

## Analisa Karakteristik Kayu Singkong Gajah (*Manihot esculenta crantz*) Sebagai Bahan Baku Pulp

Bambang Irawan<sup>1\*</sup>, Danawati Hari Prajitno<sup>2</sup>

1). Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS), Jambi

2). Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa System, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

\*Corresponding author, e-mail: [irawanlb@yahoo.co.id](mailto:irawanlb@yahoo.co.id)

### ABSTRACT

The pulp manufacturing process requires wood as raw material. The existence of wood raw materials that can be used is increasingly experiencing scarcity, so alternative wood raw materials are needed. *Manihot esculenta crantz* has the potential to be an alternative raw material in the pulping process. This study used 3 types of wood, namely, *manihot esculenta crantz*, with *eucalyptus* and *acacia mangium* as comparisons. The analytical parameters used are wood composition (%), Basic density ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) and FTIR analysis. The percentage of wood on the *Manihot esculenta crantz* tree has a tendency, the higher the position of the sample, the lower the percentage of wood. The average percentage of wood at a height of 22 cm above ground level shows a value of 87%. The basic density values for the three types of wood (*Manihot esculenta crantz*, *eucalyptus* and *acacia mangium*) showed relatively the same results. The density values for *Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus* and *Acacia mangium* wood were  $0.480 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,  $0.483 \text{ g}/\text{cm}^3$  and  $0.499 \text{ g}/\text{cm}^3$ , respectively. FTIR analysis showed that the content of the three types of wood had the same functional group. Some of the data in this study can recommend that *manihot esculenta crantz* can be used as raw material for making pulp.

Keywords: *Manihot esculenta crantz*, pulping, basic density, FTIR, functional group

### ABSTRAK

Proses pembuatan pulp sangat memerlukan bahan baku kayu. Keberadaan bahan baku kayu yang bisa dipergunakan semakin mengalami kelangkaan, sehingga diperlukan bahan baku kayu alternatif. *Manihot esculenta crantz* berpotensi untuk menjadi bahan baku alternative dalam proses pulping. Penelitian ini menggunakan 3 jenis kayu yaitu, *manihot esculenta crantz*, dengan pembandingan *eucalyptus* dan *acacia mangium*. Parameter analisa yang dipergunakan adalah komposisi kayu (%), Basic density ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) dan analisa FTIR. Persentase kayu pada pohon *Manihot esculenta crantz* terdapat kecenderungan, semakin tinggi posisi sampel maka semakin rendah persentase kayu. Rata rata persentase kayu pada ketinggian 22 cm di atas permukaan tanah menunjukkan nilai 87%. Nilai basic density pada ketiga jenis kayu (*manihot esculenta crantz*, *eucalyptus* dan *acacia mangium*) menunjukkan hasil yang relative sama. Nilai densitas untuk kayu *Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus* dan *Acacia mangium* masing masing sebesar  $0.480 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,  $0.483 \text{ g}/\text{cm}^3$  dan  $0.499 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Analisa FTIR menunjukkan kandungan pada ketiga jenis akyu tersebut memiliki kesamaan gugus fungsi. Beberapa data pada penelitian ini dapat merekomendasikan bahwa kayu *manihot esculenta crantz* dapat dipergunakan menjadi bahan baku pembuatan pulp.

Kata kunci: *Manihot esculenta crantz*, pulping, basic density, FTIR, gugus fungsi

### PENDAHULUAN

Kertas merupakan material yang sangat diperukan dalam kehidupan sehari hari. Bahan baku pembuatan

kertas adalah pulp. Sedangkan bahan baku pembuatan pulp adalah kayu. Secara umum kayau terdiri dari beberapa komponen antara lain karbon (50%), oksigen

