PENGGUNAAN TANIN KULIT *Acacia mangium* Willd. PADA RESIN SISTEM[1]

(*Utilization of Tannin from the Bark of Acacia mangium Willd. in Resin System*)

Lina Karlinasari[2], E. Roffael[3], Suminar S. Achmadi[4]

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the character of tannin *Acacia mangium* barks and to compare dimensional stability and strength of MDF prepared using tannin from *A. mangium* in combination with commercial UF, PF resin systems. The bark was water extracted, in a water to bark ratio of 5 : 1 at temperature range of 60-70°C for 4 hour. Tannin-adhesive formulations prepared were: 1) UF-resin, 2) tannin extract + UF = 50% + 50%, 3) tannin extract + UF = 60% + 40%, 4) PF-resin, 5) tannin extract + PF = 50% + 50%, 6) tannin extract + PF = 60% + 40%. The extractive content of bark was 22.29%. The reactivity of extractives towards formaldehyde, as measured by Stiasny-method, was about 90.94%. The results indicated that the pH decreased with increasing of tannin concentration and the viscosity range of various formulation tannin-adhesives was between 2.5 to 30 poise. To a certain extent, the content of tannin in UF-resin systems has positive influences on thickness swelling, and modulus of rupture (MOR), while the internal bond seemed to decrease as a high amount of tannin was used in UF-resin systems. Negative influence was observed in the thickness swelling and internal bond strength due to the use of tannin in PF-resin system. However, modulus of rupture (MOR) seemed to be positively affected. Further works are needed for the improvement of tannin-UF and tannin-PF resin blends properties.

Keywords: tannin, *Acacia mangium* Willd. UF and PF, resin system, MDF

PENDAHULUAN

Penelitian secara sistematik tentang penggunaan tanin sebagai perekat telah dimulai sejak 1950 oleh Dalton di Australia. Meningkatnya harga minyak bumi dan perekat sintetis yang disebabkan oleh krisis minyak bumi pada tahun 1970-an menjadi momentum penggunaan tanin sebagai perekat (Ayla dan Weissmann, 1984). Di Afrika Selatan, Amerika Selatan, Selandia Baru, Australia, Skandinavia, bahkan Malaysia telah memulai penggunaan tanin sebagai perekat atau sebagai akselerator pada perekat fenol untuk kayu lapis dan produk komposit lainnya awal tahun 1980-an (Ayla dan Weissmann, 1984; Coppens *et al.*, 1980; Yazaki *et al.*, 1998). Dewasa ini di Eropa Tengah tanin menjadi perhatian penting, bahkan di Jerman tanin sebagai

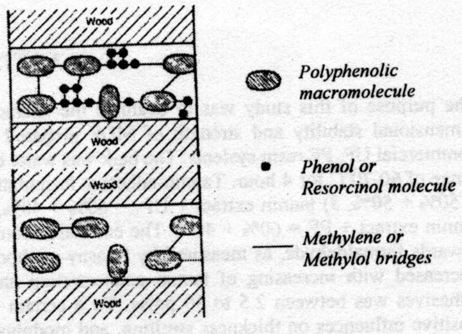
---

[1] Sebagian dari paper ini disampaikan pada "The 4th International Wood Science Symposium" di Serpong, 2-5 September 2002

[2] Staf Pengajar JTHH Fakultas Kehutanan IPB
[3] Faculty of Forestry and Ecology, Goettingen University
[4] Staf Pengajar Jurusan Kimia, FMIPA IPB

perekat dasar telah dikembangkan untuk produk marine grade OSB (*Oriented Strand Board*), papan partikel, dan MDF (*Medium Density Fiberboard*) untuk aplikasi interior pada rumah prepabrik (Kruse dan Hasener, 2000).

