

EFEKTIVITAS POLIMERISASI ASAM AKRILAT KOMBINASI ASAP DESTILAT PADA POSISI INTI PADA KAYU KELAPA SAWIT (KKS)

Denny Akbar Tanjung
Universitas Medan Area
dennykopertis1@yahoo.com

Abstrak : Tujuan dari penelitian ini adalah membentuk polimerisasi sebagai usaha untuk meningkatkan kualitas sifat mekanik maupun keawetan dengan proses impregnasi asap destilat kombinasi asam akrilat kedalam batang KKS bagian inti. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah: pembuatan asap destilat suhu 200⁰C dari cangkang buah kelapa sawit, pemotongan kayu kelapa sawit posisi inti dari 2,4,6,8 meter dari atas tanah, Impregnasi KKS dengan asap destilat kombinasi asam akrilat, pengujian sifat mekanik, Photo SEM dan keawetan. Dari hasil penelitian diperoleh densitas maksimum adalah 0,75gr/cm³, Modulus patah (MOR) maksimum 283,7kg/cm², Modulus elastis (MOE) 53.289,4kg/cm², tegangan geser sejajar 52,77 kg/cm². Untuk uji keawetan jamur tidak dapat hidup pada KKS yang telah dipolimerisasi.

Kata Kunci : Polimerisasi, Batang Kayu Kelapa Sawit, Asap Destilat, Asam Akrilat.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus meningkat dengan laju peremajaan tanaman sekitar 10% menghasilkan batang kelapa sawit sebanyak 11,7 juta pohon pertahun yang setara dengan 5,85 juta ton kayu pertahun mendorong kita untuk memanfaatkan secara maksimal sebagai pengganti kayu konvensional. Upaya untuk meningkatkan kualitas kayu dari kualitas rendah menjadi kayu kualitas tinggi telah banyak dilakukan, salah satunya meningkatkan kestabilan dimensi kayu. Kestabilan ini dapat dilakukan dalam berbagai metode seperti metode fisik dan metode kimia. Perlakuan metode fisik antara lain pengirangan kayu dalam oven, pelapisan permukaan dan pengisian pori-pori kayu sedangkan metode kimia antara lain asetilasi maupun formaldehidrasi.

Pengawetan kayu dengan cara oven atau pengirangan dapat berlangsung secara merata sehingga pada kelembaban tertentu dimensi kayu akan stabil. Akan

tetapi ini tidak dapat bertahan lama, karena air dapat terdifusi kembali kedalam kayu selama pemakaian. Untuk mencegah terjadinya difusi air dapat dilakukan pelapisan dengan cara memplitur atau sejenisnya. Namun apabila terjadi benturan dengan benda lain dapat berakibat permukaan kayu terbuka sehingga air berdifusi dan kayu dengan mudah akan mengembang. Pengisian pori-pori kayu dengan bahan kimia atau zat aditif dapat mengurangi hidrofilitas kayu sehingga pengembangan atau penyusutan volume kayu berkurang namun cara ini kurang sempurna karena pada proses tertentu zat aditif dapat berdifusi keluar dari pori-pori kayu. Jadi kemungkinan untuk kayu kembali mengabsorpsi air akan terjadi. Untuk meningkatkan stabilitas dimensi kayu kelapa sawit dengan metode pemanfaatan material berbasis polimer dengan teknik impregnasi dapat dijadikan alternatif karena kelebihan dalam berbagai hal yaitu ringan, mudah dibentuk, cukup kuat, relatif murah dan dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metoda impregnasi Monomer Asam Akrilat kedalam pori-pori kayu kelapa sawit diharapkan akan mengalami polimerisasi sehingga menghasilkan jaringan yang permanen didalam serta memperkuat struktur kayu kelapa sawit. Sementara untuk keawetannya penulis menggunakan asap destilat dari cangkang buah kelapa sawit pada suhu 190-210 °C. Kandungan asap yang telah diteliti terlebih dahulu mengandung asam 0,1601% dan senyawa fenol 3,1049%.

