

PEMANFAATAN LIGNIN SEBAGAI BAHAN PEREKAT KAYU

Mody Lempang

Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km.16 Makassar, Sulawesi Selatan, 90243,
Telp (0411) 554049; fax (0411) 554058

E-mail: mlempang@yahoo.com

ABSTRAK

Lignin pada kayu berasosiasi dengan selulosa dan hemiselulosa dan berperan sebagai pengikat antara individu sel kayu. Kadar lignin kayu (25-30%) yang terdapat di antara sel dan di dalam sel menyebabkan kayu menjadi keras dan kaku sehingga mampu menahan tekanan mekanis yang besar dan bertanggungjawab terhadap perubahan dimensi kayu akibat fluktuasi kadar air. Lignin merupakan polimer yang sangat melimpah dan berpotensi dimanfaatkan berkaitan dengan aplikasi-aplikasi polimer. Sebagian besar lignin yang diproduksi dalam proses pembuburan kayu dibakar sebagai bahan bakar pada tempat pembuburan kayu. Sementara konsumsi polimer sintesis dunia seperti perekat semakin meningkat. Karena jumlahnya besar, alami dan merupakan produk yang dapat diperbaharui, lignin mempunyai potensi besar untuk penggunaan beberapa industri. Akan tetapi lignin mempunyai keterbatasan pemanfaatan secara komersial disebabkan oleh sifat kimia dan fisiknya yang rumit dan karakteristiknya yang sangat bervariasi. Oleh karena itu, lignin merupakan polimer alam yang menarik untuk modifikasi kimia. Hasil modifikasi ini telah menghasilkan beberapa jenis produk perekat kayu antara lain resin lignin fenol formaldehida (L-PF) dan resin resol.

Kata kunci: Lignin kayu, pemanfaatan, perekat kayu

I. PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa berton-ton kayu digunakan melebihi gabungan penggunaan semua bahan organik lainnya. Sebagian besar kayu ini digunakan melalui penghancuran, yang kemudian direkonstruksi kembali dalam bentuk komposit seperti balok laminasi, kayu lapis, papan partikel dan papan serat yang kemudian menjadi bahan untuk membuat bangunan dan furnitur. Pengikatan komponen kayu dengan bahan perekat memegang peranan penting dalam

pengembangan dan pertumbuhan industri produk hutan dan telah menjadi faktor kunci dalam efisiensi pemanfaatan sumber kayu. Kenyataan bahwa jutaan ton bahan perekat dibutuhkan setiap tahun untuk merekat kayu menjadi produk-produk berguna. Perekat kayu tidak hanya menjadi kunci dalam efisiensi pemanfaatan hutan sebagai sumber bahan baku, tetapi juga efisiensi pembuatan produk-produk kayu (Marra, 1992).

Penggunaan terbesar bahan perekat adalah di dalam industri konstruksi. Jumlah terbesar perekat digunakan untuk membuat kayu lapis, papan serpih, papan partikel, papan serat, rangka dan kayu struktural, rangka/daun pintu dan jendela serta produk-produk kayu laminasi pabrikan. Pemakaian perekat dalam jumlah kecil untuk merakit bahan konstruksi perumahan dan industri, khususnya dalam sistem pembuatan lantai dan dinding. Jumlah yang nyata juga digunakan untuk pemakaian non struktural (FAO, 1980) seperti pemasangan lantai, daun meja, dinding dan plafon serta souvenir.

II. PEREKAT

Masyarakat Amerika untuk pengujian dan bahan (ASTM, *American Society for Testing and Material*) memberikan definisi tentang perekat (*adhesive*) sebagai suatu bahan yang mampu menyatukan bahan lain secara bersama melalui pelekatan permukaan (ASTM, 1995). Sesuatu yang direkat adalah suatu lapisan yang berpegangan dengan lapisan lain oleh suatu perekat. Perekatan adalah keadaan dimana dua permukaan saling berpegangan melalui tenaga antar permukaan, yang mungkin gaya valensi, gerakan saling mengunci (*interlocking action*), atau keduanya. Gaya valensi adalah gaya ketertarikan yang dihasilkan oleh interaksi dari atom-atom, ion-ion dan molekul-molekul yang terdapat di dalam dan pada permukaan dari baik perekat maupun yang direkat. Gerakan saling mengunci juga disebut pengikatan mekanik, artinya permukaan saling berpegangan oleh suatu perekat yang telah menembus permukaan yang berpori ketika masih cair, kemudian menjangkar sendiri selama dalam pematatan.

