

# Mitigasi Emisi Pengawetan Bambu sebagai Material Konstruksi Berkelanjutan

Dewi Larasati ZR<sup>1</sup>, Siswanti Zuraida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, Sekolah Arsitektur, Perencanaan & Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung.

<sup>2</sup> Struktur dan Konstruksi Bangunan, Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung

---

## Abstrak

Proses konstruksi dengan menggunakan pendekatan pembangunan berkelanjutan merupakan sebuah keniscayaan, yang dibutuhkan dalam mengurangi dampak buruk pembangunan bagi generasi yang akan datang. Penggunaan material bambu sebagai material berkelanjutan, merupakan salah satu upaya implementasi pembangunan berkelanjutan. Namun demikian, akibat rendahnya daya tahan bambu, pengawetan bambu dibutuhkan untuk memperpanjang usia, namun hasil studi menunjukkan beberapa jenis pengawetan oleh masyarakat menggunakan bahan pengawet yang memiliki efek negatif pada lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai teknik pengawetan bambu oleh masyarakat yang ada saat ini serta menganalisis pengaruhnya pada lingkungan. Metode yang digunakan dengan cara menghitung besarnya emisi yang dikeluarkan oleh setiap jenis teknik pengawetan bambu yang ada di masyarakat, kemudian meninjau besarnya biaya lingkungan (*eco-cost*) atas besarnya emisi yang dikeluarkan tersebut. Adapun dampak lingkungan yang diidentifikasi antara lain adalah dampaknya pada kesehatan (*human health*), racun bagi lingkungan sekitar (*ecotoxicity*) dan penggunaan sumber daya dalam proses pengawetan (*resource depletion*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa salah satu teknik pengawetan melalui perendaman dengan kapur barus dan diterjen memiliki tingkat emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik pengawetan bambu lainnya. Dengan adanya hasil identifikasi ini, diharapkan dapat dimanfaatkan dalam menentukan pilihan teknik pengawetan bambu yang lebih ramah lingkungan, sehingga dampak negatif bagi lingkungan yang lebih besar dapat dicegah.

**Kata-kunci** : *eco-cost*, emisi, dampak lingkungan, konstruksi berkelanjutan, material berkelanjutan

---

## Abstract

*Sustainable construction process should be implemented to achieve sustainable development. One of the green construction aspects is sustainable material. Thus, bamboo as a sustainable material is potential to be used in sustainable construction. However, there are problems with implementation of bamboo in construction industry, and one of them is the problem of preservation technique. This research examines environmental impact of various existing bamboo preservation techniques. This is a quantitative research by analytically calculate the emission and eco-cost of the techniques. Moreover, the environmental impact is analyzed in terms of human health, ecotoxicity, and resource depletion. Findings from the research indicate that bamboo preservation through a submersion into a camphor and detergent solution have the highest emission. The results is important in selecting a sustainable bamboo preservation technique, hence can reduce the negative impact to the environment.*

**Keywords** : *eco-cost, emission, environmental impact, sustainable construction, sustainable material*

---

## Kontak Penulis

Dewi Larasati ZR

Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, Sekolah Arsitektur Perencanaan & Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132. Tel : 081222213609

E-mail : dewizr\_ar@yahoo.com

## Informasi Artikel

Diterima editor 3 April 2017. Disetujui untuk diterbitkan 7 Juni 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)



## Pendahuluan

Dalam pemanfaatan suatu material sepanjang siklus hidupnya dapat memberikan dampak bagi lingkungan. Dalam siklus hidup penggunaan material, tahapan produksi merupakan tahap paling berpengaruh pada lingkungan, hal ini disebabkan tahap ini terkait dengan penyediaan bahan baku dan proses produksi. Namun demikian tahapan lainnya juga memiliki dampak langsung, seperti pada tahap pengolahan memberikan dampak akibat penggunaan energi dan teknik produksi, pada tahap penggunaan terkait usia pakai material, serta pada tahap akhir terkait kemungkinan daur ulang, biodegradasi, atau penggunaan material sebagai bahan bakar pada akhir masa hidup.

Pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi dianggap sebagai material berkelanjutan mengingat usia panen bambu yang sangat singkat (3-5 tahun), namun demikian tetap memberikan dampak lingkungan atas pemanfaatannya. Khususnya kendala usia pakai yang rendah, akibat permasalahan fisis bambu tersebut. Upaya-upaya pengawetan bambu untuk meningkatkan masa pakai telah banyak dilakukan, termasuk upaya melalui penelitian.

Sebagian besar penelitian mengenai metode pengawetan bambu fokus pada upaya penyelesaian permasalahan sifat fisis dan mekanis bambu akibat metode pengawetan yang digunakan, belum banyak penelitian yang fokus pada masalah dampak lingkungan akibat proses pengawetan. Padahal dari studi yang dilakukan, terdapat hubungan antara proses pengawetan bambu dengan energi dan biaya lingkungan (*eco cost*) yang harus diperhitungkan sebagai bagian dari dampak lingkungan.

Sebagai contoh, penggunaan zat kimia pada proses pengawetan bambu ternyata menambah permasalahan baru yaitu bersifat racun bagi manusia. Hal ini diungkapkan oleh APVMA (2005) bahwa Copper Chrome Arsenic (CCA) merupakan salah satu bahan pengawet yang paling dikenal masyarakat dan sering digunakan dalam pengawetan bambu maupun kayu namun bersifat racun bagi manusia. Selain itu penggunaan beberapa teknik pengawetan yang dikembangkan memerlukan suhu yang tinggi selama proses pengawetan (Guoqi Xu, et al., 2013) dan penggunaan tangki bertekanan yang membutuhkan bahan bakar dan suhu pembakaran yang tinggi, hal ini menyebabkan perlunya pertimbangan energi yang digunakan selama proses pengawetan. Mora, et al (2012) menilai penggunaan bahan kimia propylene dan ammonia pada produksi acrylonitrile dalam pengawetan bambu memiliki dampak lingkungan paling tinggi pada perubahan iklim (climate change), yang didasarkan pada kriteria dampak lingkungan (van den Dobbelsteen, 2004). Adapun tolak ukur perhitungan akibat penggunaan material yang dimaksud meliputi penipisan bahan baku (*depletion of resources*), kerusakan ekosistem (*deterioration of ecosystem*) dan penurunan kesehatan manusia (*deterioration of human health*). Makalah ini akan menggambarkan besarnya emisi dan biaya lingkungan atas pemanfaatan berbagai tipe pengawetan bambu, dalam

tiga tolak ukur yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini dalam rangka memberikan gambaran bagi pelaksana pengawetan bambu dalam pendayagunaan bambu sebagai material bangunan berkelanjutan.

## Metode

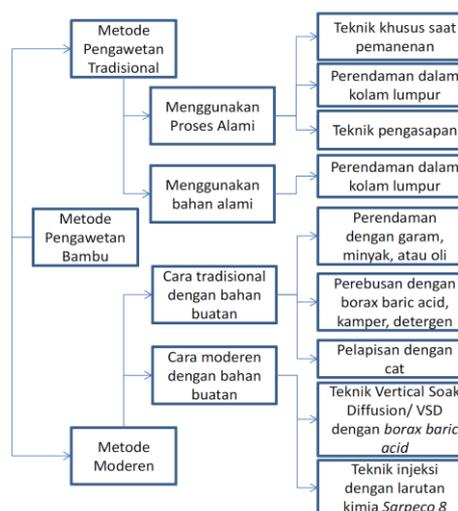
Metode penelitian dalam rangka penulisan makalah ini menggunakan metode gabungan (*mixed method*) melalui gabungan metode kualitatif berupa observasi mendalam untuk teknik pengawetan bambu yang dilakukan oleh masyarakat di Indonesia dan metode kuantitatif atas dasar temuan variabel berpengaruh dari analisis kualitatif yang dilakukan sebelumnya. Analisis kuantitatif yang dilakukan berupa perhitungan emisi karbon dengan menggunakan database inventory analysis yang mengacu pada metode Life Cycle Analysis (LCA).

### Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data melalui observasi mendalam terhadap berbagai teknik pengawetan bambu yang dilakukan oleh masyarakat. Data untuk pengawetan bambu secara tradisional diambil dari 3 (tiga) Kampung Adat di Jawa Barat, yaitu Kampung Naga, Kampung Dukuh dan Kampung Pulo. Sedangkan untuk teknik pengawetan moderen dilakukan observasi pada pabrik pengawetan bambu UD Jatimbu, Malang dan CV. Sahabat Bambu, Yogyakarta. Data yang dikumpulkan berupa bahan pengawet, lama pengawetan serta proses pengawetannya.

### Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan dengan dua tahap sebagaimana berikut ini. Tahap 1- berupa analisis kualitatif untuk menemu kenali variabel yang mempengaruhi hasil penelitian. Melalui tahap ini teridentifikasi berbagai teknik pengawetan bambu sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1.** Berbagai teknik pengawetan bambu yang terdapat di masyarakat

**Tahap II.** Analisis kuantitatif atas berbagai jenis teknik pengawetan dalam rangka mengukur nilai eco-cost akibat penggunaan teknik pengawetan tersebut. Adapun variabel yang diukur dalam rangka analisis kuantitatif tersebut meliputi, lama waktu pengawetan dan energi yang digunakan dalam proses pengawetan.

**Pembahasan-1, Karakteristik Pengawetan Bambu oleh Masyarakat**

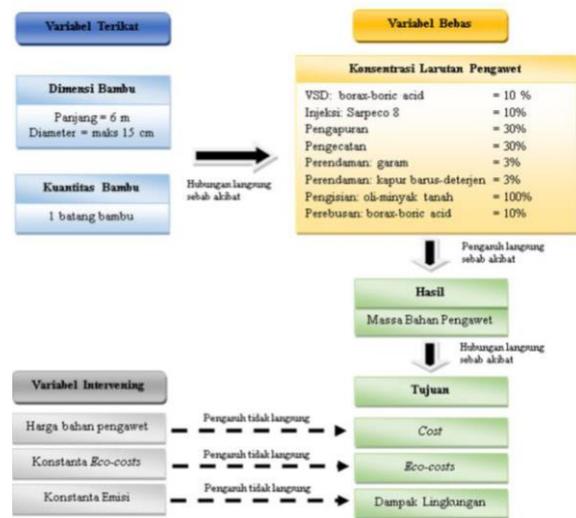
Makalah ini akan fokus pada eco-cost akibat penggunaan material tambahan baik alami maupu non alami dalam proses pengawetan. Oleh karena itu dilakukan identifikasi secara detil spesifikasi bahan pengawet yang digunakan dalam proses pengawetan yang dilakukan. Tabel 1 berikut ini menunjukkan jenis spesifikasi dari berbagai bahan pengawet yang digunakan masyarakat dalam pengawetan bambu.

**Hasil dan Pembahasan**

**Tabel 1.** Jenis Bahan Pengawet dalam Pengawetan Bambu oleh Masyarakat

Bahan Pengawet	Uraian Bahan	Spesifikasi Bahan
Borax	Borax	Borax
Boric acid	Boric acid	Boric acid
Sarpeco 8	Iodokarbamat	Carbamate-compound
	Propikonazol	Diazole-compound
	Tebukonazol	Diazole-compound
	Cypermethrin	Pyrethroid-compound
Minyak tanah	Kerosene	Kerosene ex. combustion
Oli	Petrol	Petrol including combustion
Kamper	Naphthalen Sulfonic acid	Naphthalene sulfonic acid
Detergen	Alkylbenzene sulf.	Alkylbenzene sulfonate
Garam	Sodium chloride	Sodium chloride, powder
Kapur	Lime	Lime, hydrate, loose weight
Cat	Alkyd paint white	Alkyd paint white, liquid