Asap mengandung sejumlah besar senyawa yang terbentuk oleh pirolisis konstituen kayu seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kelompok-kelompok terpenting dari senyawa tersebut meliputi fenol, karbonil, asam, furan, ester, lakton dan hidro karbon aromatik polisiklik. Fenol mempunyai sifat anti bakterial dan anti oksidan. Dua senyawa utama dalam asap destilat yang diketahui mempunyai efek bakterisida/ bakteristatik adalah fenol dan asam-asam organik yang dalam kombinasinya kedua senyawa tersebut bekerja sama secara efektif untuk mengontrol pertumbuhan mikroba. Poli asam akrilat terbentuk dari monomer asam akrilat melalui proses polimerisasi radikal bebas. Poli asam akrilat tidak larut dalam monomernya dan dalam sejumlah pelarut organik tetapi larut dalam air. Pada pemanasan tidak terjadi termoplastik tetapi cross link, mempunyai suhu transisi gelas, T_g 106 °C, sifat polielektrolit dengan viscositas yang tinggi dan dapat dipergunakan sebagai bahan pengental, perekat dan resin penukar ion. Pencangkakan polimer vinil kedalam senyawa selulosa dapat memodifikasi sifat-sifat dari selulosa. Kopolimer senyawa-senyawa vinil pada selulosa dapat melalui polimerisasi radikal bebas dan melalui penyinaran dengan sinar ultraviolet (radiasi).

Berdasarkan uraian diatas peneliti menggunakan asap destilat sebagai bahan pengawet KKS dan Asam Akrilat sebagai pembentuk polimerisasi di dalam rongga-

rongga kayu yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik kayu kelapa sawit. Parameter yang diambil untuk penelitian ini ialah jarak kayu dari 2,4,6,8 meter dari atas permukaan tanah, posisi kayu bagian pinggir, uji ketahanan dimensi, fisik dan keawetannya.

2. METODE PENELITIAN

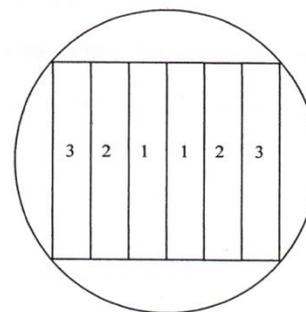
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu spesimen kayu, cangkang buah kelapa sawit, asam akrilat, jamur polyphorus, Benzoiil peroksida.

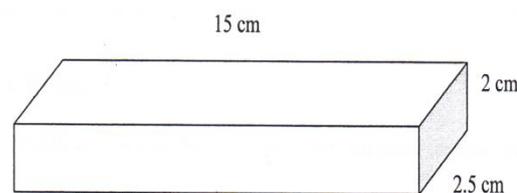
Alat yang digunakan yaitu Gergaji belah, Gelas ukur, Alat uji tekan type SC 20E, Alat SEM, dan tungku pengarangan.

Prosedur

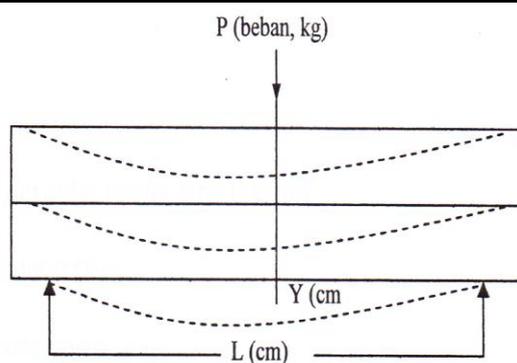
Pada penelitian ini pertama-tama yang dilakukan adalah membuat spesimen kayu kelapa sawit dengan ukuran 15 x 2 x 2,5 meter (sesuai dengan ASTM 1324-60) secukupnya. Batang kayu diambil dari dari posisi inti bagian dalam dengan ketinggian 2, 4, 6, 8 meter dari atas tanah setelah dibentuk spesimen dibersihkan dan dikeringkan dalam oven 40 °C sampai berat konstan.



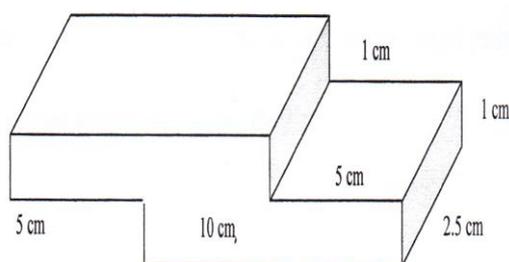
Gambar 1. Batang Kayu Posisi Pinggir Dipotong Melintang Dengan Spesimen Posisi (1) Inti, (2) Tengah, (3) Pinggir



Gambar 2. Spesimen KKS berdasarkan ASTM D 1324-60 Untuk Uji MOR dan MOE



Gambar 3. Spesimen KKS Yang Diberikan Beban Untuk Uji MOR dan MOE.



