

**ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI *REFINING* SERAT
PANJANG PADA *RECYCLE FIBER* TERHADAP
NILAI *INTERNAL BONDING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**MOH. KHOIRUL ANWAR
012.17.031**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JULI 2021**

**ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI *REFINING* SERAT
PANJANG PADA *RECYCLE FIBER* TERHADAP
NILAI *INTERNAL BONDING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**MOH. KHOIRUL ANWAR
012.17.031**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JULI 2021**

**ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI *REFINING* SERAT
PANJANG PADA *RECYCLE FIBER* TERHADAP
NILAI *INTERNAL BONDING***

JURNAL TUGAS AKHIR

**MOH. KHOIRUL ANWAR
012.17.031**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Menyetujui,

Kota Deltamas, Juli 2021

Dosen Pembimbing



Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.
NIK. 19680908201407442

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.
NIK. 19680908201407442

ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI *REFINING* SERAT PANJANG PADA *RECYCLE FIBER* TERHADAP NILAI *INTERNAL BONDING*

Moh. Khoirul Anwar^{1*}

¹ Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Paper, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi dan Sains Bandung

Email : khoirulanwar120199@gmail.com

Abstrak.

Ketergantungan bahan baku pulp dari kayu membuat perusahaan besar mencari alternatif sumber bahan baku lain yaitu dengan memanfaatkan kertas bekas sebagai bahan baku berupa serat sekunder yang mana tentunya lebih ramah lingkungan dan hemat energi selama proses produksi. Penghematan energi ini tentu melihat dari unit utama proses produksi yang menggunakan sumber energi terbesar yaitu *dryer* dan *refiner*, dimana didalam *refiner* sendiri memiliki 2 energi yang disalurkan yaitu *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas *refiner*. Pada proses *refining* ini menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas lebaran yang akan dibuat, salah satunya yaitu *internal bonding*. Dari total 50 data penelitian pada *grammature* 150 *gsm*, didapatkan hasil analisis data dengan nilai yang didapat pada perhitungan *Specific Refining Energy (SRE)* yaitu dengan nilai minimal sebesar 4,306 kWh/ton dan maksimal sebesar 9,937 kWh/ton dan nilai yang didapat pada perhitungan intensitas *refiner* yaitu dengan nilai minimal sebesar 0,0836 Ws/m dan nilai maksimal sebesar 0,2056 Ws/m. dana yang harus dikeluarkan pada penggunaan energi *refiner* bisa mencapai Rp. 7.236,00 atau \$0,48 dalam 1 jam. Dan pada pengujian nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas *refiner* dengan *internal bonding* didapatkan hasil yang cukup berhubungan satu sama lain, dimana *semakin besar* jumlah energi *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas *refiner* maka akan semakin besar nilai *internal bonding* yang dihasilkan.

Kata kunci: Serat daur ulang, *refining*, konsumsi energi, *internal bonding*.

Abstract.

Dependence on pulp raw materials from wood makes large companies look for alternative sources of other raw materials, namely by using waste paper as a raw material in the form of secondary fiber which is certainly more environmentally friendly and energy efficient during the production process. This energy saving is of course seen from the main unit of the production process that uses the largest energy source, namely the dryer and refiner, where in the refiner itself has 2 energies that are channeled, namely Specific Refining Energy (SRE) and refiner intensity. In the refining process, it becomes one of the important factors in determining the quality of the Eid to be made, one of which is internal bonding. From a total of 50 research data on a grammature of 150 gsm, the results of data analysis are obtained with the values obtained in the calculation of Specific Refining Energy (SRE), namely with a minimum value of 4.306 kWh/ton and a maximum of 9.937 kWh/ton and the value obtained in the calculation of the intensity of the refiner. namely with a minimum value of 0.0836 Ws/m and a maximum value of 0.2056 Ws/m. the funds that must be spent on the use of energy refiners can reach Rp. 7,236.00 or \$0.48 in 1 hour. And in testing the Specific Refining Energy (SRE) value and the intensity of the refiner with internal bonding, the results are quite related to each other, where the greater the amount of Specific Refining Energy (SRE) energy and the intensity of the refiner, the greater the internal bonding value produced.

Keywords: Recycle fiber, *refining*, energy consumption, *internal bonding*.

^{1*} Corresponding author: khoirulanwar1201199@gmail.com

1. Pendahuluan

Kertas bekas merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kelangkaan dan peningkatan mahalnya bahan baku kertas dari pulp asli yang diputihkan (*virgin bleached pulp*). Serat dari kertas bekas yang telah rusak dikenal dengan istilah serat sekunder. Penggunaan serat sekunder juga untuk mengatasi faktor ekonomi, dan keterbatasan sumber daya alam dalam penyediaan serat primer. Disamping memberikan nilai ekonomis terhadap biaya produksi kertas, penggunaan serat sekunder ini dapat dimasukkan ke dalam penyimpanan hutan, mengurangi pencemaran lingkungan dan juga menjaga udara dan energi. seiring dengan perkembangan (Rismijana 2006).