(44%) dan hidrogen (6%), serta 0,5% kandungan mineral [1]. Kualitas kayu berpengaruh pada hasil produksi, kualitas produk dan kemampuan proses [2]. Pada umumnya kayu yang diolah menjadi pulp adalah spesies tertentu, seperti *Acacia mangium*, *acacia crasicarfa* and *eucalyptus* [3]. Persentase produksi pulp dan kertas yang diproduksi dari bahan kayu sebesar 91% [4]. Pada saat ini ada upaya untuk menggantikan bahan baku pulp dari kayu menjadi bahan non kayu [5]. Bahan baku non kayu yang digunakan untuk pembuatan pulp bertambah sebesar 10% selama dua decade terakhir sedangkan penggunaan bahan kayu bertambah hanya 4% [6]. Untuk menciptakan kondisi yang berkesinambungan maka perlu dicari bahan alternative sebagai pengganti bahan yang biasa dipergunakan. Sebagai bahan alternatif dapat dipergunakan *Manihot esculenta crantz*. Cabang kayu singkong gajah yang tidak dipergunakan mengandung komponen *ligno selulosa*. Bagian batang *Manihot esculenta crantz* hanya 10 % dari tinggi batang dimanfaatkan untuk ditanam kembali, dan 90% merupakan limbah [7]. Berdasarkan hasil analisa laboratorium kayu singkong gajah mengandung 56.82%  $\alpha$  selulosa, lignin 21,72%, ADF 21,45% and fiber length 0,05 - 0,5 cm [7]. Selulosa adalah biopolimer organik yang paling dominan sekitar 40-50% dari total massa di pohon [8]. Untuk memastikan kelayakan sebagai bahan baku pembuatan pulp, maka perlu sekali untuk dianalisa karakteristik kayu dengan membandingkan dengan kayu *acacia mangium* dan *eucalyptus*.

Batang kayu *Manihot esculenta crantz* 90% terbangun sebagai limbah sedangkan yang 10% digunakan sebagai bibit untuk proses replanting [7]. Analisa karakteristik kayu dapat digunakan untuk menentukan prediksi awal terhadap kualitas bentukan pulp yang dihasilkan. Beberapa karakteristik kayu yang bias dijadikan acuan adalah densitas kayu [9]. Densitas kayu ini mempengaruhi tingkat penurunan kandungan air dalam kayu [10]. Kayu mengandung bermacam macan gugus fungsi yang spesifik dan dapat mempengaruhi kemampuan proses. Untuk mengetahui berbagai gugus fungsi di dalam kayu dipergunakan metode spektroskopi FTIR. Metode spektroskopi FTIR berfungsi untuk menentukan gugus-gugus fungsi khas yang terdapat pada struktur lignin dan

dibandingkan dengan spektrum FTIR lignin komersial standar sehingga dapat diketahui optimasi pemisahan lignin tersebut [11][12]. Analisa FTIR ini juga dipergunakan untuk mengetahui persamaan gugus fungsi dalam beberapa sampel [13].

## METODE

### Material

Material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah kayu *Manihot esculenta crantz* yang berumur 8 sampai dengan 10 bulan, kayu *Eucalyptus* dan kayu *Acacia mangium* yang berumur 5 tahun. Kayu *Eucalyptus* dan *Acacia mangium* dalam penelitian ini dipergunakan sebagai pembanding. Ketiga jenis kayu tersebut (*Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus* dan *Acacia mangium*) diambil dari propinsi Jambi.

### Metoda Analisa

Dalam penelitian ini beberapa parameter yang akan dianalisa adalah komposisi kayu dalam batang *Manihot esculenta crantz* menggunakan metode gravimetri, basic density kayu dan FTIR. Komposisi kayu pada *Manihot esculenta crantz* dihitung berdasarkan berat komponen kayu terhadap berat total sampel yang diambil. Posisi sampel diambil pada posisi sepanjang 22 cm diatas permukaan tanah dengan variasi jarak 2cm. Basic density kayu dianalisa dengan menggunakan metode SCAN-CM : 43-95[14].

### Peralatan

Peralatan analisa yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain FTIR FT/IR-4000 Series.



Gambar 1. Peralatan FTIR, FT/IR-4000 series.

