EFEKTIVITAS BERBAGAI INDIKATOR PENGGILINGAN UNTUK MEMPREDIKSI KUALITAS KERTAS

Hana Rachmanasari ^a, Taufan Hidayat ^a

^a Balai Besar Pulp dan Kertas

Jl. Raya Dayeuhkolot 132 Bandung 40258 Tlp. (022) 5202980 Fax. (022) 5202871

e-mail: bbpk@bbpk.go.id

Diterima : 02 Maret 2011, Revisi Akhir : 21 November 2011

EFFECTIVENESS OF VARIOUS REFINING INDICATORS TO PREDICT PAPER QUALITY

ABSTRACT

The experiments of refining have been done using PFI mill and Beater, at 300 mL CSF of freeness as fixed parameters. Research was aims to determine the effective indicators of refining to predict the quality of the paper. The raw material used were wood pulp, non wood pulp, chemical pulp, mechanical pulp, Leaf Bleached Kraft Pulp (LBKP) and Needle Bleached Kraft Pulp (NBKP). The parameters which analyzed for each equipments were fibers classification, fiber morphology, dimensions of its derivatives and as the value of the drainage rate. The strenght of handsheets formed from the fibers were tested including tensile, bursting, and tearing strength. According to the results of correlation analysis, the most effective and sensitive indicators of refining towards strength properties of paper, in the wo different refining methods, is the felting power slenderness with correlation values above 0.8.

Key words : refining, fiber classification, fiber morphology, the strength properties, correlation value

ABSTRAK

Telah dilakukan percobaan penggilingan menggunakan *PFI mill* dan *Valley Beater*, pada *freeness* 300 mL CSF sebagai parameter tetap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beberapa indikator penggilingan yang efektif untuk memprediksi kualitas kertas. Bahan baku terdiri dari pulp kayu, pulp non kayu, pulp kimia, pulp mekanis, pulp kayudaun dan pulp kayujarum. Parameter yang dianalisa untuk masing-masing hasil penggilingan adalah klasifikasi serat, morfologi serat dan dimensi turunannya serta nilai laju drainase. Selanjutnya dilakukan uji sifat kekuatan yang meliputi ketahanan tarik, retak dan sobek. Berdasarkan hasil analisa korelasi terhadap data penelitian, indikator penggilingan yang paling efektif dan sensitif terhadap sifat kekuatan kertas pada dua metode penggilingan berbeda adalah kelangsaan dengan nilai korelasi di atas 0,8.

Kata kunci : penggilingan, klasifikasi serat, morfologi serat, sifat kekuatan, nilai korelasi

PENDAHULUAN

Penggilingan atau *refining* adalah pemberian aksi mekanis terhadap serat untuk mengembangkan sifat optimal serat yang diinginkan pada pembuatan kertas berkenaan dengan produk yang akan dibuat. Target utama *refining* adalah untuk memperbaiki kemampuan ikatan serat sehingga dapat membentuk lembaran kertas yang kuat dan rata dengan sifat cetak yang baik. Kadang-kadang tujuannya adalah memperpendek serat yang terlalu

panjang agar formasi lembaran baik, atau untuk mengembangkan sifat pulp lainnya seperti absorbsi, porositas atau sifat optik khusus untuk *grade* kertas yang ditentukan. (Sixta H, 2006)

Selama ini parameter yang paling dianggap representatif untuk proses penggilingan adalah *freeness* yang merupakan ukuran seberapa cepat air mampu keluar dari serat. Namun seringkali satu indikator tersebut tidak cukup mewakili untuk menentukan apakah proses penggilingan berjalan baik atau tidak. (Herbert Holik, 2006).