Tanin didefinisikan sebagai bahan-bahan nabati yang memiliki efek tanin atau sebagai *tanning agents* dan mengandung senyawa polifenolik. Tanin dapat diperoleh dari batang, kulit kayu, dan bahan alami lainnya seperti biji, buah, daun dan akar. Tanin diklasifikasikan menjadi 2 bagian: tanin terhidrolisis (*hydrolysable tannin*) dan tanin terkondensasi (*condensed tannin*). Tanin terhidrolisis adalah ester dari asam galat atau asam fenol karbonat lainnya yang merupakan turunan dari asam galat dengan alkohol multivalen atau gula yang dapat dipecah menjadi unit bermolekular rendah oleh enzim yang terhidrolisis atau oleh asam. Karena kereaktifannya yang rendah terhadap formaldehida maka tanin terhidrolisis menjadi tidak penting pada produksi perekat (Ayla dan Weissmann, 1984; Kruse Hasener, 2000). Sedangkan tanin terkondensasi adalah terutama produk oligomer atau polimer yang terkondensasi yang terdiri dari *polyhydroxyflavan*-3-ols (cathecols, I) dan *polyhydroxyflavan*-3,4-diols leucoantho-cyanidin, II). Tanin terkondensasi memiliki sifat seperti produk fenol lainnya ketika bereaksi dengan aldehida. Produk akhir dari reaksi ini adalah tidak larut air, dan *polycondensates* yang bermolekul tinggi. Reaksi kondensasi tanin dengan formaldehida membentuk gugus metilol melalui atom C pada ring A dari molekul taninnya yang berguna untuk terciptanya *methylen bridges* dalam rangka ikatan silang antar molekul tanin lainnya. Karena ukuran dan bentuknya molekul tanin bereaksi dengan formaldehida pada tingkat kondensasi yang rendah, akibatnya molekul-molekul tanin tidak stabil dan menjadi jauh jaraknya satu sama lain untuk dijangkau oleh *methylen bridges*. Oleh sebab itulah kenapa produk reaksi kondensasinya cenderung lemah dan rapuh. Kehadiran dari perekat sintetis (fenol) mampu membantu meningkatkan sifat dari tanin terkondensasi melalui pengerasan dan penambahan gugus hidroksil fenolik dimana melalui jaringan ikatan silang perekatnya akan menyempurnakan polimerisasi (Gambar 1) (Ayla dan Weissmann, 1984; Pizzi, 1982).



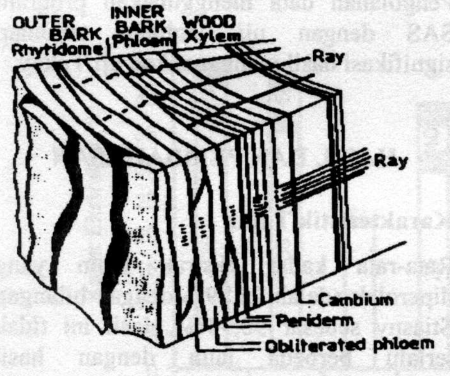
Gambar 1. Sketsa ikatan tanin (polifenolik) pada kayu (Ayla dan Weissmann, 1984)

Kurang lebih 10-15% dari volume log kayu terdiri dari kulit dimana sampai saat ini kulit masih dianggap sebagai limbah dengan pemanfaatan yang sangat terbatas hanya sebagai sumber energi dan mulsa. Hal ini merupakan masalah bagi industri perkayuan. Sesungguhnya kulit kayu kaya akan zat ekstraktif yang salah satunya adalah berupa polifenolik alami yang banyak terkandung terutama pada bagian dalam kulit kayu (phloem) (Gambar 2). Polifenolik sendiri merupakan bahan dasar bagi produksi perekat dimana pada saat bereaksi dengan formaldehida melalui reaksi kondensasi akan menghasilkan produk dengan potensi ikatan yang cukup tinggi (Roffael, *et al.*, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanin *A. mangium* dan pengaruh tanin *A. mangium* yang dicampur dengan perekat sintetis, Urea Formaldehida (UF) dan Fenol Formaldehida (PF), terhadap sifat fisis dan mekanis *Medium Density Fiberboard* (MDF).

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah kulit kayu sebagai sumber tanin yang berasal dari kulit *A. mangium* yang berumur ± 8 tahun yang diperoleh dari daerah Parung Panjang, Bogor. Sedangkan serat kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah *A. mangium* yang diperoleh dari PT Sumalindo Lestari Jaya di Kalimantan Timur. Perekat sintetis yang digunakan adalah perekat UF dan PF dari PT Pamolite Adhesive di Probolinggo.