Peningkatan penggunaan kertas bekas sebagai bahan baku kertas lebih ramah terhadap lingkungan karena satu ton pembuatan kertas dari serat kertas bekas dapat menghemat 25-30 m³ air, 20-30 pohon, sekitar 4000 KWh listrik dan menurunkan polusi lingkungan karena hanya sedikit menggunakan bahan kimia jika dibandingkan pembuatan kertas dari serat *virgin* (Dienes, 2006).

Energi adalah kemampuan untuk mengatur ulang suatu kumpulan materi atau dengan kata lain, energi adalah kapasitas atau kemampuan untuk melaksanakan kerja (Campbell, Reece, Mitchell (2002)). Penggunaan energi ini mempunyai masalah sendiri yang harus dipecahkan dalam suatu industri untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi selama proses produksi guna menekan angka konsumsi energi yang berlebihan.

Salah satu proses pada pembuatan kertas adalah proses *refining* pulp. Proses *refining* adalah memakai energi tertinggi kedua (130 T btu) setelah proses drying (Jacobs and IPST 2006). Berdasarkan konsumsi energi, *Refining* mengkonsumsi 100-3000 kWh/t listrik (tergantung dari sifat kertas yang dibuat)(Masrina 2012). menurut aspek lain, total *Specific Refining Energy (SRE)* untuk konsistensi rendah 15 - 2000 KWh/ton dan lebih kecil bisa mencapai 15 - 1200 KWh/ton (Hua, 2017). Besar energi ini tentunya mempunyai pengaruh pada sifat fisik maupun optik pada lembaran kertas yang terbentuk seperti *bonding* atau ikatan pada lembaran.

Salah satu pengaruh pada proses *refining* serat ini yaitu akan membuat *strength* lebih meningkat, hal ini dikarenakan adanya *bonding* atau ikatan antar serat yang terjadi. Semakin tinggi ikatan antar serat maka akan semakin kuat *strength* yang dihasilkan. Ikatan antar serat ini diukur dalam satuan nilai *internal bonding* yang diukur dalam lab *Quality Control(QC)*.

Internal bonding juga mempunyai peran penting dalam proses produksi, dimana beberapa hal juga berhubungan dengan permasalahan yang terdapat pada *internal bonding*, salah satunya yaitu turunnya nilai *internal bonding* yang tidak sesuai

dengan baku mutu standart yang telah ditentukan oleh suatu perusahaan.

Sehingga pada penelitian kali ini, peneliti akan melakukan perhitungan analisis tentang seberapa besar energi yang digunakan pada *refining* serat panjang pada kertas bekas daur ulang dan bagaimana pengaruh energi tersebut terhadap nilai *internal bonding* yang dihasilkan dengan metode regresi dan korelasi, dimana nantinya dari hasil perhitungan ini kita dapat mengetahui perbandingan energi dan intensitas yang mana akan dapat mengetahui titik maksimum dan minimum dimana hal ini akan berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan selama proses produksi berlangsung. Selain itu juga dapat mengetahui pengaruh energi dan intensitas terhadap nilai *internal bonding* yang dihasilkan selama produksi berlangsung.

2. Metode Penelitian

2.1 *Specific Refining Energy (SRE)*

Menurut Wikanaji (2011) dalam proses *refining* intensitas dan jumlah energi terpakai memegang kendali utama dalam menghasilkan *fiber bonding* yang diinginkan dan juga untuk mendapatkan perubahan struktur dinding serat yang diinginkan yaitu pengembangan serat yang optimal.

SRE adalah jumlah energi efektif terpakai persatuan berat pulp yang *direfining*. Sehingga untuk menghitung nilai SRE dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$SRE = \frac{\text{Total Energi} - \text{Energi No Load}}{\text{flow} \times \text{konsistensi}}$$

dengan P_e adalah tenaga efektif yang ditransfer ke serat, dan Q adalah laju alir pulp dalam ton/jam yang merupakan hasil perkalian antara laju alir volumetris (m³/jam) dan konsistensi pulp (ton/m³) (Joris, 1991 and Lumiainen, 2008).

2.2 Intensitas Refiner

Intensitas terpakai dinyatakan dalam *specific edge load (SEL, Ws/m)* atau *specific surface load (SSL, Ws/m²)*. terpakai adalah jumlah energi *netto* yang dinyatakan dalam SRE (kWh/ton). SEL adalah jumlah energi efektif yang dipakai persatuan total panjang *bar rotor* dan *stator* yang berpapasan dalam satu putaran mesin (Wikanaji, 2011).

