

**VARIASI KEASAMAN DAN KAPASITAS PENYANGGA
KAYU TAMPUI BERAS (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Muell.Arg.) dan
MANGGIS HUTAN (*Garcinia cornea* Miq.)
(*Wood Acidity and Buffering Capacity Variation of Tampui Beras
(Baccaurea macrocarpa (Miq.) Muell.Arg.) and Manggis Hutan
(Garcinia cornea Miq.)*)**

Krisdianto

Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No.5 Bogor Tlp/Fax: (0251) 8633378/8633413
E-mail: krisdianto_shut@hotmail.com

Diterima 16 Agustus 2013, disetujui 29 Oktober 2013

ABSTRACT

Wood acidity signifies an important factor that inflicts impact on metal corrosion and gives effect on adhesive bonding quality. Wood acidity varies not only between species, but also at different parts in the same tree. This paper studies the wood pH and buffering capacity at various positions in the same tree of two potential species from Riau. Those wood species are locally known as tampui beras (Baccaurea macrocarpa (Miq.) Muell. Arg.) and manggis hutan (Garcinia cornea Miq.). The pH was determined using pH meter on the liquid of hot-water-extracted sawdust of the corresponding wood, while buffering capacity was measured by acid and base titration. The result shows that in average, acidity of tampui beras wood (5.2) is stronger than that of manggis hutan (6.3). Both wood species are classified as acid wood with pH less than 7. With respect to the tree height, sample taken from bottom part has the lowest pH value, while based on lateral position at the stem, progressing from the bark in depth to the pith the sapwood is higher in pH value than the heartwood and transition area. In every wood sample tested, acid buffer capacity is higher than base capacity.

Keywords: Acidity, buffer capacity, tampui beras, manggis hutan

ABSTRAK

Keasaman kayu adalah faktor penting yang mempengaruhi pengkaratan besi yang digunakan pada kayu dan kualitas perekatannya. Keasaman kayu tidak hanya bervariasi dalam jenis kayu, namun juga di berbagai lokasi dalam satu pohon. Tulisan ini mempelajari nilai pH dan kapasitas penyangga asam dan basa pada berbagai lokasi dalam pohon, dari dua jenis kayu andalan Riau, yaitu tampui beras (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Muell. Arg.) dan manggis hutan (*Garcinia cornea* Miq.). Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter pada larutan hasil ekstraksi serbuk gergaji dalam air panas, sedangkan kapasitas penyangga diukur dengan cara titrasi asam dan basa kuat. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata nilai pH kayu tampui beras adalah 5,2, lebih asam dari kayu manggis hutan dengan nilai pH 6,3. Kedua jenis kayu bersifat asam dengan pH kurang dari 7. Berdasarkan ketinggian pohon bagian pangkal lebih asam dari bagian tengah dan ujungnya, sedangkan berdasarkan potongan melintang nilai pH di bagian gubal lebih tinggi daripada di bagian terasnya. Kapasitas penyangga asam lebih tinggi dari kapasitas penyangga basanya.

Kata kunci : Keasaman, kapasitas penyangga, tampui beras, manggis hutan

I. PENDAHULUAN

Secara alami kayu merupakan bahan berlignoselulosa yang mempunyai sifat asam dengan pH rata-rata di bawah 7 (Fengel dan Wegener, 1989). Tingkat keasaman kayu disebabkan oleh adanya gugus hidroksil dan gugus asetat dalam selulosa penyusunnya. Selulosa merupakan polisakarida, polimer yang tersusun dari molekul gula yang saling berkaitan membentuk rantai yang panjang. Setiap molekul gula mengandung gugus hidroksil dan gugus asam dalam bentuk garam organik yang berkelompok (Farmer, 1967). Kelompok garam ini berupa radikal bebas yang menyebabkan air dalam kayu bersifat asam. Salah satu gugus radikal bebas dan kurang stabil adalah gugus asetil, sehingga keberadaannya secara alami mempengaruhi keasaman kayu (Fengel dan Wegener, 1989).