Oleh karena itu telah dikaji beberapa indikator lain yang berhubungan dengan optimal tidaknya proses penggilingan yaitu klasifikasi serat, yang merupakan proses pengelompokan serat menjadi fraksi-fraksi berdasarkan panjang serat rata-rata masing-masing fraksi, dan morfologi serat dimana keadaan serat setelah penggilingan dapat dilihat dengan mikroskop. Morfologi serat ini mengukur dimensi serat dan turunannya serta pengukuran kecepatan drainase dengan metode *Dynamic Drainage Jar* (DDJ) (www.britjarr.com, 2010)

Pada percobaan ini dilakukan penggilingan dengan dua alat yang berbeda yaitu *PFI mill* dan *Valley Beater*. Contoh yang digunakan adalah pulp putih kayudaun, pulp putih kayujarum, pulp kayu, pulp non kayu, pulp kimia dan pulp mekanis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beberapa indikator penggilingan yang efektif untuk memprediksi kualitas kertas.

TINJAUAN PUSTAKA

Penggilingan atau lazim disebut *refining* merupakan perlakuan mekanis terhadap serat dalam media air untuk mengubah sifat-sifat serat tanpa mengubah susunan kimia serat (Kocurek, 1992). *Refining* identik dengan proses penggilingan yang kontinyu sedangkan pada proses *batch* lebih dikenal istilah *beating*. Proses penggilingan berperan dalam mengkondisikan serat sedemikian rupa sehingga dihasilkan lembaran kertas dengan kualitas yang diinginkan. Pada proses penggilingan semua sifat-sifat serat akan mengalami perubahan secara serempak (simultan) dan tidak bisa kembali seperti semula karena terjadi fibrilasi, hal ini dapat memperkuat ikatan antar serat pada saat pembuatan lembaran kertas (Casey, 1980).

Pada proses *refining* terjadi dua peristiwa penting akibat aksi mekanis yang dihasilkan, yaitu peristiwa primer dan sekunder. Peristiwa primer adalah peristiwa yang terjadi akibat penggilingan terhadap individu serat (serat-serat tunggal), dan peristiwa ini meliputi pemecahan dan penghilangan dinding serat primer, pembengkakan serat (*swelling*), peningkatan kelenturan (fleksibilitas), fibrilasi, bertambahnya luas permukaan spesifik, pemotongan serat (*cutting*) dan timbulnya serbuk-serbuk halus (*finer*). Sedangkan efek sekunder yaitu efek yang ditimbulkan *refining* membentuk sifat-sifat lembaran kertas yang dihasilkan (Casey, 1980).

Indikator Penggilingan

Freeness

Parameter proses *refining* adalah jumlah pulp yang dapat menahan air yang didispersikan ke *wire* di *paper machine*, atau peralatan lain dengan prinsip drainase yang sama. Hal tersebut berhubungan dengan seberapa cepat drainase saat proses pengeluaran air berlangsung untuk tujuan pengaturan kecepatan dan kapasitas produksi di mesin kertas. Metode pengukurannya disebut *freeness* yaitu pengukuran jumlah air yang lolos dari jalinan serat di atas saringan *wire*. Prinsip pengukuran berdasarkan gaya gravitasi. Hasil ditunjukkan sebagai mL CSF (*Canadian Standard Freeness*). Namun nilai ini hanya dapat mengkarakterisasi sebagian sifat-sifat yang sebenarnya dari stok. Sifat-sifat kertas yang dibuat dari stok yang sama tetapi dengan jenis yang berbeda, penggilingannya dapat bervariasi dalam rentang yang lebar, meskipun nilai CSF atau °SR yang terukur sama. Hal yang sama berlaku untuk perilaku stok di mesin kertas. Perlu pengukuran tambahan seperti distribusi serat panjang, atau fleksibilitas dari serat untuk memperoleh gambaran yang lebih baik dari stok atau proses penggilingan (Herbert Holik, 2006).

Klasifikasi Serat

Parameter ini merupakan proses pengelompokan serat menjadi fraksi-fraksi berdasarkan panjang serat rata-rata masing-masing fraksi. Dari analisa ini akan diketahui juga berapa banyak *finer* yang terbentuk akibat proses penggilingan, serta nilai *coarseness* atau kekasaran serat.

