

PEMBUATAN KAYU TERMOPLASTIS DARI LIMBAH BATANG KAYU KELAPA SAWIT UNTUK KAYU PERTUKANGAN DENGAN RESIN POLISTIRENA TERMODIFIKASI MELALUI TEKNIK IMPREGNASI

Nurfajriani¹, Hafni Indriati N¹, Sukadmo¹

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan, Jln. Willem Iskandar Pasar V, Medan 20221

Diterima 6 Julii 2012, disetujui untuk publikasi 25 Agustus 2012

Abstract : Batang Kayu Kelapa Sawit (KKS) yang tersedia secara terus menerus dan mencemari lingkungan perkebunan belum dimanfaatkan secara ekonomis karena kualitasnya yang masih rendah sehingga tidak dapat dipergunakan sebagai kayu pertukangan. Dalam hal lain, polistirena yang bersifat hidrofobik dapat dimodifikasi dengan menggunakan bahan pemodifikasi untuk menghasilkan resin yang dapat berinteraksi dengan bahan kayu. Sehubungan tingginya permintaan bahan kayu di Indonesia, KKS dapat digunakan sebagai salah satu alternative pengolahan kayu untuk berbagai keperluan. Dalam penelitian ini KKS diolah menggunakan Teknik Impregnasi dengan resin polisterena termodifikasi pada kondisi optimum operasi pada tekanan 1 atm dan waktu impregnai 9 jam. Hasil impregnasi menunjukkan harga modulus patah (MoR) dan modulus elastisitas (MoE) KKS hasil impregnasi meningkat dari 117 Kg/Cm menjadi 691,2 Kg/Cm sehingga kualitas KKS bertambah baik berdasarkan Standar Nasional (SNI,1994). Data analisis termal serta uji kekuatan tarik dan lentur menunjukkan resin polistirena termodifikasi dapat meningkatkan sifat mekanik dan fisik dari KKS.

Kata kunci:
Kayu Kelapa Sawit,
Resin polistirena,
Impregnasi, Kayu
Pertukangan

Pendahuluan

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia menghasilkan limbah padat kayu kelapa sawit (KKS) yang cukup banyak sementara pemanfaatannya masih terbatas secara ekonomis karena kualitasnya yang rendah dan mudah rusak karena pengaruh cuaca dan serangga (Wirjosentono,dkk,2000). Limbah batang kelapa sawit yang dihasilkan pada waktu peremajaan tanaman menimbulkan pencemaran dan masalah lingkungan lainnya sehingga mendorong kita untuk memanfaatkan limbah kayu kelapa sawit yang banyak dijumpai di Indonesia untuk mengganti kayu konvensional. Perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus meningkat dengan laju peremajaan tanaman sekitar 10% maka dapat menghasilkan batang kelapa sawit sebanyak 11,7 juta pohon per

tahun, yang setara dengan 5,85 juta ton kayu per tahun (Prayitno dan Darnoko, 1994). Pemanfaatan KKS untuk keperluan pertukangan sudah dilakukan hanya pada batang bagian bawah (sampai 4 meter dari permukaan tanah) tetapi dalam jumlah yang terbatas karena kesulitan pada pengolahannya. Karena kebutuhan kayu di Indonesia pada tahun 2000 mencapai 80 juta m³ sementara kemampuan pasokannya hanya 49 juta m³ (Prayitno,1995) maka kemungkinan dari penggunaan kayu kelapa sawit sebagai substisusi kayu konvensional perlu diteliti.

Kayu kelapa sawit harus mengalami pengolahan khusus sebelum digunakan untuk bahan bangunan atau perabotan karena struktur KKS tidak memiliki serat untuk fungsi mekanis, sehingga rapuh dan tidak stabil. Untuk menjadi bahan yang potensial

KKS dapat dimodifikasi agar mencapai kualitas yang baik melalui proses impregnasi. Penelitian tentang pemanfaatan limbah padat kayu kelapa sawit untuk dijadikan produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti meskipun demikian tinjauan secara komersial masih sangat sedikit. Zulkarnain dkk (2001) telah melakukan impregnasi larutan resin getah Pinus Merkusi ke dalam KKS tetapi teknik ini membutuhkan pelarut organik yang banyak dan mahal. Sukatik dkk (2001) juga telah melakukan impregnasi resin polipropilena yang dimodifikasi dengan asam akrilat, impregnasi ini dilakukan pada suhu yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kerusakan kayu. Untuk itu perlu diupayakan peningkatan mutu KKS dengan mempergunakan metode lain yang lebih efektif.