## Spesifikasi Peralatan:

Standard wavenumber measurement range : 7,800 to 350  $\text{cm}^{-1}$

Optional extended wavenumber range : 15,000 to 2,200  $\text{cm}^{-1}$ , 5,000 to 220  $\text{cm}^{-1}$

Display wavenumber range : 15,000 to 0  $\text{cm}^{-1}$  (standard)

Wavenumber accuracy : Within  $\pm 0.01 \text{ cm}^{-1}$  (theoretical value)

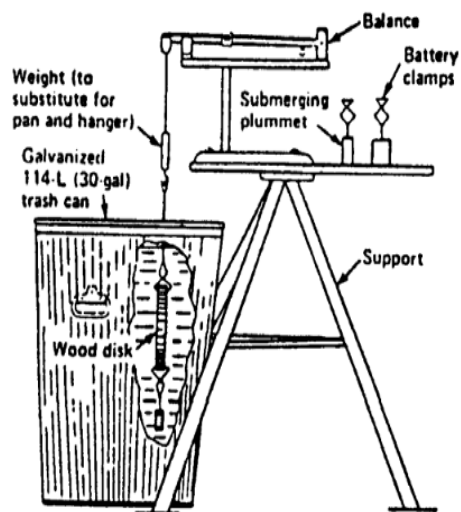
Maximum resolution : 0.7  $\text{cm}^{-1}$

Optical System : Single beam

Sample chamber: Size: 200 mm (W)  $\times$  260 mm (D)  $\times$  185 mm.

Optical path: Center focus, light axis 70 mm high

## Peralatan analisa basic density kayu



Gambar 2. Skema peralatan analisa *basic density* kayu

Peralatan analisa basic density kayu yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen antara lain,

1. Timbangan, kapasitas 1 kg, sensitivitas 0,1 g
2. Timbangan, kapasitas minimum 500 g, sensitivitas 0,05 g
3. Kontainer, untuk tempat air
4. Holding clamp.
5. Submerging plummets (3 or 4), in the range of 50 to 500 g
6. Oven pengering,

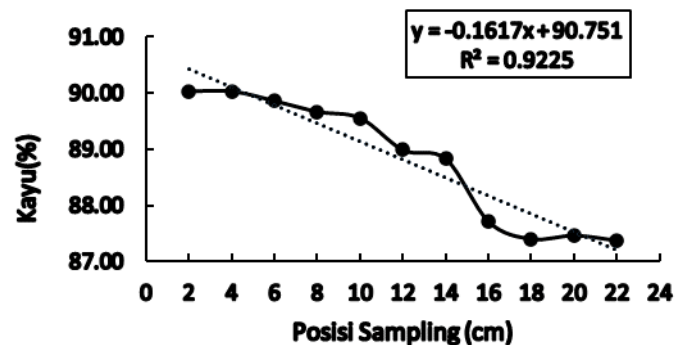
7. Gergaji .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter analisa dalam riset ini adalah komposisi kayu dalam batang kayu, basic density kayu dan FTIR. Komposisi kayu dalam batang pohon dianalisa berdasarkan perbandingan berat kering kayu komponen kayu dengan berat total dengan posisi sampel sepanjang 22 cm di atas permukaan tanah dengan menggunakan variasi 2 cm. Parameter analisa basic density dianalisa dengan menggunakan metode SCAN-CM : 43-95[14][15].