Morfologi Serat

Serat mempunyai panjang, lebar dan dinding yang bervariasi tergantung pada jenis dan posisinya dalam suatu pohon serta lokasi tumbuhnya. (Pandit Y., dkk, 1997). Pembuatan lembaran merupakan proses penyusunan serat ke dalam bentuk lembaran. Selama proses tersebut, air dikeluarkan dari jaringan serat sehingga terjadi ikatan antar serat yang semakin rapat dan disertai perubahan bentuk serat menjadi pipih. Kekuatan ikatan serat merupakan fungsi dari luas dan intensitas ikatannya. Luas ikatan dipengaruhi oleh morfologi

sedangkan intensitas oleh susunan molekul selulosa (Sugesty S, 1998). Peranan dimensi serat sebagai bahan baku kertas mempunyai hubungan satu sama lain yang kompleks dan mempunyai pengaruh yang mendasar terhadap sifat fisik pulp dan kertas seperti Bilangan runkel (*runkel ratio*), Kelangsingan (*Felting Power Slenderness*), Kekakuan (*Coefficient of rigidity*), Kelenturan (*Flexibility ratio*) dan *Muhlstep ratio* (Nawawi, 1997)

Dynamic Drainage Jar (DDJ)

Dalam proses pembentukan selembat kertas, suspensi serat dan partikel lainnya disaring melalui saringan untuk mendapatkan deposit lembaran basah, yang pada saat ditekan dan dikeringkan menjadi lembaran kertas. Suspensi awal mungkin berisi serat dengan panjang 3 sampai 4 mm, bentuk dan ukuran serat yang bervariasi, dan partikel yang diameternya kurang dari 1 μm . Oleh karena itu pembentukan lembaran kertas adalah proses fraksionasi, serat yang baik adalah hampir seluruhnya disimpan oleh jaringan dan membentuk lembaran sedangkan partikel halus tetap dipertahankan pada tingkat yang lebih besar atau lebih kecil tergantung pada berbagai kondisi. Zat padat tersuspensi dalam filtrat melewati saringan hampir seluruhnya. Dengan metode DDJ ini dapat ditentukan kecepatan drainase dari stok yang akan dibuat lembaran. (www.brittjar.com)

Sifat Kekuatan Kertas

Ketahanan Tarik

Ketahanan tarik kertas atau karton dapat di definisikan sebagai kemampuan kertas atau karton untuk mempertahankan keadaanya agar tidak putus bila dikenakan regangan. Ketahanan tarik penting dalam menentukan kemampuan kertas karton agar dapat berfungsi dengan baik seperti kertas pembungkus dan kertas kantong. (Herbert Holik, 2006)

Ketahanan tarik kertas cetak tergantung pada ketahanan kertas terhadap pemutusan jaringan serat sewaktu proses pencetakan. Ketahanan tarik sangat diperlukan untuk kertas cetakan dimana gaya tarik tinggi dapat ditahan oleh kertas tersebut. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan tarik (Monica dkk, 2009) :

1. Kekuatan serat individu lemah maka kekuatan tarik juga terpengaruh,
2. Panjang serat rata-rata terlalu panjang maka akan menghasilkan pembentukan kertas yang tidak baik yang dapat menurunkan kekuatan tarik,
3. Kemampuan pengikatan permukaan serat bergantung kepada proses penekanan. Serat yang tidak di-press akan menghasilkan pengikatan yang lemah, dan
4. Struktur permukaan kertas, kekuatan tarik akan terpengaruh apabila struktur pembentukan kertas tidak baik.

