

KEMUNGKINAN PEMANFAATAN LIMBAH JAMUR TIRAM (*Pleurotus ostreatus*, Jacq. Fr.) UNTUK BAHAN RESIN FENOL SEBAGAI PEREKAT KAYU LAMINASI

Djumhawan Ratman Permana, Bambang Prasetya

Pusat Penelitian Bioteknologi – LIPI

E-mail:pdjumhawan@yahoo.com

Abstract-Sawdust waste in the form of post- production of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*, Jacq. Fr.) presumably still contains a lot of short polymers of lignin derivatives can be chemically modified and becomes activated as a phenol resin adhesive laminated wood , MDF and particle board processing . Phenol resins produced with adhesive properties relative constancy is not much different would reduce dependence on the use of synthetic epoxy resin , while utilizing residual waste is wasted. In lamination technology is determined by factors other than adhesive bonded materials are also factors, gluing techniques, how to test and application materials. Characteristics of phenol resin as the adhesive is often influenced by factors fillers, developer, preservative and fire retardant materials. The use of phenolic resins in the gluing various materials are expected to result in the formation of a resin net structure on a regular basis.

Keywords : Waste oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* , Jacq. Fr.), phenol resins, glue laminated wood.

PENDAHULUAN

Serbuk kayu yang digunakan sebagai media tanam jamur tiram berasal dari limbah penggergajian kayu (Permana dan Prasetya, 2013). Menurut Sjostrom (1995) kayu memiliki komposisi yang terdiri dari 40-50% selulosa, 20-30% hemiselulosa dan 25-30% lignin. Menurut Obodae *et al*, (2003 dalam : Permana 2013; Permana & Prasetya, 2013) produksi jamur tiram diketahui mengalami peningkatan yang berada pada urutan ketiga jamur dunia karena cita rasa dan nilai gizinya tinggi. Data BPS, mengemukakan konsumsi jamur tiram di Jakarta dan kota-kota besar lainnya setiap tahun mengalami peningkatan 14% (Permana *et al*, 2011: dalam Permana & Prasetya, 2013). Implikasi kenaikan konsumsi menyebabkan pertambahan kebutuhan sumberdaya termasuk sumber bahan baku limbah serbuk gergaji. Limbah media jamur tiram berupa serbuk gergaji dalam bag log yang dihasilkan setelah panen jamur belum dimanfaatkan dengan baik dan efektif. Dilaporkan perusahaan jamur tiram dikawasan Puncak, Kecamatan Cipayang Bogor menggunakan media serbuk gergaji 125 ton/bulan (Permana & Prasetya, 2013).

Ketersediaan bahan baku tersebut secara agregat sangat memungkinkan dijadikan bahan resin-fenol sebagai perekat kayu laminasi, pengolahan *medium density fiberboard* (MDF). Pembuatan resin fenol dengan pencampuran fenol, formaldehid dan *tert.butylphenol* atau TBP dimana TBP berfungsi mengisi struktur jaringan posisi *ortho* pada hidroksi fenol sebagai posisi para hanya diisi oleh formaldehid (Rachmawati *et al*, 2010). Reaksi terjadi antara fenol pada posisi *ortho* maupun para dengan formaldehid membentuk rantai *crosslinking* jaringan tiga dimensi (Hesse, 1991). Pembuatan resin fenolik menggunakan pereaksi para alkil fenol dan dimetil fenol diteliti. (Lenghaus *et al*, 2001; Poljansek dan Krajnc, 2005, dalam : Mardyaningsih & Rochmadi, 2011) menggunakan katalisator natrium hidroksida. (Ibrahim *et al*, 2007), modifikasi terhadap resin fenol formaldehid dengan penambahan lignin. (Novakov *et al*, 2006 dalam : Mardyaningsih & Rochmadi, 2011) membuat resin fenol dengan pelarut heksametilintetramin. Sedangkan Chang dan Stella (1996; dalam Mardyaningsih & Rochmadi, 2011) menggunakan *polyvinylidene chloride* sebagai bahan untuk membuat karbon berpori. Proses dan pengerasan



reaksi selama perekatan berlangsung dengan bantuan pemanasan atau bahan katalis atau *hardener* berupa asam, formaldehid, garam-garam ammonium. Menurut, Tsoumis (1991 dalam : Fakhri *et al*, 2008) efisiensi produk perekat maupun efektifitas peningkatan sifat perekatannya dapat ditambahkan bahan pengembang (*extender*) atau bahan pengisi (*filler*).