### Analisa persentase kayu pada pohon *manihot esculenta crantz*

Persentase kayu dan non kayu pada pohon harus diperhatikan dalam proses pulping. Persentase kayu dapat dianalisa dengan cara membandingkan antara kayu dan non kayu pada berbagai posisi pada tegakan pohon. Komposisi kayu (% berat) dalam batang *Manihot esculenta crantz* berdasar ketinggian batang dari permukaan tanah dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Persentase kayu (% w) pada pohon *Manihot esculenta crants*.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa persentase kayu pada pohon *Manihot esculenta crants* terdapat kecenderungan, semakin tinggi posisi sampel maka semakin rendah persentase kayu. Rata rata persentase kayu pada ketinggian 22 cm di atas permukaan tanah menunjukkan nilai 87%. Tingkat korelasi antara posisi sampling dan persentase kayu sebesar 0.9225 dengan persamaan korelasi

$Y = -0.1617x + 90.751$ . Dari data korelasi tersebut dapat direkomendasikan bahwa penggunaan kayu singkong gajah (*Manihot esculenta crantz*) untuk proses pembuatan pulp pada batang dengan ketinggian maksimal 22 cm di atas permukaan tanah.

### Analisa basic density kayu

Dalam proses pulping salah satu hal perlu diperhatikan adalah nilai densitas kayu [16]. Nilai densitas kayu menunjukkan kandungan beberapa komponen termasuk fiber dan lignin. Semakin tinggi nilai densitas kayu mempunyai potensi semakin tinggi kandungan selulosa dalam kayu. *Basic density* berkaitan erat dengan sifat pulp: kayu dengan *basic density* rendah menghasilkan kertas dengan kerapatan lembaran tinggi, kekuatan tarik, pecah dan lipat; dan resistensi yang lebih rendah terhadap gaya mekanik, tetapi dengan hasil pulp dan kekuatan sobek yang rendah [17]. Perbandingan hasil analisa *basic density* pada kayu *Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus* dan *Acacia mangium* dapat dilihat pada table 1.

Table 1. Hasil analisa *basic density* kayu

Sample	Basic Density (g/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	Std. Deviasi
<i>Manihot esculenta crantz</i>	0.477	0.480	0.0078
	0.476		
	0.489		
	0.471		
	0.487		
<i>Eucalyptus</i>	0.494	0.483	0.0085
	0.472		
	0.481		
	0.480		
	0.479		
<i>Acacia mangium</i>	0.510	0.499	0.0100
	0.499		
	0.489		
	0.509		
	0.490		

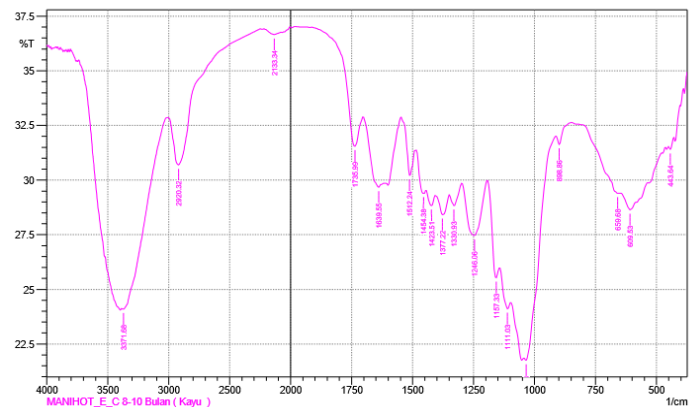
Berdasarkan analisa densitas kayu didapatkan nilai densitas untuk kayu *Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus*

dan *Acacia mangium* masing masing sebesar 0.480 g/cm<sup>3</sup>, 0,483 g/cm<sup>3</sup> dan 0.499 g/cm<sup>3</sup>. Pengukuran densitas kayu dari ketiga jenis kayu tersebut mempunyai standar deviasi untuk *Manihot esculenta crantz*, *Eucalyptus* dan *Acacia mangium* masing masing sebesar 0.0078, 0,0085 dan 0.0100. Perbandingan nilai *basic density* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang besar antara kayu *manihot esculenta crantz*, *eucalyptus* dan *acacia mangium*. Kemiripan nilai *basic density* antara ketiga jenis kayu tersebut di atas menunjukkan bahwa kayu *manihot esculenta crantz* mempunyai potensi untuk dijadikan bahan baku alternatif dalam pembuatan pulp.