Berat gugus asetil dalam selulosa diperkirakan hanya sebesar 1 - 6% dari berat kayu kering (Fengel dan Wegener, 1989). Secara alami, banyaknya gugus asetil dalam kayu bergantung pada jenis kayunya, sehingga keasaman alami setiap jenis kayu berbeda. Gugus asetil mudah melepaskan diri, sehingga perubahan dari kondisi segar ke kering udara menyebabkan penurunan derajat keasamannya. Selain asam asetat, beberapa gugus asam seperti asam format, propionat, dan butirrat juga mempengaruhi derajat keasaman kayu, namun keberadaannya relatif kecil sehingga pengaruhnya sangat kecil (Farmer, 1967).

Secara umum keasaman suatu kayu dipengaruhi oleh banyak hal seperti iklim tempat tumbuh dan letak kayu dalam pohon. Iklim termasuk diantaranya kelembaban dan suhu udara yang menentukan mudah tidaknya gugus asetil terlepas dari komponen penyusun kayu bersama dengan kecepatan pengeringan alaminya. Observasi terhadap kayu yang berasal dari daerah subtropis memiliki kisaran pH antara 3,3 - 6,4 sementara kayu yang berasal dari daerah tropis antara 3,7 - 8,2 (Fengel dan Wegener, 1984). Bagian dari kayu seperti gubal dan teras juga memiliki kandungan kimia yang berbeda yang dapat mempengaruhi derajat keasaman kayu dalam kedua bagian tersebut. Nawawi *et al.* (2005) melaporkan bagian teras kayu *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* dan *Eucalyptus deglupta* memiliki pH lebih rendah dari bagian gubalnya. Keasaman kayu mangium, gmelina dan leda di bagian gubalnya

adalah 5,56; 5,67 dan 4,65, sedangkan di bagian kayu terasnya adalah 4,84; 4,43 dan 4,15. Hal itu diduga karena kandungan asam asetat di bagian teras lebih banyak dari bagian gubalnya (Nawawi *et al.*, 2005).

Derajat keasaman kayu dapat berpengaruh terhadap sifat pengkaratan dan perekatan kayu. Kayu yang mempunyai nilai keasaman tinggi yang dinyatakan dalam pH rendah, menyebabkan segala bentuk logam, seperti paku, sekrup, dan engsel yang bersinggungan langsung dengan kayu tersebut menjadi mudah berkarat terutama dalam kondisi lingkungan yang lembab. Hal ini disebabkan karena tingginya kadar air di udara dan kondisi asam kayunya meningkatkan proses oksidasi dalam bahan besi, sehingga menjadi mudah berkarat (Krillov dan Lasander, 1988).

Derajat keasaman kayu juga berpengaruh secara signifikan terhadap proses perekatan (Choon dan Roffael, 1990). Terdapat tiga hal yang mempengaruhi kualitas perekatan kayu yaitu kondisi permukaan, pH, dan kapasitas penyangga (Colak dan Olakuglu, 2006). Permukaan kayu yang kasar meningkatkan kekuatan perekatan daripada perekatan kayu dengan permukaan yang halus, karena permukaan kasar memberikan luasan yang lebih terhadap perekat untuk saling mengikat. Derajat keasaman yang diukur dalam nilai pH berpengaruh terhadap pematangan perekat kayu yang mempengaruhi kekuatan hasil perekatan. Contoh, keteguhan rekat kayu lapis dengan perekat urea formaldehida (UF) pada kayu punak (pH 6,03), lebih rendah dibandingkan dengan keteguhan rekat kayu lapis dari kayu gerunggang yang mempunyai pH 4,68 (Nawawi *et al.*, 2005). Dalam hal ini peningkatan pH kayu memperlemah ikatan pada resin UF dan bersifat menurunkan daya polimerisasi perekat dan ikatan kayu dengan perekat (Freeman, 1959 *dalam* Iswanto *et al.*, 2011). Untuk menghasilkan perekatan yang optimum, dengan perekat UF diperlukan kondisi pH permukaan kayu yang bersifat asam yang tinggi. Namun demikian kecenderungan ini berbeda dengan penggunaan perekat Phenol Formaldehida (PF) dimana permukaan kayu yang asam menghambat kematangan perekat PF (Van Niekerk dan Pizzi, 1994).

