

ABSTRACT SHEET

UDC (USDC) 630*86

R. Sudradjat, Setyani, B.L. & D. Setiawan

The Manufacture of Pulp for Paper and Hardboard from Jatropha curcas Wood

J. Penelt.Has.Hut. 2007, vol., no., pg.

The aim of this experiment was to provide information and applicable technology of manufacturing pulp from jatropha-plant wood for paper and hardboard. NaOH concentrations used in the jatropha pulping for paper as well as for hardboard were similar, consecutively 5%, 10%, and 15%. The use of 10% alkali concentration in the pulping process produced better results than those concentrations of 5% and 15%. However in hardboard experiments the use of 15% alkali brought out the best results compared to those of 5% and 10%.

Keywords : *Jatropha curcas wood, pulp for paper and hardboard, open soda semi-chemical process*

LEMBAR ABSTRAK

UDC (USDC) 630*86

R. Sudradjat, Setyani B.L. & D. Setiawan

Pembuatan pulp untuk kertas dan papan serat kerapatan tinggi dari kayu jarak pagar.

J. Penelt. Has.Hut. 2007, vol., no., hal.

Tujuan penelitian ini adalah menyediakan informasi dan teknologi tepat guna pembuatan pulp kertas dan papan serat dari kayu tanaman jarak pagar. Konsentrasi soda untuk pembuatan pulp dan papan serat adalah 5%, 10% dan 15%. Penggunaan konsentrasi soda 10% dibandingkan dengan konsentrasi 5% dan 15% menunjukkan hasil yang terbaik untuk pulp kertas yaitu rendahnya konsumsi alkali dan bilangan permanganat, namun memberikan rendemen pulp terendah. Pada pembuatan papan serat konsentrasi soda 15% memberikan hasil terbaik dibandingkan konsentrasi 5% dan 10%.

Kata kunci : kayu jarak pagar, pulp untuk kertas dan papan serat, proses kimia soda terbuka.

PEMBUATAN PULP UNTUK KERTAS DAN PAPAN SERAT

KERAPATAN TINGGI DARI KAYU JARAK PAGAR

(The Manufacture of Pulp from Jatropha curcas Wood for Paper and Hardboard)

Oleh / By :

R. Sudradjat, Setyani, B.L. & D. Setiawan

ABSTRACT

Jatropha plant offers a good prospect to be developed for water and soil conservation. Besides its major purpose for biodiesel manufacture, it discharges many by-products such as plant and processing wastes, which can be synthesized into economically feasible, useful products, e.g. glycerine, animal fodder, activated charcoal, pulp for paper, hardboard, etc. As the relevance, this experiment aimed to provide information and applicable technology of manufacturing pulp for paper and hardboard from wood portion of no-longer productive jatropha plants as well as the portion resulting from the pruning of those plants.

The results revealed that jatropha wood exhibited specific anatomy and physical features, i.e. short fiber length, thin-walled fibers, Runkel number below one, and very light density. This indicates that its wood is suitable for medium-grade pulp and paper. In jatropha pulping for paper, increasing NaOH concentration and prolonging cooking duration caused the increase in pulp burst index, tear index, and tensile index, while its basis weight and opacity were insignificantly affected. The use of 10% alkali concentration in the pulping gave better results than those of 5% and 15%. The pulp afforded low alkali consumption and low permanganate number, but having low yield. In hardboard experiment, increasing NaOH and phenol-formaldehyde adhesive concentrations favorably increased hardboard density, tensile strength, modulus of rupture, and water absorption. Meanwhile, its moisture content, volumetric swelling, and thickness swelling decreased. The use of 15% alkali resulted in the best board characteristics compared to those of 5% and 10%. All these physical properties could meet the FAO standard.

Keywords : *Jatropha curcas wood, pulp for paper and hardboard, open soda semi chemical process*

ABSTRAK

Tanaman jarak pagar memiliki prospek untuk dikembangkan sebagai tanaman konservasi tanah dan air, disamping juga tanaman tersebut memiliki berbagai manfaat. Aneka pemanfaatan tanaman tersebut antara lain: minyak dari biji sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, selain itu limbah tanaman dan limbah proses dapat dibuat berbagai produk yang bernilai ekonomis seperti gliserin, makanan ternak, arang aktif, pulp kertas, papan serat dan lain-lain. Tujuan penelitian ini adalah menyediakan informasi dan teknologi tepat guna pembuatan pulp kertas dan papan serat dari kayu tanaman jarak pagar yang sudah tidak produktif serta pemanfaatan kayu tanaman tersebut dari hasil pangkasan.

Hasil penelitian pembuatan pulp kertas menunjukkan kayu jarak pagar berserat pendek, kayunya sangat ringan, dinding tipis, bilangan Runkel <1 . Sifat tersebut menunjukkan bahwa kayu jarak pagar dapat dibuat pulp kertas dengan kualitas medium. Pengaruh NaOH dan waktu pemasakan dapat meningkatkan nilai indeks retak, indeks sobek dan indeks tarik pulp, sedangkan pengaruhnya terhadap gramatur dan opasitas tidak nyata.. Penggunaan persentase soda 10% dibandingkan dengan konsentrasi 5% dan 15% menunjukkan hasil yang terbaik yaitu rendahnya angka konsumsi alkali dan rendahnya bilangan permanganat, namun juga memberikan rendemen pulp terendah. Hasil penelitian papan serat menunjukkan, kayu jarak pagar juga baik untuk dibuat papan serat. Pengaruh konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat phenol formaldehida dapat meningkatkan kerapatan, keteguhan tarik, lentur dan penyerapan air. Sedangkan kadar air, pengembangan volume dan pengembangan tebal cenderung menurun. Pada konsentrasi soda 15% dibandingkan dengan konsentrasi 5% dan 10%, menunjukkan hasil terbaik. Semua sifat fisik papan serat memenuhi standar FAO.

Kata kunci : kayu jarak pagar, pulp untuk kertas dan papan serat, proses kimia soda terbuka.

I. PENDAHULUAN

Jarak pagar berasal dari famili *Euphorbiaceae*. Secara taksonomi, jenis tumbuhan ini masih berkerabat dengan jarak kastrol (*Ricinus communis* Linn.), tetapi ciri karakteristik minyaknya tidak sama. Di daerah Minangkabau, jarak pagar dikenal dengan nama jirak, di daerah Sunda dengan nama jarak kosta, di daerah Jawa bernama jarak budeg, j. iri, j. gundul, j. pager, di Bali dikenal dengan nama jarak pageh, di Manado disebut Balacai dan di Gorontalo disebut bintalo (Heyne, 1987).

Apabila tanaman jarak pagar sudah berkembang luas di Indonesia, maka tanaman tersebut selain fungsi utamanya sebagai tanaman konservasi (tanah dan air), tanaman tersebut akan meningkat nilainya melalui pemanfaatan limbahnya seperti kayu, tempurung biji, kulit buah, bungkil dan lain-lain untuk berbagai tujuan (Sudradjat, 2004). Penelitian ini bermaksud meneliti cara pembuatan pulp kertas dan papan serat dari kayu tanaman jarak pagar yang sudah tidak produktif menghasilkan biji dan pemanfaatan kayu hasil pangkasannya. Pemanfaatan kayu tanaman jarak pagar diharapkan akan memacu masyarakat menanam tanaman tersebut di lahan kritis secara spontan dan dapat memberikan kesempatan kerja yang lebih luas bagi masyarakat sekitar.