Gambar 4. Spesimen KKS berdasarkan ASTM 1037-30 untuk uji Tegangan Geser sejajar Serat.

Pembuatan Asap Destilat Dari Cangkang Buah Kelapa Sawit

Sebanyak 10kg cangkang buah kelapa sawit yang sudah kering dimasukkan dalam tungku pengarang yang dilengkapi dengan termometer, tungku pengarang dihidupkan dan asap yang dihasilkan dialirkan ke kolom pendingin melalui pipa penghubung dan ditampung dalam beaker glass serta dicatat suhu pemanasan pada asap destilat yang pertama kali menetes. Asap Destilat yang dibutuhkan adalah pada suhu 190-200 °C. Asap destilat yang dihasilkan masih tercampur ter dan dilakukan pemisahan sentrifugasi 2000rpm selama 20 menit.

Impregnasi Spesimen KKS

KKS kering yang sudah disiapkan dimasukkan kedalam larutan asap destilat dan asam akrilat (1:1) ditambahkan 0,01% benzoil peroksida sebagai inisiator selama 48 jam pada suhu kamar 30°C dalam sistem tertutup. Selanjutnya spesimen dikeringkan.

Karakteristik Spesimen KKS

Spesimen KKS sebelum dan sesudah perlakuan impregnasi dikarakterisasi untuk dibandingkan dengan metode kayu bangunan yang meliputi parameter : Pengembangan KKS (%), Densitas (d : gr/cm^3), Modulus Patah (MOR: kg/cm^2), Modulus Elastis (MOE: kg/cm^2), Tegangan Geser Sejajar Serat (g : kg/cm^2), SEM serta uji keawetannya dengan menggunakan jamur polyphorus.

Densitas

Pengujian densitas kayu kelapa sawit dilakukan dengan metoda water displament. Densitas kayu kelapa sawit ini dihitung dengan menggunakan rumus:

$$d = \frac{w}{v}$$

Dengan :

d = densitas (gr/cm^3)

w = berat (gr)

v = volume air yang dipisahkan oleh spesimen (cm^3)

Uji Modulus Patah dan Modulus Elastis

Sifat Mekanik dari keteguhan lentur patah dan sifat keelastisitas KKS setelah diimpregnasi dilakukan uji modulus patah dan modulus elastis dilakukan dengan alat uji tekan terhadap spesimen. Spesimen diletakan didua titik dari masing-masing kedua bagian ujung spesimen sebagai penyanggah pada alat uji tekan dan kemudian dikenakan penekanan pada beban 1000 kg.f tepat ditengah-tengah spesimen dengan kecepatan tekan 50 mmm/mnt kemudian dicatat tegangan maksimum (f maks) dan regangan pada saat spesimen patah. Rumus yang digunakan adalah:

$$MOR = \frac{3PL}{2IT^2} \text{ dan } MOE = \frac{P.L^3}{4yI^3}$$

Dengan :

MOR = Modulus patah (kg/cm^2)

MOE = Modulus Elastis (kg/cm^2)

P = Beban Patah/Lentur (kg)

L = Jarak sanggah (cm)

I = Lebar spesimen (cm)

t = Tebal spesimen (cm)

y = jarak defleksi (cm)

Uji Tegangan Geser Sejajar Serat

Pengujian tegangan geser sejajar serat dilakukan dengan alat uji tarik terhadap spesimen. Kedua ujung spesimen dijepit pada alat uji tarik dan kemudian dikenakan tarikan pada beban 1000 kg dengan kecepatan tarik 50 mm/mnt kemudian dicatat tegangan maksimum (F maks) dan regangan pada saat spesimen putus. Rumus yang digunakan adalah:

$$G = \frac{P}{A}$$

Dengan:

G = Tegangan Geser Sejajar Serat (kg/cm)

P = Beban Putus (kg)

A = Luas Penampang (cm)

Uji Morfologi Dengan SEM

Uji morfologi dengan menggunakan SEM bertujuan untuk melihat rongga-rongga dari KKS, Asap destilat yang menutupi seluruh rongga-rongga, serta masuknya resin asam akrilat hingga kedalam KKS.

Sampel spesimen diletakan pada sampel (stub) yang terbuat dari logam setelah terlebih dahulu diberi perekat stik karbon. Kemudian sampel spesimen dilapisi perak bercampur palladium dalam suatu ruangan (vakum evaporator) yang bertekanan 0,1 atm selama 5 menit. Sampel dimasukan kedalam ruangan spesimen (Spesimen chamber) dan selanjutnya disinari dengan pancaran elektron bertenaga ± 15 kilovolt sehingga sample mengeluarkan elektron sekunder dan elektron terpantul yang dapat dideteksi dengan detektor sintilator dan

kemudian diperkuat dengan suatu rangkaian listrik yang menyebabkan timbulnya gambar pada *Chatode Ray Tube*. Pengambilan gambar dilakukan setelah memilih bagian tertentu dari objek (sampel) dengan pembesaran 400kali sehingga diperoleh foto yangn baik dan jelas.

Uji Keawetan dengan menggunakan Jamur Polyphorus

Pada penelitian ini jamur yang digunakan adalah Jamur Polyphorus yang diletakan diatas permukaan kayu. Pengamatan dilakukan dari 1 hari, 1 Minggu, 3 minggu dan 8 minggu. Variasi yang dipakai adalah permukaan kayu kering (belum diimpregnasi), kayu yang diimpregnasi dengan asap destilat dan terakhir kayu yang diimpregnasi dengan Asam Akrilat kombinasi asap destilat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan telah dilakukan terhadap semua sampel dengan Setelah dibandingkan hasil penelitian pada kayu kelapa sawit alami (tidak diimpregnasi) dengan kayu kelapa sawit yang diimpregnasi menunjukkan kenaikan yang signifikan pada uji mekaniknya ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Pada uji densitas menunjukkan bahwa kayu kelapa sawit sebelum diimpregnasi nilai maksimum pada posisi 2 meter dengan nilai $0,53 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai terendah pada posisi 8 meter dengan nilai $0,33 \text{ gr/cm}^3$.

Tabel 1. Karakterisasi Kayu Kelapa Sawit Kering Sebelum Impregnasi

No	Tinggi Spesimen Dari Atas Tanah (m)	Densitas (g/cm^3)	Modulus Patah (MOR) (kg/cm^2)	Modulus Elastis (MOE) (kg/cm^2)	Tegangan Geser Sejajar (kg/cm^2)
1	2	0,53	217,7	15.685	34,05
2	4	0,45	195,9	12.042	30,4
3	6	0,38	183,5	11.021	30,82
4	8	0,33	170,4	10.213	27,41

Tabel 2. Karakterisasi Kayu Kelapa Sawit Setelah Diimpregnasi

No	Tinggi Spesimen Dari Atas Tanah (m)	Densitas gr/cm ³	Modulus Patah (MOR) kg/cm ²	Modulus Elastis (MOE) kg/cm ²	Tegangan Geser Sejajar Kg/cm ²	Pengembangan KKS (%)
1	2	0,75	266,5	50.054,9	30,92	9,55
2	4	0,60	271,5	50.994,7	44,52	11,49
3	6	0,43	283,7	53.289,4	52,77	13,16
4	8	0,35	260,6	48.956,4	44,73	14,59

Setelah diimpregnasi nilai densitas tertinggi berada pada 2 meter dan nilai terendah pada 8 meter dari atas tanah.

Dari hasil densitas sebelum dan setelah diimpregnasi menunjukkan adanya kecenderungan yang sama bahwa semakin tinggi posisi batang kayu kelapa sawit maka semakin rendah densitasnya dan atau semakin tinggi kayu kelapa sawit maka semakin berkurang kerapatan serat kayu kelapa sawit.

Hasil Uji Modulus Patah (MOR) dan Modulus Elastis (MOE)

Dari Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa adanya puncak maksimum pada posisi 2 meter untuk uji modulus Patah (MOR) dengan nilai 217,7 kg/cm² dan minimum pada posisi 8 meter dengannilai 170,4 kg/cm² dan untuk kayu yang telah diimpregnasi puncak maksimum berada pada posisi 6 meter diatas tanah dengan nilai 283,7 kg/cm² ini berarti telah terjadi peningkatan dari posisi sebelum diimpregnasi.

Sedangkan uji modulus elastis menunjukkan puncak maksimum nilainya adalah 15.685 kg/cm² pada posisi 2 meter dan minimum pada posisi 8 meter dengan nilai 10.213 kg/cm² dan untuk kayu kelapa sawit yang telah diimpregnasi mempunyai puncak maksimum pada posisi 6 meter dengan nilai 53.289,4 kg/cm² dan nilai terendah pada posisi 8 meter dengan nilai 48.956,4 kg/cm² meningkat sebelum diimpregnasi.

Dari data diatas dapat kita simpulkan bahwa tekanan beban yang diberikan pada spesimen kayu kelapa sawit membuat kayu mengalami regangan dan beberapa serat yang terdapat didalam kayu menjadi putus dan tekanan dihentikan setelah terjadi tegangan maksimum. Puncak maksimum pada posisi 6 meter menunjukkan bahwa kayu kelapa sawit mempunyaitekstur yang baik pada posisi tersebut, artinya komposisi serat dan pati kayu kelapa sawit tidak terlalu keras sehingga resin tidak sulit untuk masuk kedalam pori-pori dan tidak terlalu lunak (mudah patah bila diberikan tekanan). Sehingga terjadi keseimbangan antara kekuatan struktur KKS dan polimerisasi yang terjadi didalamnya. Dalam SNI kekuatan kayu jika ditinjau dari nilai MOR termasuk golongan kelas IV sedangkan untuk MOE termasuk golongan kelas V.

Hasil Uji Tegangan Geser Sejajar Serat

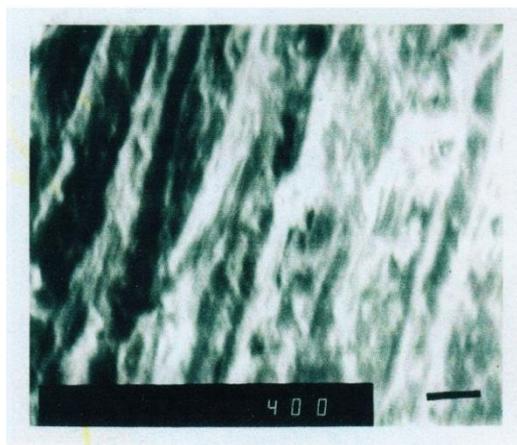
Pada uji tegangan geser sejajar serat terjadi puncak maksimum yaitu berada pada posisi 6 meter dengan nilai 34,05 kg/cm² sedangkan setelah diimpregnasi menunjukkan puncak maksimum pada nilai tertinggi pada posisi 6 meter 52,77 kg/cm². Jika dilihat besarnya kenaikan nilai uji tegangan geser sejajar serat setelah diimpregnasi pada posisi yang sama adalah sebesar 200% sebelum diimpregnasi. Ini berarti kerapatan serat dan polimerisasi yang terjadi didalam struktur kayu pada posisi 6 meter sangat baik. Pada SNI berada pada kelas 2.

Tabel 3. Standar Spesimen Kayu Bangunan Dalam Keadaan Kering Udara

Kelas kuat	Densitas (g/cm ³)	Modulus Patah (kg/cm ²)	Modulus Elastis (ribuan) (kg/cm ²)	Tekan Sejajar Serat (kg/cm ²)	Tekan Tegak Lurus Serat (kg/cm ²)	Geser Sejajar Serat (kg/cm ²)
I	>0,9	>1221	>161	>636	>171	>93
II	0,6-0,9	795	112	411	114	59
III	0,4 - 0,6	437	75	266	76	37
IV	0,3 - 0,4	278	56	193	57	26
V	<0,3	<278	<56	<193	<57	<26

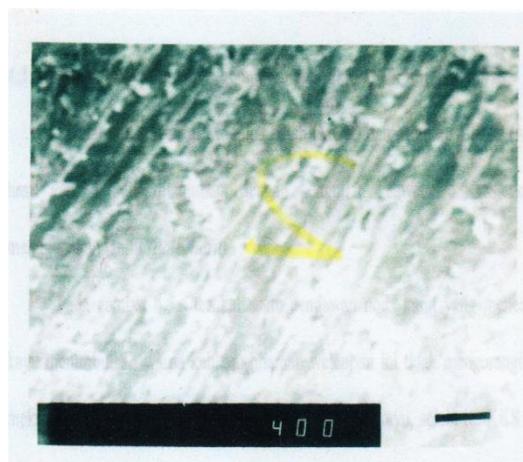
Hasil Uji Morfologi Dengan SEM

Dari Gambar 5 berikut diketahui bahwa permukaan hitam menunjukkan rongga-rongga kosong jaringan parenchim KKS kering selain itu terlihat bahwa KKS memiliki banyak serat (vibril) dan vasculer bundle (bagian yang terang) yang mengelilingi parenchim (bagian yang gelap) yang mempunyai banyak pori-pori.

