipihkan (zephyr) kemudian dicampur perekat dan dipres menjadi balok. Produk ini telah mendapatkan sertifikat patennya. Kegunaan produk balok bambu komposit ini adalah sebagai alternatif dari balok kayu yang semakin mahal dan jarang. Produk balok bambu komposit bisa lebih murah dan bahan bakunya melimpah. Produk ini mempunyai kualitas setara dengan kayu kelas 1.

Gambar 3. Balok bambu komposit (Nugroho et al, 2017)

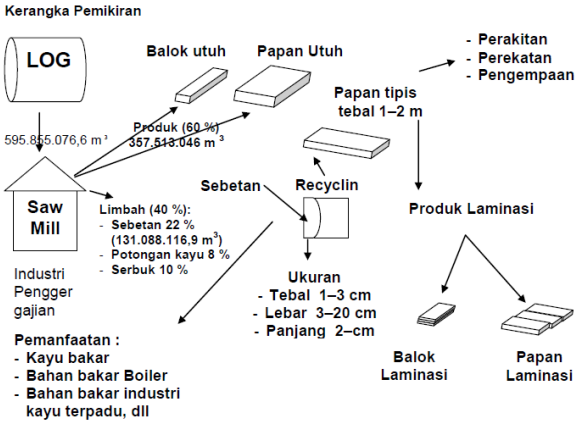
Balok Susun Kayu Komposit atau *multiple wooden beam* (Rochman & Sudjatmiko, 2008).adalah suatu balok yang terbuat dari dua

jenis bahan (atau lebih) yang digabung dengan cara sedemikian rupa sehingga dapat bekerja sebagai satu kesatuan dalam memikul beban. Pada penelitian ini, bahan-bahan yang dimaksud adalah balok kayu dan plat beton. Yang menjadikan balok kayu dan plat beton dapat dianggap menjadi satu kesatuan adalah akibat dipasangnya alat penyambung geser (*shear connector*) pada permukaan sentuh kedua bahan Tersebut



Gambar 4. Metode perangkaian balok susun (Rochman & Sudjatmiko, 2008)

Balok dari Limbah Kayu atau *Wood Block from Wood Industries* (Purwanto, 2011). memanfaatkan limbah sebetan kayu untuk produk kayu lamina (balok dan papan laminasi). Bahan penelitian yang digunakan berupa limbah sebetan kayu Durian, Plajau dan Surian Bawang. Ukuran lebar sebetan kayu minimal 10 cm, tebal minimal 1,0 cm dan panjang 200 dan perekat interior jenis PVA (Poly Vinil Acetat).



Gambar 5. Balok dari Limbah Kayu (Purwanto, 2011)

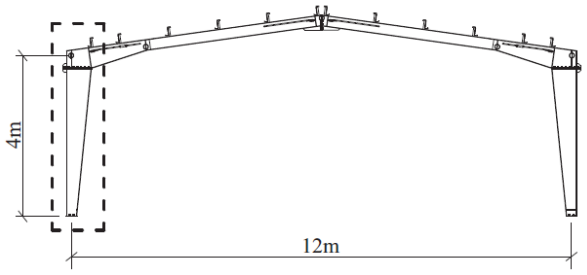
No	Teknologi & Struktur Hijau pada Balok
1	Balok Glulam (Design Media, 2010)
2	Balok Bambu Komposit
3	Balok Susun Kayu Komposit (Rochman & Sudjatmiko, 2008)
4	Balok dari Limbah Kayu (Purwanto, 2011)

Struktur danTeknologi Hijau pada Kolom

Berikut beberapa contoh struktur dan teknologi hijau pada kolom:

- Balok Gulam / *Glulam beam* (Design Media, 2010)
- Join Balok-Kolom Beton Pra Cetak (Nurjannah, 2011)

Kolom baja tirus atau *Tapered steel coloumn*) adalah Elemen struktural baja dengan penampang variabel, terbuat dari pelat yang dilas, sebagian besar digunakan dalam industri konstruksi. untuk balok dan kolom sesuai dengan permintaan tegangan dan kekakuan dalam struktur. Jenis elemen ini terutama digunakan untuk desain frame bertingkat tunggal dengan atap rafters dan dasar kolom yang disematkan. Rafters dan kolom dapat dirancang sebagai bagian meruncing terbuat dari pelat baja dilas, menghormati diagram momen lentur untuk kombinasi beban gravitasi. Ini penawaran kertas dengan tes eksperimental dilakukan pada elemen balok-kolom meruncing, dikenakan momen lentur dan gaya aksial tekan bersama dengan penyelidikan analitik.