Dalam penggunaan perekat PF, permukaan kayu yang bersifat asam akan memperlambat proses pematangan perekat. Untuk itu,

penggunaan perekat PF, perlu ditambahkan katalis yang berfungsi mempercepat reaksi perekatannya. Dengan penambahan katalis penyangga diharapkan dapat menciptakan suasana asam dan mempercepat laju pengerasan, reaksi degradasi dan derajat kematangan perekat (Zanetti dan Pizzi, 2003). Penggunaan perekat isosianat juga mirip dengan PF, yaitu proses kematangan perekat lebih lambat pada permukaan kayu yang asam. Sama halnya dengan perekat PF, penggunaan katalis penyangga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan proses kematangan perekat isosianat. Dalam hal ini, kapasitas penyangga penting untuk mengontrol sifat keasaman kayu.

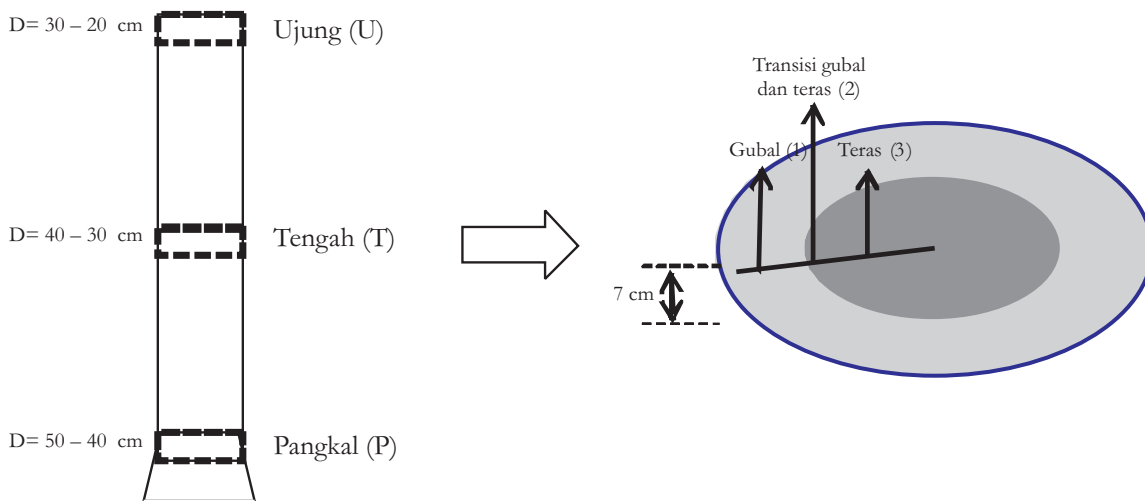
Kapasitas penyangga adalah perubahan keasaman akibat penambahan asam kuat atau basa kuat sampai mencapai pH tertentu. Kapasitas penyangga yang tinggi dimana pHnya sulit terpengaruh oleh penambahan asam atau basa kuat, berpotensi mengontrol reaksi asam dan basa pada proses perekatan kayunya (Bates, 1973 dalam Iswanto *et al.*, 2011). Tulisan ini mempelajari

variasi keasaman kayu dan kapasitas penyangga asam dan basa dari berbagai lokasi contoh uji dalam satu batang pohon dari dua jenis pohon yang kayunya menjadi andalan masyarakat di Riau, yaitu kayu tampui beras dan manggis hutan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Contoh uji berbentuk serbuk kayu (40 mesh) dipersiapkan dari kayu tampui beras (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Muell. Arg.) dan manggis hutan (*Garcinia cornea* Miq.). Kedua jenis kayu tersebut berasal dari hutan milik masyarakat di Kabupaten Bangkinang, Riau. Contoh uji serbuk kayu dipersiapkan dari sembilan posisi dalam satu pohon, yaitu dari bagian pangkal (P), tengah (T) dan ujungnya (U) dan masing-masing dengan tiga kedalaman pada batang yaitu gubal, transisi gubal dan teras, serta teras. Secara skematis, pengambilan contoh uji disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema lokasi pengambilan contoh uji dalam satu pohon
Figure 1. Schematic picture of sampling from one tree