Berdasarkan hasil penelitian Program Research Grant tahun 2011, Nurfajriani dan kawan-kawan telah berhasil mengoptimalkan kondisi operasi proses impregnasi kayu kelapa sawit dengan menggunakan plastic polistirena bekas. Data terakhir kayu kelapa sawit setelah di impregnasi pada kondisi optimal harga MoR= 515,79 kg/ cm² dan harga MoE = 33,99 kg/cm². Menurut SNI (No.D 1324-60) tentang mutu kayu dari harga MoR nya di katagorikan pada kelas III, dari harga MoE nya berada pada kelas IV dan V. Sehingga muncul keinginan untuk mengolah limbah batang kayu kelapa sawit dengan resin polistirena komersil termodifikasi dan bahan pendispersi vaselin. Diharapkan dapat terjadi peningkatan kualitas dan memiliki nilai jual sebagai bahan pertukangan.

METODE PENELITIAN

Sampel Kayu Kelapa Sawit (KKS) yang digunakan sebagai contoh uji pada penelitian ini diambil dari batang dewasa pada saat peremajaan (berumur sekitar 25 tahun) dari perkebunan Aek Pancur Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan, dari jenis Dura, ketinggian rata-rata 10 meter dan diameter

rata-rata 35 cm. Secara radial dibedakan pada bagian luar, tengah, dan inti.

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah asam akrilat (P.a. E' Merck), benzoil peroksida (p.a. E'Merck), n-heksane (p.a. E'Merck), toluena teknis dari Brataco Chemica, polistirena, Vaseline. Semua bahan kimia digunakan langsung tanpa pemurnian lebih lanjut.

Peralatan lain yang digunakan adalah peralatan kaca yang umum dipakai di laboratorium yaitu seperangkat alat uji tarik model MFG SC-2 DE, Alat uji Termal DTA, alat SEM.

-Penyediaan Bahan Baku Kayu Kelapa Sawit (KKS)

Sampel Kayu Kelapa Sawit (KKS) yang digunakan pada penelitian ini diambil dari bagian luar batang sesuai dengan gambar 3.1, dikeringkan dalam udara terbuka. Specimen dipotong-potong dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 12cm dan tebal 1cm sesuai dengan ASTM (American Standard for Testing and Material)D 1324-60 (sesuai dengan Gambar 3.2.), Spesimen kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C sampai diperoleh berat yang konstan (Meer dan Menzies, 1997). Selanjutnya kayu dikarakterisasi meliputi Uji Lentur, uji tarik, SEM , DTA.

- Penyediaan Resin Pengimpregnasi.

Polistirena ditimbang sebanyak 20 gram dimasukkan ke dalam gelas ukur dilarutkan dengan toluen, dicampur selama 5 menit lalu ditambahkan dengan 0,1gr benzoil peroksida dicampur lagi hingga tercampur rata, kemudian dimasukan 3.6 gr asam akrilat, dan dicampur lagi sampai homogen. Setelah campuran benar-benar homogen akan diperoleh polistirena hasil modifikasi (resin).

- Penambahan Bahan Pendispersi ke dalam KKS

Pendispersi yang dipilih adalah vaselin dan asam stearat. Masing-masing pendispersi ditimbang dengan berat yang sama (60 gram) kemudian dimasukkan ke dalam impregnator bersama-sama dengan sampel KKS.

Impregnasi Reaktif KKS Menggunakan Resin Pengimpregnasi dengan bahan pendispersi

KKS yang telah dibentuk menjadi specimen yang mengandung bahan pendispersi dicampur dengan resin pengimpregnasi (berat resin yang dimasukkan 80 gram), diatur sedemikian rupa di dalam alat impregnator. Waktu impregnasi adalah 9 jam, pada tekanan 1 atm, dengan suhu tetap. KKS lalu dikeluarkan dari chamber dan dicetak tekan dengan Hot-Press.