Gambar 6. Kolom baja tirus atau *Tapered steel coloumn*) (Dogariu et al., 2017)

Berbagai sistem struktur beton pracetak yang telah dikembangkan oleh berbagai perusahaan maupun instansi pemerintah di Indonesia untuk bangunan gedung berupa sistem join balok-kolom (Nurjannah, 2011). Beberapa pengujian pada beberapa macam sistem struktur beton pracetak join balok-kolom dan dinding geser yang diberi beban aksial konstan sebagai pengganti Beban Hidup dan Beban Mati pada bangunan. Salah satu alasan pemilihan sistem beton pracetak dibandingkan beton konvensional adalah harga pembuatan struktur beton pracetak yang lebih murah daripada beton konvensional.

Gambar 7. Bangunan Asrama Menggunakan Sistem Join Balok-Kolom L-10 (PT Lestari dalam Nurjannah, 2011)

No	Teknologi & Struktur Hijau pada Kolom
1	Kolom baja tirus (Dogariu et al., 2017)
2	Sambungan Balok-Kolom Beton Pra Cetak (Nurjannah, 2011)

Struktur dan Teknologi Hijau pada Dinding

Berikut beberapa contoh struktur dan teknologi hijau pada dinding:

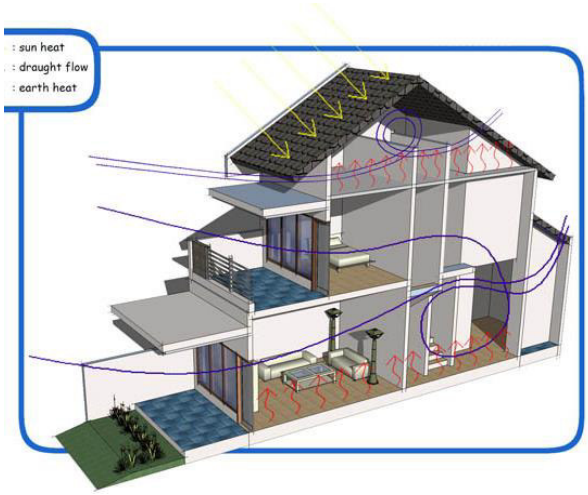
- dinding bernafas dan berpori (*breathing wall*) (Nugroho, 2018; Tedja *et al*., 2014).
- dinding multi layer (Nugroho, 2018).
- dinding hijau (*green wall*) (Nugroho, 2018).

Teknologi hijau pada dinding berfungsi untuk: membuang panas dalam ruang (Dinding multi layer); memberi sensasi sejuk (dinding bernafas); perlindungan radiasi matahari (dinding hijau)

Dinding dengan material ringan dan berpori memungkinkan terjadinya pembuangan panas dan pertukaran udara (Nugroho, 2018).

Penggunaan dinding hijau (Nugroho, 2018) sebagai pembatas dalam maupun luar bangunan akan memberi kesegaran,penyejukan dan kualitas udara yang lebih baik . Dinding hijau dapat mereduksi 2C

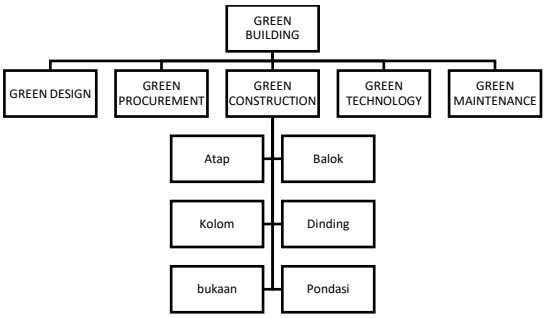
Perbandingan penggunaan metode dinding bata merah dan dinding bata ringan untuk konstruksi dinding, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut. Dengan mengganti konstruksi dinding metode dinding bata ringan menjadi metode dinding bata merah, biaya konstruksi dinding menjadi 1,17 kali lebih besar (lebih besar 17%). Namun untuk waktu pelaksanaannya, metode dinding bata ringan lebih cepat 1,49 kali (lebih cepat 49%) dari metode dinding bata merah. Hal ini disebabkan biaya material yang dikeluarkan untuk metode dinding bata ringan yang lebih mahal dan dimensi bata ringan yang lebih besar, sehingga waktu pengerjaannya lebih cepat.