B. Metode Pengukuran pH dan Kapasitas Penyangga

Pengukuran pH kayu dilakukan pada larutan hasil ekstraksi air panas serbuk kayu (Campbell dan Bryant, 1941; Johns dan Niazi, 1980). Sebanyak 250 gram serbuk kayu kering dilarutkan dalam air panas selama 20 menit, selanjutnya

disaring dengan *Whatman Filter*, dan didinginkan pada suhu ruangan sebelum diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi sebelumnya. Untuk menghitung kapasitas penyangga kayu dalam kondisi asam, sebanyak 50 ml larutan diukur dengan pH meter dan dititrasi dengan larutan 0,01N H_2SO_4 sampai mencapai pH 3. Untuk

mengukur kapasitas penyangga basa, larutan dititrasi sampai mencapai pH 7 menggunakan larutan 0,01 N NaOH. Nilai pH larutan dicatat pada setiap penambahan 1 ml H₂SO₄ atau 1 ml NaOH. Total larutan penyangga yang ditambahkan dinyatakan sebagai kapasitas penyangga asam dan basa kayu tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Nilai pH

Hasil pengukuran pH dari larutan ekstraksi serbuk kedua jenis kayu disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata pH kayu tampui beras adalah 5,2 dan manggis hutan adalah 6,3. Kedua jenis kayu termasuk kayu bersifat asam karena memiliki rata-rata pH di bawah 7. Nilai yang diperoleh termasuk dalam kisaran pH kayu tropis antara 3,7 dan 8,2 (Fengel dan Wegener, 1989). Secara umum kayu tampui beras bersifat lebih asam dari kayu manggis hutan. Hasil analisa keragaman (Tabel 2) dan uji lanjutan Tukey menunjukkan bahwa nilai pH pada kedua jenis kayu yang diuji berbeda secara nyata ($p \leq 0,05$).

Kedua jenis kayu menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bagian pangkal batang (P) bersifat lebih asam dari bagian tengah (T) dan ujungnya (U). Rata-rata pH kayu tampui beras di bagian ujung, tengah dan pangkal secara berturut-

turut adalah 5,73 (U), 5,12 (T), dan 4,83 (P). Sedangkan rata-rata pH kayu manggis hutan secara berturut-turut adalah 6,64 (U), 6,33 (T), dan 6,01 (P). Perbedaan keasaman bagian ujung, tengah dan pangkal menunjukkan bagian pangkal memiliki gugus asam (asam asetat, asam format, asam gallat, asam ellagat, dan asam lemak) yang lebih banyak dari bagian tengah dan ujungnya.

Tabel 1 menunjukkan bahwa bagian teras (3) pada kedua jenis kayu lebih asam dari bagian transisi (2) dan gubalnya (1). Bagian teras kayu tampui beras memiliki pH rata-rata 4,7, sedangkan bagian transisi dan bagian gubalnya memiliki pH 5,2 dan 5,8. Kecenderungan ini juga ditemukan pada kayu manggis hutan yang memiliki pH bagian teras, transisi, dan gubal berturut-turut adalah 5,9; 6,3 dan 6,7. Kecenderungan bagian teras lebih asam dari bagian gubal ini mirip dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Nawawi *et al.* (2005) terhadap kayu mangium, gmelina dan leda. Berdasarkan hal tersebut dapat diduga bahwa bagian gubal memiliki gugusan asetil yang lebih sedikit dari bagian terasnya, sehingga bagian teras lebih asam.