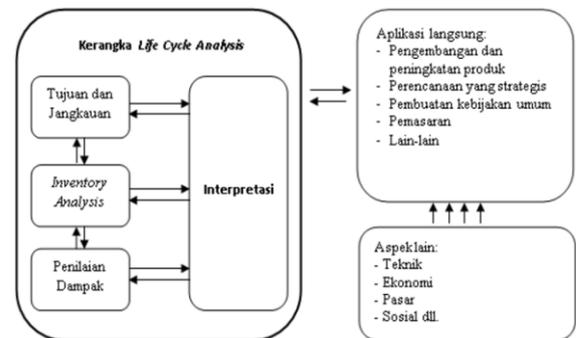
Selanjutnya dilakukan perhitungan eco-cost atas berbagai teknik pengwetan dengan penggunaan bahan pengawet yang telah diidentifikasi tersebut, perhitungan dilakukan terhadap besaran emisi karbon yang dihasilkan atas teknik dan penggunaan material pengawetan, dan kemudian hasilnya dikonversikan ke dalam satuan nilai biaya. Berikut ini gambar yang menunjukkan hubungan antar variabel dalam analisis dampak lingkungan dalam proses pengawetan bambu sebagai material berkelanjutan.



**Gambar 2.** Hubungan antar variable dalam analisis dampak lingkungan pada proses pengawetan bambu

**Pembahasan-2, Pendekatan Life Cycle Cost (LCA) dalam penentuan eco-cost**

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan Life Cycle Analysis (LCA) yang diperlihatkan pada Gambar 2 (ISO 14040, 2006), serta melalui pendekatan perhitungan biaya dampak lingkungan (eco-cost) yang dilakukan oleh oleh Vogtlander (2001).



**Gambar 3.** Kerangka Life Cycle Analysis (LCA), Sumber: ISO 14040, 2016

Definisi LCA yang terdapat pada ISO 14040 (2006) dinyatakan sebagai salah satu dari teknik manajemen lingkungan untuk penilaian risiko, evaluasi kinerja lingkungan, audit lingkungan, dan analisis mengenai dampak lingkungan atas suatu proses produksi. LCA biasanya tidak dipergunakan untuk menilai aspek sosial atau ekonomi, namun pendekatan dan metodologinya bisa diterapkan juga pada aspek-aspek tersebut.

Sedangkan eco-costs merupakan ukuran untuk menyatakan banyaknya beban yang ditanggung oleh lingkungan dimana ukururan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan pencegahan beban lebih lanjut. De

Jonge (2005) menyatakan bahwa *eco-costs* adalah biaya yang seharusnya dipertimbangkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan pengurangan material pada level yang sejalan dengan kapasitas beban yang bisa ditanggung alam. Di dalam *eco-cost* tiga indikator dampak signifikan yang dianalisis yaitu human health, *eco-toxicity* dan *resource depletion*, hal ini sejalan dengan yang disampaikan oleh UNEP (2010).

Vogtländer, et al. (2010) mengemukakan bahwa *eco-costs* (biaya lingkungan) sebagai indikator LCA untuk menilai material yang berkelanjutan untuk menghubungkan 'rantai nilai' dan 'rantai produk' ekologi. Dalam rantai nilai, nilai tambah (dalam bentuk uang) dan biaya tambahan ditentukan pada setiap langkah dari produk selama daur hidup produk tersebut. Demikian pula, dampak ekologis dari setiap langkah dalam rantai produk dinyatakan dalam bentuk ekonomisnya. Model ini digunakan sebagai alat praktis untuk pengambilan keputusan, berdasarkan metodologi LCA. Pemodelan *eco-costs* didasarkan pada jumlah biaya pencegahan dampak marjinal selama daur hidup produk untuk pencegahan emisi toksik, penipisan sumber daya alam dalam penggunaan material, konsumsi energi dan konversi lahan, termasuk di dalamnya tenaga kerja dan penyusutan yang berhubungan dengan produksi dan penggunaan produk.