Ketahanan Retak

Ketahanan retak didefinisikan sebagai tekanan maksimum yang dihasilkan sistem hidrolik pada saat mendesak diafragma elastis melalui area lingkaran kertas ketika dikenakan tekanan. Pengujian ketahanan retak dilakukan untuk menentukan ketahanan kertas. Uji retak dilakukan dengan meletakkan contoh diantara *clamp annular* dimana tekanan dinaikkan bertahap terhadap diafragma oleh tekanan hidrolik pada keadaan tetap sehingga contoh retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan retak adalah panjang serat, semakin pendek serat maka semakin menurun kekuatan retak dan ikatan antara serat. Proses penggilingan akan meningkatkan ikatan antara serat tetapi jika penggilingan terlalu lama maka akan menghasilkan serat-serat yang lebih pendek akan mempengaruhi kekuatan retak. Selain itu, ketahanan retak juga dipengaruhi oleh proses pembentukan lembaran kertas, gramatur, dan kelembaban (Sahwalita, 2005)

Ketahanan Sobek

Ketahanan sobek kertas atau karton adalah rintangan suatu kertas atau karton yang mengalami sobek. Pengujian ketahanan sobek dilakukan untuk mengukur tenaga yang diperlukan untuk menyobek sehelai kertas atau karton. Ketahanan sobek kertas atau karton sangat penting karena dapat untuk melancarkan kertas di atas mesin-mesin pencetak agar lembaran kertas tidak mudah sobek. Ketahanan sobek kertas atau karton juga sangat penting dalam penggunaan kertas sebagai pembungkus dimana lembaran kertas harus kuat untuk menyerap hentakan atau daya luar dan memerlukan ketahanan sobek yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi ketahanan sobek adalah

jumlah serat yang mengalami *rupture* kertas, panjang serat dan banyaknya ikatan antara serat. Jumlah serat juga akan mempengaruhi densitas, gramatur dan kelenturan kertas. Kertas yang kaku akan memberikan tekanan ke atas serat pada daerah/tempat yang kecil, tetapi kertas yang sifatnya lentur akan menyebarkan tekanan di atas daerah yang lebih luas. (Monica dkk, 2009)

Koefisien Korelasi

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan sebaliknya. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono, 2006) :

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $> 0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- $> 0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- $> 0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- $> 0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
- 1 : Korelasi sempurna

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan akuades, pulp putih kayudaun, pulp putih kayujarum, pulp belum putih Tandan kelapa sawit (TKS), pulp kayu, pulp kayu proses kimia, pulp kayu proses mekanis, pewarna (Safranin) dan alkohol teknis.

Metode

Masing-masing contoh yang telah digiling dengan parameter tetap 300 mL CSF dianalisa parameter penggilingannya kemudian dibuat lembaran dan dianalisa sifat kekuatan lembaran. Data yang didapat dievaluasi kemudian dikorelasikan antara parameter dan sifat kekuatan

sehingga didapat parameter yang paling efektif sebagai indikator penggilingan.

Gambar 2. Diagram Alir Percobaan

Pulp digiling menggunakan dua jenis alat berbeda yaitu *PFI mill* dan *Valley Beater*, dengan menggunakan standar ISO 5264-2:2002, *Pulps – Laboratory beating – Part 2: PFI mill method* dan ISO 5264-1:1979, *Pulps – Laboratory beating – Part 1: Valley beater method*. Penggilingan dilakukan pada nilai *Canadian Standar Freenes* 300 mL CSF sebagai parameter tetap. Kemudian pulp hasil penggilingan dianalisa indikator penggilingan meliputi klasifikasi serat menggunakan alat *Fiber Tester* yang prosedurnya sesuai dengan ISO 16065-2:2007, *Pulps — Determination of fibre length by automated optical analysis — Part 2: Unpolarized light method*, morfologi serat menggunakan mikroskop binokuler yang meliputi pengukuran panjang serat, diameter luar dan diameter dalam serat dan dimensi turunannya, serta analisa kemampuan kecepatan drainase suspensi pulp stok dengan metode *Dynamic Drainage Jar* (DDJ) sesuai dengan Tappi T-261 cm-00, *Fines fraction by weight of paper stock*

by wet screening. Selanjutnya suspensi pulp dibuat lembaran, dan lembaran yang dihasilkan diuji sifat kekuatan lembaran yang meliputi kekuatan tarik dengan metoda sesuai dengan ISO 1924-2:1994, *Paper and board – Determination of tensile properties - Part 2: Constant rate of elongation method*, kekuatan retak sesuai dengan ISO 2758:2001, *Paper – Determination bursting strength*, dan kekuatan sobek dengan prosedur sesuai dengan SNI 0436:2009, *Kertas - Cara uji ketahanan sobek - (Metode Elmendorf)*.