Hasil analisis varian (Tabel 2) menunjukkan perbedaan ketinggian, bagian pangkal, tengah dan ujung memiliki nilai pH yang berbeda secara nyata ($p \leq 0,05$). Demikian halnya dengan perbedaan nilai pH rata-rata pada bagian gubal, transisi, dan bagian terasnya ($p \leq 0,05$).

Tabel 1. Nilai pH kayu tampui beras dan manggis hutan
Table 1. pH value of tampui beras and manggis hutan wood

Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Variasi bagian contoh uji (<i>Sample variation</i>)			Rata-rata (<i>Average</i>)
	Gubal (1, <i>Sapwood</i>)	Transisi (2, <i>Transition</i>)	Teras (3, <i>Heartwood</i>)	
Tampui beras				
— Ujung (U, <i>Top</i>)	6.45 ± 0.13	5.55 ± 0.16	5.19 ± 0.24	5.73 ± 0.58
— Tengah (M, <i>Middle</i>)	5.75 ± 0.08	5.19 ± 0.14	4.43 ± 0.11	5.12 ± 0.14
— Pangkal (P, <i>Butt</i>)	5.10 ± 0.14	4.90 ± 0.10	4.49 ± 0.11	4.83 ± 0.29
Rata-rata (<i>Average</i>)	5.80 ± 0.60	5.20 ± 0.30	4.70 ± 0.40	5.20 ± 0.60
Manggis hutan				
— Ujung (U, <i>Top</i>)	6.90 ± 0.04	6.60 ± 0.06	6.41 ± 0.12	6.64 ± 0.23
— Tengah (M, <i>Middle</i>)	6.85 ± 0.02	6.44 ± 0.07	5.70 ± 0.17	6.33 ± 0.51
— Pangkal (P, <i>Butt</i>)	6.49 ± 0.15	5.89 ± 0.12	5.64 ± 0.07	6.01 ± 0.39
Rata-rata (<i>Average</i>)	6.70 ± 0.20	6.30 ± 0.30	5.90 ± 0.40	6.30 ± 0.50

Tabel 2. Analisis keragaman nilai pH
Table 2. Analisis of variance of pH value

Sumber (<i>Source</i>)	Derajat bebas (<i>Degree of freedom</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Mean square</i>)	F	Nilai probabilitas (<i>p-value</i>)
Jenis (<i>Species</i>)	1	16,258	1066,363	0,000
Ketinggian (<i>Height</i>)	2	2,667	174,929	0,000
Kedalaman (<i>Depth</i>)	2	4,030	264,353	0,000
Jenis vs ketinggian (<i>Species vs height</i>)	2	0,122	8,022	0,001
Jenis vs kedalaman (<i>Species vs depth</i>)	2	0,061	3,979	0,027
Ketinggian vs kedalaman (<i>Height vs depth</i>)	4	0,142	9,330	0,000
Jenis vs ketinggian vs kedalaman (<i>Species vs height vs depth</i>)	4	0,128	8,373	0,000
Error	36	0,15		
Total	54			

Berdasarkan tingkat keasaman kayu yang diteliti, kayu tampui beras diduga lebih mudah direkatkan dengan perekat UF daripada perekat PF dalam hal optimalisasi pematangan perekatnya. Hal ini sesuai dengan laporan Nawawi *et al.* (2005) yang menyebutkan bahwa perekat UF merupakan perekat yang optimum bekerja pada kondisi asam. Sebaliknya, kayu manggis hutan diduga lebih mudah direkat dengan perekat PF dan isosianat, karena perekat PF dan isosianat lebih mudah diaplikasikan pada suasana basa.