Kayu tanaman jarak pagar yang telah tidak produktif menghasilkan biji adalah tanaman yang berumur lebih dari umur 20 tahun. Pada tanaman yang soliter, diameternya bisa mencapai 20 – 30 cm. Kayu tersebut, demikian juga kayu hasil pangkasan memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Kayu jarak pagar memiliki berat jenis rendah yaitu 0,35 – 0,40 dan kadar lignin yang rendah karena termasuk jenis kayu daun lebar atau dikotil (Casey, 1980), sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan pulp kertas yang berkualitas tinggi dan dalam prosesnya akan mengkonsumsi bahan kimia relatif kecil. Teknologi pulp kertas adalah pengolahan kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya menjadi pulp kertas melalui proses yang secara umum dikenal sebagai proses mekanis, kimia, termal, biologis atau kombinasi dari proses-proses tersebut (Anonim, 2003). Untuk pembuatan papan serat, bahan perekatnya bisa berasal dari komponen kayu sendiri (lignin), walaupun kayu jarak berkadar lignin rendah. Papan serat berkualitas tinggi bisa dihasilkan dengan penambahan bahan pengikat atau perekat seperti urea formaldehida dan fenol formaldehida (Anonim, 1958). Dengan menjual kayu ke pabrik atau mengolah sendiri

kayu tersebut menjadi pulp kertas dan papan serat, diharapkan dapat menjadi nilai tambah tanaman jarak pagar selain bertujuan pokok pengembangan untuk konservasi dan produksi biodiesel.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Serat dan Laboratorium Kimia Kayu dan Energi, Kelti Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan serta Laboratorium Produk Majemuk, Kelti Pemanfaatan Hasil Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor. Beberapa pengujian pulp kertas dilakukan di Pabrik Kertas PT. Bekasi Teguh di Bekasi.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan baku kayu tanaman jarak pagar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Kebumen, Jawa Tengah. Selain itu juga digunakan kayu hasil pangkasan tanaman yang umurnya bervariasi berasal dari daerah Rumpin, Bogor.

Bahan kimia yang digunakan antara lain natrium hidroksida pro analysis. dan teknis, barium klorida, kalium permanganat, natrium sulfat, kalium iodida, natrium tiosulfat, kanji (amilum), fenol formaldehida, asam klorida, asam asetat, air suling dan lain-lain. Peralatan yang digunakan antara lain ketel pemasak, pengering silinder, *deckle box*, *defiberator*, pipet volumetrik, ember, saringan, cawan porselen, pH meter, termometer, oven, cawan petri, penangas air, tanur, desikator, gegap, kompor listrik, kalorimeter bomb, pengaduk (*stirrer*) serta alat-alat gelas/kaca dan lain-lain.

C. Metode

1. Pembuatan pulp kertas

- a. Bahan baku kayu jarak pagar dipotong-potong dan dibuat serpih dengan ukuran sekitar 3 x 3 x 2 cm. Sebagian contoh digiling dan diayak dengan saringan 60 – 80 mesh untuk diuji kandungan kimia kayunya.
- b. Setelah penggilingan dan pengayakan, bahan diuji sifat fisiko kimia meliputi penetapan kadar air, kadar abu, silika, berat jenis (bj), nilai kalor, kadar holo, alpha dan hemi selulosa, lignin, pentosan, kadar zat ekstraktif dalam larutan air dingin, air panas, NaOH 1% dan alkohol benzena 1 : 2.

- c. Pemasakan: serpih kayu dimasukkan ke dalam bejana terbuka dengan konsentrasi soda 5%, 10% dan 15% (*perlakuan 1*), dengan rasio (perbandingan) antara kayu dan larutan pemasak 1 : 8, lama pemasakan 2 dan 3 jam (*perlakuan 2*) dan suhu 100°C dengan tekanan 1 atmosfer.
 - d. Pencucian menggunakan air mengalir sampai pulp bebas dari sisa bahan kimia, larutan sisa pemasakan disimpan untuk penetapan konsumsi alkali dan bilangan kappa.
 - e. Penguraian serat pulp menggunakan alat “*defiberator*” selama 1 jam atau sampai diperoleh derajat freenes 300 ml CSF (Canadian Standard Freenes).
 - f. Pembentukan lembaran pulp menggunakan alat “*deckle box*” dengan pengisian jumlah pulp ke dalam alat tersebut dan disesuaikan kerapatan lembaran pulp yang diinginkan (60 g/m²).
 - g. Pengeringan pulp menggunakan pengering silinder, di mana pulp ditekan pada permukaan silinder yang dipanaskan pada suhu 60°C.
 - h. Pengujian sifat lembaran pulp mencakup rendemen, sifat kimia, fisik-mekanik dan optik. Sifat kimia antara lain adalah konsumsi alkali dan bilangan Kappa. Sifat fisik-mekanik pulp antara lain adalah tebal, kerapatan, indeks tarik, indeks sobek, indeks retak, dan sifat optik berupa opasitas. Keseluruhan metode uji berdasarkan standar TAPPI yang berlaku pada saat ini (Casey, 1980).
2. Pembuatan papan serat
- a. Pemasakan serpih kayu dalam bejana terbuka dengan kondisi : konsentrasi soda 5%, 10% dan 15% (*perlakuan 1*), dengan rasio (perbandingan) antara kayu dan larutan pemasak 1 : 8, lama pemasakan 2 jam dan suhu 100°C dan tekanan 1 atmosfer.
 - b. Pencucian menggunakan air mengalir sampai pulp bebas dari sisa bahan kimia. Larutan sisa pemasakan disimpan untuk penetapan konsumsi alkali dan bilangan Kappa.
 - c. Penguraian serat pulp menggunakan alat “*defiberator*” selama 1 jam atau sampai diperoleh derajat freenes 600 ml CSF (Canadian Standard Freenes).
 - d. Pencampuran perekat yang digunakan adalah phenol formaldehida (PF) dengan konsentrasi 5% dan 10% (*perlakuan 2*).
 - e. Pembentukan lembaran papan serat basah menggunakan alat “*deckle box*” dengan pengisian volume pulp ke dalam alat tersebut disesuaikan dengan

kerapatan lembaran papan serat yang diinginkan (1 g/cm^3). Ukuran papan serat standar adalah $30 \times 30 \times 1 \text{ cm}$ (p x l x t).

- f. Pengempaan panas menggunakan alat kempa panas hidrolik dengan suhu maksimum 170°C , tekanan 45 kg/cm^2 selama 10 menit pada suhu maksimum.
- g. Selesai pengempaan dilakukan pengkondisian suhu ruangan, di mana lembaran papan serat yang terbentuk ditumpuk dengan beban di bagian atas dan dilakukan pada ruang terbuka.
- h. Setelah pengkondisian, dilakukan pengujian sifat pengolahan dan sifat lembaran papan serat yang mencakup rendemen, sifat kimia dan fisik-mekanik. Sifat kimia terdiri dari kadar air dan konsumsi alkali. Sifat fisik mekanik terdiri dari: kerapatan, penyerapan air, pengembangan tebal, “*modulus of rupture*” (MOR), “*modulus of elasticity*” (MOE), keteguhan tarik sejajar permukaan. Metode pengujian seluruhnya menggunakan standar TAPPI yang berlaku (Anonim, 1983) dan standar ASTM (Anonim, 1972).