Gambar 6. Dinding bernafas dan berpori (https://ritalaksmitasari.files.wordpress.com/2013/05/sirkulasi-udara.jpg)

No	Teknologi & Struktur Hijau pada Dinding
1	Dinding dengan material ringan dan berpori (Nugroho, 2018; Tedja *et al*., 2014).
2	dinding hijau (Nugroho, 2018)
3	Dinding multi layer (Nugroho, 2018)
4	Integral shading (Nugroho, 2018)

KETERKAITAN STRUKTUR DAN TEKNOLOGI HIJAU



KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa bangunan hijau (*green building*) terdiri atas konstruksi hijau (*green construction*) dan teknologi hijau (*green technology*) yang dibentuk oleh desain hijau dan dilengkapi dengan perawatan (*green maintenance*). Konstruksi hijau (*green construction*) dan teknologi hijau (*green technology*) terdiri dari struktur atas (atap dan balok); struktur utama (dinding dan kolom).

DAFTAR PUSTAKA

Artikel dalam Jurnal (Jurnal Primer)

Dogariu, A., Crișan, A., Cristuțiu, M., Nunes, D., & Juca, A. (2017). Behavior of Steel Welded Tapered Beam-column. *The Open Civil Engineering Journal, 11, (Suppl-1, M4)*, 345-357.

Ervianto, Wulfram I. (2014). Pengaruh Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Capaian *Green Construction* Oleh Kontraktor Dalam Proyek Gedung Di Indonesia. Dipaparkan di *Konferensi Nasional Teknik Sipil 8 (KoNTekS8).* Institut Teknologi Nasional - Bandung, 16 - 18 Oktober 2014.

Ervianto, Wulfram I. (2015). Capaian *Green Construction* Dalam Proyek Bangunan Gedung Menggunakan Model *Assessment Green Construction.* Di paparkan di *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9).* Makassar, 7-8 Oktober 2015.

Naresworo, N., Karlinasari, L., Yoresta, F. S., & Liliefna, D. (2017). *Pengembangan Balok Bambu Komposit Struktural.* Bandung:

Creswell, Jhon. (2010). *Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Karyono, T. H. (2010). *Green Architecture: Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia.* Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Buku Visual

Design Media Publising Limited. (2010). *Green Architecture*. Hong Kong: Design Media Publising Limited.

Skripsi/Tesis/Disertasi

Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat–IPB Tahun 2017.

Purwanto, D. (2011). Pembuatan Balok Dan Papan Dari Limbah Industri Kayu. *Jurnal Riset Industri Vol. V, No. 1*, 13-20.

Rochman, A., & Sudjatmiko, A. (2008). Teknologi Pembuatan Balok Susun Kayu Komposit Berukuran Besar. *dinamika TEKNIK SIPIL, Volume 8, Nomor 1*, 21 - 30.

Sulistyawati, I., Nugoho, N., Suryokusumo, S., & Hadi, Y. S. (2008). Kekakuan dan Kekuatan Lentur Maksimum Balok Glulam dan Utuh Kayu Akasia. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung*, Vol 15, No 3.

Tedja, M., Charleshan, & Efendi, J. (2014). Perbandingan Metode Konstruksi Dinding Bata Merah Dengan Dinding Bata Ringan. *ComTech Vol. 5 No. 1* , 272-279.

Buku

Agung Murti Nugroho. (2018). *Arsitektur Tropis Nusantara: Rumah Tropis Nusantara*. Malang: Tim UB Press.

Reynaldy, Joshua Ivan. (2017). Analisis *Green Construction* Pada Proyek X Di Bandung Dengan Metode *Assessment Green Construction* Sistem Wulfram. *Skripsi*. Bandung. Universitas Katolik Parahyangan

Naskah Prosiding

Nurjannah, S. A. (26-27 Oktober 2011). Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif Pada Teknologi Konstruksi Indonesia Yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3* (pp. 234-242). Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.