B. Kapasitas Penyangga

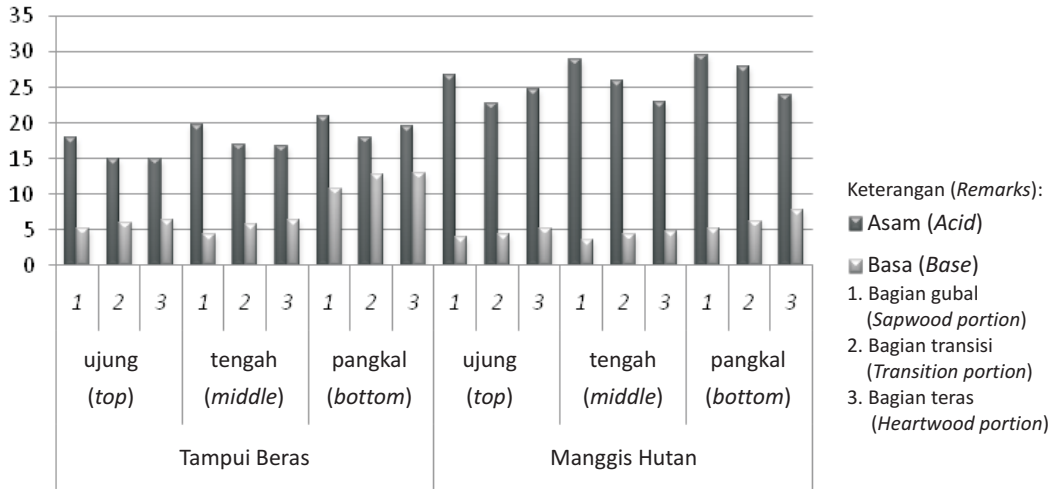
Hasil pengukuran kapasitas penyangga dari kedua jenis kayu dari berbagai posisi dalam pohon disajikan pada Gambar 2.

Nilai kapasitas penyangga asam dan basa kedua jenis kayu bervariasi dalam satu pohon. Secara umum kapasitas penyangga asam lebih besar dari kapasitas penyangga basanya. Dalam hal ini kedua jenis kayu lebih mudah mempertahankan keasamannya daripada mempertahankan kondisi basanya. Untuk mendapatkan pH 3, banyaknya larutan 0,01N H₂SO₄ yang diperlukan bervariasi dari 15 - 19,8 ml, dengan rata-rata 17,8 ml untuk kayu tampui beras dan dari 22,8 - 29,6 ml dengan rata-rata 25,9 ml untuk kayu manggis hutan. Kapasitas penyangga basa lebih rendah dengan rata-rata 7,8 ml untuk kayu tampui beras dan 5 ml

untuk kayu manggis hutan. Kapasitas penyangga asam yang tinggi menunjukkan kemudahan kayu dalam mempertahankan keasaman dan tidak mudah terpengaruh oleh penambahan asam kuat. Kapasitas penyangga tinggi juga memberikan gambaran jumlah katalis yang perlu ditambahkan untuk merubah pH kayu agar sesuai dengan kondisi perekatannya (Bates, 1973).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa serbuk kayu dari bagian pangkal memiliki kapasitas penyangga asam yang lebih tinggi dari bagian tengah dan ujungnya. Hal ini juga berlaku pada kapasitas penyangga basanya, bagian pangkal kayu memiliki kapasitas penyangga basa yang lebih tinggi dari bagian tengah dan ujungnya. Kecenderungan ini tampak pada kedua jenis kayu yang diteliti.

Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa bagian gubal pada kedua jenis kayu memiliki kapasitas penyangga asam yang lebih tinggi dari bagian transisi dan terasnya. Hal ini tidak sama dengan kapasitas penyangga basa yang lebih besar pada bagian kayu terasnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa bagian gubal memerlukan larutan asam kuat yang lebih banyak untuk meningkatkan keasaman dibandingkan bagian terasnya. Kapasitas penyangga basa juga menunjukkan bahwa bagian teras memiliki kapasitas penyangga basa yang tinggi, sehingga memerlukan larutan basa kuat lebih banyak untuk meningkatkan kondisi basanya.