### Hasil analisa FTIR dari kayu

#### a. *Manihot esculenta crantz*

Kayu sebagai bahan baku proses pulping perlu diketahui kandungan gugus fungsinya. Salah satu analisa yang bisa menunjukkan tampilan gugus fungsi adalah analisa FTIR. Analisa FTIR ini bertujuan untuk melacak struktur molekul organik baik yang rumus molekulnya diketahui maupun sama sekali tidak diketahui [11]. Dari analisa FTIR terhadap kayu *manihot esculenta crantz*, *eucalyptus* dan *acacia mangium* dapat dilihat pada Gambar 4.



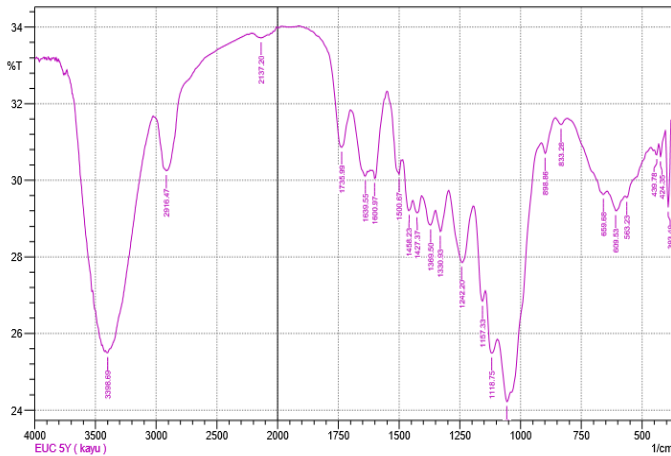
Gambar 4. Hasil analisa FTIR dari kayu *Manihot esculenta crantz*

Pada Gambar 4. dari hasil analisa FTIR terhadap kayu *manihot esculenta crantz* panjang gelombang 3371 cm<sup>-1</sup> mewakili gugus asam karboksilat dengan tipe serapan melebar dengan intensitas yang kuat. Panjang gelombang

2920  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus CH dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah. Panjang gelombang 2133  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus *alkuna* dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah.

Panjang gelombang 1735,99  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan tajam dan lemah mewakili gugus *karboksilat*. Panjang gelombang antara 1650 - 1450  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan lebar dengan intensitas medium mewakili gugus fungsi C=C (*Alkena*) dan aromatis, panjang gelombang antara 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi alkohol dan *ester* dengan tipe serapan lebar dengan intensitas kuat, sedangkan panjang gelombang lebih kecil dari 1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi senyawa *aromatis*

### b. *Eucalyptus*

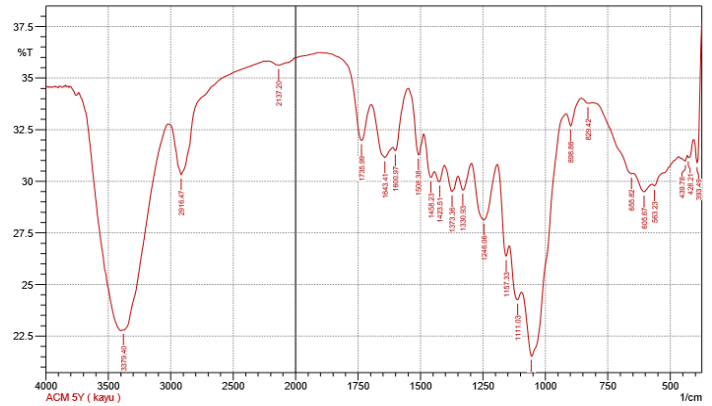


Gambar 5. Hasil analisa FTIR dari kayu *Eucalyptus*

Pada Gambar 5 dari hasil analisa FTIR terhadap kayu *Eucalyptus* panjang gelombang 3396  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus asam karboksilat dengan tipe serapan melebar dengan intensitas yang kuat. Panjang gelombang 2916  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus CH dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah. Panjang gelombang 2137  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus *alkuna* dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah. Pada panjang gelombang 1735,99  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan tajam dan lemah mewakili gugus *karboksilat*. Panjang gelombang antara 1650 - 1450  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan lebar dengan intensitas medium mewakili gugus fungsi C=C (*Alkena*) dan aromatis, panjang gelombang antara 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi alkohol dan