Pendekatan inilah yang akan digunakan dalam menghitung *eco-cost* berbagai teknik pengawetan bambu. Namun terkait tenaga kerja, karena tenaga kerja yang dibutuhkan sebagian besar tidak menggunakan energi tambahan (manual), maka unsur tenaga kerja diabaikan dalam analisis yang dilakukan. Begitu pula dengan penggunaan bahan bakar yang berasal dari bambu sisa yang tidak terpakai, juga diabaikan perhitungan dampaknya, mengingat dalam pengetahuan dasar LCA, ketika limbah bambu dijadikan bahan bakar untuk menghasilkan panas, panas tersebut tidak memiliki *eco-costs*, karena panas tidak diimpor dari luar sistem. Perlu diperhatikan juga bahwa emisi CO<sub>2</sub> biogenik tidak dihitung dalam pendekatan LCA (Vogtlander, wawancara 2014). Alasan emisi CO<sub>2</sub> biogenik tidak dihitung dalam LCA juga dikarenakan emisi yang berasal dari bahan-bahan alami pada dasarnya bisa didaur ulang kembali oleh alam sehingga tidak menimbulkan beban lingkungan.

Adapun kriteria bahan yang dianggap pencemar dibedakan berdasarkan proses pengolahan bahan tersebut karena diperoleh asumsi bahwa pengolahan bahan tambah akan berpengaruh pada tingkat toksik bahan tersebut. Sebagai contoh dalam kasus pengawetan bambu yang menggunakan bahan tambah borax-boric acid, proses penggunaan bahan tambah dilakukan dengan cara yang berbeda yaitu dengan teknik VSD dan dengan teknik perebusan. Table 2 berikut ini menunjukkan nilai dampak lingkungan dari masing-masing teknik pengawetan bambu yang dilakukan masyarakat.

Tabel berikut menunjukkan dampak yang dihasilkan bahan pengawet pada lingkungan dengan menggunakan satuan Pt (point) yang merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur banyaknya emisi yang terjadi. Berdasarkan Tabel 2, teknik pengawetan yang memiliki

emisi terbesar bagi ketiga indikator dampak yang diukur terjadi pada pada teknik perendaman dengan menggunakan kamper (kapur barus) dan detergen. Deterjen merupakan bahan aktif yang pada dasarnya digunakan untuk melarutkan kotoran pada material tertentu, sementara kamper digunakan sebagai pengharum ruangan, racun binatang dan pengawet mayat. Namun demikian, masyarakat masih menggunakan teknik ini dikarenakan bahan yang dibutuhkan mudah diperoleh, selain itu teknik ini mudah dilakukan. Akan tetapi nilai dampak lingkungan yang besar pada teknik kurang diperhatikan. Besarnya emisi dalam penggunaan teknik pengawetan ini, akibat takaran penggunaan bahan pengawet cukup besar, dan belum adastudi yang menunjukkan kebutuhan secara tepat. Dalam penelitian ini konsentrasi larutan yang digunakan sesuai pengamatan sebesar 3%. Jika larutan ini bisa lebih efektif digunakan, misalnya dengan konsentrasi 1% maka bisa jadi dapat mengurangi nilai dampak yang ditimbulkan.

**Tabel 2.** Dampak Lingkungan atas berbagai teknik pengawetan bambu dengan menggunakan bahan tambahan untuk pengawetan

Teknik Pengawetan	Dampak Lingkungan (Pt)		
	Human Health	Eco Toxicity	Resource Depletion
Boric acid	0.00191	0.00070	0.00123
Ineksi Sarpeco 8	0.00069	0.00031	0.00065
Perebusan : Borax-boric acid	0.00003	0.00001	0.00002
Perendaman : garam	0.00601	0.00281	0.00576
Perendaman : kamper dan detergen	0.05042	0.02308	0.09670
Pengisian : oli dan minyak tanah	0.00726	0.00419	0.02531
Pelapis kapur	0.00003	0.00002	0.00002
Pelapis cat	0.00016	0.00012	0.00016

Nilai dampak terendah yang dihasilkan pada ketiga kriteria dampak terdapat pada teknik perebusan dengan borax-boric acid dan teknik pelapisan dengan kapur. Teknik pengawetan perebusan dengan borax-boric acid ini memang mengkombinasikan teknik tradisional dengan penambahan bahan kimia. Dilihat dari proses teknik perebusan ini, penggunaan borax-boric acid memang memiliki kuantitas yang sedikit. Karena teknik perebusan yang pada dasarnya efektif mengawetkan bambu, penambahan borax-boric acid hanya sebagai penguat dan katalisator dari teknik perebusan, sehingga tidak membutuhkan kuantitas yang banyak. Oleh sebab itu nilai dampak dari kuantitas borax-boric acid yang sedikit menyebabkan nilai dampak lingkungan yang rendah. Dibandingkan dengan teknik pengawetan serupa yang menggunakan borax-boric acid sebagai bahan pengawet, teknik VSD memiliki dampak yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik perebusan. Hal ini mempertegas asumsi bahwa teknik pengawetan yang digunakan dapat mempengaruhi banyaknya bahan pengawet yang dibutuhkan sehingga berakibat pada tinggi rendahnya nilai dampak yang ditimbulkan.

Untuk lebih mempermudah komparasi dampak lingkungan atas berbagai teknik pengawetan bambu, Tabel 4 berikut ini menunjukkan nilai eco-cost, atau nilai biaya lingkungan terhadap berbagai teknik pengawetan untuk setiap Unit Fungsional/ UF. 1 (satu) UF adalah ukuran fungsional bambu, yaitu berupa satu batang bambu dengan panjang efektif 6 meter dan diameter bambu 15 cm.

**Tabel 3.** Dampak Lingkungan atas berbagai teknik pengawetan bambu dengan menggunakan bahan tambahan untuk pengawetan

Teknik Pengawetan	Eco-cost (Rp/FU)
VSD: <i>Borax-boric acid</i>	2.854
Injeksi Sarpeco 8	1.050
Perebusan dengan <i>Borax-boric acid</i>	8.383
Perendaman : garam	1.568
Perendaman : kamper dan detergen	44.513
Pengisian : oli dan minyak tanah	26.428
Pelapis kapur	112
Pelapisan cat	2.811

Nilai eco-costs untuk setiap unit fungsional (FU) paling rendah diperoleh dari teknik pelapisan dengan kapur yaitu Rp. 112 per batang. Mengingat teknik ini dikembangkan oleh masyarakat dengan cara tradisional, maka dalam teknik pengawetan pengapuran tidak banyak menggunakan bahan maupun konsumsi energi. Selain itu nilai ekonomis dari bahan kapur cenderung murah bahkan terkadang dapat diperoleh dengan bebas dari alam. Hal ini menyebabkan biaya produksi (bahan) tidak menjadi pertimbangan yang cukup signifikan sehingga nilai eco-costs dari teknik pengapuran menjadi rendah. Tidak seperti teknik pengawetan perendaman dengan kamper dan detergen, teknik pengapuran merupakan teknik pengawetan bambu yang telah digunakan oleh masyarakat tradisional selama berabad-abad, sehingga efektifitas dari teknik pengawetan dapat dipertimbangkan.

Sementara itu pada teknik pengawetan dengan menggunakan borax-boric acid yaitu teknik VSD dan teknik perebusan, menunjukkan pengawetan dengan teknik perebusan memiliki nilai eco-costs yang lebih rendah yaitu Rp. 1.568 per batang/ FU sedangkan teknik VSD Rp. 2.854 untuk setiap batang atau FU. Hal ini menunjukkan teknik pengawetan memberikan pengaruh pada besarnya eco-cost.