Analisa korelasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Office Excel* tahun 2007 dengan membandingkan susunan data hasil analisa indikator penggilingan dengan susunan data hasil analisa sifat kekuatan lembaran, kemudian dikorelasikan langsung menggunakan fasilitas formula “*Correl*” yang pada *statistical function*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan dua metode penggilingan yang berbeda yaitu dengan *PFI mill* dan *Valley Beater*. Walaupun keduanya menunjukkan kecenderungan efek yang serupa terhadap sifat lembaran, namun sebenarnya tidak ada korelasi antara hasil aktual yang diperoleh.

Analisa Indikator Penggilingan dan Sifat Kekuatan Lembaran pada Penggilingan dengan PFI Mill

Hasil analisa klasifikasi serat yang dihubungkan terhadap sifat kekuatan lembaran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Serat dan Sifat Kekuatan

Contoh	Klasifikasi Serat (%)	Sifat Kekuatan		
		Indeks Tarik (Nm/g)	Indeks Sobek (mNm ² /g)	Indeks Retak (kN/g)
NBKP	0.2-1.0 = 17,40	104,61	7,42	7,59
	1.0-2.0 = 26,35			
	2.0-3.5 = 45,70			
	3.5-7.5 = 10,60			
LBKP	0.2-1.0 = 88.45	85,26	6,53	4,72
	1.0-2.0 = 11.15			
	2.0-3.5 = 0.07			
	3.5-7.5 = 0.01			
Pulp Kayu	0.2-1.0 = 87.50	75,43	5,72	4,10
	1.0-2.0 = 12.00			
	2.0-3.5 = 0.05			
	3.5-7.5 = 0.01			
Pulp non kayu	0.2-1.0 = 93.95	41,04	1,80	0,94
	1.0-2.0 = 5.90			
	2.0-3.5 = 0.30			
	3.5-7.5 = 0.00			
Pulp Mekanis	0.2-1.0 = 88.8	16,62	1,72	0,37
	1.0-2.0 = 10.50			
	2.0-3.5 = 0.45			
	3.5-7.5 = 0.00			
Pulp Kimia	0.2-1.0 = 87.55	61,78	5,04	2,85
	1.0-2.0 = 12.05			
	2.0-3.5 = 0.40			
	3.5-7.5 = 0.00			

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa walaupun semua contoh digiling pada *freeness* yang sama tetapi data menunjukkan bahwa sifat kekuatan lembaran tidak sama sehingga sulit memprediksi kualitas kertas jika hanya menggunakan *freeness* sebagai indikator penggilingan. Analisa korelasi dilakukan antara indikator penggilingan dan masing-masing sifat kekuatan, berdasarkan nilai korelasi yang didapat, indikator penggilingan yang paling efektif dapat ditentukan.

Tabel 2. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Tarik

No	Indikator Penggilingan	Nilai Korelasi terhadap Indeks Tarik
1	Kelangsingan	0.835
2	<i>Coarseness</i>	0.757
3	Panjang serat rata rata	0.713
4	<i>Fines</i>	0.604
5	Tebal dinding	0.461
6	Bilangan <i>Runkel</i>	0.351
7	Kekakuan	0.312
	Kelenturan	0.312
8	<i>Muhlstep ratio</i>	0.290
9	DDJ	0.268

Berdasarkan tabel 2, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan tarik lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.835.