Gambar 2. Kapasitas penyangga dua jenis kayu yang diuji
Figure 2. Buffer capacity of two wood species tested

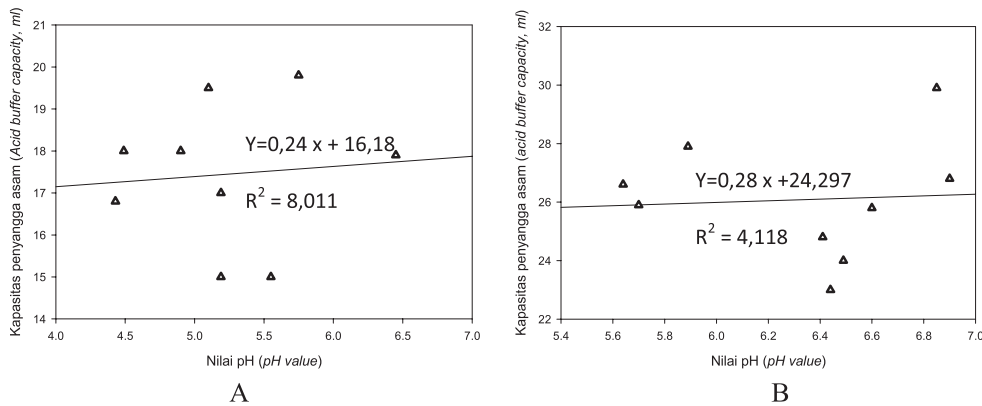
C. Hubungan pH dengan Kapasitas Penyangga

Hasil korelasi antara pH dengan kapasitas penyangga asam serta basa dari kedua jenis disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Berdasarkan Gambar 3 tampak bahwa hubungan pH dengan kapasitas penyangga asam bersifat linier positif, sedangkan hubungan antara pH dengan kapasitas penyangga basa pada kedua jenis kayu (Gambar 4) bersifat linier negatif. Hubungan linier positif menunjukkan semakin tinggi pH kayu semakin tinggi kapasitas penyangga asamnya. Namun korelasi yang kecil menunjukkan hubungan antara

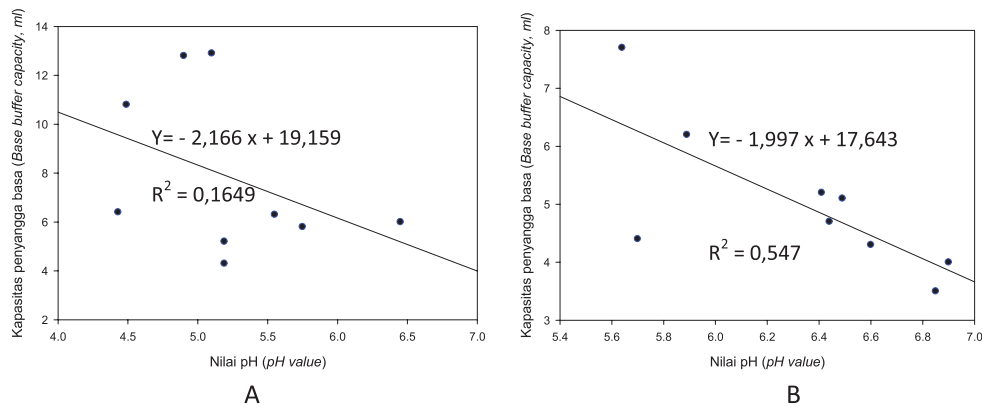
nilai pH dan kapasitas penyangga asam kurang nyata.

Hubungan linier negatif menunjukkan semakin tinggi nilai pH maka semakin rendah kapasitas penyangga basanya. Kecenderungan ini nampak pada kedua jenis kayu, namun sama dengan penyangga asamnya, korelasi antara keduanya tidak terlalu nyata. Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa nilai pH suatu kayu tidak memiliki hubungan yang nyata dengan kapasitas penyangganya. Hal ini mirip dengan hasil yang disajikan oleh Iswanto *et al.* (2011) tentang hubungan nilai pH dan kapasitas penyangga yang tidak nyata pada sembilan jenis kayu



Gambar 3. Korelasi pH dan kapasitas penyangga asam kayu tampui beras (A) dan manggis hutan (B)

Figure 3. Correlation of pH value and acid buffer capacity in tampui beras (A) and manggis hutan (B)