- Karakterisasi dan Pengujian KKS Hasil Impregnasi

Spesimen KKS hasil impregnasi yang telah dicetak tekan di karakterisasi sifat mekanisnya yang meliputi uji tarik untuk mendapatkan kondisi operasi optimum. Selanjutnya dianalisis, uji Degradasi Thermal (DTA) dan analisa permukaan dengan SEM, dan membandingkan produk yang diperoleh dengan Standart Kayu pertukangan komersil (SNI No. D 1324-60).

- Uji Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik diuji dengan alat uji tarik pada specimen dengan ketebalan 1 mm dan ukuran dari specimen didasarkan pada ASTM 638.

Pada saat pengujian alat terlebih dahulu dikondisikan pada beban 100 kgf dengan kecepatan penarikan 10 mm/menit, kemudian specimen dijepit kuat dengan ke 2 (dua) penjepit alat tersebut. Selanjutnya diberi beban tarik sehingga specimen akan tertarik ke atas, lalu diamati sampai specimen terputus.

- Analisis Thermal Differensial (DTA)

Sampel terdiri dari resin, KKS awal dan KKS hasil impregnasi. Sampel ditimbang sebanyak 0,03 gr, dimasukkan dalam cawan cuplikan dan ditempatkan pada unit cuplikan. Setelah alat dalam keadaan setimbang suhu dinaikkan dari 22 °C/d 650°C. Setelah dioperasikan hasilnya diplotkan pada kertas dengan kecepatan grafik 5 mm/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Awal Kayu Kelapa Sawit (KKS)

Kayu Kelapa Sawit (KKS) yang dipergunakan dalam penelitian ini dibentuk menjadi specimen KKS dikeringkan dalam udara terbuka dan KKS dipotong-potong membentuk spesimen impregnasi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 48 jam sampai beratnya konstan. Specimen kayu kelapa sawit kering dikarakterisasi sebagai keadaan awal (sebelum perlakuan impregnasi) yang meliputi rapat massa, MoR (Modulus Patah) dan MoE (Modulus Elastisitas).

Dari data awal tersebut rapat massa kayu kelapa sawit hanya dikategorikan pada kelas IV, sedangkan dari data MoR dan MoE KKS kering tersebut belum dapat diklasifikasikan kedalam mutu kayu kelas manapun menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03 3527-1994) khususnya mengenai kekuatan kayu.

Modifikasi Resin Pengimpregnasi

Resin yang dipergunakan untuk mengimpregnasi kayu kelapa sawit adalah polistirena komersil. Karena polistirena bersifat non polar sementara kayu yang komponen terbesarnya selulosa bersifat polar maka kedua bahan ini tidak dapat bercampur sempurna karena perbedaan polaritasnya, maka rantai struktur rantai resinnya dimodifikasi sehingga terbentuk gugus-gugus polar yang akan meningkatkan interaksinya dengan permukaan bahan KKS.

Metode yang digunakan untuk memodifikasi resin dengan menambahkan bahan pemodifikasi asam akrilat yang berfungsi sebagai jembatan penghubung (coupling agent) antara polistirena dengan KKS dan benzoil peroksida sebagai inisiator. Penambahan asam akrilat ini menyebabkan rantai polistirena memiliki gugus polar sehingga diharapkan dapat berinteraksi dengan senyawa yang bersifat polar. Penambahan asam akrilat juga meningkatkan sifat mekanis resin sehingga terjadi

peningkatan kompatibilitas kayu terimpregnasi. Optimasi polistirena termodifikasi dilakukan dengan melihat hasil uji kekuatan tarik.

Impregnasi Resin Polistirena Termodifikasi ke dalam KKS

Spesimen Kayu Kelapa Sawit (KKS) dengan ukuran tertentu diimpregnasi reaktif dengan resin polistirena termodifikasi dengan asam akrilat dan BPO berdasarkan kondisi optimum. KKS yang telah diimpregnasi selanjutnya di karakterisasi dengan beberapa uji mekanis dan pengukuran harga MoE dan MoR.

Terlihat bahwa KKS hasil impregnasi meningkat sifat mekaniknya dibandingkan KKS awal. Menurut SNI tentang mutu kayu terjadi kenaikan harga MoR dari 117,00 Kg/Cm menjadi 691,2 Kg/Cm dan MoE sebesar 35,71 Kg/Cm. Menurut SNI-1994 jika ditinjau dari MoR maka KKS hasil impregnasi dapat digolongkan ke dalam kayu kelas II.

Analisis Difraksi Sinar-X KKS

Difraksi sinar -x digunakan untuk mengetahui keteraturan struktur molekul KKS. Sistem kristal suatu polimer ditentukan dengan mengamati puncak difraktogramnya. Tidak seperti logam polimer sukar membentuk 100% kristalin. Kristalinitas polimer dipengaruhi oleh struktur rantai dan jenis ikatan yang terjadi, dimana adanya ikatan hidrogen antar rantai membuat polimer lebih bersifat kristalin.

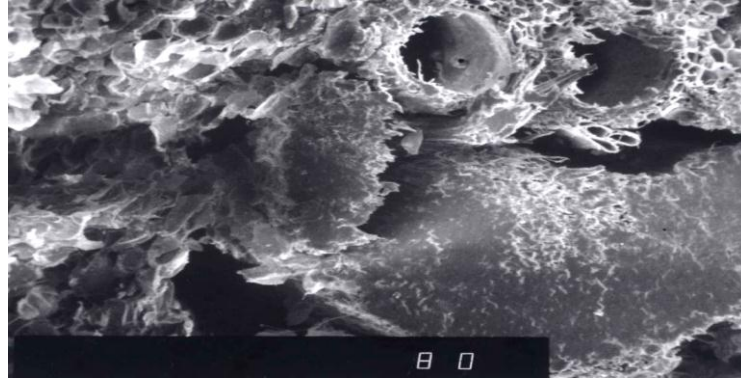
Dari difraksi sinar-x diketahui keteraturan susunan struktur molekul KKS dan terjadi tidaknya impregnasi. Jika terjadi proses impregnasi dari resin yang bersifat hidrofob kedalam KKS yang bersifat hidrofil maka terjadi perubahan keteraturan susunan

struktur KKS. Hal itu terjadi karena penggantian gugus hidroksil KKS oleh gugus-gugus dari resin. KKS terdiri dari beberapa komponen dan komponen yang tertinggi adalah selulosa yang mempunyai kristal berbentuk monoklin (Fengel, 1995). Selulosa mempunyai ikatan hidrogen yang banyak sehingga memiliki daerah kristalin yang luas. Pada KKS awal terlihat ada puncak pada sudut 22°, puncak ini menyatakan bahwa KKS bersifat kristalin karena komponen utamanya adalah selulosa dan adanya ikatan hidrogen inter maupun intra molekuler sehingga selulosa bersifat kristalin.

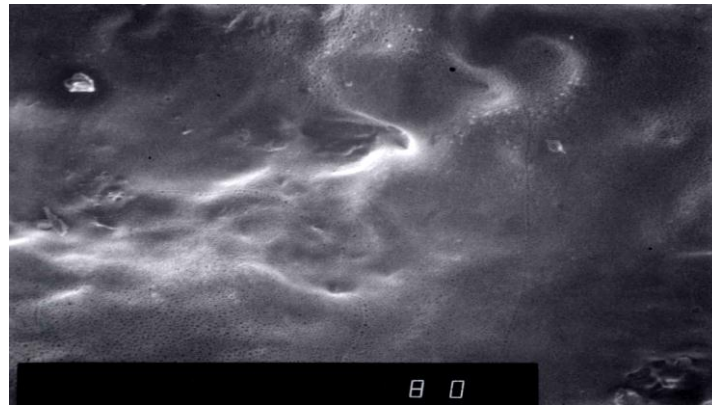
Pada setelah KKS diimpregnasi telah terjadi perubahan pada sistem kristalnya. Dari difraktogram terlihat masih ada puncak sekitar 20°- 25°, tetapi telah terjadi pergeseran dimana puncak terlihat lebih tinggi dan melebar hal ini mungkin disebabkan karena resin sudah masuk kedalam KKS. Pergeseran kristalinitas KKS hasil impregnasi disebabkan karena resin nya bersifat semi kristalin, sehingga bagian kristalin KKS hasil impregnasi bertambah, tingginya puncak pada daerah 20-25° bertambah yang menyatakan bahwa kristalinitas KKS hasil impregnasi meningkat karena adanya resin pengimpregnasi.