*ester* dengan tipe serapan lebar dengan intensitas kuat, sedangkan panjang gelombang lebih kecil dari 1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi senyawa *aromatis*

### c. *Acacia mangium*



Gambar 6. Hasil analisa FTIR dari kayu *Acacia mangium*

Pada Gambar 6. dari hasil analisa FTIR terhadap kayu *Acacia mangium* panjang gelombang 3376  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus asam karboksilat dengan tipe serapan melebar dengan intensitas yang kuat. Panjang gelombang 2916  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus CH dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah. Panjang gelombang 2137  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus *alkuna* dengan tipe serapan melebar dengan intensitas lemah. Panjang gelombang 1735,99  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan tajam dan lemah mewakili gugus *karboksilat*. Panjang gelombang antara 1650 - 1450  $\text{cm}^{-1}$  dengan tipe serapan lebar dengan intensitas medium mewakili gugus fungsi C=C (*Alkena*) dan aromatis, panjang gelombang antara 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi alkohol dan *ester* dengan tipe serapan lebar dengan intensitas kuat, sedangkan panjang gelombang lebih kecil dari 1000  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi senyawa *aromatis*.

Berdasarkan analisa FTIR dari ketiga jenis kayu menunjukkan hasil analisa dengan identifikasi jenis gugus fungsi yang sama. Beberapa gugus fungsi yang ditemukan dalam ketiga jenis kayu yang dianalisa antara lain, gugus fungsi asam karboksilat, gugus fungsi CH, gugus fungsi *alkuna*, *alkena*, *alkohol*, *ester* dan senyawa gugus fungsi *aromatis*. Kesamaan gugus fungsi yang ditemukan dalam analisa FTIR mengindikasikan bahwa kayu *manihot*



*esculenta crantz* tersebut mempunyai potensi untuk dijadikan bahan baku pulp.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari parameter komposisi kayu, basic density dan analisa FTIR dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain,

1. Berdasarkan hasil analisa komposisi kayu *manihot esculenta crantz* dapat direkomendasikan bahwa penggunaan kayu singkong gajah (*Manihot esculenta crantz*) untuk proses pembuatan pulp pada batang dengan ketinggian maksimal 22 cm diatas permukaan tanah
2. Data hasil analisa *basic density* pada ketiga jenis kayu menunjukkan hasil yang relatif sama. Hal ini mengindikasikan bahwa kayu *manihot esculenta crantz* berpotensi mengandung selulosa yang relatif sama dengan jenis kayu *eucalyptus* dan *acacia mangium*. Dengan asumsi tersebut dapat direkomendasikan bahwa kayu *manihot esculenta crantz* mempunyai potensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan pulp.
3. Hasil FTIR menunjukkan kandungan gugus fungsi dari ketiga jenis kayu tersebut mempunyai kesamaan. Gugus fungsi ini diketahui dapat memudahkan sistem pemrosesan yang akan dipergunakan dalam proses pulping.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Jurnal ini disusun atas kerjasama beberapa pihak antara lain, Prof. Dr., Ir, Danawati Hari, P, MPd, sebagai pembimbing, Kepala Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK), Bandung dan semua teman dosen di Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Jambi.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Bjurulf, *Chip Geometry-Methods to impact the geometry of market chips*. 2006.