D. Analisa Data

1. Pembuatan pulp untuk kertas

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap berpola faktorial (Sudjana, 1994). Perlakuan pada penelitian terdiri dari : konsentrasi soda/NaOH (A) 5% (a1), 10% (a2), 15% (a3), dan waktu pemasakan (B) 2 jam (b1) dan 3 jam (b2). Ulangan dari tiap taraf kombinasi dilakukan sebanyak 2 kali. Seluruh kombinasi perlakuan berjumlah $3 \times 2 \times 2 = 12$ buah.

2. Pembuatan papan serat

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap berpola faktorial (Sudjana, 1994). Perlakuan terdiri dari: konsentrasi soda/NaOH (A) 5% (a1), 10% (a2) dan 15% (a3); konsentrasi perekat phenol formaldehida (B) 5% (b1) dan 10% (b2) dengan ulangan 2 kali untuk setiap taraf kombinasi faktor perlakuan. Seluruh kombinasi perlakuan berjumlah $3 \times 2 \times 2 = 12$ buah.

Jumlah keseluruhan kombinasi perlakuan pembuatan pulp untuk kertas dan papan serat adalah $12 + 12 = 24$ buah. Dari hasil analisa keragaman yang berbeda nyata, dilakukan penelaahan lebih lanjut dengan uji jarak “*Duncan*” untuk

mengetahui kombinasi mana yang berkontribusi kepada perlakuan yang berbeda nyata tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Analisa Fisiko Kimia Kayu Jarak

Hasil analisa komponen kimia kayu, sifat fisik dan morfologi serat kayu jarak dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pada Tabel 1, kandungan kadar holoselulosa, alpha selulosa, hemi selulosa, zat ekstraktif, kadar abu, nilai kalor dan berat jenis pada bagian batang kayu jarak pagar lebih tinggi dibandingkan dengan bagian ranting. Pada bagian ranting, sifat kimia yang nilainya lebih tinggi adalah kandungan kadar air, lignin, silika dan pentosan.

Tabel 1. Sifat kimia kayu jarak pagar

Table 1. Chemical properties of Jatropha curcas wood

No.	Sifat kimia kayu (<i>Wood chemical properties</i>)	Batang (<i>Stem</i>)	Ranting (<i>Branch</i>)
1.	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	11,31	12,84
2.	Kadar abu (<i>Ash content</i>), %	8,80	8,01
3.	Kadar silika (<i>Silica content</i>), %	2,17	2,50
4.	Kerapatan (<i>Density</i>), g/cm ³	0,40	0,35
5.	Nilai kalor (<i>Calorific value</i>), kal/g	4011	3902
6.	Kadar holoselulosa (<i>Holocellulose content</i>), %	63,67	62,79
7.	Kadar alphaselulosa (<i>Alpha-cellulose content</i>), %	37,58	37,46
8.	Kadar hemiselulosa (<i>Hemicellulose content</i>), %	26,09	25,33
9.	Kadar lignin (<i>Lignin content</i>), %	19,60	19,85
10.	Kadar pentosan (<i>Pentosan content</i>), %	17,03	17,36
11.	Kelarutan dalam alkohol benzena (<i>Solubility in alcohol benzene</i>), %	6,67	6,50
12.	Kelarutan dalam air dingin (<i>Solubility in cold water</i>), %	5,97	9,16
13.	Kelarutan dalam air panas (<i>Solubility in hot water</i>), %	13,46	12,03
14.	Kelarutan dalam NaOH 1% (<i>Solubility in 1% NaOH</i>), %	28,18	25,10

Tabel 2. Sifat morfologi serat kayu jarak pagar

Table 2. *Fiber morphology characteristics of Jatropha curcas wood*

S i f a t (<i>Characteristics</i>)	Nilai (<i>Value</i>)
Panjang serat rata-rata (<i>Fiber length</i>), (L) mm	0,70
Diameter serat (<i>Fiber diametre</i>), (D) μm	17,70
Diameter lumen (<i>Lumen diametre</i>), (l) μm	13,83
Tebal dinding (<i>Wall thickness</i>), (w) μm	1,93
Bilangan Runkel (<i>Ruinkel number</i>), (2 w/l)	0,28
Kelangsingan serat (<i>Slenderness ratio</i>), (L/D)	79,55
Kelelasan (<i>Flexibility</i>), 1/D	0,78
Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)	0,19

B. Hasil Pengujian Pulp Kertas

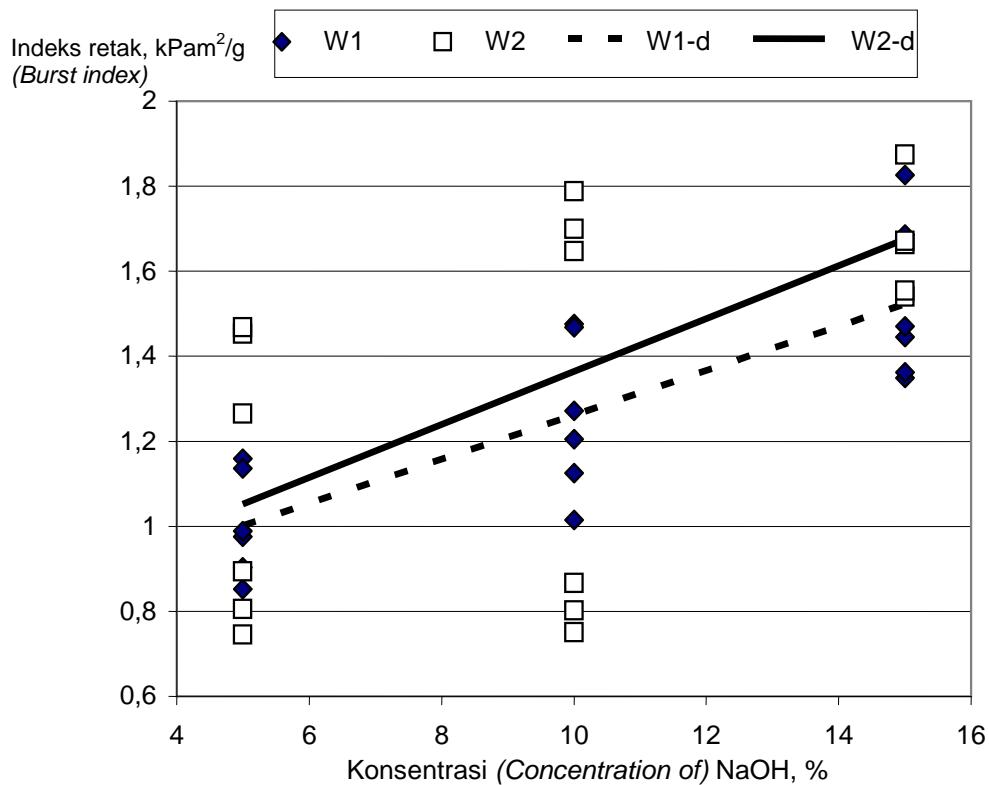
Hasil pengujian sifat fisis-mekanis lembaran pulp kertas dari kayu jarak pagar adalah sebagai berikut :

1. Gramatur

Hasil pengujian analisa keragaman memperlihatkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan tidak menunjukkan perbedaan nilai gramatur yang nyata. Nilai gramatur berkisar antara 56,9 – 62,7 g/m^2 (rata-rata 59,8 g/m^2).