Tabel 3. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Sobek

No	Indikator Penggilingan	Nilai Korelasi terhadap Indeks Sobek
1	Kelangsingan	0.759
2	<i>Fines</i>	0.758
3	<i>Coarseness</i>	0.729
4	Panjang serat rata rata	0.642
5	Tebal dinding	0.384
6	Bilangan <i>Runkel</i>	0.252
7	Kekakuan	0.204
	Kelenturan	0.204
8	<i>Muhlstep ratio</i>	0.179
9	DDJ	0.049

Berdasarkan tabel 3, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan sobek lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.759.

Tabel 4. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Retak

No	Indikator Penggilingan	Nilai Korelasi terhadap Indeks Retak
1	Kelangsingan	0.911
2	Panjang serat rata rata	0.837
3	<i>Fines</i>	0.733
4	Tebal dinding	0.599
5	<i>Coarseness</i>	0.587
6	Bilangan <i>Runkel</i>	0.397
7	Kekakuan	0.364
	Kelenturan	0.364
8	<i>Muhlstep ratio</i>	0.345
9	DDJ	0.133

Berdasarkan tabel 4, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan retak lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.911. Pada sifat kekuatan retak ini, nilai korelasi dengan indikator penggilingan kelangsingan adalah yang tertinggi dibanding sifat kekuatan yang lainnya.

Indikator yang paling efektif terhadap tiga sifat kekuatan pada penggilingan menggunakan *PFI mill* adalah kelangsingan. Hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi indikator kelangsingan terhadap masing-masing sifat kekuatan yang diperoleh dari perbandingan antara 2 set data, yaitu data hasil analisa indikator penggilingan dan data hasil analisa sifat kekuatan lembaran. Kelangsingan merupakan salah satu turunan dimensi serat yang diperoleh dari data morfologi serat. Kelangsingan ini merupakan perbandingan panjang serat terhadap diameter serat. Indikator ini sangat berhubungan dengan kekuatan sobek lembaran.

Analisa korelasi indikator urutan kedua pada masing-masing sifat kekuatan berbeda (berdasarkan tabel 2, tabel 3 dan tabel 4). Untuk kekuatan tarik, indikator efektif kedua adalah *coarseness* yang pada sifat kekuatan sobek berada pada urutan kelima dan sifat kekuatan retak pada urutan ketiga. Pada prinsipnya, hubungan *coarseness* dengan penggilingan adalah seberapa banyak serat tunggal yang dihasilkan oleh proses penggilingan. Namun jika dilihat dari nilainya, analisa *coarseness* bernilai lebih dari 0,587, artinya korelasi dianggap cukup tinggi. Panjang serat rata-rata termasuk indikator yang cukup sensitif, berada

pada urutan ketiga untuk kekuatan tarik, urutan keempat untuk kekuatan sobek dan urutan kedua untuk kekuatan retak dengan nilai korelasi yang tinggi yaitu 0,837. Dibandingkan dengan sifat kekuatan yang lain, panjang serat rata-rata ini paling berpengaruh terhadap kekuatan retak, semakin tinggi panjang serat rata-rata maka akan semakin tinggi kekuatan retaknya.

Indikator lain yang cukup efektif dan sensitif terhadap sifat kekuatan lembaran adalah *fines*, yang jika dilihat nilai korelasinya dari ketiga sifat kekuatan berada di atas 0,6. Pembentukan *fines* pada proses penggilingan merupakan salah satu efek *refining*. *Fines* berperan sebagai pengisi bagian-bagian yang kosong diantara serat-serat dalam pembentukan lembaran. Dengan ukurannya yang kecil dan luas permukaan yang besar, serat-serat halus dapat mengikat air dan fibril-fibril lain lebih banyak sehingga ikatan antar serat akan meningkat dan sifat kekuatan fisik pun meningkat.