Gambar 4. Korelasi pH dan kapasitas penyangga basa kayu tampui beras (A) dan manggis hutan (B)

Figure 4. Correlation of pH value and base buffer capacity in tampui beras (A) and manggis hutan (B)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Rata-rata nilai pH kayu manggis hutan (6,3) lebih tinggi dari nilai pH kayu tampui beras (5,2). Kedua jenis kayu termasuk kategori kayu bersifat asam (pH<7).
2. Kayu di bagian pangkal pohon memiliki derajat keasaman lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengah dan ujungnya.
3. Nilai pH rata-rata kayu di bagian teras lebih rendah dibandingkan dengan di bagian gubal dan bagian transisinya.
4. Kapasitas penyangga asam lebih tinggi dari sifat basanya. Kedua jenis kayu lebih mudah mempertahankan keasamannya daripada mempertahankan kondisi basanya.
5. Bagian pangkal dan teras memiliki kapasitas penyangga asam lebih tinggi dari bagian ujung, tengah dan gubal serta bagian transisinya.
6. Nilai pH tidak berhubungan nyata dengan kapasitas penyangga asam maupun basanya.

DAFTAR PUSTAKA

Bates, R.G. 1973. Determination of pH, theory and practice. Second Edition. A Willey-Interscience Publication. John and Sons, New York.

Choon K.K. dan Roffael E. 1990. The acidity of five hardwood species. *Holzforchung* 44(1):53-58.

Colak S. dan GC Olakuglu. 2006. Effects of wood species and adhesive types on the amount of volatile acetic acid of plywood by using desicator-method. *Holz als Roh-und Werkstoff* 64: 513 - 514. DOI 10.1007/s00107-006-0108-x.

Farmer, R.H. 1967. Chemistry in the wood utilization. Pergamon Press.

Fengel D dan Wegener G. 1989. Wood: Chemistry. Ultrastructure, Reaction. Walter de Gruyter. Berlin.

Iswanto A.H., Sucipto A.H. dan Febrianto, F. 2011. Keasaman dan kapasitas penyangga beberapa jenis kayu tropis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 4(1): 22-25. Bogor.

Johns W.E. dan Niazi K.A. 1980. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation of urea formaldehyde resin. *Wood and Fiber* 12(4):256-263.

Kollman FFP dan Cote Wav Jr. 1968. Principle of Wood Science and Technology. Springer Verlag. New York.

Krilov A dan Lasander W.H. 1988. Acidity of heartwood and sapwood in some eucalyptus species. *Holzforchung* 42(4):253-258.

Kwon J.H. 2007. Effects of species on the isocyanate-bonded flakeboard properties. *Mokchae Konghak* 35(5):38-45.

- Langum C.E. 2007. Characterization of Pacific Northwest Softwood for Wood Composites Production. Thesis, Washington State University, USA.
- Nawawi, D.S. 2002. The acidity of five tropical woods and its influence on metal corrosion. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 15(2):18-24. Bogor.
- Nawawi, D.S., Rusman D., Febrianto, F. dan Syafii W. 2005. Bonding properties of some tropical woods in relation to wood acidity. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 18(2): 47-52. Bogor.
- Purwawangsa H., Febrianto F. Dan Syafii W. 2005. Pengembangan papan komposit struktural oriented strand board unggul berbasis kayu rakyat campuran. Laporan Akhir Hibah Kompetitif Penelitian Strategis Nasional Batch IV (Tahun ke 2).
- Structural Board Association (SBA), 2005. Oriented Strand Board in wood frame construction. US Edition 2005.
- Van Niekerk J., dan A. Pizzi. 1994. Characteristics industrial technology for exterior Eucalyptus particleboard. *Holz Roh Werkstoff* 52:109-112.
- Zanetti M dan Pizzi A. 2003. Upgrading of MUF resins by buffering additives. Part 2: hexamine sulphate mechanisms and alternate buffers. *Journal of Applied Polymer Science* 90:215-226.