

Pengaruh Persentase Katalis pada Pembuatan Perekat Kayu Cair terhadap Daya Rekatnya sebagai Bahan Perekat Substitusi Fenol Formaldehida pada Pembuatan Kayu Lapis

The Effects of Catalyst Percentage Used in Producing Wood Liquid on Its Bond Strength as Phenol Formaldehyde Substitute Adhesive in Plywood Production

Bambang Prasetya, Euis Hermiati, dan Sudijono

Abstract

The aim of this research was to study the effects of percentage of catalyst used in producing wood liquid (WL) on its bond strength as Phenol Formaldehyde (PF) substitute adhesive in plywood production. *Albizia (Paraserianthes falcataria)* wood flour passed 60 mesh sieves having around 5% moisture content was liquefied in phenol solution. Catalyst used, sulfuric acid 98%, was added at the level of 1%, 2% and 3% of the total phenol solution. The wood liquid obtained was observed and measured for its physico-chemical properties, including color, total solid, pH, specific gravity and viscosity. The degrees of PF substitution tried were 100/0, 80/20, 60/40, 40/60 and 20/80 (PF/WL). Those adhesive mixtures were used in the preparation of plywood made of Meranti (*Shorea* sp.) and Keruing (*Dipterocarpus* spp.). Bond strength of the plywood samples were determined based on the Indonesian National Standard (SNI 01 – 2704 – 1992). Results of the research showed that *Albizia* wood flour could be completely liquefied by phenol and sulfuric acid. Bond strength testing of exterior grade plywood samples of Meranti showed that a quite high percentage of catalyst (3%) decreased bond strength, while that of Keruing showed that the higher the percentage of catalyst, the higher the bond strength. In general, adhesive composition of 80/20, 60/40 and some 40/60 (PF/WL) can be used as plywood adhesive and meet the SNI for plywood.

Key words: wood liquid (WL), phenol formaldehyde (PF), phenol, sulfuric acid, catalyst, adhesive, plywood, bond-strength

Pendahuluan

Industri pengolahan kayu memerlukan dukungan industri perekat agar industri perKayuan tidak bergantung pada perekat impor. Untuk mendukung tersedianya bahan perekat yang relatif murah dan untuk mengurangi ketergantungan akan bahan impor, maka diperlukan perekat alternatif yang dapat memanfaatkan sumberdaya dalam negeri seperti limbah kayu yang melimpah dan cenderung menjadi masalah lingkungan.

Pembuatan kayu cair dan aplikasinya telah cukup banyak dikembangkan, terutama oleh Shiraishi *et al* (1993). Beberapa bahan baru yang dihasilkan dari kayu cair diantaranya adalah perekat, molding, foam dan serat karbon (Alma *et al* 1995). Pada saat ini dikenal dua cara pembuatan kayu cair menggunakan katalis asam. Cara pertama menggunakan senyawa fenol sebagai pelarut, cara kedua menggunakan alkohol polihidrat (poliol) (Kurimoto *et al* 1999). Proses pertama digunakan untuk menghasilkan resin fenolik yang struktur kimianya terdiri dari tipe *novolac* atau tipe resorsinol. Proses kedua biasanya digunakan untuk sintesa produk-produk poli uretan dengan isosianat.

Penelitian pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan baku perekat *wood liquid* (kayu cair) telah dilakukan oleh cukup banyak peneliti, diantaranya oleh Shiraishi *et al*

(1993), Ono (1994), Santana *et al* (1996), Prasetya *et al* (1998), dan Ruhendi *et al* (1999). Tingkat penggunaan asam kuat seperti asam sulfat pekat pada proses pembuatan kayu cair cukup penting untuk dipelajari karena disatu pihak dapat membantu proses pencairan kayu, namun pada tingkat tertentu juga dikhawatirkan akan mendegradasi struktur kayu. Oleh karena itu, pada penelitian ini dicoba dipelajari pengaruh persentase katalis pada pembuatan perekat kayu cair terhadap daya rekatnya sebagai bahan perekat substitusi PF pada pembuatan kayu lapis.

Bahan dan Metode

Serbuk kayu yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu serbuk kayu *Albizia (Paraserianthes falcataria)*, dengan ukuran lolos saringan 60 mesh dan kadar air sekitar 5% dilarutkan dalam larutan fenol teknis dengan perbandingan 1 : 3 dan diberi katalis asam sulfat 98% sebanyak 1%, 2% dan 3% dari jumlah larutan fenol. Campuran dimasukkan ke dalam *digester* dan dipanaskan pada suhu 100°C selama sekitar 30 menit. Setelah didinginkan, perekat kayu cair (WL) yang diperoleh dicampurkan dengan perekat fenol formaldehida (PF) dengan perbandingan 100/0, 80/20, 60/40, 40/60 dan 20/80 (PF/WL). Ke dalam campuran

ditambahkan tepung tempurung kelapa sebagai filler sebanyak 10% dan diaduk rata. Aplikasi perekat dilakukan pada pembuatan contoh kayu lapis dari bahan kayu Meranti (*Shorea* sp.) dan Keruing (*Dipterocarpus* spp.) dengan ukuran 30 x 30 x 0.2 cm (*core*) dan 30 x 30 x 0.1 cm (*face and back*). Perekat digunakan dengan berat labur 250 g/m² (untuk dua sisi). Pengempaan dingin dilakukan pada suhu ruang dan tekanan 10 kg/cm² selama 30 menit, dan pengempaan panas pada suhu 160°C dan tekanan 10 kg/cm² selama 15 menit. Contoh kayu lapis diuji keteguhan rekatnya untuk tipe Interior I, Interior II dan Eksterior II menurut SNI 01-2704-1992. Pada pengujian tipe Interior II contoh uji langsung diuji setelah *conditioning* tanpa mengalami perendaman atau perebusan. Pada pengujian tipe Interior I contoh uji mengalami perendaman dalam air pada suhu 60°C selama 3 jam, sedangkan pada pengujian tipe Eksterior II contoh uji direbus padas suhu 100°C selama 4 jam dan direndam dalam air dingin selama 20 jam. Adapun nilai minimum keteguhan rekat menurut SNI adalah 7 kgf/cm².

Hasil dan Pembahasan

Serbuk kayu Albizia yang digunakan pada penelitian ini hampir seluruhnya dapat dilarutkan dalam larutan fenol dan katalis asam sulfat. Kondisi ini mempermudah reaksi polimerisasi dengan bahan pengeras (*cross link agent*). Hasil pereaksian dengan bahan pengeras paraformaldehida didapatkan perbandingan yang cukup baik, yaitu 100 : 23 (kayu cair : paraformaldehida). Pada bahan perekat lain reaksi polimerisasi dan kondensasi terjadi pada perbandingan 100 : 180 (urea formaldehida/UF) dan 100 : 125 (fenol formaldehida/PF). Dengan demikian, kayu cair dapat diproduksi dengan kandungan formaldehida jauh lebih rendah, yaitu 1/7 dibandingkan UF atau 1/5 dibandingkan PF. Namun demikian bahan pengeras yang digunakan pada penelitian ini adalah PF karena harga paraformaldehida jauh lebih mahal daripada PF.

Sifat fisiko-kimiawi kayu cair yang diperoleh dan kombinasinya dengan PF dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran sifat fisiko-kimiawi kayu cair dan campuran resin PF dan kayu cair menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar di antara keduanya, khususnya tingkat keasaman dan viskositasnya. Adapun kandungan total padatan dan berat jenisnya tidak terlalu banyak berbeda. Dalam teori perekatan antara kayu dan perekat, faktor keasaman sangat memegang peranan penting, khususnya apabila bahan yang direkat mengandung bahan ekstraktif cukup banyak. Kandungan bahan ekstraktif dapat merubah nilai pH, padahal nilai pH sangat menentukan untuk berlangsungnya reaksi kondensasi pada perekat. Misalnya, pada perekatan menggunakan UF suasana yang terlalu basa atau netral menimbulkan gangguan

terhadap reaksi kondensasi, sehingga kekuatan adhesi menjadi rendah; sebaliknya, suasana yang terlalu asam dapat menimbulkan pengerasan yang terlalu cepat sehingga penyebaran perekat pada pori-pori kayu menjadi tidak merata karena sebelum merata sudah terjadi pengerasan.

Table 1. Physico-chemical properties of wood liquid, PF and mixture of PF/wood liquid

Physico-chemical properties	Kayu Cair	PF	Campuran PF/Kayu Cair (60/40)
Color	Dark brown	Brown	Brown
Total solid (%)	49.86	44.76	46.80
Acidity (pH)	4.54	14.00	6.30
Specific gravity	1.06	1.21	1.14
Viscosity (cp)	125	180	580

Hasil pengujian keteguhan rekat kayu lapis Meranti dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan hasil pengujian kayu lapis Keruing pada Tabel 3. Hasil pengujian keteguhan rekat kayu lapis Meranti untuk tipe interior II menunjukkan bahwa semua perlakuan pada tingkat pemakaian katalis asam sulfat 3% telah memenuhi standar, sedangkan pada pemakaian asam sulfat lebih rendah contoh kayu lapis yang dibuat dengan menggunakan perekat dengan komposisi 20/80 (PF/WL) tidak memenuhi standar SNI. Walaupun penggunaan asam sulfat 3% lebih baik dibandingkan dengan pemakaian asam sulfat di bawahnya, namun pemakaian asam sulfat pada tingkat yang lebih rendah lebih diharapkan karena persentase asam sulfat yang terlalu tinggi dikhawatirkan akan mendegradasi struktur kayu.