2. Indeks retak

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap indeks retak pulp. (X). Nilai indeks retak berkisar antara 0,74 – 2,06 kPam^2/g . Pengaruh konsentrasi NaOH pada waktu pemasakan 2 jam dan 3 jam memperlihatkan kecenderungan peningkatan indeks retak (Gambar 1). Hubungan (regresi) waktu pemasakan (X) selama 2 jam terhadap nilai indeks retak (Y) adalah : $Y (\text{linier}) = 0,741 + 0,062 * X$ (Koefisien korelasi: $R = + 0,597$), sedangkan untuk pemasakan 3 jam adalah : $Y (\text{linier}) = 0,741 + 0,052 * X$ ($R = + 0,809$).

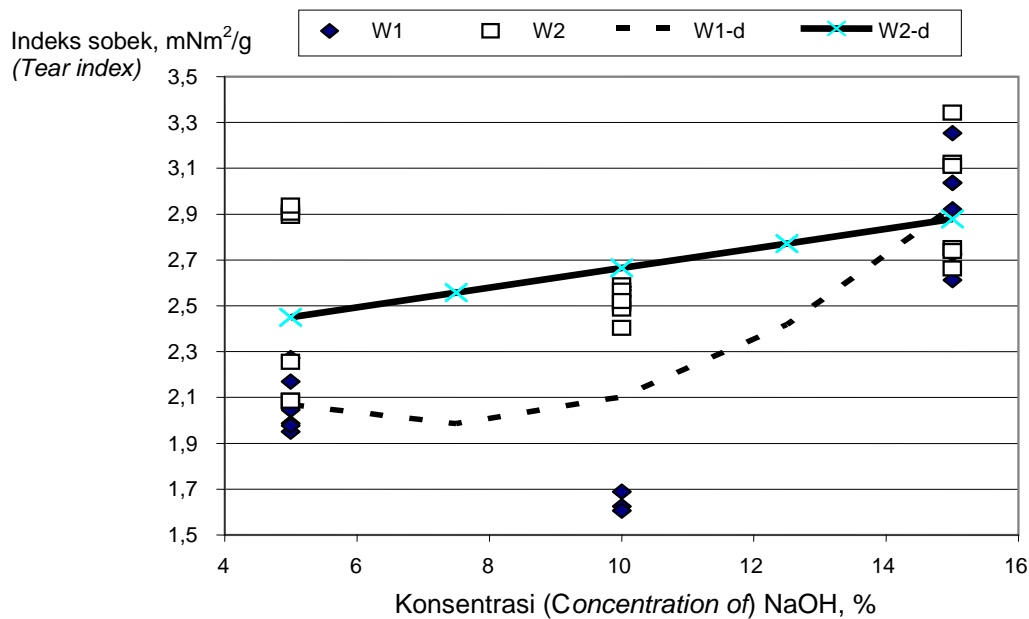


Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan indeks retak lembaran pulp
 Figure 1. Relation between NaOH concentration and burst index of pulp sheet

Keterangan (Remarks) : W1 = Waktu pemasakan (WP) 2 jam (Cooking time for 2 hours);
 W2 = Waktu pemasakan (WP) 3 jam (Cooking time for 3 hours); W1-d =
 Persamaan regresi untuk WP 2 jam (Regression equation for 2 hour cooking
 duration): $Y = 0.741072 + 0.062290 * X$ (R = +0.5977) ; W2-d = Persamaan
 regresi untuk WP 3 jam (Regression equation for 3 hour cooking duration : $Y =$
 $0.741266 + 0.052083 * X$ (R = +0.8089)

3. Indeks sobek

Hasil pengujian analisa keragaman perlakuan konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap indeks sobek pulp. Nilai indeks sobek berkisar antara 1,950 – 3,252 mNm²/g. Hubungan antara konsentrasi NaOH (X) pada dua taraf waktu pemasakan dan nilai indeks sobek (Y) memperlihatkan kecenderungan peningkatan indeks sobek (Gambar 2). Hubungan (regresi) waktu pemasakan selama 2 jam terhadap nilai indeks sobek adalah : Y (kuadratik) = 2,826 - 0,231*X + 0,016*X² (R = + 0,797); sedangkan untuk waktu pemasakan selama 3 jam adalah : Y (linier) = 2,237 + 0,043*X (R = + 0,516).

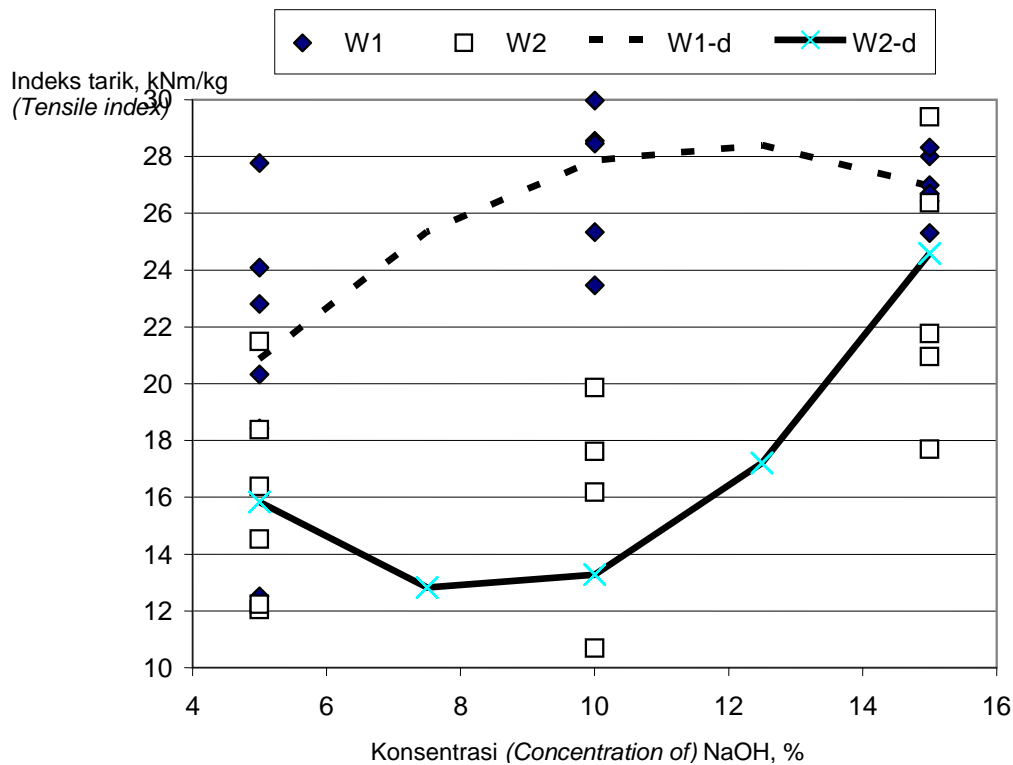


Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan indeks sobek lembaran pulp
 Figure 2. Relation between NaOH concentration and tear index of pulp sheet