Menurut Rampratama (2020) dalam jurnalnya rumus intensitas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$SEL = \frac{\text{Net Power}}{\text{BEL} \times \text{Speed Motor} \times \left(\frac{1 \text{menit}}{60 \text{detik}}\right)}$$

2.3 Internal Bonding

Kekuatan ikatan internal atau *internal bonding* memainkan peran penting dalam kertas karena kekuatan ikatan yang buruk menghasilkan delaminasi dan pemisahan dalam operasi pencetakan dan pelapisan. Sifat ini tergantung pada jumlah ikatan, luas rata-rata per ikatan dan kekuatan spesifiknya. Hal ini juga dipengaruhi oleh sifat pulp dan perlakuan yang digunakan selama proses pembuatan kertas. Kekuatan ikatan internal dapat diukur baik pada persilangan serat tunggal atau pada kertas/papan (Ahmed, 1995).

Ada 2 jenis alat uji menurut standar TAPPI, antara lain TAPPI T541 dan TAPPI T833 dengan satuan kJ/m^2 atau dalam ft-lb/in^2 .

2.4 Biaya yang dikelurakan

Dari perhitungan untuk menentukan nilai *Specific Refining Energy (SRE)* kita dapat menentukan hasil akhir dari nilai energy total dari *refining* selama proses produksi, kemudian dari hasil tersebut dapat kita kalikan dengan satuan Watt dalam Rupiah. Sehingga hasil dari data tersebut dapat diketahui jumlah total energi dan pengeluaran pada proses *refining* selama satu jam proses sebagai berikut.

$$\text{Biaya} = \text{SEratarata} \times \text{Harga Listrik (KWh)}$$

2.5 Analisis Data

a. Uji Normalitas Data

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari hasil penelitian berdistribusi normal atau tidak. Adapun syarat-syarat sebagai berikut :

- Suatu data dikatakan berdistribusi normal jika taraf signifikansinya lebih dari 0,05 ($P\text{-Value} > 0,05$).
- Suatu data memiliki taraf signifikansinya kurang dari 0,05 ($P\text{-Value} < 0,05$) maka data tidak berdistribusi normal.

b. Uji Regresi Linier Berganda

- Uji Hipotesis Penelitian

- i. Hipotesis kerja, atau disebut dengan hipotesis alternatif yang diformulasikan dengan (H_1). Dalam penelitian ini, Hipotesis kerja (H_1) nya adalah : ada korelasi antara *Specific Refining Energy (SRE)* (X_1) dan Intensitas Refiner (X_2) dengan *Internal bonding* (Y). Dimana ditunjukkan dengan nilai $P\text{-Value} < 0,05$.

- ii. Hipotesis nol menyatakan tidak adanya hubungan antar variabel. Hipotesis ini dinotasikan dengan (H_0). Dalam penelitian ini, hipotesis nol (H_0) nya adalah: tidak ada korelasi antara *Specific Refining Energy (SRE)* (X_1) dan Intensitas Refiner (X_2) dengan *Internal bonding* (Y). Dimana ditunjukkan dengan nilai $P\text{-Value} > 0,05$.

- Uji Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk melihat persentase (%) besarnya kontribusi (pengaruh) variabel X_1 , X_2 , terhadap variabel Y .

c. Uji Korelasi (*Pearson Correlation*)

Analisis korelasi berganda digunakan untuk mengetahui derajat atau kekuatan hubungan antara variabel X_1 , X_2 , terhadap variabel Y . Dalam hubungan antar variabel ini harus kita ketahui nilai interpretasi atau nilai hubungan antar variabel yang akan kita gunakan sebagai acuan utama dalam menentukan uji korelasi. Dimana pada penelitian ini menggunakan interpretasi dari Sugiyono (2017) seperti dibawah ini,

Intrerval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Sumber : Sugiyono, 2017 : 184

Gambar 2.1 Tingkat hubungan korelasi menurut Sugiyono (2017)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data, didapatkan hasil penelitian sebagai berikut.

Tabel 3.1 Perhitungan data *refiner* total

	CSF	Konsistensi (%)	Tenaga Refiner Total (Pt)	No Load Refiner (Po)	Flow (ton/m)	SRE (kWh/ton)	Intensitas Refiner (Ws/m)	Internal Bonding (J/m ²)
Total	17530	2,623	12184	9625	108,972	373,382	8,943	9719,1
Rata-rata	350,599	0,0525	243,68	192,5	2,179	7,468	0,179	194,382
Minimal	315	0,0502	223	192,5	1,705	4,656	0,106	184,4
Maksimal	360	0,0558	270	192,5	2,581	10,119	0,271	210

data pada tabel diatas merupakan data yang diperoleh selama melakukan pengambilan sampel selama 2 bulan di suatu industri kertas.

PEMBAHASAN

3.1 *Specific Refining Energy (SRE)*

Perhitungan *Specific Refining Energy (SRE)* yang didapat dari analisis data pada gramatur 150 dengan total data berjumlah 50 data diatas memiliki nilai rata-rata 7,2597 kWh/ton. dimana data tersebut memiliki nilai minimal sebesar 4,306 kWh/ton dan maksimal sebesar 9,937 kWh/ton.