Pengunci mekanik adalah suatu mekanisme utama dimana perekat menempel pada struktur yang berpori, seperti kayu. Pengunci mekanik yang efektif terjadi ketika bahan perekat menembus dibalik puing-puing permukaan dan serat yang rusak ke dalam lapisan kayu dengan kedalaman 2 sampai 6 sel. Penembusan

yang lebih dalam ke dalam struktur mikro yang halus meningkatkan luas permukaan kontak antara perekat dengan kayu sehingga pengunci mekanik lebih efektif. Pengikatan struktural yang paling tahan pada kayu dipercaya terbentuk tidak hanya ketika perekat menembus dengan dalam rongga sel, tetapi juga ketika perekat berdifusi ke dalam dinding sel untuk membuat kontak pada tingkat molekuler dengan hemiselulosa dan selulosa kayu. Jika suatu perekat menembus cukup jauh ke dalam lapisan kayu dan menjadi cukup kokoh selama perawatan, kekuatan dari pengikatan diharapkan dapat melebihi kekuatan kayu.

Untuk merekatkan dua buah kayu dengan kekuatan maksimum, cairan perekat harus basah dan menyebar merata untuk membuat kontak yang mendalam pada kedua permukaan. Molekul dari bahan perekat harus berdifusi di atas dan ke dalam setiap permukaan agar kontak dengan struktur molekul kayu, sehingga gaya antar molekul pada ikatan antar perekat dengan kayu menjadi efektif. Proses perekatan baru menjadi sempurna setelah perekat berubah dari bentuk cair ke padat. Suatu lapisan perekat berubah dari bentuk cair ke padat terjadi melalui satu dari tiga mekanisme, meskipun dua mekanisme mungkin terjadi di dalam beberapa mekanisme penanganan. Transisi ini bisa merupakan perubahan fisika, seperti pada perekat termoplastik, atau juga bisa merupakan perubahan kimia, seperti pada perekat termoset. Pada termoplastik, perubahan fisika ke bentuk padat terjadi melalui:

- a. Hilangnya pelarut dari perekat melalui penguapan dan difusi ke dalam kayu, atau
- b. Mendinginnya perekat yang lembam/cair pada permukaan yang lebih dingin.

Pada termoset, bentuk padat terjadi melalui polimerisasi kimia ke dalam struktur ikatan silang yang tahan pelunakan pada pemanasan. Kebanyakan perekat kayu termoset mengandung air sebagai pelarut, oleh karena itu, air juga harus diuapkan dan diserap melalui kayu sehingga perekat dapat berfungsi secara sempurna.

Polimer organik yg berasal dari alam atau sintetis adalah komponen bahan kimia utama di dalam semua formulasi perekat kayu. Polimer adalah suatu bentuk majemuk yang dibentuk oleh reaksi molekul-molekul sederhana memiliki gugus fungsi yang membolehkan kombinasinya beralih ke molekul yang memiliki berat tinggi di bawah kondisi yang sesuai (ASTM, 1995). Polisakarida dan protein adalah polimer alami berberat molekul tinggi yg berasal dari

tanaman dan binatang. Darah, kulit, kanji, pati, kedele, dekstrin dan perekat selulosa adalah semua bagian dari polimer alami. Bahan ini telah digunakan sebagai perekat selama berabad dan masih digunakan sampai sekarang. Meskipun bahan ini telah banyak digantikan oleh perekat sintetis. Perekat dengan bahan polimer sintetis tidak hanya lebih kuat, lebih kokoh, dan lebih awet dari kayu, tetapi juga jauh lebih tahan terhadap air dari pada perekat dari polimer alami.

Polimer termoplastik adalah polimer berantai panjang yg lunak dan mengalir jika dipanaskan, dan mengeras kembali bila dingin, misalnya emulsi polivinil asetat yang bersifat elastis, kontak, dan meleleh waktu panas. Polimer termosetting membuat perekat struktural sangat kuat, karena mengalami perubahan kimia yg tidak balik, dan pada pemanasan kembali, perekat ini tidak melunak dan mengalir lagi. Contoh jenis perekat termosetting antara lain fenol, resorcinol, melamin, isocyanat, urea, dan epoxy.

Lignin adalah bahan aromatik, bersifat amorphous yang mengandung fenol, methoxyl, hydroxyl, dan kelompok penyusun lainnya. Oleh karena struktur kimia lignin alkali diduga sama dengan resin fenol, sehingga lignin diharapkan dapat menggantikan resin fenol.

A. Formulasi Perekat

Formulasi suatu perekat dapat mengandung:

1. Pelarut (*Solvent*)

Pelarut organik digunakan untuk perekat yg bersifat elastik dan kontak. Walaupun demikian, pada umumnya air digunakan sebagai pembawa perekat kayu, terutama karena air siap untuk diserap ke dalam kayu, tidak mahal, dan tidak mengandung bahan beracun.

2. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi berfungsi khususnya di dalam mengurangi penyebaran dan penetrasi perekat ke dalam kayu. Bahan pengisi dapat meningkatkan sifat mekanik lapisan (film) perekat, khususnya keteguhan, ketahanan pukul, dan penyusutan. Ekstender adalah bahan pengisi mirip bahan organik yang bisa mempunyai aktivitas kimia yg cukup untuk memperbaiki perekatan dengan derajat yg rendah, tetapi ekstender ini digunakan utamanya untuk mengendalikan aliran dan karakteristik kerja lainnya.

3. Bahan Pelekat (*Tackifier*)

Pelekat merupakan bahan kimia tertentu dan sistem polimer yang membuat plastis polimer perekat, serta lainnya digunakan untuk meningkatkan kelekatan, misalnya: Polimer phenol digunakan sebagai bahan pelekat dan peningkatan adhesi pada perekat kontak neoprene dan karet nitrile.

4. Katalis

Katalis adalah bahan kimia yang digunakan untuk mempercepat reaksi kimia komponen polimer. Senyawa asam, basa, garam, peroksida dan belerang adalah beberapa contoh katalis.

5. Bahan pengeras (*Hardener*)

Bahan pengeras ditambahkan pada bahan dasar polimer sebagai komponen reaktif. Misalnya bahan pengeras amina ditambahkan pada epoxy dan formaldehida ditambahkan pada resorcynol, semuanya menghasilkan reaksi ikatan silang untuk memantapkan perekat.

B. Jenis Perekat

1. Perekat Struktural

Pada konstruksi bangunan, perekat yang menyumbang kekuatan dan kekakuan selama pemakaian struktural. Perekat ini umumnya lebih kuat dan lebih kaku dari komponen kayu. Ikatan struktural sangat kritis karena ikatan yang gagal dapat menyebabkan kerusakan struktural yang serius. Contoh dari perekat struktural yang kokoh antara lain fenol, resorcionol, melamin, urea dan casein. Perekat struktural yang mempertahankan kekuatan dan kekokohnya pada perubahan kejenuhan air dan kering yang hebat sangat dianjurkan sebagai perekat interior. Sedangkan perekat yang kehilangan kemampuannya terutama kalau terkena air, dianjurkan untuk pemakaian interior.

2. Perekat Semistruktural

Perekat semistruktural tidak bertahan terhadap beban lengkung dalam jangka panjang tanpa mengalami perubahan bentuk. Kemampuan perekat ini terhadap pembasahan air hanya singkat, karena itu diklasifikasikan sebagai perekat eksterior terbatas, contohnya perekat polyvinil dan polyurethan.

3. Perakat Konstruksi Elastomerik

Perakat ini digolongkan sebagai perakat non struktural. Namun perakat ini biasanya digunakan untuk perakitan lapangan pada sistem panel lantai dan dinding pada industri konstruksi rangka ringan. Paku digunakan dalam perakitan sehingga jika ikatan perakat gagal beban struktural akan ditahan oleh paku.

III. LIGNIN

Menurut Ridhol dalam Fengel dan Wegener (1995), secara umum komponen kimia kayu daun lebar mengandung lignin \pm 22%, sedangkan untuk kayu daun jarum mengandung lignin 27-33%. Lignin diperoleh dari kayu sebagai hasil sampingan proses pembuburan kayu. Karena jumlahnya besar, alami dan merupakan produk yang dapat diperbaharui, lignin mempunyai potensi besar untuk penggunaan beberapa industri untuk menggantikan bahan bakar minyak yang semakin berkurang dan mahal. Lignin mempunyai keterbatasan pemanfaatan secara komersial disebabkan oleh sifat kimia dan fisiknya yang rumit dan karakteristiknya yang sangat bervariasi (Hollis *et al.*, 1981). Lignin adalah bahan aromatik, bersifat amorpous yang mengandung fenol, methoxyl, hydroxyl dan kelompok penyusun lainnya. Isolasi lignin dengan cara evaporasi dan cara presipitasi dari lindi hitam industri pembuburan kayu diperoleh hasil antara 21,98-38,21% dengan kadar air 4,01-5,09%, lignin murni 67,11-80,16%, fenol 2,14-7,52% dan methoxyl 0,91-2,64% (Pari, 1990).

Lignin kayu yang diperoleh sebagai hasil sampingan proses pulping alkali mengandung gugus hidroksil alifatik dan aromatik merupakan bidang yang menarik untuk modifikasi kimia. Oleh karena struktur kimia lignin alkali diduga sama dengan resin fenol, sehingga lignin diharapkan dapat menggantikan resin fenol.

A. Kegunaan Lignin

Lignin berada di antara individu sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel lignin berperan sebagai pengikat antara sel, dan di dalam sel lignin berasosiasi dengan selulosa dan hemiselulosa. Keberadaan lignin di antara sel dan di dalam sel menyebabkan kayu menjadi keras dan kaku sehingga mampu menahan tekanan mekanis yang besar. Lignin juga bertanggungjawab terhadap perubahan dimensi kayu akibat fluktuasi kadar air.

Lignin diperoleh dari kayu sebagai hasil sampingan proses pembuburan kayu. Karena jumlahnya besar, alami dan merupakan produk yang dapat diperbaharui, lignin mempunyai potensi besar untuk penggunaan beberapa industri untuk menggantikan bahan bakar minyak yang semakin berkurang dan mahal (Hollis *et al.*, 1981). Lignosulfonat digunakan sebagai bahan pendispersi dan penstabil pada *oil well-drilling muds*, tinta cetak, *dyes*, beton, asphalt extender, perekat, pembuatan pellet pakan, briket kayu, dan tekstil. Vanilla buatan yang digunakan secara luas dalam pembuatan es krim, kue dan biskuit, juga adalah turunan dari *spent sulfate liquor* (SSL) (Bowyer *et al.*, 2003; Stevens, 2007). Lignin sulfat dapat dimanfaatkan sebagaimana halnya lignosulfonat, tetapi proses pemurniannya lebih mahal. Kegunaan yang penting adalah zat pendispersi dan zat pemantap serta aditif dalam karet, resin dan plastik (Stevens, 2007).

Polimer lignin juga dapat didegradasi menjadi produk dengan bobot molekul rendah. Dalam proses kraft, produk ini meliputi metil markaptan dan dimetil sulfida. Jika lindi hitam (lignin buangan pembuburan kayu) dipanaskan pada suhu 200-300 °C dengan kehadiran sulfur, produk dimetilsulfida terjadi lebih banyak. Dimetil sulfida berguna sebagai pelarut garam-garam anorganik. Hasil oksidasi dimetil sulfida ialah dimetil sulfoksida (DMSO) dan dimetil sulfon, DMSO merupakan pelarut dengan sifat istimewa (Achmadi, 1990).

B. Lignin Sebagai Bahan Perekat Kayu

Lignin merupakan semen yang mengikat fibril-fibril selulosa bersama-sama dan banyak memberikan stabilitas dimensi kayu. Menduduki sekitar 25-30% kayu, lignin merupakan polimer yang sangat melimpah yang mestinya mencapai potensinya berkaitan dengan aplikasi-aplikasi polimer. Saat ini sebagian besar lignin yang diproduksi dalam operasi-operasi pembuburan kayu dibakar sebagai bahan bakar pada tempat pembuburan kayu. Sementara konsumsi polimer sintesis dunia sekarang ini kira-kira 70 juta metrik ton per tahun, hampir 56% di antaranya terdiri dari plastik, 18% serat, 11% karet dan sisanya terdiri dari bahan pelapis dan perekat (Stevens, 2007).

Struktur lignin bervariasi menurut sumbernya, tetapi suatu pendekatan dari segmen kayu lunak mengilustrasikan kompleksitasnya. Berat molekul lignin natif diperkirakan sangat tinggi,

tetapi karena proses pemisahan dari selulosa menyebabkan degradasi pada lignin. Karena lignin mengandung sejumlah besar cincin-cincin benzena aktif, lignin yang terdegradasi cepat bereaksi dengan formaldehida, yang telah menyebabkan pengembangan terbatas dalam bidang bahan perekat kayu (Stevens, 2007). Usaha-usaha terus dilanjutkan selama bertahun-tahun untuk memodifikasi lignin agar bisa dipakai sebagai plastik-plastik teknik. Reaksi dengan propilene oksida menghasilkan turunan-turunan hidroksida propil yang telah dikonversi ke poliuretana termoset.

Untuk tujuan sebagai bahan perekat, lignin yang terdegradasi perlu dipolimerisasi lebih dulu untuk mendapatkan sifat perekat yang baik. Karena sekalipun hampir keseluruhannya aromatik, lignin hanya memiliki sedikit cincin fenolik dan tidak memiliki cincin polyhydroxy phenyl sehingga lignin kurang reaktif dengan formaldehida. Lignin yang kurang reaktif ini dapat dipremetilasi dengan formaldehida sebelum digunakan dengan resin phenolformaldehida pada perekatan plywood (Rowell, 2005). Jika lindi hitam dipanaskan pada suhu 250-290 °C di bawah tekanan dan dalam kelebihan alkali dan sulfida, lignin mengalami demetilasi dan terdegradasi sebagian menjadi fenol dan asam alifatik berbobot molekul rendah. Demetilasi menyebabkan reaktifitas lignin meningkat, sehingga lebih mudah dikondensasikan dengan pereaksi seperti formaldehida (Achmadi, 1990). Lignosulfonat yang terkandung dalam SSL telah digunakan sebagai ekstender phenolformaldehida dan ureaformaldehida (Rowell, 2005). Lignosulfonat juga digunakan sebagai bahan pendispersi dan penstabil pada *oil well-drilling muds*, tinta cetak, *dyes*, beton, *asphalt extender*, perekat, pembuatan pellet pakan, briket kayu dan tekstil (Bowyer *et al.*, 2003; Stevens, 2007).

Lignin sulfat dapat dimanfaatkan sebagaimana halnya lignosulfanat, tetapi proses pemurniannya lebih mahal. Kegunaan yang penting adalah sebagai zat pendispersi dan zat pemantap serta aditif dalam karet, resin, dan plastik. Hasil kondensasi lignin dengan fenol dapat menghasilkan polimer termoset. Polimer termoset seperti ini berguna sebagai perekat untuk berbagai produk seperti kertas dan kayu lapis (Achmadi, 1990). Polimer fenol digunakan sebagai bahan pelekatan dan peningkatan adhesi pada perekat kontak neoprene dan karet nitril, sementara fenol formaldehida dapat mensubstitusi resorcinol-formaldehida untuk mengurangi biaya perekat tanpa mengorbankan kekuatan dan ketahanan perekat (FAO, 1980). Reaksi lignin dengan propilena oksida, menghasilkan turunan-turunan

hidroksipropil yang telah dikonversi ke poliuretana termoset (Stevens, 2007). Polimer termoset seperti ini berguna sebagai perekat untuk berbagai produk seperti kertas dan kayu lapis.

C. Pembuatan Resin dari Lignin

Telah diketahui bahwa lignin diperoleh sebagai hasil sampingan proses pulping alkali yang mengandung gugus hidroksil alifatik dan aromatik yang merupakan bidang yang menarik untuk modifikasi kimia. Oleh karena struktur kimia lignin alkali diduga sama dengan resin fenol, sehingga lignin diharapkan dapat menggantikan resin fenol.

1. Resin fenol formaldehida (resin L-PF)

Resin fenol formaldehida (resin PF) dibuat dari fenol kondensasi dengan formaldehida di dalam air dengan menggunakan katalis sodium hidroksida untuk membentuk larutan dengan kandungan padatan resin 35-45% (Hollis *et al.*, 1981). Salah satu teknologi dimana lignin dianjurkan sebagai pengganti fenol adalah industri plywood dimana lignin dianjurkan setidaknya mensubstitusi sebagian dari petro-kimia yang mahal seperti fenol di dalam resin fenol formaldehida yang digunakan sebagai perekat. Ketika praktisan penggunaan resin lignin fenol formaldehida (resin L-PF) dalam praktek adalah karena ukuran molekul lignin umumnya terlalu besar untuk menembus permukaan kayu agar didapatkan rekatan yang baik. Oleh karena itu, apabila jumlah besar lignin digunakan sebagai resin, sifat perekat mengalami kemunduran. Penemuan mengenai resin fenol formaldehida dari lignin cocok digunakan untuk perekat kayu, dibuat menggunakan metode dua tahap. Berdasarkan metode penemuan ini penyempurnaan resin lignin fenol formaldehida untuk perekat kayu dilakukan dengan tahap sebagai berikut (Hollis *et al.*, 1981) :

- a. Campuran fenol dan formaldehida dengan menggunakan katalis sodium hidroksida direaksikan pada temperatur 70-100 °C selama 30–90 menit, yang kemudian didinginkan untuk mengakhiri reaksi. Dari campuran tersebut dihasilkan resin fenol formaldehida kondensasi.
- b. Campuran (sodium hidroksida-formaldehida-resin fenol formaldehida kondensasi) dengan campuran (lignin–fenol–air dengan perbandingan lignin-fenol: 50:50) direaksikan pada temperatur 90-100 °C selama 10-30 menit, diikuti dengan reaksi

pada temperatur 75-85 °C selama 30-120 menit. Metode ini menghasilkan resin lignin fenol formaldehida (resin L-PF).

Perekat resin PF adalah prapolimer yang berbobot molekul rendah yang terbentuk dari fenol dan formaldehida, dan termasuk jenis termoset. Polimerisasinya dikendalikan oleh kondisi asam atau basa (pH). Kondisi reaksi lainnya juga penting yaitu nisbah molar antara fenol dan formaldehida. Dengan mengubah waktu dan suhu reaksi dan pemilihan katalis serta reaktivitas fenol, berbagai sifat perekat dapat dibuat untuk bermacam-macam penerapan (Achmadi, 1990).

2. Resin resol

Reaksi lignin demetilasi dengan aldehida dalam media alkali juga dapat menghasilkan resin resol yang dapat digunakan untuk perekat kayu. Metoda untuk mendapatkan resin resol adalah sebagai berikut (Schroeder and Helbert, 1993) :

- a. Campur lignin demetilasi yang mengandung air dengan suatu pelarut organik yang polar (keton). Pelarut organik adalah suatu ester (dari kelompok yang mengandung ethyl asetat, propyl asetat, butyl asetat dan amyl asetat) untuk membentuk campuran lignin demetilasi yang mengandung air/pelarut organik.
- b. Campuran ini akan mengandung dua fase, yaitu sebagian fase lignin demetilasi yang mengandung air dan sebagian lainnya lignin demetilasi yang mengandung pelarut organik.
- c. Pisahkan fase air dari fase pelarut organik (ekstraksi).
- d. Lignin dalam fase pelarut organik dilarutkan dalam media alkali (Sodium hidroksida, potasium hidroksida)
- e. Reaksikan lignin demetilasi dengan aldehida (formaldehida, paraformaldehida atau furfural) dalam media alkali untuk menghasilkan resin resol.
- f. Didapatkan resin resol.

Prapolimer resol adalah resin fenol yang biasanya digunakan untuk perekat kayu. Prapolimer resol lebih disenangi dari novolak karena beberapa alasan (Schroeder and Helbert, 1993) antara lain perekat resol adalah komponen tunggal yang tidak membutuhkan tambahan aldehida, polimerisasi lanjut dari perekat resol untuk mencapai daya ketahanan air yang tinggi mudah dikendalikan melalui tingkatan temperatur, disamping itu campuran dasar perekat tidak menyebabkan kerusakan kayu di dekat garis rekatan dalam waktu yang panjang.

IV. KESIMPULAN

Lignin diperoleh dari kayu sebagai hasil sampingan proses pembuburan kayu. Karena jumlahnya besar, alami dan merupakan produk yang dapat diperbaharui, lignin mempunyai potensi besar untuk penggunaan beberapa industri. Akan tetapi lignin mempunyai keterbatasan pemanfaatan secara komersial disebabkan oleh sifat kimia dan fisiknya yang rumit dan karakteristiknya yang sangat bervariasi. Oleh karena itu lignin merupakan polimer alam yang menarik untuk modifikasi kimia. Hasil modifikasi ini telah menghasilkan beberapa jenis produk perekat kayu antara lain resin lignin fenol formaldehida (L-PF) dan resin resol.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S.S. 1990. Kimia Kayu. Pusat Antar Universitas dan Ilmu Hayat, Institut Pertanian Bogor.
- ASTM. 1995. Annual book of ASTM Standards. Volume 04.10 wood. Section 4. Philadelphia.
- FAO. 1980. Guideline for utilization and marketing of tropical wood species. Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nation, Rome.
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R., Haygreen, J.G. 2003. Forest Product and Wood Science, an Introduction 4th Edition. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Fengel, D. dan Wegener, G. 1995. Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi. Terjemahan Hardjono Sastrohamidjojo dari buku asli *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hollis, Jr., John, W., Schoenherr and Michael W. 1981. Lignin Containing Resin Adhesive. American Can Company, Greenwich. United States Patent 43035662. <http://Lignin-containing-resin-adhesive-Patent-43035662.htm>. diakses tanggal 17 Nopember 2008.
- Marra, A.A. 1992. Technology of Wood Bonding (Principles in Practice). Van Nostrand Reinhold, New York.
- Pari, G. 1990. Isolasi lignin dari lindi hitam. Jurnal Penelitian Hasil Hutan .8 (1): 25-30. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Rowell, R.M. 2005. Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, Florida.

Schroeder and Helbert, A. 1993. Method For Recovering and Using Lignin in Adhesive Resin. Colorado State University Research Foundation, Collins. United States Patent 5177169. [http://Method for recovering and using lignin in adhesive resin -Patent 5177169.htm](http://Method%20for%20recovering%20and%20using%20lignin%20in%20adhesive%20resin%20-Patent%205177169.htm) diakses tanggal 17 Nopember 2008.

Stevens. M.P. 2007. Kimia Polimer. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.