Keterangan (Remarks) : W1 = Waktu pemasakan (WP) 2 jam (Cooking time for 2 hours ; W2 = Waktu pemasakan (WP) 3 jam (Cooking time for 3 hours); W1-d = Persamaan regresi untuk WP 2 jam (Regression equation for 2 hour cooking duration): $Y = 2.825679 - 0.231057 * X + 0.015872 * X^2$ (R = 0.7977); W2-d = Persamaan regresi untuk WP 3 jam (Regression equation for 3 hour cooking duration): $Y = 2.236843 + 0.042783 * X$ (R = +0.5159)

4. Indeks tarik

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan menunjukkan perbedaan atau tidak terhadap indeks tarik pulp tergantung pada waktu pemasakan. Nilai indeks tarik berkisar antara 6,302 – 31,362 kNm/kg. Hubungan antara konsentrasi NaOH (X) pada waktu pemasakan 2 jam terhadap nilai indeks tarik memperlihatkan kecenderungan penurunan, sedang untuk waktu pemasakan 3 jam cenderung meningkatkan nilai indeks tarik (Gambar 3). Hubungan (regresi) waktu pemasakan selama 2 jam terhadap nilai indeks tarik adalah : Y (kuadratik) = $5,987 - 3,765 * X + 0,158 * X^2$ (R = 0,696), sedangkan untuk waktu pemasakan selama 3 jam adalah : Y (kuadratik) = $32,278 - 4,674 * X + 0,278 * X^2$ (R = 0,738).



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan indeks tarik lembaran pulp
 Figure 3. Relation between NaOH concentration and tensile index of pulp sheet

Keterangan (Remarks) : W1 = Waktu pemasakan (WP) 2 jam (Cooking time for 2 hours);
 W2 = Waktu pemasakan (WP) 3 jam (Cooking time for 3 hours); W1-d =
 Persamaan regresi untuk WP 2 jam (Regression equation for 2 hour cooking
 duration): $Y = 5.987118 - 3.765278 \cdot X - 0.157838 \cdot X^2$ (R = 0.6960); W2-d =
 Persamaan regresi untuk WP 3 jam (Regression equation for 3 hour cooking
 duration): $Y = 32.278267 + 4.674817 \cdot X + 0.277493 \cdot X^2$ (R = 0.7380)

5. Opasitas

Hasil pengujian analisa keragaman memperlihatkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap nilai opasitas pulp. Nilai opasitas berkisar antara 99,04 – 99,62%.

Pengujian gramatur dan sifat opasitas pulp menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata untuk seluruh perlakuan penelitian. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kedua sifat tersebut tidak banyak dipengaruhi oleh faktor konsentrasi dan waktu pemasakan. Pengaruh konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai indeks retak, indeks sobek dan indeks tarik pulp (pada waktu pemasakan 3 jam) dengan kecenderungan peningkatan secara linier. Hal ini

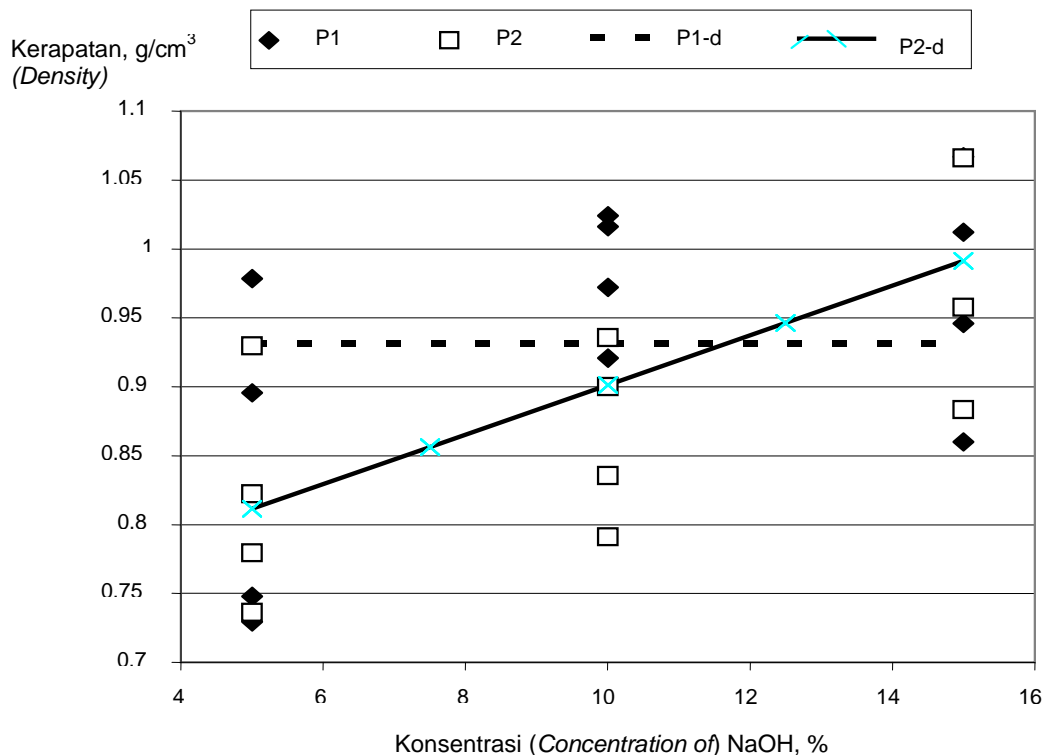
mengindikasikan, bahwa ketiga kekuatan fisis tersebut masih dapat ditingkatkan apabila mempertinggi konsentrasi NaOH lebih dari 15% hingga batas tertentu (Gambar 1, 2 dan 3). Indeks tarik pulp pada waktu pemasakan 2 jam menunjukkan penurunan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya variabilitas sifat bahan baku yang cukup besar.

C. Hasil Pengujian Papan Serat

Karakteristik sifat fisis-mekanis papan serat dari kayu jarak pagar adalah sebagai berikut :

1. Kerapatan

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat fenol formaldehida memberikan nilai yang berbeda dan tidak berbeda terhadap kerapatan papan serat tergantung dari konsentrasi perekat fenol formaldehida yang digunakan. Nilai kerapatan berkisar antara 0,729 – 1,130 g/cm². Perubahan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% tidak menunjukkan perubahan terhadap nilai kerapatan (tidak nyata), tetapi pada konsentrasi perekat 10% menunjukkan peningkatan yang nyata (Gambar 4). Hubungan (regresi) konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% terhadap kerapatan (Y) adalah: $Y \text{ (linier)} = 0,931$; sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah: $Y \text{ (linier)} = 0,721 + 0,018 * X$ (R = +0,690).