Analisa Indikator Penggilingan dan Sifat Kekuatan Lembaran pada Penggilingan dengan Valley Beater

Proses penggilingan menggunakan *Valley Beater* juga mempunyai nilai CSF 300 mL sebagai parameter tetap. Sama halnya dengan penggilingan menggunakan PFI mill, walaupun semua contoh digiling pada *freeness* yang sama tetapi data menunjukkan bahwa sifat kekuatan lembaran tidak sama sehingga sulit memprediksi kualitas kertas jika hanya menggunakan *freeness* sebagai indikator penggilingan. Diperlukan indikator lain yang akan menggambarkan sifat stok dan prediksi kualitas kertas. Pada fraksi serat dengan jumlah serat terbanyak merupakan nilai kekuatan tertinggi.

Setelah diperoleh data hasil analisa indikator penggilingan dan analisa sifat kekuatan, dilakukan analisa korelasi terhadap data-data tersebut, sehingga diperoleh nilai korelasi untuk masing-masing sifat kekuatan seperti pada Tabel 6.

Tabel 5. Tabel Klasifikasi Serat dan Sifat Kekuatan

Contoh	Klasifikasi Serat (%)	Sifat Kekuatan		
		Indeks Tarik (Nm/g)	Indeks Sobek (mNm ² /g)	Indeks Retak (kN/g)
NBKP	0.2-1.0 = 34,20	89,58	8,36	5,63
	1.0-2.0 = 34,20			
	2.0-3.5 = 28,20			
	3.5-7.5 = 3,40			
LBKP	0.2-1.0 = 90.60	63,47	5,86	3,94
	1.0-2.0 = 9.20			
	2.0-3.5 = 0.25			
	3.5-7.5 = 0.00			
Pulp Kayu	0.2-1.0 = 92.25	53,10	4,50	2,62
	1.0-2.0 = 7.50			
	2.0-3.5 = 0.30			
	3.5-7.5 = 0.00			
Pulp Non Kayu	0.2-1.0 = 93.85	32,81	3,66	1,30
	1.0-2.0 = 6.00			
	2.0-3.5 = 0.15			
	3.5-7.5 = 0.00			
Pulp Mekanis	0.2-1.0 = 89.20	11,58	1,67	0,15
	1.0-2.0 = 10.50			
	2.0-3.5 = 0.65			
	3.5-7.5 = 0.15			
Pulp Kimia	0.2-1.0 = 91.60	58,54	4,00	2,92
	1.0-2.0 = 8.15			
	2.0-3.5 = 0.65			
	3.5-7.5 = 0.10			

Tabel 6. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Tarik

No	Indikator Penggilingan	Nilai Korelasi terhadap Indeks tarik
1	Kelangsingan	0.874
2	Panjang serat rata rata	0.767
3	<i>Coarseness</i>	0.533
4	<i>Fines</i>	0.492
5	Tebal dinding	0.471
6	DDJ	0.293
7	Bilangan <i>runkel</i>	0.289
8	Kekakuan	0.312
	Kelenturan	0.312
9	<i>Muhlstep ratio</i>	0.243

Berdasarkan Tabel 6, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan tarik lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.874.

Tabel 7. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Sobek

No	Indikator Penggilingan	Nilai korelasi terhadap Indeks sobek
1	Kelangsingan	0.939
2	Panjang serat rata rata	0.851
3	<i>Coarseness</i>	0.641
4	Tebal dinding	0.562
5	<i>Fines</i>	0.489
6	Bilangan <i>runkel</i>	0.345
7	Kekakuan	0.259
	Kelenturan	0.259
8	<i>Muhlstep ratio</i>	0.310
9	DDJ	0.022

Berdasarkan tabel 7, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan sobek lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.939. Nilai korelasi indikator penggilingan terhadap kekuatan sobek ini adalah yang paling tinggi dibanding dengan nilai korelasi terhadap sifat kekuatan yang lain. Pada Tabel 8, indikator yang paling efektif terhadap kekuatan retak lembaran kertas adalah kelangsingan dengan nilai korelasi 0.939. Indikator yang paling efektif terhadap tiga sifat kekuatan pada penggilingan menggunakan *Valley Beater* adalah kelangsingan, dengan nilai korelasi yang tertinggi adalah terhadap kekuatan sobek. Hal ini sesuai dengan penggilingan menggunakan *PFI mill*.