- [2] J. G. Timmerfors, "Wood Chips for Kraft and Sulfit Pulping Evaluation of Novel Forest-Industrial Drum Chipping Technology," Uame University, 2020.
- [3] S. Sugesty, T. Kardiansyah, and W. Pratiwi, "PENGUNAAN XILANASE PADA PEMUTIHAN DISSOLVING PULP *Acacia crassicarpa*," *J. Selulosa*, vol. 5, no. 02, pp. 99–106, 2015, doi: 10.25269/jsel.v5i02.80.
- [4] N. S. Hartati, E. Sudarmonowati, and K. Sofyan, "ANALISIS KUANTITATIF DAN UJI HISTOKIMIA LIGNIN SENGON ( *Paraserianthes falcataria* ) QUANTITATIVE ANALYSIS AND LIGNIN HISTOCHEMICAL ASSAY OF SENGON ( *Paraserianthes falcataria* )," vol. 14, no. 3, pp. 525–534, 2011.
- [5] O. L. M. Kamoga, J. K. Byaruhanga, and J. B. Kirabira, "A Review on Pulp Manufacture from Non Wood Plant Materials," *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 3, pp. 144–148, 2013, doi: 10.7763/ijcea.2013.v4.281.
- [6] J. Behin and M. Zeyghami, "Dissolving pulp from corn stalk residue and waste water of Merox unit," *Chem. Eng. J.*, vol. 152, no. 1, pp. 26–35, 2009, doi: 10.1016/j.cej.2009.03.024.
- [7] K. Sumada, P. Erka Tamara, and F. Alqani, "Kajian Proses Isolasi A -Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien," *J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, pp. 434–438, 2011.
- [8] A. Holm and R. Niklasson, "The effect on wood components during soda pulping," Chalmers University of Technology, 2018.
- [9] G. L. Slti Ftimah, Mudji SUsanto, "Studi Komponen Kimia Kayu *Eucalyptus pellita* F. Muell dari Pohon Plus Hasil Uji Keturunan Generasi Kedua di Wonogiri, Jawa Tengah," *J. Ilmu Kehutan.*, vol. 7, no. 1, pp. 57–69, 2013, doi: 10.22146/jik.6138.
- [10] J. P. van der Merwe, P. Ackerman, R. Pulkki, and D. Längin, "The impact of log moisture content on chip size distribution when processing eucalyptus pulpwood," *Croat. J. For. Eng.*, vol. 37, no. 2, pp. 297–307, 2016.
- [11] R. Setiati, D. Wahyuningrum, and S. Siregar, "OPTIMASI PEMISAHAN LIGNIN AMPAS

- TEBU DENGAN MENGGUNAKAN NATRIUM HIDROKSIDA,” *ETHos (Jurnal Penelit. dan Pengabd. Masyarakat)*, vol. 4, no. 2, pp. 257–264, 2016.
- [12] X. F. Zhou and X. J. Lu, “Structural characterization of kraft lignin for its green utilization,” *Wood Res.*, vol. 59, no. 4, pp. 583–592, 2014.
- [13] L. et al. Indriati, “Kajian Karakteristik Kertas Untuk Kemasan Makanan,” in *Seminar Teknologi Pulp dan Kertas*, 2014.
- [14] P. A. B. SCANDINAVIAN PULP, “SCAN-CM :43-95, Basic density,” in *Scan Test Method*, Stockholm, Sweden: PFI and STFI-Packforsk, 1995, pp. 1–4.
- [15] S. S. I. Group, “T 258 om-02, Basic density and moisture content of pulpwood,” in *TAPPI Test Method*, Norcross, GA 30024, USA: TAPPI Press, 2006.
- [16] W. Fatriasari, “SIFAT PULP KRAFT KAYU SENGON ( *Paraserianthes falcataria* ): Perbedaan Konsentrasi Bahan Pemasak dan Tahap Pemutihan THE PROPERTIES KRAFT PULP SENGON WOOD ( *Paraserianthes falcataria* ): Differences Of Cooking Liquor Concentration and Bleaching Sequence,” *Widyariset*, pp. 589–598, 2011.
- [17] R. Takeuchi *et al.*, “Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia,” *Tropics*, vol. 25, no. 3, pp. 107–115, 2016, doi: 10.3759/tropics.ms15-23.