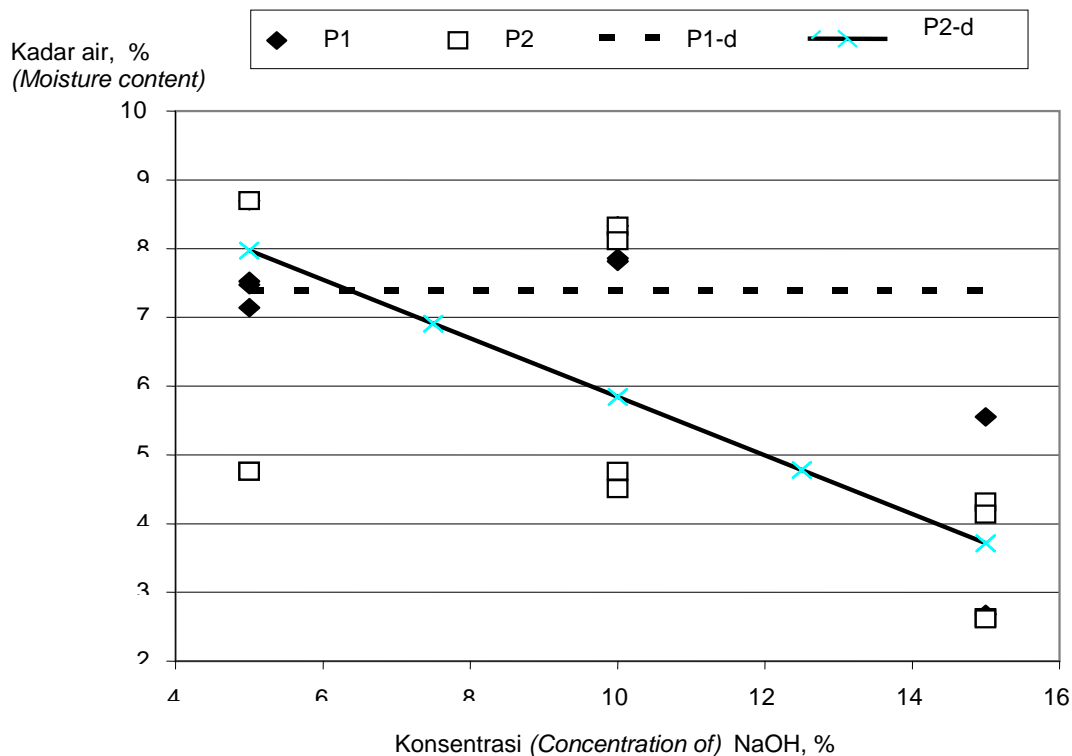


Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan kerapatan papan serat
 Figure 4. Relation between NaOH concentration and density of hardboard

Keterangan (Remarks) : P1 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 5% ; P2 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 10% ; P1-d = Persamaan regresi pada (Regression equation at) PF 5% : $Y = 0.93071$; P2-d = Kecenderungan regresi pada (Regression equation at) PF 10% : $Y = 0.721304 + 0.018008 * X$ (R = +0.6904)

2. Kadar air

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan pengaruh perlakuan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat fenol formaldehida terhadap nilai kadar air papan serat yang dihasilkan. Nilai kadar air berkisar antara 0,77 – 12,50%. Perubahan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% tidak menunjukkan perubahan yang nyata terhadap nilai kadar air (tidak nyata), tetapi pada konsentrasi perekat 10% menunjukkan kecenderungan penurunan yang nyata (Gambar 5). Hubungan (regresi) konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% terhadap kadar air (Y) adalah: Y (linier) = 7,380 ; sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah: Y (linier) = $10,099 - 0,426 * X$ (R = +0,618).

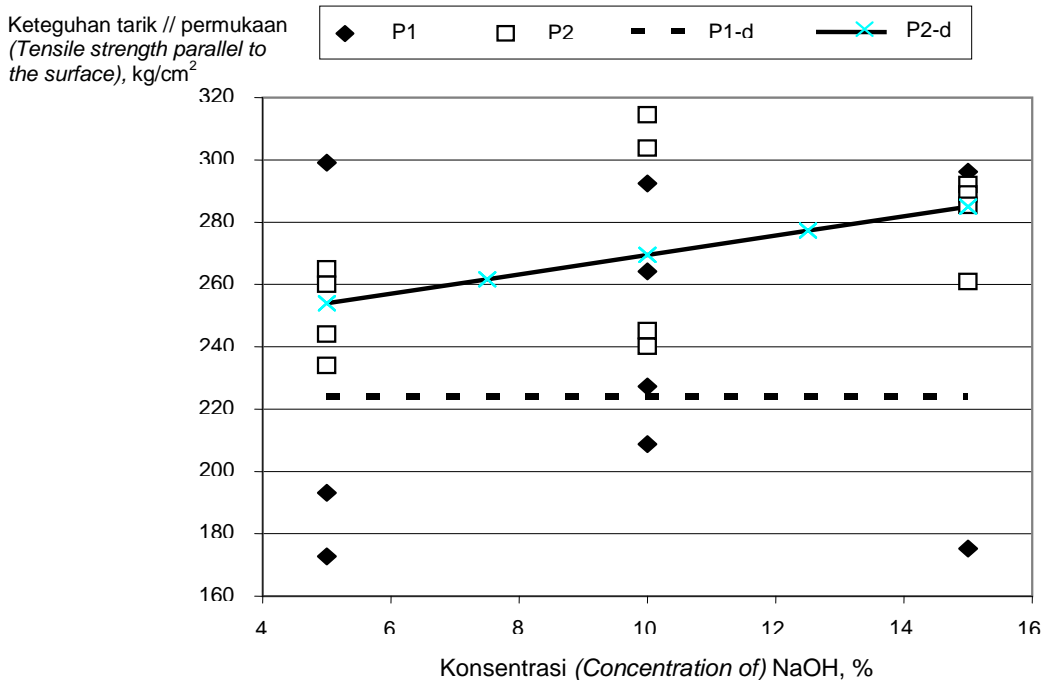


Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan kadar air papan serat
 Figure 5. Relation between NaOH concentration and moisture of hardboard

Keterangan (Remarks) : P1 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 5% ; P2 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 10% ; P1-d = Persamaan regresi pada (Regression equation at) PF 5% : $Y = 7.38036$; P2-d = Kecenderungan regresi pada (Regression equation at) PF 10% : $Y = 10.099746 - 0.425771 \cdot X$ ($R = +0.6176$)

3. Keteguhan tarik sejajar permukaan

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat phenol formaldehida memberikan nilai yang berbeda dan tidak berbeda pula terhadap kekuatan tarik sejajar permukaan papan serat tergantung pada konsentrasi perekat fenol formaldehida. Nilai kekuatan tarik sejajar berkisar antara 148,699 – 303,720 kg/cm². Perubahan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% menunjukkan tidak adanya perubahan pada nilai kekuatan tarik sejajar permukaan (tidak nyata), tetapi pada konsentrasi perekat 10% menunjukkan kecenderungan peningkatan yang nyata (Gambar 6). Hubungan (regresi) konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% terhadap keteguhan tarik // permukaan adalah: Y (linier) = 224,164 ; sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah: Y (linier) = 238,392 + 3,108 * X ($R = +0,495$).