Menurut, Rachmawati *et al*, (2010) struktur mikropori material karbon yang dibuat dari resin fenol *tert.buthylphenol formaldehid* dengan penambahan zat pendehidrasi meningkatkan kualitas karbon berpori melalui aktivasi fisika secara *partial gasification* menggunakan CO₂ atau *steam*, sedangkan aktivasi kimia dengan merendam karbon dalam zat pendehidrasi misalnya : ZnCl₂, H₃PO₄, NaOH dan K₂CO₃ Abdulah *et al*, 2000 dalam : Rachmawati *et al*, 2010). Pembuatan karbon berpori dengan menggunakan bahan baku *phenolic resin based activated spheres* (P-ACSc) pada suhu

pirolisis 800°C selama waktu 30 menit (Cai *et al*, 2004).

Tujuan tinjauan pustaka ini untuk mempersiapkan rancangan penelitian yang dapat menggali lebih mendalam serta menghasilkan produk bahan perekat pembuatan kayu laminasi atau perekat impor. Dengan memanfaatkan limbah bekas media tanam jamur diharapkan mendapatkan nilai tambah yang maksimal dari limbah biomasa yang berlimpah keberadaannya.

METODE PENELITIAN

Preparasi bahan baku

Limbah media tanam jamur tiram tersedia dalam ratusan ton, berasal dari kantong-bag log plastic berukuran bobot 1850 – 2000 gr / bag log. Berikut pada gambar disajikan limbah kayu sebagai bahan baku utama media jamur tiram (Gambar. 1)



Gambar 1. Limbah media tanam jamur tiram dan limbah serbuk gergaji sebagai bahan baku utama media jamur tiram (Permana & Prasetya, 2013)

Pirolisis bahan limbah jamur.

Pirolisis dimaksudkan dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pada umumnya proses ini dilakukan pada suhu 500-800°C (Rachmawati, *et al*, 2010).

Aktivasi limbah jamur

Substrat yang diperoleh dari media tanam jamur setelah dihidrolisis dikeringkan pada suhu dibawah 60°C, selanjutnya bahan baku dipergunakan untuk proses pereaksian penaktifan lignin yaitu dengan penambahan katalis H₂SO₄ dengan tujuan membuka gugus *aryl* pada lignin dan aktivasi dalam larutan fenol atau gliserol sehingga

diperoleh komponen aromatik (Permana & Prasetya, 2013). Selanjutnya kondisi optimum dicari dengan memvariasikan kadar katalis, perbandingan larutan dan padatan, waktu pereaksian dan suhu yang dipergunakan. Kemampuan reaksi pembentukan ikatan silang lignin diukur dengan reaksi kondensasi dengan mereaksikan formaldehid pada suasana asam.

Formulasi bahan perekat

Bahan dasar limbah jamur yang sudah diaktivasi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lem perekat kayu laminasi. Pembuatan resin fenol atau resol (resin yang berbasis fenol) dengan menggunakan katalis basa (KOH) dicari perbandingan bersama dengan bahan dasar baku tadi. Perbandingan 1 mol fenol terhadap 2,8 mol formaldehid 1 mol fenol terdiri dari 0,8 mol fenol dan 0,2 mol TBP (Rachmawati et al, 2010). Pirolisis limbah jamur berupa cairan bening merupakan bahan pengisi diampurkan dengan resin fenol formaldehid dipanaskan pada suhu 90°C, dengan derajat keasaman reaksi dikontrol pada keadaan basa yaitu pH 8. Proses untuk menghilangkan kandungan air yang ada dalam campuran resin dengan mengkondensasi pada tekanan vacum.

Karakterisasi resin fenol dan aplikasi produk.

Produk resin fenol dikarakterisasi dengan mengukur pH, kadar padatan waktu pembentukan gel, viskositas dan sifat pisik lainnya. Pencitraan morfologi struktur permukaan menggunakan SEM (*Scan electron microscope*). Aplikasi perekat pada kayu laminasi atau vincer kayu, dipres pada suhu kamar dan atau dipres panas. Produk kayu laminasi yang dihasilkan diuji untuk menentukan sifat-sifat dan mutu perekatan, keteguhan rekat, keteguhan geser, ketahanan terhadap air panas dan sifat-sifat lainnya yang ditentukan untuk produk kayu laminasi. Perekatan dalam *medium density*

fiberboard (MDF) disajikan untuk beberapa jenis maupun tipe produk.

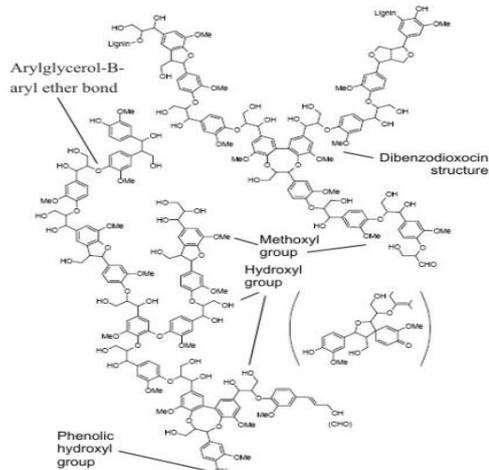
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bahan baku limbah jamur tiram

Bahan campuran utama media tanam bibit komersial T2 atau media tanam F3 jamur tiram berasal dari serbuk gergaji. Hasil produksi jamur tiram selama periode pemanenan 3 bulan dengan kapasitas terpasang 30.000 bag log menghasilkan produk jamur tiram 9-10 ton (Permana *et al*, 2011 dalam : Permana & Prasetya, 2013). Dengan asumsi produksi menguntungkan, apabila media tanam bag log dengan ukuran bobot 1.850 gr rata-rata menghasilkan tubuh buah jamur 350 gr atau dengan konversi 18,9% (1 ton perhari), dengan menghasilkan limbah jamur tiram sebanyak 125 ton. Material limbah jamur tiram yang berlimpah merupakan peluang sebagai bahan baku bahan perekat kayu laminasi. Bahan dasar ini diketahui tersusun oleh unit *guaiacyl* sedangkan kayu keras tersusun atas unit *syringyl* dimana, kayu lunak lebih resisten untuk delignifikasi dengan ekstraksi basa dari pada kayu keras. Diduga bahwa *guaiacyl* lignin membatasi *swelling* serat dan menghalangi serangan enzim pada *syringyl* lignin, struktur lebih resisten dari *guaiacyl* lignin dalam bentuk lignin sintesis didegradasi fungi perombak lignin *Phanerochaeta chrysosporium* (Faix *et al*, 1985 dalam : Anonim 2008). Studi lignin menemukan struktur lignin yang terdiri dari amorfus, bentuk-bentuk terstruktur seperti partikel tabung dan globul, sehingga mengindikasikan struktur kimia dan tri-dimensional lignin dipengaruhi oleh matrik polisakarida. Simulasi dinamik menunjukkan bahwa gugus *hydroxyl* dan *methoxyl* didalam prekursor lignin dan oligomer mungkin berinteraksi dengan mikrofibril selulosa sejalan fakta bahwa lignin memiliki karakteristik hidrofobik (Anonim, 2008).

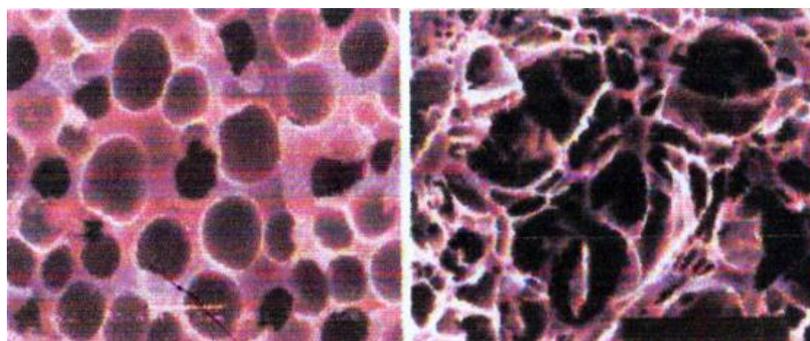


Grup fungsional yang mempengaruhi reaktivitas lignin meliputi gugus fenolik hidroksil bebas, metoksil, benzilik hidroksil, benzyl alkohol, nonsiklikbenzileter dan karbonil. *Guaiacyl* mengandung gugus fenolik hidroksil dibandingkan *syringyl*. (Gambar 2.)



Gambar 2. Struktur lignin kayu lunak dan struktur baru dibenzodiakosin (Bruno 1998, dalam : Permana & Prasetya, 2013)

Struktur lignin mengalami perubahan dibawah kondisi suhu dan asam



Gambar 3. Photo SEM karbon hasil pirolisis resin PFTBP pada suhu 400°C ; (a) tanpa aktivasi dengan pembesaran 5000 X dan (b) aktivasi ZnCl₂ 2% dengan pembesaran 500 X.

Menurut Rachmawati *et al*, (2010) karbon yang telah didehidrasi tampak lebih *porous* dibandingkan karbon tanpa zat pendehidrasi, hal ini mengindikasikan bahwa aktivasi dapat membuka atau membentuk pori baru pada karbon.

yang tinggi seperti dengan perlakuan uap panas. Pada suhu 200°C lignin terpecah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil serta terlepas dari selulosa. Dalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama dengan ikatan hidrogen (Anonim, 2008).

Produk pirolisis limbah jamur

Pada proses penguraian senyawa-senyawa penyusun hanya meninggalkan karbon, karena pirolisis bukan oksigen yang bereaksi, tetapi gas *inert* (N₂) yang dialirkan terus menerus dalam reaktor penggunaan gas *inert* berupa gas N₂ selain untuk mencegah masuknya gas oksigen kedalam reaktor, juga berfungsi sebagai *carrier gas* yang membawa sisa-sisa penguraian selain karbon. Dalam penelitian lain karbon hasil pirolisis (baik tanpa aktivasi maupun dengan aktivasi) hasil *scanning electron microscope* (SEM) menggambarkan morfologi karbon yang berbeda. (Gambar 3.)

Aktivasi limbah media jamur tiram

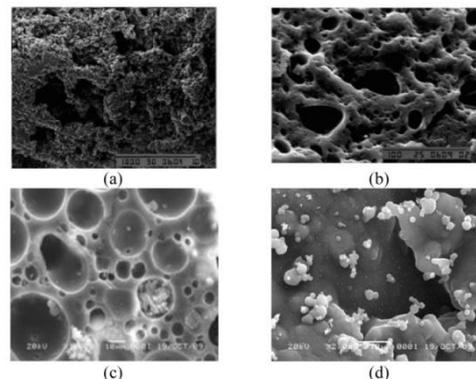
Aktivasi menggunakan KOH meningkatkan luas permukaan karbon aktif setelah terjadi proses reduksi OH yang masih terkandung sehingga membentuk struktur pori lebih luas (Adinata *et al*, 2005).

Perbandingan mol reaktan dan jenis katalis yang digunakan resin fenol formaldehid menjadi dua jenis yaitu novolak dan resol dimana resol merupakan hasil reaksi fenol formaldehid dengan katalis basa seperti natrium hidroksida dan ammonium hidroksida pada pH 8-11. Produk fenol formaldehid menggunakan katalis natrium hidroksida bersifat tidak larut dalam air karena terbentuk bis dan trihidroksilbenzilamin (Martin, 1956 dalam : Anonim 2011). Proses ini menghilangkan sebagian diameter pori yang telah terbentuk selama pirolisis (Rachmawati *et al*, 2010).

Karakterisasi resin fenol dan aplikasi produk

Penambahan turunan fenol mempengaruhi struktur resin. Rapat massa dan kekerasan resin menunjukkan keteraturan dan kerapatan struktur molekul resin. Kerapatan resin dilihat dari posisi ikatan rantai pada struktur molekul dan ukuran gugus. Menurut, Mardyaningsih & Rochmadi (2011) semakin besar ukuran gugus pada struktur jaring fenol formaldehid, maka rapat massa resin semakin kecil. Ukuran gugus yang semakin besar menyebabkan jarak antar molekul fenol semakin renggang. Hal ini dinilai kekerasan resin sangat dipengaruhi oleh proses pembentukannya. Pada pemanasan resin dengan suhu terlalu tinggi menyebabkan air terperangkap membentuk rongga-rongga. Proses dehidrasi resin yang kurang sempurna sangat mempengaruhi sifat resin yang terbentuk. Resin PF mempunyai struktur jaring yang sangat rapat karena posisi ortho-ortho dan para semua membentuk ikatan rantai (jembatan *methylene*) sebagai penghubung antara molekul fenol. Pada struktur jaring resin PF mempunyai ukuran gugus *methylene* yang sama sehingga membentuk ikatan rantai yang saling *crosslink*. Pencitraan SEM morfologi struktur karbon berpori pada beberapa jenis karbon berpori ; karbon PF,

karbon PFTBP, karbon PFHQ dan karbon PFAP dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Pencitraan foto SEM karbon hasil pirolisis fenolik resin (a) karbon PF, (b) karbon PFTBP, (c) karbon PFHQ dan (d) karbon PFAP.

Menunjukkan kesesuaian antara rapat massa bilangan iodin dan *surface area*. Karbon dengan kemampuan menyerap iodin tinggi memiliki *surface area* yang besar. Dan memiliki struktur *micropore* dan *mesopore* yang besar. Fenomena ini dijumpai pada pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari sekam padi (Suzuki, 2007). Keteraturan struktur jaring pada resin dikarenakan posisi gugus pada senyawa turunan fenol yang mensubstitusi molekul fenol pada struktur fenol formaldehid. Posisi dan besar kecilnya ukuran gugus pada senyawa turunan fenol sangat mempengaruhi struktur jaring resin. Struktur permukaan karbon dari resin yang berbeda seperti terlihat pada *scanning electron microscope* (SEM) menggambarkan morfologi struktur permukaan karbon (Gambar 4.).Terjadi keterkaitan antara penambahan senyawa turunan fenol dengan morfologi struktur permukaan karbon PF dan PFTBP menunjukkan hasil yang berbeda dan lebih *porous* jika dibandingkan dengan Gambar (5c) dan (5d) masing-masing untuk karbon PFHQ dan PFAP.

Aplikasi produk berupa *glue spread* merupakan jumlah perekat yang dilaburkan per satuan luas permukaan bidang rekat.

Jumlah perekat yang dilaburkan menggambarkan banyaknya perekat pejal yang kuat. Sistem pengerasan perekat pada permukaan kayu terdiri dari 5 tahap ; *flow* (aliran sisi atau aliran samping), *transfer* (perpindahan dari sisi terlabur ke sisi tak terlabur), *penetration* (masuknya bahan perekat kedalam bahan yang direkat), *wetting* (pembasahan kayu oleh pelarut perekat) dan *solidification* (pengerasan perekat menurut cara pengerasannya) (Prayitno, 1996). Kadar lengas mempengaruhi kedalaman penembusan (penetrasi perekat dan juga lamanya waktu pengerasan perekat). Jika perekat cair diberikan terhadap kayu kering (kadar air kurang dari 5%) kayu akan segera menyerap banyak air dari perekatannya, pada kadar kayu 15-30% kayu akan kehilangan air lebih kecil dan akan lebih bergerak (*mobile*) karena dapat menyerap air lebih sedikit. Untuk perekatan kayu pada suhu normal digunakan kadar air 15%, namun hal ini tergantung jenis perekat yang digunakan (Marsoem, 1998). Kekuatan rekat kayu-kayu Indonesia dengan berat jenis lebih dari 0,80 menghasilkan kekuatan rekat yang kurang lebih sama. Uji perekatan laminasi berbagai kayu kulin, rengas dan meranti merah

termasuk kayu yang mudah direkat, penggunaan jenis perekat urea formaldehid pada tekanan tempa 1 MPa serta penggunaan bahan *filler* 25% telah dapat diperoleh kekuatan geser yang optimum. Jenis kayu yang sangat padu sehingga lebih sulit ditembus oleh aliran perekat untuk membuat suatu ketebalah lapisan garis perekatan yang ideal. Terjadi korelasi peningkatan jumlah perekat terlabur berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan geser kayu yang dihasilkan, bahkan melebihi kemampuan geser kayu solidnya, diprediksi semakin banyak jumlah perekat yang dilaburkan maka semakin dalam penembusan resin kedalam substrat kayu sehingga membentuk suatu garis perekatan yang sangat kuat disekitar bidang rekat tersebut.

Aplikasi perekat resin sebagai alat perekat bahan baku interior memiliki keunggulan sifat ; permukaan halus, ikatan materialnya kuat dan solid dalam bentuk *medium density fiberboard* memiliki daya serap suara yang baik (Permana & Prasetya, 2013). Produk spesifikasi MDF berdasarkan bentuknya terlihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Penampilan produk MDF menggunakan perekat resin formaldehid; (a) proses pembuatan, (b) plain MDF, (c) MDF fleksibel, (d) MDF moulding, (e) MDF printing, (f) MFD carved dan (g) MDF closet. (Sumber :<http://learnfurniture.blogspot.com/2012/03/mdfdeskripsi-cara-pembuatan-cara.html>)

Berbagai jenis produk MDF menunjukkan karakteristik kekilapan tampilan yang berbeda, hal ini disebabkan perbedaan tekanan ketika proses produksi. Namun, dari segi kelemahan produk ini mudah meresap air pada sisi tebal, tidak berkilap bagian bawah, skrup khusus atau menggunakan baut.

SIMPULAN SARAN DAN REKOMENDASI

Keberadaan limbah jamur tiram umumnya belum dimanfaatkan secara baik dan efektif. Upaya pemanfaatan limbah jamur tiram sebagai bahan perekat kayu laminasi merupakan suatu proses yang sangat efisien dengan prinsip nir limbah semua bahan dimanfaatkan menjadi produk yang dihasilkan mempunyai nilai tambah tinggi.

Hasil pirolisis limbah jamur berupa larutan bening merupakan bahan pengisi dengan pencampuran resin formaldehid. Bahan baku limbah jamur diaktivasi dengan penambahan katalis H_2SO_4 untuk membuka gugus *aryl* pada lignin dan diaktivasi dalam larutan fenol atau gliserol. Sedangkan aktivasi menggunakan KOH meningkatkan luas permukaan karbon aktif setelah terjadi proses reduksi OH, sehingga membentuk struktur pori yang lebih luas.

Resin fenol formaldehid (resin PF) mempunyai struktur jaring sangat rapat karena posisi ortho-ortho dan para semua membentuk ikatan rantai (jembatan *methylene*) sebagai penghubung antar molekul fenol dan gugus *methylene* yang sama membentuk ikatan rantai saling *crosslink*.

Terjadi korelasi peningkatan jumlah perekat terlabur terhadap peningkatan kekuatan geser kayu yang dihasilkan, bahkan melebihi kemampuan geser kayu solidnya, semakin banyak jumlah perekat yang dilaburkan maka semakin dalam penembusan resin kedalam substrat

kayu yang membentuk garis perekatan yang sangat kuat disekitar bidang rekat tersebut.

Perekat resin sebagai alat perekat bahan baku interior memiliki keunggulan sifat; permukaan halus, ikatannya kuat dan solid, dalam bentuk MDF memiliki dasar serap suara.

DAFTAR PUSTAKA

- Permana & Prasetya, 2013, Pemanfaatan Limbah Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*, Jacq. Fr) untuk produksi bahan perekat kayu laminasi dan bioetanol-review, Prosiding Seminar Nasional, PATPI, Jember, ISBN : 978-602-9030-49-5, Bidang Rekayasa dan Bioteknologi Pangan (Bagian 2) hal. 308-320.
- Rachmawati, YD, I Prasetyo, Rochmadi, 2010. Pengaruh Penambahan zat pendehidrasi terhadap struktur mikropori material karbon yang dibuat dari pirolisis resin fenol tert.buthyl phenol formadehid, prosiding Seminar nasional teknik kimia "Kejuangan Pengembangan Teknologi Kimia untuk pengolahan sumberdaya alam Indonesia", Yogyakarta, ISSN : 1693-4393, hal. J02-1 s/d J02-9.
- Hesse, W. 1991. Phenolic resin dalam : Mardyaningsih dan Rochmadi, 2011. Pembuatan resin fenol formaldehid sebagai precursor untuk preparasi karbon berpori. Jurnal Rekayasa Proses, Vol, 5 No. 2, hal. 50-55.
- Fakri, Ridwan dan Suharmi. 2008. Keteguhan rekat laminasi empat jenis kayu komersial menggunakan resin urea formaldehid. Jurnal Sains dan Teknologi 7 (1) Maret 2008 : 1-5.
- Ibrahim, MM, N. Ghani, A.Md dan Nen N. 2007. Formulator of lignin phenol formaldehyde resins as a wood adhesive, the Malaysia journal of Analytical Scimes, vol II, school of chemical sciences, University Sains Malaysia, 11800 Minden, Pulau Penang, Malausia, hal : 213 – 218.
- Abdullah, AH, Kasim A, Zaenal Z, Hussein MZ, Kuang D, Ahmad F, Wooi O, 2000. Preparation and characterization of Detivated carbon foom gelam wood bark (Melalenca cajuputi, Malaysia Journal of Analytical Scinces, 7, 65-68)
- Coi, Q, Huang Z, Kang F & Yang J. 2004. Preparation of active carbon microphones form phenolic-resin by



- supercritical water activation, carbon ;
42, 775 – 783.
- Permana, DR. Sogir dan Eric F. 2011. Laporan Kegiatan IPTEKDA LIPI, Judul Pengembangan Bibit dan budidaya jamur makan di Bogor dan Kabupaten Blitar, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, 2011 (tidak dipublikasikan).
- Adinata D, Daud W & Arona MK. 2005. Perparation and characterization of activated carbon from palm shell by chemical activation with K_2CO_3 Bioresource Technology, 98, 145-149.
- Martin,1956.bilangapax.blogspot.com/2011/02/resin fenol-formaldehid : html.
- Faix et al, 1985 dalam Anonim 2008. Karakteristik lignoselulosa, posted in November 23, 2008/22 comments.
- Suzuki, RM. 2007. Preparation and characterization of activated carbon from rice bran. Departemen of Chemistry, Universidade Estadual de Maringo, Brazil