Tabel 8. Analisa Korelasi Indikator Penggilingan terhadap Kekuatan Retak

No	Indikator Penggilingan	Nilai korelasi terhadap Indeks retak
1	Kelangsingan	0.904
2	Panjang serat rata rata	0.792
3	<i>Coarseness</i>	0.563
4	<i>Fines</i>	0.530
5	Tebal dinding	0.464
6	Bilangan <i>runkel</i>	0.239
7	Kekakuan	0.210
	Kelenturan	0.210
8	DDJ	0.206
9	<i>Muhlstep ratio</i>	0.193

Dapat disimpulkan bahwa indikator penggilingan yang paling efektif dan sensitif untuk *PFI mill* dan *Valley Beater* adalah kelangsingan yang merupakan salah satu turunan dimensi serat yang diperoleh dari data morfologi serat.

Beda halnya dengan penggilingan menggunakan *PFI mill*, dengan menggunakan *Valley Beater*, urutan keefektifitasan indikator penggilingan kedua dan ketiga sama yaitu panjang serat rata-rata dan *coarseness*. Nilai korelasinya pun cukup tinggi yaitu di atas 0,5. Panjang serat rata-rata termasuk bagian dari analisa morfologi dan *coarseness* termasuk bagian dari klasifikasi serat.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa untuk penggilingan menggunakan *Valley Beater* urutan keefektifitasan indikator penggilingan terhadap sifat kekuatan fisik adalah kelangsingan, panjang serat rata-rata dan *coarseness*.

KESIMPULAN

Nilai *freeness* yang sama untuk setiap jenis pulp yang diuji tidak sepenuhnya berkorelasi dengan sifat kekuatan. Indikator yang paling efektif untuk ke dua jenis metode penggilingan adalah kelangsingan serat. Berdasarkan analisa korelasi terhadap semua jenis pulp, tiga indikator penggilingan yang paling efektif dan sensitif, sesuai urutannya, adalah kelangsingan, panjang serat rata-rata, dan *coarseness*.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang lebih spesifik yaitu dengan menggunakan jenis pulp yang sama dari spesies kayu yang berbeda, misalnya jenis kayudaun saja atau jenis kayujarum saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Casey, J. P. 1980. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, volume 2*. John Wiley and Sons. USA.
- Herbert Holik (Ed.). 2006. *Handbook of Paper and Board*. Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.
- Jonathan, Sarwono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta:Graha Ilmu
- Kocurek, M. J. et. al. 1989. *Alkaline Pulping, Pulp and Paper Manufacture, Volume V*. TAPPI-CPPA. Canada.
- Monica Ek, Göran Gellerstedt, Gunnar Henriksson. 2009. *Pulp and Paper Chemistry and Technology Vol 4 Paper Products Physic & Technology*. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG. 10785 Berlin.
- Nawawi D.S. 1997. *Persiapan, Pemasakan dan Pengujian Pulp. Bahan praktikum M A Pulp dan Kertas. Bagian 1*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Pandit, Y. I dan H. Ramdan, 2002, *Anatomi : Pengantar Sifat Kayu sebagai Bahan baku*. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Sahwalita, et. al. 2005. The Changes of Kraft Paper Fiber Dimension from Timber In the Plantation Forest and Secondary Forest After Forest Fire. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sixta, H. 2006. *Handbook of Pulp*. Wiley VCH. Weinheim.
- Sugesty, S, Dra. 1998. *Sifat Kimia Bahan Baku. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Selulosa*. Bandung.
- [www.brittjar.com/product.html/description of the dynamic](http://www.brittjar.com/product.html/description%20of%20the%20dynamic). 4 Nopember 2010.