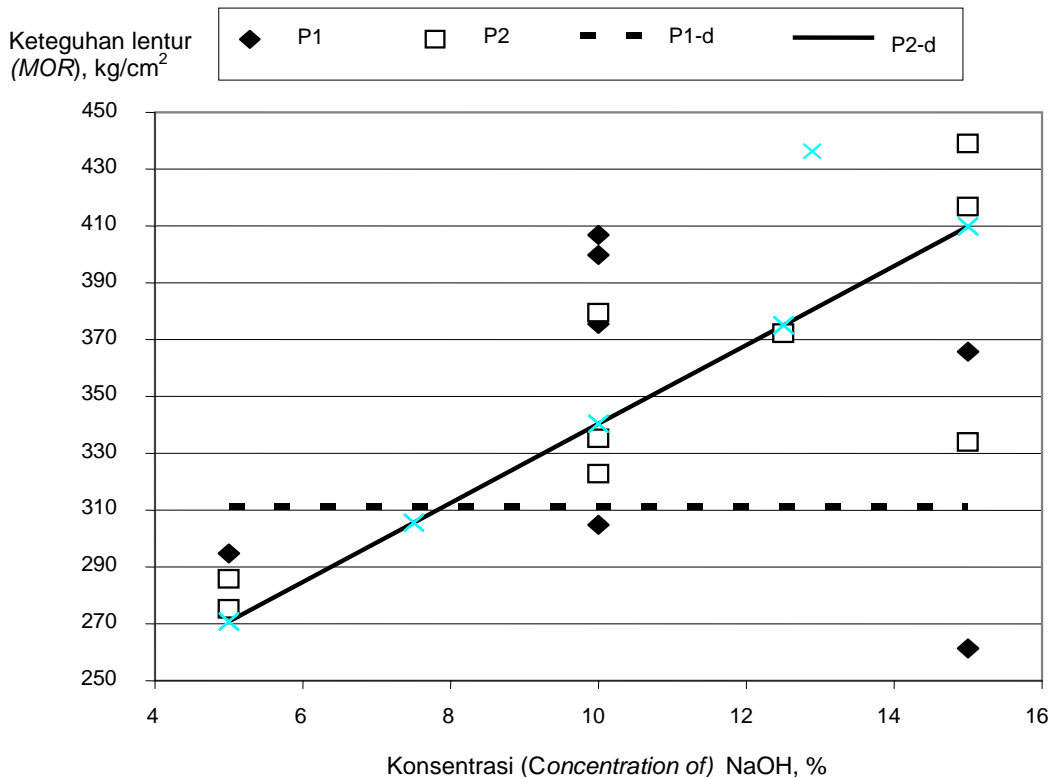
Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan keteguhan tarik sejajar permukaan papan serat

Figure 6. Relation between NaOH concentration and stretch parallel to the surface of hardboard

Keterangan (Remarks) : P1 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 5% ; P2 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 10% ; P1-d = Persamaan regresi pada (Regression equation at) PF 5% : $Y = 224.16412$; P2-d = Kecenderungan regresi pada (Regression equation at) PF 10% : $Y = 238.391669 + 3.107993 * X$ (R = +0.4950)

4. Keteguhan lentur / modulus patah (MOR)

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat phenol formaldehida memberikan nilai yang berbeda dan tidak berbeda terhadap keteguhan lentur (MOR) papan serat tergantung dari konsentrasi perekat fenol formaldehida. Nilai MOR berkisar antara 214,578 – 490,986 kg/cm². Perubahan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% menunjukkan tidak adanya perubahan pada nilai keteguhan lentur (tidak nyata), tetapi pada konsentrasi perekat 10% menunjukkan kecenderungan peningkatan yang nyata (Gambar 7). Hubungan konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% terhadap MOR (Y) adalah: Y (linier) = 311,094 ; sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah: Y (linier) = 201,321 + 13,901* X (R = +0,711).

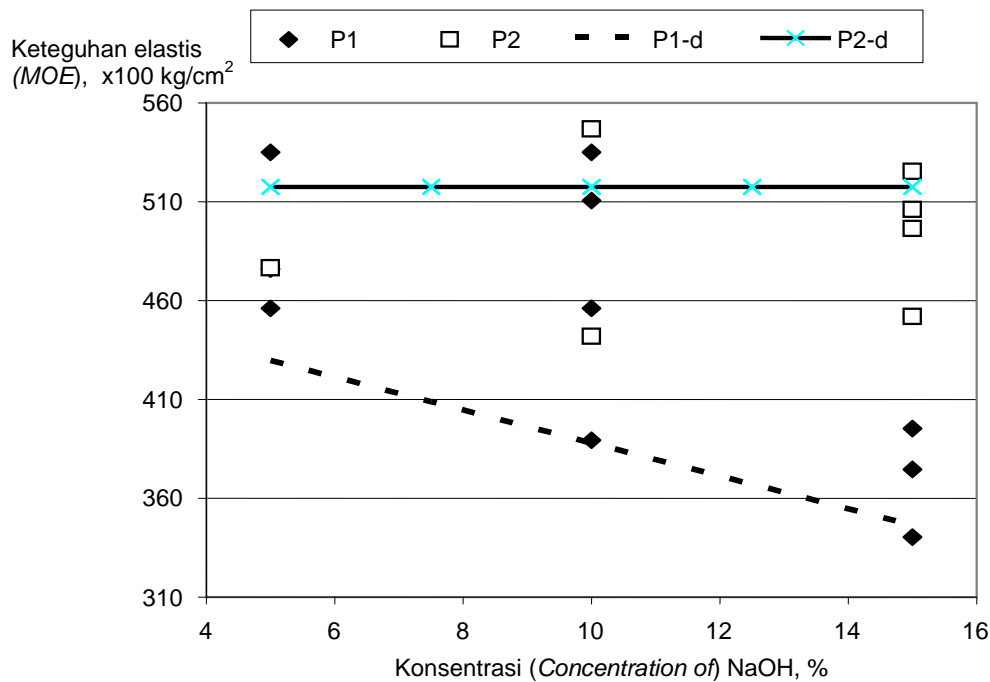


Gambar 7. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan keteguhan lentur papan serat
 Figure 7. Relation between NaOH concentration and MOR of hardboard

Keterangan (Remarks) : P1 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 5% ; P2 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 10% ; P1-d = Persamaan regresi pada (Regression equation at) PF 5% : $Y = 311.09440$; P2-d = Kecenderungan regresi pada (Regression equation at) PF 10% : $Y = 201.320585 + 13.900925 * X$ (R = +0.7113)

5. Keteguhan elastis (MOE)

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat fenol formaldehida juga memberikan nilai yang berbeda dan tidak berbeda terhadap keteguhan elastis (MOE) papan serat tergantung dari konsentrasi perekat fenol formaldehida. Nilai MOE berkisar antara 20983,3 – 63222,3 kg/cm². Perubahan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% mengakibatkan penurunan nyata pada nilai MOE (Gambar 8), tetapi pada konsentrasi perekat 10% tidak menunjukkan perubahan terhadap nilai keteguhan MOE (tidak nyata). Hubungan (regresi) konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% terhadap MOE (Y) adalah: Y (linier) = 47123,1 – 832,6*X (R = +0,353), sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah: Y (linier) = 51757,7.



Gambar 8. Hubungan antara konsentrasi NaOH dengan keteguhan elastis papan serat
 Figure 8. Relation between NaOH concentration and MOE of hardboard

Keterangan (Remarks) : P1 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 5% ; P2 = Perekat fenol formaldehida pada (Phenol formaldehyde at) PF 10% ; P1-d = Persamaan regressi pada (Regression equation at) PF 5% : $Y = 47123,1116 - 832,5973 * X$ (R = + 0.3534) ; P2-d = Kecenderungan regressi pada (Regression equation at) PF 10% : $Y = 51757,738$

6. Pengembangan volume

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat tidak mengakibatkan perubahan nyata terhadap pengembangan volume untuk seluruh perlakuan (tidak nyata). Nilai pengembangan volume berkisar antara 38,64 – 65,89%.