Gambar 2. Skema bagian terluar dari batang dengan beberapa jaringan (Fengel dan Wegener, 1984)

Tanpa memperhatikan posisi atau letak kulit, bagian dalam atau luar, kulit kayu dibuat serbuk dengan ukuran 20-40 mesh dan berkadar air 10-20%. Serbuk tersebut kemudian diekstraksi dengan air destilata dengan perbandingan 1:5. Ekstraksi dilakukan selama 4 jam pada suhu 60-70°C. Selanjutnya ekstrak didiamkan selama kurang lebih 12 jam untuk kemudian disaring dengan kain saring sebanyak 2 (dua) kali penyaringan. Ekstrak tersebut kemudian dikeringkan dalam oven (suhu 60-70°C) hingga terbentuk kristal.

Dalam penentuan kadar ekstrak tanin, sejumlah serbuk kayu ditimbang untuk kemudian diekstrak sesuai dengan metode ekstraksi yang dilakukan di atas. Selanjutnya larutan ekstraksi tanin tersebut ditimbang. Sejumlah larutan ekstraksi tanin diambil untuk kemudian ditimbang dan selajutnya dioven sampai mencapai berat konstan. Kadar ekstrak tanin dihitung sebagai berikut :

$$Kadar\ ekstrak\ (\%) = \frac{Berat\ padatan\ pada\ ekstrak}{Berat\ serbuk\ kulit\ kayu} x\ 100$$

Bilangan Stiasny adalah bilangan yang menunjukan kereaktifan tanin terhadap formaldehida. Penentuan Bilangan Stiasny dilakukan berdasarkan Laks, *et al.* (1988) yaitu dengan menimbang sebanyak 0,1 gram ekstrak tanin yang telah ditambah 8 ml air destilata lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditutup lalu dikocok. Selanjutnya dipanaskan selama 15 menit di atas penangas air pada suhu 100°C. Setelah itu apabila larutan tersebut memiliki endapan maka disaring untuk kemudian dibilas dengan 2 ml air destilata, bila tidak terdapat endapan maka larutan tersebut langsung ditambah 2 ml air destilata. Selanjutnya pada larutan tersebut ditambahkan 2 ml formaldehida (37%) dan 1 ml HCl. Kemudian larutan tersebut ditutup kembali untuk selanjutnya dipanaskan selama 30 menit di atas penangas air dengan suhu 100°C. Setelah itu larutan tersebut didinginkan, lalu disaring vakum menggunakan kertas saring dan dikering udarakan hingga diperoleh sejumlah serbuk. Bilangan Stiasny dihitung sebagai berikut :

$$\textit{Bilangan Stiasny (\%)} = \frac{\textit{Berat ekstrak yang tidak larut}}{\textit{Berat ekstrak tannin}} \times 100$$

Formulasi dasar perekat yang digunakan adalah 100 bagian berat perekat (binder) dan 5 bagian berat pelarut methanol. Detail dari berat perekat atau binder adalah sebagai berikut :

1). perekat UF (67.26% solids), 2). ekstrak tanin (34% solids) + UF = 50% + 50% (TUF-A), 3). ekstrak tanin (34% solids) + UF = 60% + 40% (TUF-B), 4). perekat PF (45.87% solids), 5). ekstrak tanin (34% solids) + PF = 50% + 50% (TPF-A), 6). ekstrak tanin (34% solids) + PF = 60% + 40% (TPF-B).

pH dan viskositas formulasi perekat masing-masing ditentukan dengan menggunakan alat Universal indicator pH 0-14 merek Merck, dan Portable viscotester VT-04, Rion co. Ltd.

Pada proses pembuatan MDF, serat yang berasal dari PT Sumalindo Lestari Jaya dibuat MDF atau papan serat berkerapatan sedang dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm dan berkerapatan target 0.7 g/cm^3. Serat dengan kadar air 11% dicampur dengan perekat yang berkadar 12% dari berat kering serat. Teknik pencampuran yang dilakukan berdasarkan Pizzi (1982) adalah dengan 2 (dua) tahap. Tahap pertama larutan cair yang berupa perekat (UF atau PF) yang ditambah dengan pelarut methanol disemprotkan ke dalam serat kemudian tahapan selanjutnya secara terpisah disemprotkan larutan tanin. Lembaran yang terbentuk dikempa dingin melalui pemadatan secara manual diikuti dengan kempa panas hingga mencapai ketebalan 1 cm dengan maksimum tekanan kempa 35 kg/cm^2 selama 15 menit pada suhu 170°C (5 menit pada maksimum tekanan, 5 menit pada tekanan kempa sedang, dan 5 menit pada tekanan kempa rendah menjelang dilepaskannya tekanan). Pengkondisian dilakukan selama ± 3 minggu hingga mencapai kadar air kesetimbangan.

Pengujian dilakukan terhadap sifat fisis dan mekanis MDF berdasarkan DIN-EN Standar No. 310-323. Sifat yang diuji adalah kadar air, kerapatan, pengembangan tebal setelah direndam air selama 24 jam, keteguhan tarik tegak lurus permukaan, dan modulus patah (MOR = modulus of rupture).

Analisis data dilakukan secara statistika terhadap sifat fisis dan mekanis MDF menggunakan rancangan faktorial dimana faktor A adalah jenis perekat dan faktor B adalah konsentrasi campuran perekat (UF, TUF-A, TUF-B; PF, TPF-A, TPF-A). Pengolahan data menggunakan program SAS dengan uji lanjutan terhadap signifikasi hasil menggunakan uji Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanin

Rata-rata kadar ekstrak tanin yang diperoleh adalah 22.29% dengan bilangan Stiasny sebesar 90,94%. Hasil ini tidak terlalu berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain yang juga menggunakan tanin *A. mangium* dengan pelarut air (Tabel 1).

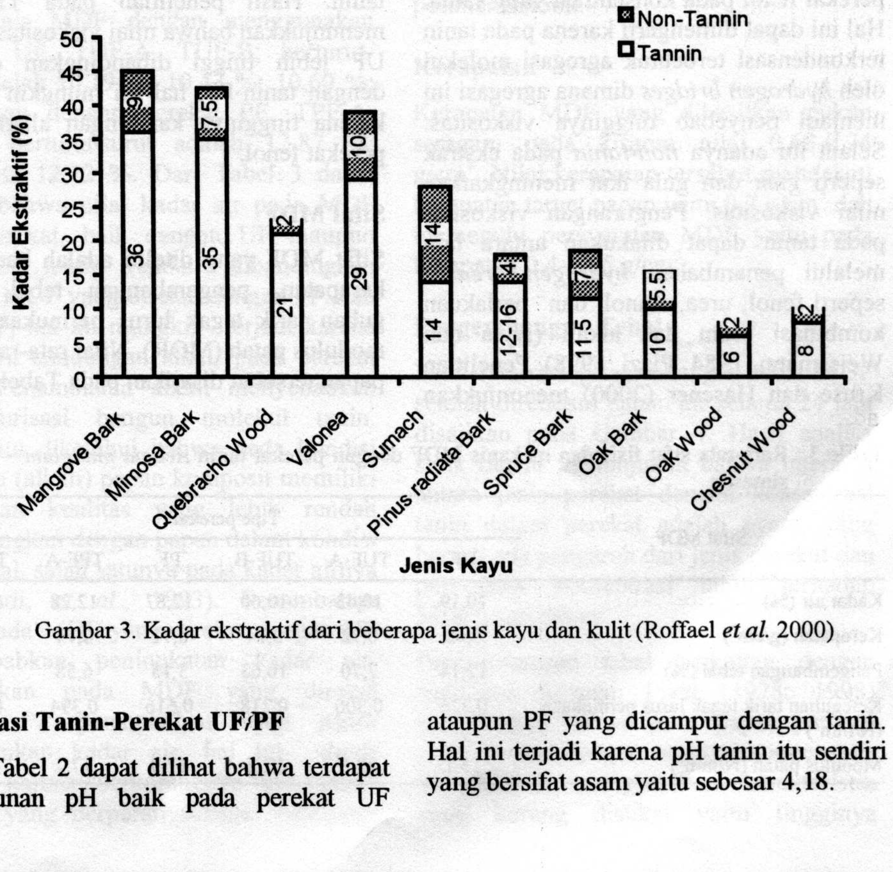
Tan (1992) menyebutkan ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi dari hasil ekstraksi antara lain: tipe pelarut, suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, ukuran partikel kulit, perbandingan antara kulit dan pelarut, dan tahapan ekstraksi. Selain itu disamping jenis kayu, umur pohon, tempat tumbuh, faktor cuaca juga turut mempengaruhi kandungan dan komposisi zat ekstraktifnya. Konsentrasi tanin akan

Table 1. Kadar ekstrak tanin dan bilangan Stiasny *A. mangium* dari beberapa lokasi

Medium ekstraksi - lokasi-	Kadar ekstrak (%)	Bilangan stiasny (%)
Air (Parung Panjang)	22.29	90.94
Air[a] (Kal-tim)	21.98	t.d
Air[b]	30.26	t.d
Air[c] (Sum-sel)	35.13	t.d
Air[d] (Darmaga)	29.76	80.03
Air[e] (Malaysia)	21.00	122.22

[a] Achmadi dan Darmawan, 1991 [b] Pari, *et al.*, 1992 [c] Fahmi, Ar., 1988; [d] Prasetya, *et al.*, 1998; [e] Yusoff, *et al.*, 1989; t.d. = tidak ada data

meningkat secara signifikan terhadap penurunan kualitas tempat tumbuh (Tiarks *et al.*, 1989). Beberapa nilai kadar ekstrak tanin dari sejumlah jenis kayu dan kulit dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Kadar ekstraktif dari beberapa jenis kayu dan kulit (Roffael *et al.* 2000)

Evaluasi Tanin-Perekat UF/PF

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat penurunan pH baik pada perekat UF ataupun PF yang dicampur dengan tanin. Hal ini terjadi karena pH tanin itu sendiri yang bersifat asam yaitu sebesar 4,18.

Terdapat kecenderungan peningkatan nilai viskositas terhadap peningkatan konsentrasi tanin yang dicampur dengan perekat sintetis. Tanin terkondensasi ketika direaksikan dengan formaldehida memberikan karakteristik yang kurang cocok bagi papan partikel karena memberikan viskositas perekat yang tinggi (Pizzi, 1978; 1998). Karenanya penambahan *hardener* (formaldehida) harus dibatasi (Kruse dan Hasener, 2000).

Tabel 2. Karakteristik tanin-perekat UF/PF

Tipe perekat		pH	Viskositas (P)
UF	: Urea formaldehida)	7	3.17
TUF A	: Tanin : UF (50%:50%)	4	20-30
TUF B	: Tanin : UF (60% : 40%)	4	10-20
PF	: Fenol formaldehida	12	3.67
TPF A	: Tanin : PF (50% : 50%)	10	3.5-6
TPF B	: Tanin : PF (60% : 40%)	9	2.5-4

Pada dasarnya viskositas dari larutan tanin lebih tinggi dibandingkan dengan larutan perekat fenol pada konsentrasi yang sama. Hal ini dapat dimengerti karena pada tanin terkondensasi terbentuk agregasi molekul oleh *hydrogen bridges* dimana agregasi ini menjadi penyebab tingginya viskositas. Selain itu adanya *non-tanin* pada ekstrak seperti *gum* dan gula ikut meningkatkan nilai viskositas. Pengurangan viskositas pada tanin dapat dilakukan antara lain melalui penambahan *hydrogen breaker* seperti fenol, urea, etanol; dan perlakuan kombinasi asam dan alkali (Ayla dan Weissmann, 1984; Pizzi, 1998). Penelitian Kruse dan Hasener (2000) menunjukkan bahwa viskositas tanin berkurang 40-60% ketika ditambahkan 5% urea pada larutan tanin. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai viskositas tanin-UF lebih tinggi dibandingkan dengan dengan tanin-PF, hal ini mungkin terjadi karena tingginya kandungan alkali pada perekat fenol.

Sifat MDF

Sifat MDF yang diteliti adalah kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, keteguhan tarik tegak lurus permukaan, dan modulus patah (MOR). Nilai rata-rata sifat papan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Rata-rata sifat fisis dan mekanis MDF dengan perekat tanin *Acacia mangium* – perekat sintestis

Sifat MDF	Tipe perekat					
	UF	TUF-A	TUF-B	PF	TPF-A	TPF-B
Kadar air (%)	10,19	10,43	10,60	12,87	12,28	12,12
Kerapatan (g/cm³)	0,68	0,72	0,74	0,71	0,74	0,70
Pengembangan tebal (%)	12,14	7,70	10,63	3,15	6,58	8,53
Keteguhan tarik tegak lurus permukaan (N/mm²)	0,326	0,306	0,218	0,616	0,394	0,233
Modulus patah (N/mm²)	15,1	20,5	21,6	17,0	17,2	18,8

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi tanin-perekat terhadap sifat fisis dan mekanis MDF yang dihasilkan maka dilakukan analisis keragaman. Tabel 4 menyajikan rangkuman analisis keragaman dari semua sifat-sifat papan.