Analisis Mikroskop Elektron Payaran (SEM)

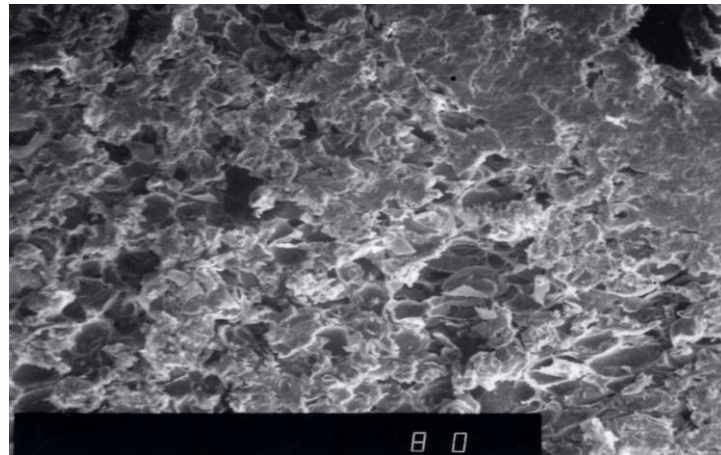
Scanning Elektromagnetik dilakukan untuk melihat bentuk dan perubahan permukaan penampang melintang dari suatu bahan, Bila terjadi perubahan pada bahan seperti patahan, tonjolan, lekukan, pori-pori dan perubahan struktur dari permukaan dapat terlihat secara mikroskopis. Gambar a, b dan c menunjukkan foto SEM KKS awal, KKS hasil impregnasi bagian luar dan KKS hasil impregnasi bagian dalam.



Gambar a. Foto SEM KKS sebelum impregnasi



Gambar b. Foto SEM KKS hasil impregnasi bagian luar



Gambar c. Foto SEM KKS hasil impregnasi bagian dalam

Dari gambar a. terlihat bahwa KKS memiliki banyak serat (fibril) dan vasculer bundle (bagian yang terang) yang mengelilingi parenkim (bagian yang gelap) yang mempunyai banyak pori-pori. Dari foto SEM b. terlihat bahwa rongga atau pori-pori KKS sebagian besar telah terisi oleh resin pengimpregnasi. Pori-pori KKS sudah tertutupi dan distribusi resin pengimpregnasi merata sehingga permukaannya juga lebih rata sehingga pori-pori KKS akan lebih rapat dan akan menaikkan sifat mekanis KKS hasil impregnasi. Pada gambar c. terlihat bahwa resin pengimpregnasi juga dapat memasuki bagian dalam KKS. namun hanya sebagian dari pori-pori atau rongga yang terisi oleh resin tersebut.

Dari gambar diatas kelihatan bahwa telah terjadi perubahan struktur dari KKS sehingga dapat dikatakan proses impregnasi telah terjadi yang menyebabkan kenaikan sifat mekanik KKS hasil impregnasi karena pori-pori KKS telah terisi oleh resin.

Analisis Termal (DTA)

Salah satu cara untuk menentukan perubahan thermal suatu bahan sebagai fungsi temperatur adalah dengan Analisa Thermal Differensial. KKS sebelum impregnasi terlihat bahwa KKS dominan untuk bersifat eksoterm atau melepaskan panas, ini terjadi karena KKS bersifat hidrofil dan banyak mempunyai susunan-susunan gugus OH selulosa KKS yang mudah terurai menjadi gugus-gugus yang lebih sederhana. Dari kurva tersebut terlihat bahwa KKS sebelum terimpregnasi terdekomposisi pada suhu 410°C, pada suhu 265°C, 290°C, 300°C, 320°C, dan 350°C merupakan suhu leleh dari selulosa, semakin besar suhu tersebut menunjukkan bahwa selulosa penyusun KKS tersebut adalah selulosa yang bersifat kristalin. Pada suhu 190°C adalah suhu leleh dari lignin sedangkan pada suhu 110°C dan 150°C merupakan suhu leleh dari hemi selulosa. Apabila proses impregnasi terjadi akan menyebabkan perubahan suhu dari penyusun KKS tersebut. KKS setelah impregnasi masih dominan untuk menyerap panas. Kurva KKS setelah

impregnasi menunjukkan ada puncak baru yang kecil yaitu pada 265°C yang merupakan suhu interaksi antara resin dengan KKS yang didukung adanya suhu 260°C pada resin. Selain itu terjadi juga perubahan titik leleh dari komponen penyusun KKS, misalnya titik leleh selulosa menjadi lebih tinggi dari 350°C menjadi 390°C. Kenaikan suhu terdekomposisi KKS juga terjadi dari 410°C menjadi 430°C karena pengaruh masuknya resin dengan suhu dekomposisinya 450°C. Meningkatnya jumlah resin polistirena yang terimpregnasi ke dalam KKS dapat meningkatkan soliditas spesimen sehingga spesimen tersebut lebih sukar terdekomposisi. Kenaikan suhu dekomposisi mungkin juga karena terjadinya kenaikan berat molekul karena adanya reaksi penempelan atau ikatan silang. Tetapi indikasi adanya interaksi kimia tersebut tidak dapat dirumuskan lebih lanjut dan memerlukan data-data penentuan struktur molekul lainnya. Dengan demikian menunjukkan bahwa KKS telah terimpregnasi oleh resin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa KKS dapat dimodifikasi dengan resin polistirena termodifikasi asam akrilat dan Benzoil peroksida, yang dapat meningkatkan mutu KKS sehingga dapat digunakan untuk kayu pertukangan. dengan interaksi fisik antara polistirena termodifikasi dengan selulosa KKS. Terjadi interaksi fisik antara polistirena termodifikasi dengan selulosa KKS selama Impregnasi pada kondisi tekanan 1atm dan waktu 9 jam. KKS setelah diimpregnasi pada kondisi optimal dengan resin polistirena termodifikasi, kualitasnya meningkat. Harga MoR dan MoE KKS awal (117 dan 10.146,46) kg/cm² setelah diimpregnasi menjadi (691,2 dan 35,99) kg/cm² setelah diimpregnasi. Menurut SNI tentang mutu kayu dari harga MoR nya KKS terimpregnasi mendekati kayu kelas II, (SNI,1994). Perlu dilakukan penelitian dengan berbagai posisi KKS didalam impregnator sehingga didapatkan hasil impregnasi yang lebih baik, dan perlu juga dilakukan peningkatan kualitas KKS dengan

teknik Kompregnasi modifikasi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Negeri Medan yang memberikan dana penelitian, sesuai dengan Surat Perjanjian Hibah Penugasan Penelitian Research Grant KDBK, tahun 2012

DAFTAR PUSTAKA

Anshari Dedi., (2009), *Impregnasi Asap Cair Tempurung Kelapa, Poliester Tak Jenuh Yukalac 157 Bqtn-Ex Dan Toluena Diisiosianat Terhadap Kayu Kelapa Sawit (KKS)*, Tesis, Magister Kimia Polimer,

Pascasarjana USU, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Bakar, E.S., (2003), *Kayu Sawit Sebagai Substitusi Kayu Dari Hutan Alam*, Forum Komunikasi Teknologi dan Industri Kayu Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, volume 2/ 1 Juli 2003, Bogor.

Beker, R., (1987), *Controlled Release of Biologocal Active Agent*, Jhon Willey and Sons, New York

Darwo dan Supriatna, N., (1992), *Pengaruh Kelas Umur Terhadap Produksi Getah Tusam (Pinus Merkusi) Dengan Sistem Sadap Saluran di Sare Kabupaten Aceh Besar*, Buletin Penelitian Kehutanan, Pematang Siantar.

Duljafar, K., (1996), *Kayu dan Pengawetan Kayu*, Penerbit PT Penebar Swadaya, Jakarta

Dumanauw, F.J., (1993), *Mengenal Kayu*, Penerbit kanisius, Yogyakarta.

Fatma, Z., (1995), *Komposisi Asam-Asam Resin Dalam Rosin*, Buletin Kimia, Nomor 10, FMIPA-IPB, Bogor.

Fauzi, Y., dkk., (2008), *Kelapa Sawit*, Penerbit PT Penebar Swadaya, Jakarta.

Fengel, D., Wegeher., (1995), *Kayu*, Penerjemah sastrohamijoyo, D., Gajamada University Press, Yogyakarta.

Guritno, P., Wijosentono., B, dkk, (2000), *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Menggunakan Resin Pinus Merkusi dan Asam Akrilat*, Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 8 (1) : 51-66

Ismail H., dan I.N. Hasliza, (1999), *Effect of Bonding Agent on The Mechanical Properties of The Composites Made of Natural Rubber and Oil Palm Empty Fruit Bunch*, Polymer-Pastics Technology & Engineering, 38(1), 137-148

Minato K, K., Sakai dan M, Matsunaga, (1998), *Alternation of Wood Properties by Impregnation with Natural Polycyclic and Relating Simpel Phenolic Compounds*, Proceeding of The Second International Wood Science Seminar, Serpong.

Nasution, D.Y dan Tamrin, (2001), *Pembuatan Kayu Termoplastik dari Batang Kelapa Sawit Menggunakan Teknik Impregnasi Reaktif dengan Poliolefin Daur Ulang*, Laporan Akhir Penelitian Domestic Colaboratif Research Grant, Proyek Penelitian Untuk Pengembangan Pascasarjana/ URGE, Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, Medan

Prayitno, T.A., (1995), *Bentuk Batang dan Sifat Fisika Kayu Kelapa Sawit*, Penelitian Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.

Rabek, F.J., (1980), *Experimental Methods in Polymer Chemistry*, Jhon Willey and Sons, New York.

Sastrohamodjojo, (1995), *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Seymour, R.B., (1990), *Polymer Composite*, Utrecht, Nederland
- Siburian, Rikson. A.F., (2001), *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Dengan Poliblen Propilena/ Karet alam dan Asam Akrilat*, Tesis, Magister Kimia Polimer, Pascasarjana USU, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sukatik, (2001), *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Dengan Polipropilena Bekas yang Dimodifikasi Dengan Asam Akrilat*, Tesis, Magister Kimia Polimer, PPs-USU, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sukatik dan Yandraini Yunida, (2006), *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Dengan Resin Getah Pinus Merkusi Berbasis Air*, Jurnal Rekayasa sipil, Volume 2 No. 1 : 76-83
- Tamrin., (2007), *Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengawet dan Jaringan Interpenetrasi Polimer Pada Kayu Kelapa Sawit*, Disertasi S3 Kimia PPs- USU, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Tomimura, Y., (1992), *Chemical Characteristics of Oil Palm Trunk*, Japan Agric 25 (4), 283-288
- Wirjosentono, B., Nasution, D.Y., Tamrin, (2000), *Pembuatan Kayu Termoplastik dari Batang Kelapa Sawit Menggunakan Teknik Impregnasi Reaktif dengan Termoplastik Komersial*, Proposal Penelitian DCRG-URGI, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Zaini, M.J, M Y A Fuad, M S Mansor, dan J Mustafah, (1996), *The effect of Filler Content and Size on The Mechanical Properties of Polypropilene Oil Palm Wood Flour Composite*. Polymer International, 40 (1), 51-55
- Zaini, M.J, M Y A Fuad, M S Mansor, dan J Mustafah, (1996), *Application of Oil Palm Wood Flour as Filler in Polypropylene*, Polymer Journal, 26 (5), 637-642
- Zulkarnain, Wirjosentono B., Darnoko, (1999), *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Dengan Poliblen Propilena/ Karet Alam Dan Asam Akrilat*. Tesis, Magister Kimia Polimer, PPs-USU, Universitas Sumatera Utara, Medan.