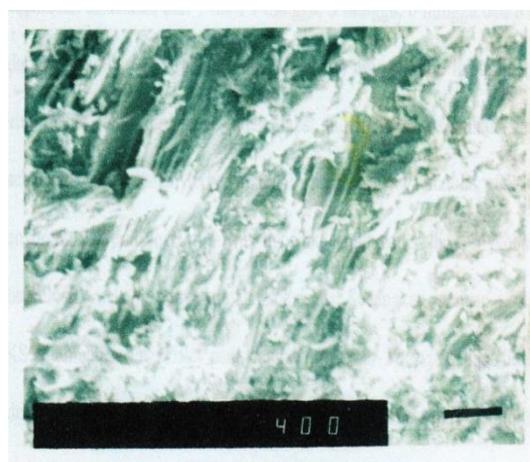


Gambar 5. Photo SEM KKS Kering Dengan Pembesaran 400 X

Sementara itu pada Gambar 6 tampak permukaan putih menunjukkan asap destilat menutupi seluruh rongga-rongga jaringan parenchim KKS dan terlihat bahwa rongga atau pori-pori KKS sebagian besar telah terisi oleh asap destilat ini ditunjukkan pada permukaan kayu yang berwarna putih. Pori-pori KKS sudah tertutupi dan distribusi asap secara merata, sehingga permukaannya juga lebih merata, sehingga pori-pori KKS lebih rapat.



Gambar 6. Photo SEM KKS Setelah Diimpregnasi Dengan Asap Destilat



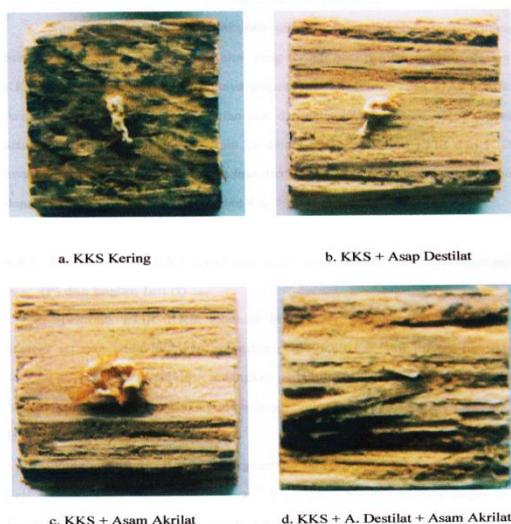
Gambar 7. Photo SEM KKS Setelah Impregnasi Dengan Asap Destilat Kombinasi Asam Akrilat

Pada Gambar 7 terlihat ada permukaan putih yang menunjukkan bahwa polimer masuk hingga ke dalam rongga-rongga parenchim KKS dan memperlihatkan monomer asam akrilat telah membentuk suatu jaringan polimer dengan asap destilat pada setiap rongga-rongga KKS Parenchem.

Jadi, berdasarkan gambar tersebut telah kelihatan bahwa telah terjadi perubahan struktur dari KKS, sehingga dapat dikatakan proses impregnasi atau polimerisasi telah terjadi yang menyebabkan kenaikan sifat mekanik KKS.

Hasil Uji Keawetan Menggunakan Jamur Polyphorus

Setelah dilakukan uji modulus patah, elastis dan photo SEM, pengujian dilanjutkan dengan uji keawetan dengan menggunakan jamur Polyphorus. Gambar 8a. Terlihat suatu cendawan noda karat yang menempati kayu menimbulkan warna kehitam-hitaman walaupun ini tidak mengurangi sifat mekanik tetapi merugikan nilai kenampakan dari suatu kayu, selain itu KKS yang sedang diuji dengan cendawan Polyphorus terlihat dapat berkembang biak pada inangnya yang cocok dengan berkecambah spora, pertumbuhan ruas-ruas hifa, atau kolonisasi dari sumber infeksi terdekat. Benang-benang ramping panjang sebut hifa tumbuh memanjang sepanjang permukaan KKS dan mencoba menembus kedalam terutama melalui ujung-ujung serat yang terbuka atau terpotong.



Gambar 8. Photo Jamur Polyphorus Diatas Permukaan Kayu Kelapa Sawit Sebelum Dan Setelah Diimpregnasi

Pengamatan dilakukan dari 1 hari, 1 minggu, 3 minggu, 6 minggu dan 8 minggu sedangkan gambar 8b adalah KKS ditambah asap destilat ini terlihat bahwa pertumbuhan jamur polyphorus tidak dapat hidup diatas permukaan kayu. Ini disebabkan jamur rentan terhadap fenol karena senyawa fenolat efektif dalam menyerang bakteri vegetatif, virus lipofilik, jamur dan Mycobacterium tuberculosis, mekanismenya melalui toksisitas.

Sedangkan pada gambar 8c adalah KKS ditambah asap akrilat pada sampel ini jamur polyphorus juga tidak dapat hidup, ini disebabkan telah terjadinya polimerisasi pada setiap permukaan dan kedalam rongga-rongga KKS. Dan terakhir gambar 8d adalah KKS terimpregnasi dengan asap destilat dan asam akrilat ditambah 0,01 % benzoil peroksidasebagai inisiator pada permukaan kayu ini juga memperlihatkan bahwa jamur polyphorus tidak dapat berkembang biak. Ini disebabkan selain disamping kandungan air yang rendah dan resin fenol berfungsi sebagai bakterisida atau pembunuh bakteri dan terjadi polimerisasi setelah ditambahkan monomer akrilat dan membuat perkembang biakan jamur terhambat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diketahui bahwa proses Impregnasi asap destilat kombinasi asam akrilat dapat membentuk jaringan polimer pada setiap rongga-rongga parenchim. Jaringan polimer yang terbentuk dapat meningkatkan sifat mekanik kayu. Asap destilat yang diimpregnasi dalam rongga KKS dapat menghambat pertumbuhan jamur. Setelah dianalisa ternyata posisi batang KKS 6 meter diatas tanah adalah posisi yang terbaik didalam pembentukan jaringan polimer didalam rongga-rongga parenchim, ini dapat dilihat dari puncak maksimum yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall C, 1989. *Polymer Material*. Mac. Millan London.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*". Gadjah Mada University Press.
- Klason, C. J., Kubat, Gatenholm, P. 1989. *New Wood-Based Composites With Thermoplastics, In Cellulosics Utilisation, Reseach and Rewards in Cellulosics*, H.Inagaki and g.o Philips (Eds) Elsevier Appl. Si., London.
- Li J., Furuno, J., Katoh, S. 1998. *Improvement on Dimensional Stability and Flame Resistance of Wood by Esterification and Silica Gel Fixing*. Proceeding of the Second International Wood Science Seminar. Serpong.
- Minato, K., Sakai, K., Matsunada, M. 1998. *Alternation of Wood Properties by Impregnation With Natural Polycyclic and Relating Simple Phenolic Compound*. Proceeding of The Second International Wood Science Seminar. Serpong.
- Nurfujriani. 2002. *Impregnasi Kayu Kelapa Sawit Dengan Polistirena Bekas Yang Dimodifikasi Dengan Asam Akrilat*. Tesis S2. Kimia PPS-USU. Medan.
- Prayitno T.A. 1995. *Bentuk Batang dan Sifat Fisika Kelapa Sawit*. Laporan Penelitian Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Saddiah, S. 2006. *Analisis Kadar Keasaman Kadar Senyawa Turunan Fenol Dan Nilai Indeks Pencoklatan Dalam Pembuatan Asap Cair Dari Cangkang Kelapa Sawit*. Skripsi USU.
- Sastrohamidjojo. 1995. *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. Gajah Mada University Press.
- Wirjosentono, B. 1988. *Struktur dan sifat mekanis Polimer*. Intan Dirja Lela Press. Medan.
- Zulkarnain. 2001. *Impregnasi Resin Pinus Markusi dan Asam Akrilat Kedalam Kayu Kelapa Sawit menggunakan Berbagai Pelarut*. Tesis S2 Kimia PPS-USU. Universitas Sumatera Utara. Medan.