Table 4. Hasil analisa sidik ragam sifat fisis dan mekanis MDF yang direkat dengan tanin-perekat sintetis (α =5% selang kepercayaan)

Sifat MDF	Analisa sidik ragam		
	Perekat (A)	Konsentrasi campuran tanin (B)	(AB)
Kadar Air (%)	***	tn	**
Kerapatan (g/cm^3)	tn	tn	tn
Pengembangan tebal (%)	***	tn	**
Keteguhan tarik tegak lurus permukaan (N/mm^2)	*	**	tn
MOR (N/mm^2)	tn	tn	tn

*nyata; **sangat nyata; ***sangat-sangat nyata; tn: tidak nyata.
Catatan : (A) terdiri dari UF dan PF ; (B) konsentrasi tanin terdiri dari 0%, 50%, 60%

Kadar Air

Kadar air MDF dengan menggunakan perekat UF, TUF-A, TUF-B; berturut-turut adalah 10,19 %; 10,43 %; 10,60 %; sedangkan dengan perekat PF, TPF-A, TPF-B berturut-turut adalah 12,87 %; 12,28 %; 12,12 %. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai kadar air pada MDF yang direkat, baik dengan UF maupun tanin-UF lebih rendah dibandingkan dengan MDF yang direkat dengan PF atau tanin-PF, hal ini mungkin terjadi karena tingginya kandungan alkali pada perekat fenol. Penambahan alkali menyebabkan restrukturisasi bangun molekul tanin. Selain itu diketahui bahwa pada kondisi pH basa (alkali) papan komposit memiliki sifat dan kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan papan dalam kondisi pH netral, salah satunya pada kadar airnya (Achmadi, *et al.*, 1993). Penambahan tanin pada MDF yang direkat dengan UF menyebabkan peningkatan kadar air. Sedangkan pada MDF yang direkat dengan PF penambahan tanin justru menurunkan kadar air, hal ini dapat terjadi karena berkurangnya kandungan NaOH yang berperan sebagai fasilitator intermolekuler ikatan hidrogen pada polimer fenolik.

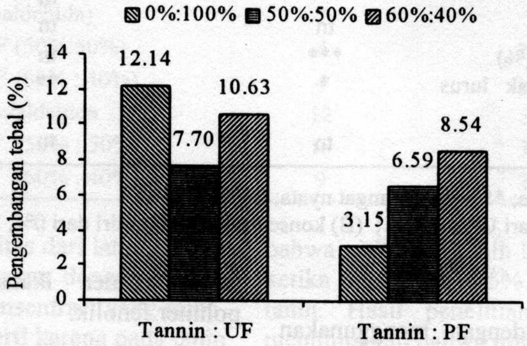
Kerapatan

Kerapatan MDF yang dihasilkan cukup seragam pada kisaran nilai 0,68-0,74 g/cm^3. Nilai kerapatan tersebut mendekati kerapatan target papan yaitu 0,7 g/cm^3 dan memenuhi persyaratan MDF yaitu pada kerapatan 0,4-0,85 g/cm^3.

Pengembangan Tebal

Nilai rata-rata pengembangan tebal MDF setelah direndam dalam air selama 24 jam disajikan pada Gambar 4. Hasil analisa sidik ragam menunjukan bahwa interaksi antara jenis perekat dengan konsentrasi tanin dalam perekat adalah nyata, yang berarti ada pengaruh dari jenis perekat dan perbedaan konsentrasi tanin terhadap MDF yang dibuat.

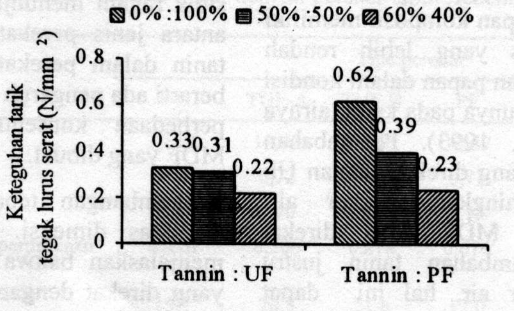
Pengembangan tebal berkaitan dengan stabilitas dimensi. Pizzi (1978; 1998) menjelaskan bahwa pada papan partikel yang direkat dengan tanin terkondensasi-formaldehida menghasilkan karakteristik yang kurang disukai yaitu tingginya viskositas dari perekat dan lemahnya daya tahan papan terhadap air. Hal ini pula yang terjadi pada MDF yang dihasilkan, dimana terjadi peningkatan pengembangan tebal pada papan yang direkat dengan tanin-PF. Pada MDF yang direkat dengan tanin-UF adanya tanin justru menurunkan pengembangan tebal atau malah memperbaiki sifat papan, hal ini mungkin terjadi karena tanin berfungsi sebagai penangkap formaldehida sehingga peranan tanin dalam menyerap air menjadi berkurang. Jika dibandingkan dengan standar MDF EN-622-5 yang mensyaratkan pengembangan tebal kurang atau sama dengan 15% maka pengembangan tebal dari MDF yang dihasilkan masih memenuhi standar.



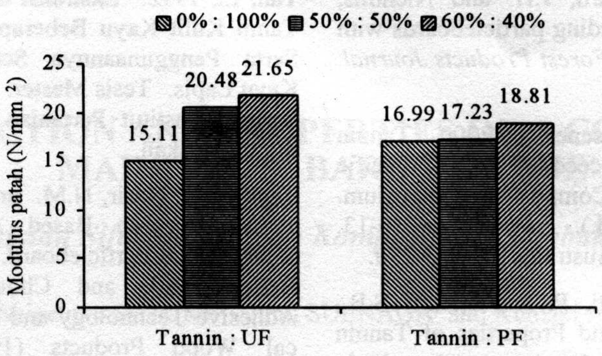
Gambar 4. Kondisi pengembangan tebal MDF yang direkat dengan tanin-UF/PF

Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan

Gambar 5 menunjukkan bahwa terjadi penurunan keteguhan tarik tegak lurus permukaan pada setiap papan seiring dengan penggunaan tanin sampai kadar 50-60%. Pizzi (1982); Teck (1993); dan Kruse dan Hasener (2000) menyebutkan bahwa penggantian atau substitusi perekat sintetis dengan tanin menyebabkan penurunan nilai keteguhan tarik tegak lurus permukaan. Kecuali untuk MDF yang direkat dengan PF, seluruh papan contoh tidak memenuhi persyaratan MDF EN-622-5 yaitu sebesar 0,6 N/mm^2.



Gambar 5. Kondisi keteguhan tarik tegak lurus permukaan MDF yang direkat dengan tanin-UF/PF



Gambar 6. Kondisi modulus patah (MOR) MDF yang direkat dengan tanin-UF/PF

KESIMPULAN DAN SARAN

1). Penambahan tanin pada perekat sintetis, UF dan PF, menyebabkan peningkatan viskositas dari perekat
2). Pada kondisi perekat UF sebagai binder, penggantian UF oleh tanin sampai 50-60% memberikan pengaruh yang positif terhadap pengembangan tebal dan modulus patah (MOR) tetapi tidak untuk keteguhan tarik tegak lurus permukaan
3). Pada kondisi perekat PF sebagai binder, penggantian PF oleh tanin sampai 50-60% memberikan pengaruh yang positif terhadap modulus patah (MOR) tetapi tidak untuk pengembangan tebal dan keteguhan tarik tegak lurus permukaan
4). Penelitian lebih lanjut diperlukan terhadap optimalisasi dalam pencampuran dan komposisi dari tanin-UF dan tanin-PF

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, S.S. dan Darmawan A.S., 1991.Tannin dari Hutan Tanaman Industri Sebagai Pencampur Perekat Sintetik Fenol Formaldehida. Proyek Peningkatan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. No 156/P4M/DPPM/BD/ XXIII/1990.

Achmadi, S.S., Sumadiwangsa, S. and Choong, E.T., 1993. Use of Mangrove Bark Tannin for Wood Adhesion. In : Hse, C-Y., Braham, S.J., and Chou, C. (Eds.). Adhesive Technology and Bonded Tropical Wood Products (1998). Taiwan Forestry Research Institute. Pp. 15-27.

Ayla, C dan Weissmann, G. 1984. New Development in The Use of Tannin Formaldehyde Resins for The Manufacture of Particleboards. Plant Research and Development Vol 19. Institute for Scientific Co-operation. Tubingen

Coppens, H.A., Santana, M.A.E. and Pastore, F.J., 1980. Tannin Formaldehyde Adhesive for Exterior-Grade Plywood and Particleboard Manufacture. *Forest Products Journal* 30(4): 38-42.

European Committee for Standardization (EN). 1997. Brussel.

Fahmi, Ar., 1988. Pembuatan Papan Partikel *Acacia mangium* dengan Perekat Tannin dari Ekstraksi Kulit Kayunya. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.

Fengel, D. and Wegener, G., 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter. Berlin.

Hall, R.B., Lonard, J.H. and Nicholls, G.A., 1960. Bonding particleboards with bark extractives. *Forest Products Journal*. Pp. 263-272

Kruse, K and Hasener, J., 2000. Tannin for OSB?. In Proceeding: The 5th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Evans, P.D. (Ed.). December 10-13, 2000. Canberra, Australia. pp. 263-270.

Pari, G., Hastoeti, P. and Lestari S.B., 1992. Quality and Properties of Tannin Extractive from *Acacia mangium* bark. *Forest Products Research Journal* (in Indonesia) 10(4): 113-121.

Pizzi, A., 1978. Wattle-Base Adhesives for Exterior Grade Particleboards. *Forest Prod.s J.* 28(12): 42-47.

Pizzi A., 1982. Pine Tannin Adhesives for Particleboard. *Holz als Roh- und Werkstoff* 40: 293-301.

Pizzi A., 1998. Wood/Bark Extracts as adhesives and Preservatives. In: Bruce, A. and Palfryman, J.W. (Eds.). Forest Products Biotechnology. Taylor & Francis. UK.

Prasetya, B., Subyakto and Ruhendi, S., 1998. Utilization of Bark Extract of *Acacia mangium* Wild for Adhesive in the Wood Composite: Influence of Water-glass on the Gluing Quality of Plywood. In Proceeding: The 4th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Hadi, Y.S. (Ed.). November 2-5, 1998. Bogor. Indonesia. Pp. 27-35.

Roffael, E., Dix, B. and Okum, J. 2000. Use of Spruce Tannin as a Binder in Particleboard and Medium Density Fiberboard (MDF). Holz als Roh-und Werkstoff 58:301-305.

Tan, L., 1992. Ekstraksi dan Identifikasi Tanin Kulit Kayu Beberapa Jenis Pohon Serta Penggunaannya Sebagai Perekat Kayu Lapis. Tesis Master. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.

Teck, C.L., Nasir, N.M. and Tahir, P.M., 1993. Tannin Based Adhesives for Rubberwood Particleboard. In: Hse, C-Y., Braham, S.J. and Chou, C. (Eds.). Adhesive Technology and Bonded Tropical Wood Products (1998). Taiwan Forestry Research Institute. Pp. 28-34.

Tiarks, A.E., Bridges, J.R., Hemingway, R.W. and Shoulders, E., 1989. Condensed Tannins in Southern Pines and Their Interactions with The Ecosystem. In Proceedings: 1st North American Tannin Conference. Hemingway, R.W. and Karchesy, J.J. (Eds.). Chemistry and Significance of Condensed Tannins. Plenum Press. New York. Pp. 369-385.

Williams, J.H., 1982. New Development in Urea-Formaldehyde Resin Chemistry to Reduce Residual Formaldehyde Emissions from Composite Products. Lecture note of Forest Utilization. Forest Prod. Res. Soc. 36th Annual Meeting, New Orleans, La. June 1982.

Yazaki, Y., Morita S. and Collins, P.J., 1998. Potential Use of *Acacia mangium* Bark for Water-Proof Wood Adhesives. In Proceeding: The 4th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Hadi, Y.S. (Ed.). November 2-5, 1998. Bogor, Indonesia. pp. 36-44.

Yusoff, M.N.M., Chew, L.T., Ali, A.R.M. and Nasir N.M., 1989. The Adhesive Properties of Bark Extract of *Acacia mangium*. *Journal of Tropical Forest Science* 2(2): 104-109.