

Sifat Ketahanan Api Lima Jenis Kayu dengan Pelapisan Carbon Phenolic Spheres (CPS) yang Diuji dengan Cone Calorimeter

Fire Resistance Properties of Five Wood Species Laminated with Carbon Phenolic Spheres (CPS) Tested by Cone Calorimeter

Subyakto dan Wahyu Dwianto

Abstract

In all aspects of wood utilization their fire resistance properties are very important; therefore efforts to enhance those properties are needed. In the previous study, *graphite phenolic spheres* (GPS) laminated on woods and plywood enhanced their fire properties. *Carbon phenolic spheres* (CPS) is a new material made from a mixture of wood char and phenolic resin, this material is cheaper than GPS. In the present experiment, CPS sheet was laminated on five wood species and their fire resistance properties were evaluated using cone calorimeter. The five wood species are randu (*Bombax ceiba* L.), angšana (*Pterocarpus indicus* Jacq.), mindi (*Melia azedarach* L.), puspa (*Schima wallichii* DC Korth), and mahoni (*Swietenia mahagony* L. Jacq). The specimen was 100 mm x 100 mm with thickness of 30 mm tested with cone calorimeter in accordance with ISO 5660 standard. Using cone calorimeter a homogenous heat was exposed to the surface of wood specimen, and ignited with igniter. About 1 mm thick of CPS sheet was laminated on the wood surface (100 mm x 100 mm). Specimen was tested at horizontal position and at heat flux of 40 kW/m². On the unexposed wood surface, thermocouple was attached to measure increases of temperature. Results showed that five species of wood laminated with CPS have higher fire properties compared with control wood, however compared with woods laminated with GPS those results were lower.

Key words: fire resistance properties, five wood species, Carbon Phenolic Spheres, laminated, cone calorimeter

Pendahuluan

Kasus kebakaran perumahan dan gedung merupakan masalah yang serius karena banyak membawa kerugian baik materiil maupun korban jiwa. Data statistik menunjukkan bahwa peristiwa kebakaran di Jakarta sekitar 4 kasus setiap harinya (Kompas 2000), sementara di Tokyo sekitar 11 kasus kebakaran per hari (Anonymous 2000). Telah banyak dilakukan usaha untuk mencegah kebakaran terutama ditujukan pada kayu yang merupakan komponen utama dari bangunan perumahan dan gedung. Sifat ketahanan api dari kayu bisa ditingkatkan dengan diberi perlakuan bahan kimia penghambat api atau bahan-bahan lain yang tahan terhadap api. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pelapisan *graphite phenolic spheres* (GPS) pada kayu dan kayu lapis bisa meningkatkan sifat ketahanan apinya (Subyakto dan Dwianto 2001). *Carbon phenolic spheres* (CPS) merupakan bahan baru yang dikembangkan dari campuran serbuk arang kayu dan penol, bahan ini lebih murah dibandingkan GPS. Bahan ini menunjukkan sifat perambatan termal yang lebih besar pada arah horizontal dibandingkan arah vertikal (Subyakto *et al.* 2000). Dengan dipunyainya sifat ini maka CPS bisa dimanfaatkan sebagai bahan penghambat api. Penambahan CPS berupa serbuk pada permukaan papan partikel telah terbukti meningkatkan ketahanan apinya (Ide *et al.* 1993).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh pelapisan bahan CPS pada permukaan lima

jenis kayu terhadap sifat ketahanan apinya yang diuji dengan alat cone calorimeter.

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian dan Persiapan Contoh Uji

Bahan yang diuji adalah kayu randu (*Bombax ceiba* L.), angšana (*Pterocarpus indicus* Jacq), mindi (*Melia azedarach* L), puspa (*Schima wallichii* DC Korth), dan mahoni (*Swietenia mahagony* L. Jacq) dengan kerapatan berturut-turut adalah 0.27, 0.45, 0.46, 0.70 dan 0.65 g/cm³. Contoh uji dalam keadaan kering udara dipotong dengan ukuran 100 mm x 100 mm dengan ketebalan yang sama yaitu 30 mm. Contoh uji dikeringkan di dalam oven pada suhu 103 ± 2°C selama 24 jam kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Setelah satu hari diukur berat dan tebal masing-masing contoh uji.

Lembaran *Carbon phenolic spheres* (CPS) yang digunakan, diperoleh dari Lygnite Co. Japan setebal 1 mm. Komposisi bahan untuk membuat CPS berdasarkan persentase berat adalah sebagai berikut: arang kayu yang dikarbonisasi pada suhu 1600°C (55%), penol resin (20%), serat keramik (19%), serat organik (4%), poli vinil asetat resin (2%). Lembaran CPS dipotong dengan ukuran 100 mm x 100 mm sesuai dengan ukuran permukaan contoh uji. Lembaran CPS ini dilapiskan pada bagian permukaan atas contoh uji dengan cara dipres panas pada suhu 160°C dan

tekanan 2 kg/cm² selama 1 menit, sehingga melekat karena adanya kandungan perekat penol pada CPS.

Metode Pengujian Sifat Ketahanan Api

Sifat ketahanan api kayu diuji dengan alat *cone calorimeter*. *Cone calorimeter* akhir-akhir ini banyak digunakan untuk pengujian ketahanan api dari berbagai bahan karena hasil pengujiannya dapat dipakai untuk memprediksi pengujian skala penuh (Ostman dan Tsanaridis 1995). Pengujian dengan alat *cone calorimeter* (Fire Testing Technology – UK) dilakukan menurut standar ISO 5660-1 (1993): *Fire tests – Reaction to fire*. Pengujian ini berdasarkan prinsip bahwa panas hasil pembakaran sebanding dengan jumlah oksigen yang diperlukan untuk pembakaran (Babrauskas 1984). Contoh uji diuji pada keadaan kering oven. Sebelum diuji, kayu ditimbang dan diukur tebalnya kemudian dibungkus dengan aluminium foil pada ketiga sisi permukaan dengan sisi permukaan atas terbuka untuk menerima panas. Permukaan contoh uji diberi radiasi panas yang seragam di seluruh permukaannya serta bersamaan dengan itu diberi percikan api tepat di bagian tengahnya. Pengujian dilakukan pada posisi horizontal dengan jumlah panas (*heat flux*) yang diberikan sebesar 40 kW/m². Waktu menyala (*ignition time*) yaitu waktu yang diperlukan mulai dari awal pengujian sampai timbul nyala api pada permukaan kayu, dan kecepatan kehilangan berat (*mass loss rate*) yaitu banyaknya massa yang hilang per satuan waktu dicatat selama pengujian. Disamping itu pada permukaan bagian bawah contoh uji, yaitu bagian yang tidak terkena panas langsung (*unexposed surface*), dipasang satu termokopel (tepat di bagian tengah) untuk mencatat kenaikan suhu per satuan waktu.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian kayu maupun komposit kayu dengan alat *cone calorimeter* adalah dengan memberikan panas yang seragam pada permukaan kayu dan diberikan

semacam pemantik. Mula-mula permukaan kayu menjadi panas, mengeluarkan asap yang semakin tebal dan akhirnya terjadi penyalaaan oleh pemantik. Kayu terbakar dengan api yang besar, kemudian berangsur-angsur api mengecil, setelah itu api membesar kembali untuk kedua kalinya dan berangsur-angsur mengecil kembali sampai tidak ada nyala api (kayu terbakar habis). Pola di atas adalah sama untuk semua jenis kayu maupun komposit kayu yang digambarkan dari hasil kecepatan kehilangan berat (*mass loss rate*) yaitu terjadi puncak pertama kemudian konstan, setelah itu naik lagi menghasilkan puncak kedua dan perlahan-lahan mengecil. Pola ini menggambarkan proses terbakarnya kayu. Jadi parameter yang diamati pada uji *cone calorimeter* ini adalah waktu menyala dan kecepatan kehilangan berat. Semakin lama waktu menyala maka kayu tersebut semakin tidak mudah terbakar terutama pada awalnya. Sedangkan semakin tinggi kecepatan kehilangan berat maka semakin tidak tahan bahan tersebut terhadap api atau semakin cepat terbakar. Di samping itu diamati juga suhu pada permukaan yang tidak terkena api (permukaan bawah contoh uji) untuk mengamati suhu kritis terdegradasinya selulosa yaitu pada suhu 260°C.

Hasil pengujian waktu menyala pada 5 jenis kayu yang diteliti (kontrol dan dilapisi CPS), dan dibandingkan dengan kayu lapis, kayu agathis dan kayu karet (kontrol dan dilapisi GPS) disajikan pada Tabel 1. Waktu nyala dipengaruhi oleh jenis kayu, kerapatan dan kekerasan permukaan kayu (Harada 1996, Dwianto dan Subyakto 2000). Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa tanpa pelapisan CPS, waktu nyala paling lama adalah kayu puspa, diikuti oleh kayu mahoni, mindi, angsana dan paling pendek kayu randu. Pada bahan komposit kayu seperti papan partikel, kayu lapis maupun papan serat berkerapatan sedang (MDF), sifat waktu nyala juga dipengaruhi oleh kerapatan dan struktur bahan (Subyakto *et al.* 1999). Pelapisan dengan CPS pada lima jenis kayu yang diteliti menghasilkan waktu nyala yang lebih panjang, meskipun besarnya kenaikan

Table 1. Ignition times of five wood species laminated with CPS compared with woods and plywood laminated with GPS

No.	Wood Species	Thickness (mm)	Density (g/cm ³)	Ignition time (sec)		
				Control	CPS Laminated	Increased (%)
1.	Randu	30	0.27	21	31	48
2.	Angsana	30	0.45	28	31	11
3.	Mindi	30	0.46	29	37	28
4.	Puspa	30	0.70	42	51	21
5.	Mahoni	30	0.65	37	66	78
6.	Plywood	18	0.58	20	44*	120
7.	Agathis	18	0.42	21	42*	100
8.	Karet	18	0.67	37	50*	35

Note: * laminated with Graphite Phenolic Spheres/GPS (Subyakto and Dwianto 2001)

Table 2. Mass loss rates of five wood species control and laminated with CPS.

Wood species	MLR at peak I (g/sec)	MLR at peak II (g/sec)	Time to reach MLR peak II (sec)
Control:			
1. Randu	0.141	0.080	985
2. Angsana	0.125	0.096	1280
3. Mindi	0.091	0.082	1435
4. Puspa	0.133	0.101	1585
5. Mahoni	0.102	0.070	1855
With CPS:			
1. Randu	0.073	0.071	1015
2. Angsana	0.066	0.121	1410
3. Mindi	0.081	0.081	1390
4. Puspa	0.082	0.155	1560
5. Mahoni	0.080	0.130	1495

Note: MLR= Mass Loss Rate

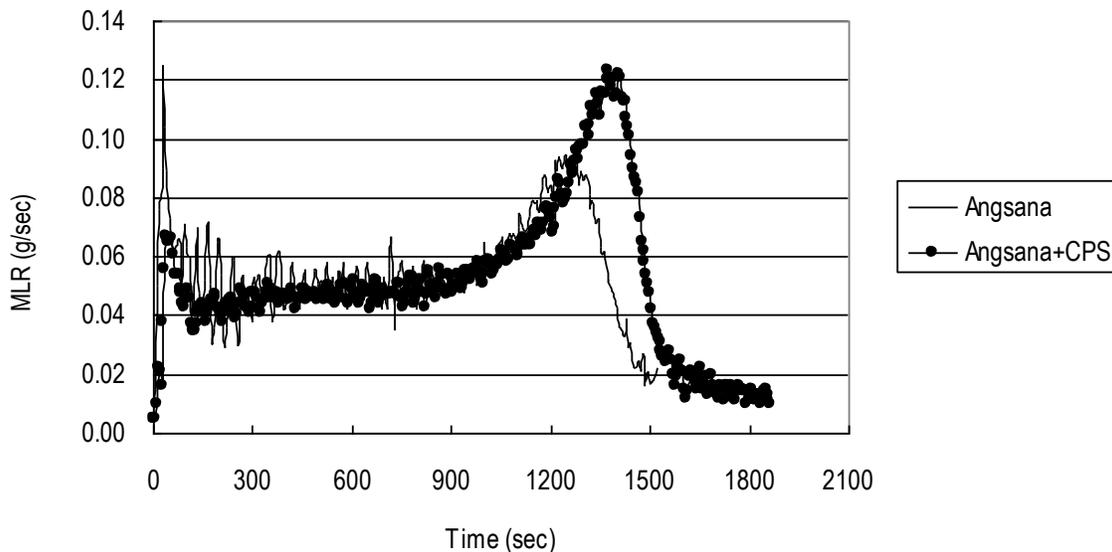


Figure 1. Mass loss rate of angsana wood control and laminated with CPS

waktu nyala berbeda-beda untuk masing-masing jenis kayu. Persentase kenaikan waktu nyala untuk kayu randu adalah sebesar 48%, mindi 11%, angsana 28%, puspa 21%, dan mahoni 78%. Pengaruh pelapisan dengan CPS ini lebih kecil dibandingkan dengan pelapisan *Graphite Phenolic Spheres* (GPS) pada kayu lapis (120%), kayu agathis (100%), dan kayu lapis (35%) (Subyakto dan Dwianto 2001). CPS berbahan baku utama arang kayu dengan suhu karbonisasi 1600°C, sedangkan GPS bahan baku utamanya adalah grafit yang dihasilkan dari proses pada suhu lebih dari 2000°C (Subyakto *et al.* 2001). Baik CPS maupun GPS mempunyai sifat anisotropis yaitu merambatkan panas

lebih besar ke arah memanjang/horisonal dibandingkan dengan arah tebal/vertikal (Subyakto *et al.* 2001, Subyakto *et al.* 2000), sehingga bahan-bahan ini sangat baik sebagai penghambat api.

Hasil pengujian kecepatan kehilangan berat pada lima jenis kayu baik tanpa pelapisan CPS (kontrol) maupun dengan pelapisan CPS disajikan pada Tabel 2. Salah satu contoh grafik kecepatan kehilangan berat yaitu kayu angsana kontrol dan dilapisi CPS dapat dilihat pada Gambar 1. Di sini terlihat pola kecepatan kehilangan berat yaitu puncak I (api membesar), kemudian konstan (dimana energi panas dipakai untuk menguapkan air di dalam kayu) dan diikuti

puncak II (api membesar untuk kedua kalinya) kemudian berangsur-angsur mengecil (api padam). Pada kayu control terlihat bahwa kecepatan kehilangan berat pada puncak I dari kayu randu adalah paling besar, diikuti berturut-turut kayu puspa, angšana, mahoni dan mindi. Kayu randu mempunyai kerapatan paling rendah sehingga pada awalnya terbakar lebih banyak dibandingkan dengan jenis kayu lainnya. Hal ini dapat dilihat juga pada waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan kehilangan berat puncak II. Terlihat bahwa semakin tinggi kerapatan kayu maka memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai puncak II. Dengan dilapisi CPS pada permukaan lima jenis kayu, maka kecepatan kehilangan berat pada puncak I lebih kecil dibandingkan dengan tanpa pelapisan. Hal ini berarti bahwa jumlah bahan kayu yang terbakar pada saat itu lebih sedikit dengan dilapisi CPS pada permukaan kayu. Demikian juga waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan kehilangan berat puncak II juga semakin lama dengan adanya pelapisan CPS, kecuali pada kayu puspa dan mahoni. Di sini terlihat bahwa pengaruh pelapisan CPS hanya efektif pada waktu permulaan kayu terbakar, sedangkan setelah terbakar lembaran CPS ikut terbakar sehingga tidak bisa lagi melindungi kayu.

Table 3. Time to reach temperature of 100°C and 260°C at unexposed surface of woods

Wood species	Time to reach 100°C (sec.)	Time to reach 260°C (sec.)
Control:		
1. Randu	669	1033
2. Angšana	856	1387
3. Mindi	609	1522
4. Puspa	843	1840
5. Mahoni	957	1849
With CPS:		
1. Randu	701	1143
2. Angšana	908	1453
3. Mindi	823	1534
4. Puspa	918	1996
5. Mahoni	941	1847

Pengamatan suhu pada permukaan yang tidak terkena api (permukaan bagian bawah) dilakukan untuk melihat pengaruh pelapisan CPS terhadap kenaikan suhu yang terjadi, hasilnya disajikan pada Tabel 3. Pengamatan difokuskan pada waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 100°C dan 260°C. Suhu 100°C merupakan suhu dimana air pada kayu akan menguap seluruhnya, sedangkan suhu 260°C adalah suhu kritis dimana selulosa kayu terdegradasi. Pada lima jenis kayu tanpa pelapisan CPS (kontrol) terlihat adanya pengaruh

kerapatan kayu, semakin tinggi kerapatan kayu maka waktu yang diperlukan semakin lama. Hal ini dapat dipahami karena panas merambat lebih cepat pada kayu dengan kerapatan lebih rendah. Dengan adanya pelapisan dengan CPS maka waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 100°C lebih lama dibandingkan dengan kayu tanpa pelapisan, kecuali untuk kayu mahoni. Demikian pula pelapisan dengan CPS memberikan pengaruh pencapaian suhu 260°C lebih lama. Pada kayu mahoni pemberian pelapisan CPS tidak memberikan perbedaan dibandingkan tanpa pelapisan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh kerapatan kayu mahoni yang cukup tinggi serta struktur anatomi kayunya.

Kesimpulan

Pelapisan CPS pada permukaan lima jenis kayu yang diteliti dapat meningkatkan sifat ketahanan apinya dibandingkan dengan tanpa pelapisan. Meskipun demikian dibandingkan dengan pelapisan GPS pelapisan dengan CPS memberikan pengaruh yang lebih kecil.

Daftar Pustaka

Anonymous. 2000. Cases and Damage of Fires by Prefectures in Japan. Fire Defence Agency Japan.

Babrauskas, V. 1984. Development of the Cone Calorimeter - A Bench Scale Heat Release Rate Apparatus Based on Oxygen Consumption. Fire and Materials Journal 8:81-95.

Dwianto, W., Subyakto. 2000. Fire Performance of Albizzia Compressed Wood using Cone Calorimeter. Proceedings of the Third International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan, November 1-2, 2000, pp. 31-36.

Harada, T. 1996. Charring of Wood with Thermal Radiation II. Charring Rate Calculated from Mass Loss Rate. Journal of the Japan Wood Research Society 42:194-201.

Ide, I., Ishihara, S., Kawai, S., Yoshida, Y., Nakaji, M., Takamatsu, A. 1993. Fire-resistant Carbon-board Materials III. Thermal Decomposition of Constituents of Particleboards Overlaid with Graphite Phenolic Spheres. Journal of the Japan Wood Research Society 39:1449-1457.

International Organization for Standardization. 1993. Fire tests – Reaction to Fire. ISO 5660-1. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, pp.30.

Kompas. 2000. Jakarta. Tiada Hari Tanpa Kebakaran. Harian Kompas, 21 Maret 2000, hal. 18.

- Ostman, B.A.L. and Tsantaridis, L.D. 1995. Heat Release and Classification of Fire Retardant Wood Products. *Fire and Materials Journal* 19: 253-258.
- Subyakto, Firmanti, A., Subiyanto, B., Yusuf, S. 1999. Sifat Ketahanan Api Beberapa Jenis Panel Kayu Komersial. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI II*, Yogyakarta, 2-3 September 1999, pp.83-92.
- Subyakto, Hata, T., Kawai, S., Imamura Y., Ide, I. 2000. Anisotropic Thermal Properties of Molded Carbon Phenolic Spheres. *Journal of Wood Science* 46:16-21.
- Subyakto, Dwianto, W. 2001. Pengaruh Pelapisan Graphite Phenolic Spheres (GPS) terhadap Sifat Ketahanan Api Kayu dan Kayu Lapis. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI IV*, Samarinda, 6-9 Agustus 2001, pp.IV.159-166.
- Subyakto, Hata, T., Ide, I., Kawai, S. 2001. Fire Resistant Performance of a Laminated Veneer Lumber Joint with Metal Plate Connectors Protected with Graphite Phenolic Spheres Sheeting. *Journal of Wood Science* 47: 199-207.

Diterima tanggal 18 Nopember 2003

Subyakto dan Wahyu Dwianto
 UPT Balai Litbang Biomaterial – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
 (Research and Development Unit for Biomaterials – Indonesian Institute of Sciences)
 Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong, Bogor 16911
 Telp. 021-87914511, Fax. 021-87914510
 Email: komposit@cbn.net.id atau subyakto@hotmail.com