Hasil pengujian kayu lapis Meranti untuk tipe interior I menunjukkan bahwa beberapa perekat kayu cair yang dikombinasikan dengan PF masih mencapai nilai keteguhan rekat yang memenuhi standar. Pengujian ini yang melibatkan perendaman pada suhu 60°C merupakan tolok ukur untuk mengetahui sejauh mana bahan perekat tahan terhadap proses hidrolisa. Campuran 40/60 (PF/WL) dapat mencapai keteguhan rekat yang memenuhi standar. Disini juga dapat dilihat pengaruh persentase asam sulfat pada pembuatan kayu lapis terhadap nilai keteguhan rekat, yakni persentase asam sulfat yang lebih tinggi (3%) memberikan pengaruh lebih baik pada campuran kayu cair dan PF. Pada tingkat ini masih dapat dicapai nilai keteguhan rekat sebesar 4.55 kgf/cm².

Table 2. Bond strength of Meranti plywood

Percentage H ₂ SO ₄ 98%	Composition PF/WL	Bond strength (kgf/cm ²)		
		Interior II	Interior I	Exterior II
1%	80/20	12.17	13.63	11.65
	60/40	8.50	9.81	8.35
	40/60	6.68	6.68	0.63
	20/80	4.22	0.00	0.00
2%	80/20	11.80	11.71	11.66
	60/40	9.28	10.19	9.70
	40/60	7.47	7.35	7.46
	20/80	3.00	0.00	0.00
3%	80/20	10.95	14.16	12.88
	60/40	7.86	11.13	7.56
	40/60	6.66	7.26	0.00
	20/80	8.03	4.55	0.00
PF		8.45	8.45	7.36

Note: 0 kgf/cm² = failure

Table 3. Bond strength of Keruing plywood

Percentage H ₂ SO ₄ 98%	Composition of PF/WL	Bond strength (kgf/cm ²)		
		Interior II	Interior I	Exterior II
1%	80/20	11.63	8.74	8.67
	60/40	8.67	6.78	5.42
	40/60	5.41	2.02	0.00
	20/80	3.42	0.00	0.00
2%	80/20	11.01	9.44	8.96
	60/40	9.76	7.98	7.87
	40/60	5.89	5.92	0.00
	20/80	3.70	0.00	0.00
3%	80/20	10.45	11.97	8.94
	60/40	9.88	9.14	7.68
	40/60	6.83	5.48	6.63
	20/80	4.39	0.00	4.79
PF		9.97	9.97	7.36

Note: 0 kgf/cm² = failure

Hasil pengujian keteguhan rekat kayu lapis Meranti untuk tipe eksterior II menunjukkan bahwa hanya contoh kayu lapis yang menggunakan perbandingan perekat 80/20 dan 60/40 (PF/WL) yang dapat memenuhi standar. Terlihat bahwa perebusan memberikan pengaruh yang cukup besar pada keteguhan rekat. Pada kondisi ini kemungkinan terjadi proses degradasi kimia pada perekat yang sudah mengeras melalui proses hidrolisa dan pelarutan. Disamping itu, dapat terjadi pula proses pengembangan fisik yang cukup besar dan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan ikatan antara perekat dan kayu. Ikatan antara perekat dan kayu yang paling kuat pada umumnya terjadi pada pori-pori kayu. Adanya proses pengembangan (*swelling*) yang berbeda antara kayu dan perekat dapat

melonggarkan ikatan antara perekat dan kayu. Oleh karena itu, hasil pengujian keteguhan rekat untuk tipe ini banyak yang mengalami kegagalan yaitu retak atau terurai selama perebusan. Hal ini terjadi terutama pada komposisi perekat dengan penambahan kayu cair yang lebih tinggi. Berbeda dengan hasil pengujian keteguhan rekat tipe interior I dan II, pada hasil pengujian keteguhan rekat tipe eksterior ternyata pemakaian asam sulfat yang lebih banyak berpengaruh negatif terhadap keteguhan rekat.

Hasil pengujian keteguhan rekat kayu Keruing untuk tipe interior II dan interior I menunjukkan bahwa pada umumnya contoh kayu lapis yang dibuat dapat memenuhi standar apabila digunakan perekat dengan perbandingan 60/40 (PF/WL) atau lebih. Hasil pengujian

keteguhan rekat tipe eksterior II memperlihatkan bahwa pengaruh konsentrasi asam sulfat pada kayu Keruing berbeda dengan pada kayu Meranti. Kayu Keruing adalah salah satu jenis kayu yang sangat sulit direkat karena banyak mengandung zat ekstraktif. Pada kayu lapis Keruing, persentase asam sulfat yang tinggi memberikan dampak positif terhadap keteguhan rekat. Hal ini terlihat pada perbandingan kayu cair yang lebih tinggi keteguhan rekat kayu lapis masih dapat diukur dan mempunyai nilai yang cukup tinggi. Hal sebaliknya terjadi pada kayu Meranti. Pengaruh positif asam sulfat terhadap kayu Keruing kemungkinan besar disebabkan oleh adanya proses eliminasi ekstraktif pada kayu Keruing oleh asam sulfat sebelum proses perekatan terjadi. Bahan ekstraktif dari kayu pada umumnya sangat mudah dilarutkan dengan asam atau basa sebagai akibat proses hidrolisa, khususnya bahan ekstraktif dari kelompok minyak dan lemak. Minyak dan lemak dalam teori perekatan sangat mengganggu proses adhesi antara perekat dengan bahan yang direkat. Hal yang cukup menarik adalah pada perbandingan 80/20 (PF/WL) dihasilkan nilai keteguhan rekat tipe eksterior II yang lebih tinggi dibandingkan nilai keteguhan rekat yang dihasilkan oleh PF saja. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi perekat *wood liquid* sebesar 20% pada perekat fenol formaldehida memberikan pengaruh yang positif terhadap keteguhan rekat kayu lapis Keruing. Namun demikian, dari data yang ada belum dapat dijelaskan mengapa fenomena ini terjadi.

Kesimpulan

Penggunaan perekat campuran fenol formaldehida dan kayu cair dengan perbandingan 80/20 dan 60/40 (PF/WL) pada pembuatan kayu lapis Meranti dapat memenuhi persyaratan keteguhan rekat SNI untuk kayu lapis tipe eksterior II. Pada kedua tingkat perbandingan ini tidak terlihat pengaruh persentase katalis terhadap keteguhan rekat kayu lapis Meranti. Penggunaan perekat campuran fenol formaldehida dan kayu cair dengan perbandingan 80/20 (PF/WL) untuk semua tingkat persentase katalis pada pembuatan kayu lapis Keruing dapat memenuhi persyaratan keteguhan rekat

Diterima tanggal 21 Januari 2004

Bambang Prasetya, Euis Hermiati, dan Sudijono
UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial – LIPI
(*Research and Development Unit for Biomaterials* – LIPI)
Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor 16911
Tel. (021) 87914511, Fax (021) 87914510
E-mail : komposit @ cbn.net.id

SNI untuk kayu lapis tipe eksterior II. Pada perbandingan 60/40 (PF/WL) persyaratan kayu lapis tipe eksterior II dapat dipenuhi bila persentase katalis yang digunakan 2% atau 3%. Dengan demikian, peningkatan persentase katalis memberikan pengaruh positif terhadap perekatan pada kayu lapis Keruing.

Daftar Pustaka

- Alma, M.H.; M. Yoshioka; Y. Yao; N. Shiraishi. 1995. Preparation and Characterization of the Phenolated Wood using Hydrochloric Acid (HCl) as a Catalyst. *Wood Science and Technology* 30: 39-47.
- Dewan Standarisasi Nasional (DSN). 1992. Mutu Kayu Lapis Penggunaan Umum. Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2704-1992).
- Kurimoto, Y.; S. Doi; Y. Tamura. 1999. Species Effects on Wood-Liquefaction in Polyhydric Alcohols. *Holzforschung* 53: 617-622.
- Ono, H. 1994. Application of Phenolated Wood Substances to Adhesives II. *Wood-Adhesives from Phenolated Woody Substances*. *Mokuzai Kogyo* 49: 8-13.
- Prasetya, B.; B. Subiyanto; Sudijono. 1998. Substitusi Phenol Formaldehida dengan Larutan Serbuk Kayu *Acacia mangium* dan *Paraserianthes falcataria* pada Pembuatan Kayu Lapis Keruing (*Dipterocarpus* spp.). *Prosiding Seminar Nasional Mapeki I*: 93-100.
- Ruhendi, S.; B. Subiyanto; B. Prasetya; Y.R. Widiana. 1998. Wood Liquids dan Aplikasinya sebagai Perekat Kayu Lapis Meranti (*Shorea* spp.) dan Keruing (*Dipterocarpus* sp). *Prosiding Seminar Nasional Mapeki I*: 1001-114.
- Santana, M.A.E.; M.G.D. Baumann; A.H. Conner. 1996. Phenol-Formaldehyde Plywood Adhesive Resins Prepared with Liquefied Bark of Black Wattle (*Acacia mearnsii*). *J. Wood Chem. and Tech.* 16: 1-19.
- Shiraishi, N.; H. Kajita; M. Norimoto. 1993. *Recent Research on Wood and Wood-Based Materials*, Elsevier Applied Science, London and New York.