Nilai *flow* yang masuk kedalam refiner sangat berpengaruh, hal ini menjadi faktor penentu besar kecilnya nilai *Specific Refining Energy (SRE)* yang akan kita hitung. Sama halnya dengan konsistensi stok yang akan masuk menuju refiner. Semakin besar *flow* yang masuk dengan konsistensi yang tinggi maka akan semakin kecil nilai *Specific Refining Energy (SRE)* yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya. Semakin kecil nilai *flow* yang masuk dengan konsistensi rendah akan membuat nilai *Specific Refining Energy (SRE)* akan semakin tinggi. Hal ini membuat adanya perbandingan terbalik antara energi refiner yang digunakan dengan stok yang mengalir, baik itu dari konsistensi stok maupun laju aliran stok yang masuk.

3.2 Intensitas Refiner

Intensitas *Refining* yang diperoleh dari pengolahan data dan analisis data diatas pada gramatur 150 dengan total data berjumlah 50 data mendapatkan nilai rata-rata sebesar 0,1546 Ws/m, dimana mempunyai nilai terendah/minimal sebesar 0,0836 Ws.m dan memiliki nilai tertinggi/maksimum sebesar 0,2056 Ws/m.

Dari data yang telah dianalisis diatas kita dapat membandingkan dengan data pada literatur yang tersedia, peneliti mengambil literatur dari jurnal yang berjudul "*Low Consistency Refiner*" dimana terdapat nilai SEL sesuai dengan grade yang dibutuhkan dalam industri pulp dan kertas.

Tabel 3.2 Nilai Intensitas berdasarkan Jenis

Pulp	
Grade	SEL (Ws/m)
Unbleached SWK	2.0-3.0
Bleached SWK	1.0-2.0
Bleached HWK	0.2-0.6
Bleached Eucalyptus	0.2-0.6
Recycled Fiber*	0.2-0.8

*TMP/GWD post-refining 0.2-0.5

Dalam tabel diatas kita dapat mengetahui perbandingan nilai SEL pada *Recycle fiber* yaitu pada literatur sebesar 0,2-0,8 Ws/m, sedangkan dari data yang telah dianalisis memiliki nilai sebesar 0,08-0,2 Ws/m. Hal ini sedikit berbeda dengan literatur yang tersedia, tetapi jika kita tinjau dari tujuan SEL sendiri yaitu pengembangan serat yang terjadi akan mempengaruhi nilai *freeness* yang dihasilkan, dimana jika intensitas rendah maka *freeness* akan rendah karena fibrilasi yang terjadi kurang optimal, begitu juga sebaliknya, jika intensitas *refining* tinggi maka *freeness* akan tinggi.

Hal ini disebabkan oleh tingkat pengembangan serat yang terjadi selama proses *refining*, semakin serat berkembang, maka akan terjadi banyak fibrilasi yang terjadi, hal tersebut akan membuat gugus -OH dalam serat akan semakin terpecah dan membuat nilai *freeness* meningkat tetapi juga perlu diperhatikan bahwa semakin tinggi nilai intensitas juga dapat membuat fiber menjadi fine dan banyak terjadi cutting selama proses berlangsung.

3.3 Biaya yang dikeluarkan

Dalam menentukan seberapa besar biaya yang dikeluarkan mesin refiner untuk memproses suatu stok yang masuk, hal ini dapat kita lihat dari seberapa besar nilai *Specific Refining Energy (SRE)* yang ditentukan sebelumnya. Nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dapat kita lihat dalam tabel menurut jurnal "*Low Consistency Refining*" dimana ada beberapa grade dan jenis pulp yang mempengaruhi besar energi yang digunakan selama proses *refining* berlangsung.

Tabel 3.3 Nilai SRE berdasarkan jenis pulp

Grade	Pulp	hp/d/t	kWh/t
Fine Papers	Hardwood	1.5-6.0	30-120
	Softwood	2.0-6.0	40-120
News	SW Kraft	1.0-3.0	20-60
	Groundwood	1.0-3.0	20-60
Linerboard	OCC	1.5-3.0	30-60

Dari tabel diatas menurut bahan baku yang digunakan yaitu OCC, memiliki SRE sebesar 30-60 kWh/ton, hal ini menunjukkan nilai SRE yang didapat dengan SRE tabel menurut literatur sangat jauh berbeda. Banyak faktor yang menjadi masalah mengapa nilai SRE yang seharusnya bisa mencapai interval didalam tabel tidak terpenuhi seperti jenis *refiner*, jenis motor, jenis *plate*, lebar *bar/groove/depth*, besar *flow* stok, dan besar konsistensi yang masuk ke *refiner*. Tetapi ada dampak baik disamping tidak terpenuhinya nilai SRE seperti pada tabel diatas sesuai literatur yaitu mengenai konsumsi tenaga yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai SRE maka semakin tinggi juga daya listrik yang dikeluarkan motor untuk menjalankan unit *refiner* ini, begitu juga sebaliknya, semakin rendah daya motor maka akan semakin rendah konsumsi listrik yang dikeluarkan.

3.4 Analisis Data

3.3.1 Uji Normalitas Data

Tabel 3.4 Uji normalitas data

	Taraf Signifikan (P-value)	Keterangan
<i>Specific Refining Energy (SRE)</i>	0,136	Berdistribusi Normal
Intensitas Refiner	0,548	Berdistribusi Normal
<i>Internal Bonding</i>	0,269	Berdistribusi Normal

Dari hasil diatas kita dapat mengetahui bahwa :

- Data pada variabel SRE pada 150 GSM memiliki nilai p-value sebesar 0,136. Karena $0,136 > 0,05$, sehingga data dinyatakan Berdistribusi Normal.
- Data pada variabel Intensitas Refiner pada 150 GSM memiliki nilai p-value sebesar 0,548. Karena $0,548 > 0,05$, sehingga data dinyatakan Berdistribusi Normal.
- Data pada variabel *Internal bonding* pada 150 GSM memiliki nilai p-value sebesar 0,269. Karena $0,269 > 0,05$, sehingga data dinyatakan berdistribusi normal.

3.3.2 Uji Regresi Linier Berganda

- Uji Hipotesis Penelitian

Ada dua jenis hipotesis yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

- Hipotesis kerja, atau disebut dengan hipotesis alternatif yang diformulasikan dengan (H_1). Dalam penelitian ini, Hipotesis kerja (H_1) nya adalah : ada korelasi antara *Specific Refining Energy (SRE)* (X_1) dan Intensitas Refiner (X_2) dengan *Internal bonding* (Y). Dimana ditunjukkan dengan nilai P-Value $< 0,05$.
- Hipotesis nol menyatakan tidak adanya hubungan antar variabel. Hipotesis ini dinotasikan dengan (H_0). Dalam penelitian ini, hipotesis nol (H_0) nya adalah: tidak ada korelasi antara *Specific Refining Energy (SRE)* (X_1) dan Intensitas Refiner (X_2) dengan *Internal bonding* (Y). Dimana ditunjukkan dengan nilai P-Value $> 0,05$.

Setelah kita mengetahui hipotesis yang akan kita gunakan dalam penelitian ini tahap berikutnya adalah uji hipotesis dengan menggunakan regresi linier berganda yang ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3.5 Analysis of Variance

Source	DF	F-Value	P-Value
Regression	2	11,95	0,000
<i>SRE</i>	1	9,00	0,004
Intensitas Refiner	1	0,53	0,469
Error	47		
Total	49		

Dari tabel diatas, bisa kita lihat seberapa besar hipotesis yang terjadi yang ditunjukkan pada nilai P-Value. Sehingga :

- Hubungan *Specific Refining Energy (SRE)* dengan *internal bonding* memiliki nilai p-value 0,004. Sehingga H_1 diterima.
- Hubungan *Specific Refining Energy (SRE)* dengan *internal bonding* memiliki nilai p-value 0,469. Sehingga H_0 diterima.
- Hubungan *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas refiner dengan *internal bonding* memiliki nilai p-value 0,000. Sehingga H_1 diterima.

- Uji Koefisien Determinasi

Pada koefisien determinasi ini kita akan melihat prediksi seberapa besar variabel terikat dengan variabel bebas pada suatu penelitian.

Tabel 3.6 Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4,43421	33,71%	30,89%	19,64%

Dari tabel diatas bisa lihat nilai R-sq(adj), yaitu sebesar 30,89%, artinya variabel *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas refiner berkontribusi dan berpengaruh pada *internal bonding*. Sisanya, yaitu sebesar 69,11%, dimana nilai tersebut merupakan pengaruh dari faktor lain pada *internal bonding*.

Menurut hasil wawancara studi bersama dengan operator dan para karyawan yang bekerja pada saat melakukan penelitian ini, selain pada faktor refining ada beberapa hal yang menguatkan faktor internal bonding selama proses, yaitu :

1. Faktor bahan baku yang digunakan.
2. Faktor komposisi stok yang digunakan sebagai campuran lembaran.
3. Faktor penambahan bahan kimia dan dosis.
4. Faktor *vacuum* yang digunakan pada roll, khususnya pada bagian *forming section* dan *press section*.
5. Dan faktor penambahan *surface sizing* pada *size press*.

- Uji Regresi Linier Berganda

Alat yang digunakan dalam menguji hipotesis adalah analisis regresi berganda. Analisis ini digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, serta untuk menunjukkan arah hubungan variabel-variabel tersebut. Analisis ini akan membentuk sebuah persamaan yang dapat dijelaskan hasilnya dibawah ini :

Persamaan Regression

$$\text{Internal Bonding} = 179,39 + 2,686 \text{ SRE} - 27,8 \text{ IR}$$

Dari persamaan diatas dapat kita tarik sebuah kesimpulan untuk dijadikan sebuah inepretasi, yaitu :

- a. Koefisien konstanta yang didapat yaitu bernilai positif sebesar 179,39 menunjukkan bahwa variabel SRE dan intensitas refiner jika nilainya 0, maka nilai

internal bonding tetap akan meningkat sebesar 179,39.

- b. Koefisien *Specific Refining Energy (SRE)* yang didapat yaitu bernilai positif sebesar 2,686 menunjukkan bahwa setiap peningkatan *Specific Refining Energy (SRE)* sebesar 1 kali, maka nilai internal bonding akan meningkat sebesar 2,686 dengan asumsi variabel yang lain konstan.
- c. Koefisien intensitas refiner yang didapat yaitu bernilai negatif sebesar 27,8 menunjukkan bahwa setiap peningkatan intensitas refiner sebesar 1 kali, maka nilai internal bonding akan menurun sebesar 27,8 dengan asumsi variabel yang lain konstan.

3.3.3 Uji Korelasi

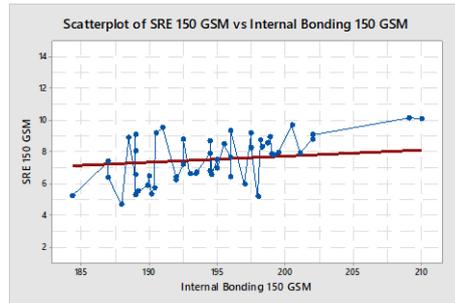
Dalam uji korelasi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat kita lihat dari tabel dibawah ini sebagai berikut dimana untuk mengetahui keeratan hubungan maka dapat dilihat pada besarnya koefisien korelasi dengan pedoman yaitu, jika koefisien semakin mendekati nilai 1 atau -1 maka hubungan ada hubungan yang erat atau kuat, sedangkan arah ntuk mengetahui arah hubungan (hubungan yang positif/berbanding lurus atau hubungan negative/berbanding terbalik), kita dapat melihat tanda pada nilai koefisien korelasi, yakni positif atau negative, jika positif berarti terdapat hubungan yang positif, artinya jika variable bebasnya tinggi, maka variabel terikatnya juga baik/tinggi, dan sebaliknya jika tandanya negative maka hubungan keduanya negative.

Tabel 3.7 *Pearson Correlation*

	Specific Refining Energy	Intensitas Refiner	Keterangan
Internal Bonding	0,574	0,458	Pearson Correlation
	0,000	0,001	P-Value

Dari tabel dapat kita lihat hasil yang didapat dari pengujian korelasi menggunakan *Pearson Correlation*, dimana didapatkan hasil korelasi dan nilai signifikansi (P-value). Sehingga dapat kita bahas sebagai berikut :

- a. *Specific Refining Energy (SRE)* dengan *Internal bonding*.



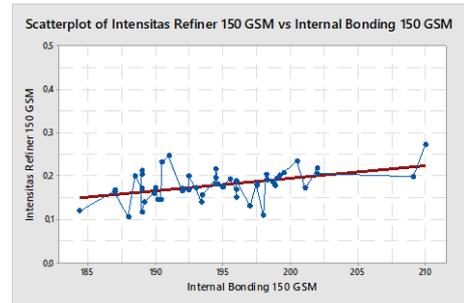
Gambar 3.1 Scatterplot *Specific Refining Energy (SRE)* dengan *Internal bonding*

Dari hasil analisis pada Minitab 18 yang telah disajikan dalam bentuk grafik Scatterplot dan gambar korelasi diatas, telah didapatkan nilai *pearson correlation* dan taraf signifikan (*p-value*) antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM.

Nilai *pearson correlation* yang didapat yaitu sebesar 0,574, karena nilai 0,574 berada pada interval 0,4 - 0,599 yang artinya berkorelasi cukup atau cukup berkorelasi, sehingga hubungan antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM cukup berkorelasi. Kemudian hal lainn yang ditunjukkan yaitu nilai positif (+) dari korelasi yang diperoleh dan garis merah pada grafik yang berarti hubungan kedua variabel tersebut searah, dimana semakin besar nilai *Specific Refining Energy SRE* yang dihasilkan maka semakin besar nilai *internal bonding* yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya, semakin kecil nilai *Specific Refining Energy (SRE)* yang dihasilkan maka akan semakin kecil nilai *internal bonding* yang diperoleh.

Untuk nilai taraf signifikan (*p-value*) yaitu sebesar 0,000. Karena nilai $0,000 < 0,05$, maka hipotesis kerja (H_1) diterima, dimana memiliki arti ada hubungan yang berarti antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM dalam penelitian ini.

- b. Intensitas Refiner dengan *Internal Bonding*



Gambar 3.2 Scatterplot Intensitas Refiner dengan *Internal bonding*

Sama halnya dengan hubungan antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM., telah didapatkan nilai *pearson correlation* dan taraf signifikan (*p-value*) antara nilai intensitas refiner 150 GSM dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM.

Nilai *pearson correlation* yang didapat yaitu sebesar 0,458, karena nilai 0,458 berada pada interval 0,4 - 0,599 yang artinya berkorelasi cukup atau cukup berkorelasi, sehingga hubungan antara nilai intensitas refiner 150 GSM dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM cukup berkorelasi. Kemudian hal lainn yang ditunjukkan yaitu nilai positif (+) dari korelasi yang diperoleh dan garis merah pada grafik yang berarti hubungan kedua variabel tersebut searah, dimana semakin besar nilai intensitas refiner yang dihasilkan maka semakin besar nilai *internal bonding* yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya, semakin kecil nilai intensitas refiner yang dihasilkan maka akan semakin kecil nilai *internal bonding* yang diperoleh.

Untuk nilai taraf signifikan (*p-value*) yaitu sebesar 0,001. Karena nilai $0,001 < 0,05$, maka hipotesis kerja (H_1) diterima, dimana memiliki arti ada hubungan yang berarti antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM dalam penelitian ini.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini adapun kesimpulan yang didapat yaitu :

- a. Nilai yang didapat pada perhitungan *Specific Refining Energy (SRE)* yaitu dengan nilai minimal sebesar 4,306 kWh/ton dan maksimal sebesar 9,937 kWh/ton. Nilai yang didapat pada perhitungan intensitas refiner yaitu

- dengan nilai minimal sebesar 0,0836 Ws/m dan nilai maksimal sebesar 0,2056 Ws/m.
- Dana yang harus dikeluarkan pada penggunaan energi *refiner* bisa mencapai Rp. 7.236,00 atau \$0,48 dalam 1 jam dan dalam 1 hari bisa mencapai Rp. 173.664,12 atau \$11,58, dalam 1 tahun jumlah energi yang digunakan bisa mencapai \$ 4.225,83. Hal ini dikonversi dalam rupiah menjadi dollar yaitu sebesar Rp. 15.000,00 dalam 1 Dollar dan daya listrik yang digunakan dengan 1 kWh yaitu sebesar Rp.996,74.
 - Pada uji regresi linier berganda memiliki persamaan yaitu "Internal bonding = 179,39 + 2,686 SRE – 27,8 Intensitas *refiner*."
 - Pada uji detereminasi didapatkan hasil sebesar 30,89%, artinya variabel *Specific Refining Energy (SRE)* dan intensitas *refiner* berkontribusi dan berpengaruh pada *internal bonding*. Sisanya, yaitu sebesar 69,11%, dimana nilai tersebut merupakan pengaruh dari faktor lain pada *internal bonding*.
 - Pada uji korelasi, untuk nilai taraf signifikan (p-value) didapat 0,000 dan 0,001. Karena nilai $0,000 < 0,001 < 0,05(\alpha)$, maka hipotesis kerja (H_1) diterima, dimana memiliki arti ada hubungan yang berarti antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dan nilai intensitas *refiner* dengan nilai *Internal bonding* pada gramatur 150 GSM dalam penelitian ini.
 - Pada uji korelasi, pada uji *pearson correlation* didapatkan yaitu sebesar 0,574, dan 0,458. Karena nilai 0,574 dan 0,458 berada pada interval 0,4 - 0,599 yang artinya berkorelasi sedang atau cukup berkorelasi, sehingga hubungan antara nilai *Specific Refining Energy (SRE)* dan nilai intensitas *refiner* dengan nilai *Internal bonding* pada 150 GSM cukup berkorelasi.
 - Pada *Specific Refining Energy (SRE)* dengan *internal bonding*, semakin besar jumlah energi efektif terpakai persatuan berat pulp yang *direfining* maka akan berdampak pada semakin besar nilai *internal bonding* yang berarti ukuran kekuatan kertas untuk menahan pecah dalam arah tegak lurus terhadap bidang permukaan kertas akan semakin kuat baik dari arah butir (atau "arah X"), arah butir silang (atau "arah Y"), dan arah pada sudut kanan kertas (atau "arah Z"). Sama halnya pada intensitas *refiner* dengan *internal bonding*, semakin besar jumlah energi efektif yang dipakai persatuan total panjang *bar rotor* dan *stator* yang berpapasan dalam satu putaran guna membuat gugus -OH semakin meningkat di permukaan *fiber (fibrilasi)* maka akan semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk mengurai atau memisahkan lapisan-lapisan lembaran kertas saat terkena gaya Z-directional akibat gugus -OH yang saling

berikatan yang ditunjukkan pada saat pengecekan lembaran.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Indutri Kertas yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini sehingga dapat menjadikan sebuah pengetahuan yang bermanfaat dan berguna dimasa yang akan datang.

5. Daftar Pustaka

- Bajpai, P. 2006. *Advances in Recycling and deinking* (180 pp.). U.K: Smithers Pira.
- Baker, C. F. 1999. *Refining recycled fibres, paper recycling challenge – Process control and mensuration*. Appleton, WI, USA: Doshi & Associates. (Chapter 9)
- Beatson, Rodger R. and Chang, Xue Feng. 2011. *Process For Reducing Specific Energy Demand During Refining Of Thermomechanical And Chemi-Thermomechanical Pulp*. The University Of British Columbia. Columbia.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., & Mitchell, L.G. 2002. *Biologi*. Jilid 1. Edisi. Kelima. Alih Bahasa: Wasmen. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- DeFoe, R.J. 1991. *Refining variables relating to OCC property development. TAPPI pulping conference*. Orlando, FL
- Dienes, D., 2006. "Effect of cellulase enzymes on secondary fiber properties". Ph. D. Thesis, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungaria
- Dwi Priyatno. 2009. *SPSS untuk Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariate*. Gava Media. Yogyakarta. hal. 20-21
- Friberg, T., & Brelsford, G. 2002. *New directions in recycle. Solutions*, 85(8), 27.

- H. J. Putz, 2000. in "Recycled Fiber and Deinking", edited by H. Pakarinen and L. Gottsching, Fapet Oy, Finland, pp. 649
- Holik, H. 2000. In L. Gottsching & H. Pakarinen (Eds.), *Unit operations and equipment in recycled fibre processing, recycled fibre and de-inking*. Helsinki, Finland: Fapet Oy. (Chapter 5)
- Hua, Xujun, etc. 2017. Method for Producing Cellulose Filament with Less Refining Energy. United States Patent. USA
- Hutten, I. M. 2000. Testing of Nonwoven Filter Media. Handbook of Nonwoven Filter Media, 245–290. doi:10.1016/b978-185617441-1/50021-4 .
- Jacobs and IPST. 2006. *Pulp and Paper Industry, Energy Bandwitch Study*. American Institut of Chemical Engineers, USA.
- Joris, G. 1991. *Pulp Refining Process*. Vol.1, Acieries de Bonpertuis, Seyssinet.
- Kouba, A. and Koran, Z. 1995. Measure of the internal bonding strength of paper/board. Quebec di Trois-Rivieres University. Canada
- Lumiainen, J. 1992. Do recycled fibres need refining? *Paperi ja Puu*, 74(4), 319.
- Lumiainen, J. 1992. Refining recycled fibre – Advantages and disadvantages. *TAPPI Journal*, 75(8), 92.
- Lumiainen, J. 1994. Do recycled fibres need refining? *Papel*, 2, 36.
- Lumiainen, J. 2008, *Refining of Chemical Pulp*, in Paulapuro, H., Papermaking Part 1, *Stock preparation and Wet End*, 2nd.ed Papermaking Science and Technology Series, Jyvaskyla, Finland. pp 87 – 122.
- Masrani R., Hidayat T., dan Jamaludin. 2012. Teknologi Biorefining untuk Pengolahan Kertas Bekas Sebagai Bahan Baku Pada Pembuatan Kertas Pelapis. *Jurna Riset Industri* Vol.7 No. 3, 3013, Hal. 205-2014.
- Nazhad, M.M., & Awadel-Karim, S. 2001. Possibilities for upgrading OCC pulp. 55th *Appita annual conference*. Hobart.
- Printwiki.org. Internal Bond Strength. Diakses Pada 12 Juli 2021, dari http://printwiki.org/Internal_Bond_Strength
- Puspitasari, W. 2007. Evaluasi Audit Operasional Sebagai Alata Bantu Dalam Meniali fektivitas dan Efisieni Fungsi Produksi Pada PT Petrokimia Gresik. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Putz, H. J. 2006. In H. Sixta (Ed.), *Recovered paper and recycled fibers, handbook of pulp (pp. 1147–1203)*. KGaA, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- R. Miranda, E. Bobu, H. Grossmann, B. Stawicki and A. Blanco. 2010. *Cellulose Chem. Technol.*, 44, 419.
- Rampratama, R.W. 2020. Analisa Perhitungan Energi pada Mesin Refiner. INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG. Bekasi
- Rismijana J., Elyani N., dan Cucu. 2006, Efektifitas Biodeinking Pada Pengolahan Kertas Bekas Campuran (Mixed Waste), *Berita Selulosa*, Vol. XXXXI, No.1
- Sappi, E.Q. 2004. Insights. *Sustainable use of recycled fiber*, vol. 2.
- Setiawan, Agus. 2015. Hubungan Antara Motivasi Belajar Dan Minar Baca Dengan Prestasi Belajar Siswa Kelas VIII di SMP 2 Sumbergempol. Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah. Tulungagung.
- Smook, G. A. 2002. Handbook For Pulp and Paper Technologist, Third Edition, Angus Wilde Publication Inc.
- Tanzeh, Ahmad. 2009. Pengantar Metode Penelitian. Teras. Yogyakarta. Hal. 54.