Pemakaian borax-boric acid untuk teknik perebusan memiliki kuantitas yang lebih sedikit dibandingkan dengan teknik VSD, hal tersebut disebabkan teknik perebusan merupakan teknik yang dapat mengawetkan bambu, sementara borax-boric acid pada teknik ini hanya digunakan sebagai katalisator dan bahan tambahan penguat sehingga tidak diperlukan kuantitas yang terlalu banyak. Lain halnya dengan teknik VSD yang memang mengandalkan bahan pengawet *borax-boric acid*. Selain itu konsumsi energi pada teknik perebusan dianggap nol

karena energy diperoleh dengan menggunakan sisa bambu sebagai bahan bakar. Hal ini menyebabkan nilai emisi dianggap tidak ada. Kenaikan *eco-costs* pada teknik perebusan akan terjadi signifikan bila bahan bakar diganti dengan bahan bakar fosil atau energi listrik. Dalam teknik perebusan penggunaan bahan bakar memang menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan.

## Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan makalah ini antara lain adalah:

1. Teknik pengawetan yang memiliki pengaruh pada 3 (tiga) indikator dampak lingkungan yaitu human health, eco-toxicity dan resource depletion. Teknik pengawetan perendaman dengan kamper dan detergen menunjukkan nilai eco-cost yang paling tinggi.
2. Jenis teknik pengawetan berpengaruh pada besaran eco-cost yang terjadi, hal ini ditunjukkan pada penggunaan borax-boric acid pada teknik VSD dan teknik perebusan, pengawetan dengan teknik perebusan menunjukkan nilai eco-costs yang lebih rendah
3. Meskipun pada perhitungannya, pengawetan satu batang bambu tidak mencapai kenaikan 1 point untuk emisi karbon. Akan tetapi penggunaan bahan pengawet yang terus menerus dengan kuantitas yang banyak akan memberikan pengaruh signifikan pada lingkungan.
4. Teknik-teknik pengawetan tradisional menunjukkan nilai eco-cost yang lebih rendah dari pada teknik pengawetan moderen dengan menggunakan bahan tambahan pengawet buatan. Kearifan lokal ini dapat diteruskan dikembangkan dengan upaya inovasi baru dalam implementasinya.

## Daftar Pustaka

- Australian Pesticides & Veterinary Medicines Authority (APVMA). (2005). *The Reconsideration of Registrations of Arsenic Timber Treatment Products (CCA and arsenic trioxide) and Their Associated Labels*. Report of Review Findings and Regulatory Outcomes Summary Report. Australia.
- Guoqi Xu, Lihai Wang, Junliang Liu, Shenghui Hu. (2013). *Decay Resistance And Thermal Stability Of Bamboo Preservatives Prepared Using Camphor Leaf Extract*. Journal International Biodeterioration & Biodegradation 78 (2013) 103-107
- Mora, Morales MA, E Rosa-Dominguez, N Suppen Reygana, SA Martinez Delgado. (2012). *Environmental and Eco-costs Life Cycle Assessment of Acrylonitrile Process by Capacity Enlargement in Mexico*. Journal of Process Safety and Environmental Protection 90 (2012) 27-37.
- Van den Dobbelaar, A.A.J.F. (2004). *The Sustainable Office*. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands. dalam: van der Lugt, Pablo; Joost Vogtländer; Han Brezet. 2009. *Bamboo, a Sustainable Solution for Western Europe Design Cases, LCAs and Land-use*. INBAR Technical Report No. 30

Vogtländer\*, Joost; Pablo van der Lugt; Han Brezet. (2010). *The Sustainability Of Bamboo Products For Local And Western European Applications*. LCAs and Land-Use. *Journal of Cleaner Production* 18 (2010) 1260-126