7. Pengembangan tebal

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan pengaruh konsentrasi NaOH pada dua taraf konsentrasi perekat tidak menunjukkan perubahan untuk seluruh perlakuan (tidak nyata). Nilai pengembangan tebal berkisar antara 38,43 – 64,88%.

8. Penyerapan air

Hasil pengujian analisa keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH pada dua taraf konsentrasi perekat fenol formaldehida memberikan nilai yang berbeda terhadap penyerapan air papan serat. Nilai kadar air berkisar antara 60,58 – 82,62%. Penggunaan konsentrasi NaOH pada konsentrasi perekat 5% dan 10% menunjukkan kecenderungan penurunan kuadratik terhadap nilai penyerapan air (nyata). Hubungan (regresi) konsentrasi NaOH (X) pada perekat 5% (Y) adalah: Y (kuadratik) = $31,499 + 7,367 * X - 0,279 * X^2$ ($R = 0,978$), sedangkan untuk konsentrasi perekat 10% adalah : Y (kuadratik) = $41,830 - 6,358 * X^2$ ($R = 0,978$).

Tabel 3. Pengembangan volume, pengembangan tebal dan penyerapan air papan serat
Table 3. Swelling of volume, thickness and water absorption of hardboard

No.	Kode (Code)	Pengembangan volume (<i>Volume swelling</i>), %	Pengembangan tebal (<i>Thickness swelling</i>), %	Penyerapan air (<i>Water absorp- tion</i>), %
1	a ₁₋₁ b ₁	49,09	38,74	62,12
2	a ₁₋₂ b ₁	38,64	38,66	60,58
3	b ₁₋₁ b ₁	48,71	38,48	79,35
4	b ₁₋₂ b ₁	63,54	43,67	75,11
5	c ₁₋₁ b ₁	52,91	46,14	80,87
6	c ₁₋₂ b ₁	47,80	38,48	77,41
7	a ₁₋₁ b ₂	52,10	47,35	69,05
8	a ₁₋₂ b ₂	49,92	43,16	65,82
9	b ₁₋₁ b ₂	53,25	58,22	81,9
10	b ₁₋₂ b ₂	65,89	64,88	79,44
11	c ₁₋₁ b ₂	47,95	38,43	82,62
12	c ₁₋₂ b ₂	48,24	41,91	80,45

Keterangan (*Remarks*) : a = Konsentrasi (*Concentration of*) NaOH 5% ; b = Konsentrasi (*Concentration of*) NaOH 10% ; c = Konsentrasi (*Concentration of*) NaOH 15% ; 1 = Waktu pemasakan 2 jam (*Cooking time for 2 hours*) ; 2 = Waktu pemasakan 3 jam (*Cooking time for 3 hours*)

Hasil pengujian papan serat menunjukkan bahwa karakteristik sifat fisis mekanis pulp cenderung meningkat untuk sifat kerapatan (pada konsentrasi perekat 10%), keteguhan tarik (pada konsentrasi perekat 10%), keteguhan lentur (pada konsentrasi perekat 10%), penyerapan air (pada konsentrasi perekat 5% dan 10%) secara kuadratik dengan meningkatnya konsentrasi alkali, sedangkan kekuatan fisis mekanis menurun untuk sifat kerapatan (pada konsentrasi perekat 5%), kadar air (pada konsentrasi perekat 10%), keteguhan elastisitas (pada konsentrasi perekat 5%). Sifat fisis mekanis tidak menunjukkan perubahan (tidak nyata) adalah kadar air (pada konsentrasi perekat 5%), keteguhan tarik (pada konsentrasi perekat 5%), keteguhan lentur (pada konsentrasi perekat 5%), keteguhan elastis (pada konsentrasi perekat 10%), pengembangan volume (pada konsentrasi perekat 5% dan 10%), pengembangan tebal (pada konsentrasi perekat 5% dan 10%). Hal tersebut menunjukkan, bahwa untuk sifat-sifat kekuatan fisis mekanis yang penting seperti keteguhan tarik, keteguhan lentur dan penyerapan air masih dapat ditingkatkan kekuatannya dengan memberikan konsentrasi perekat lebih dari 10%. Tetapi sifat keteguhan elastis tidak banyak dipengaruhi oleh konsentrasi perekat, bahkan peningkatan konsentrasi tersebut bisa menurunkan nilainya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kayu jarak pagar berserat pendek, kayunya sangat ringan, serat dindingnya tipis dan bilangan Runkel lebih kecil dari (<) 1. Sifat tersebut menunjukkan, bahwa kayu jarak pagar dapat dipakai untuk membuat pulp kertas dengan kualitas medium. Sifat fisis mekanis kayu tersebut kurang lebih sama dengan kayu *Acacia falcataria*.
2. Pengaruh NaOH dan waktu pemasakan dapat meningkatkan nilai indeks retak, indeks sobek dan indeks tarik pulp, sedangkan terhadap gramatur dan opasitas tidak berbeda nyata.
3. Kayu jarak pagar juga dapat dipakai untuk papan serat. Pengaruh peningkatan konsentrasi NaOH dan konsentrasi perekat fenol formaldehida dapat meningkatkan kerapatan, keteguhan tarik, lentur dan penyerapan air. Sedangkan kadar air, pengembangan volume dan pengembangan tebal cenderung menurun.
4. Sifat fisis mekanis pulp dan papan serat dari kayu jarak pagar masih dapat disempurnakan dengan meningkatkan konsentrasi NaOH hingga batas tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1958. Fibreboard and Particleboard. Food and Agriculture. FAO of the United Nations. Rome. Italy.
- _____. 1972. Standard methods for evaluating the properties of wood-based fibre and particle panel materials. American Standard for Testing Materials (ASTM) No. D-1037. Philadelphia, PA.
- _____. 1983. Technical Association of The Pulp and Paper Industries (TAPPI)'s Test Methods. TAPPI Press, Atlanta, Georgia.
- _____. 2003. Diversifikasi dan peningkatan efisiensi teknologi karbonisasi dan pulp kertas. Hasil-Hasil Penelitian Tahun 2000 – 2002 oleh Kelti Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan. Seminar Hasil Penelitian Teknologi Hasil Hutan, di Hotel Pangrango II, tanggal 19 Desember 2002. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. Halaman 2.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Vol. I, 3rd Interscience Publisher, Inc., New York.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia II. Terjemahan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Penerbit Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta. Jilid II, Cetakan ke-1 : Halaman 1180.
- Houwink, R. and G. Salomon. 1965. Adhesion and Adhesives. Vol. I. Elsevier Pub.Co., Amsterdam, London, New York. 29 – 52 pp.
- Sudjana. 1994. Disain dan Analisis Eksperimen. Edisi III. Tarsito. Bandung. Halaman 19 – 36.
- Sudradjat, R. 2004. Teknologi pengolahan limbah tanaman jarak pagar. Laporan Hasil Penelitian. Sumber Dana DIK-S DR Tahun Anggaran 2004. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. *Tidak diterbitkan.*

: