

# ANALISA PENGARUH *FINES* TERHADAP KUALITAS *REFINING PULP STOCK* DAN *PROPERTIES* KERTAS TULIS CETAK MENGGUNAKAN UJI STATISTIK

Thoriq Zidane, Edwin K. Sijabat, Ni Njoman M. Susantini  
Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Program Diploma  
Institut Teknologi dan Sains Bandung

Jl. Ganesha Boulevard, Lot-A1 CBD Kota Deltamas, Tol Jakarta-Cikampek Km 37  
Cikarang Pusat, Bekasi

[tzidane98@gmail.com](mailto:tzidane98@gmail.com)

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF *FINES* ON THE QUALITY OF *REFINING PULP STOCK* AND PROPERTY OF PRINTED WRITING PAPER USING STATISTIC TEST

### Abstract

*This study reports the results of the analysis of the effect of the percentage of fines on the quality of pulp stock, the physical properties of the paper, and the effect of refiner operational conditions on the percentage of fines. This analysis is based on the results of the calculation of the Pearson correlation coefficient, scattering graphs and Fault Tree Analysis associated with the theoretical basis used. When the specific energy increased from 31-71 kWh / tonne the percentage of fines increased by 18.2%, the Pearson correlation coefficient was 0.534. When the motor load energy increased from 456-750 kW the percentage of fines increased by 18.2%, the Pearson correlation coefficient was 0.619. When refining intensity increased from 0.298 to 0.709 J / m, the percentage of fines increased by 18.2%, the value of the Pearson correlation coefficient was 0.648. When freeness PM decreased from 425–300 CSF and when freeness PM decreased from 425–306 CSF, the percentage of fines increased by 18.2%, respectively, the Pearson correlation coefficient values were -0.733 and -0.697. When the percentage of fines in the pulp increased from 12.9–31.1% the drainage time of the slurry increased by 12 s / 500 cc, the Pearson correlation coefficient was 0.719. When the percentage of fines in the pulp increased from 12.9–31.1%, the paper density increased by 0.08 g / cm<sup>2</sup>, the Pearson correlation coefficient was 0.965. When the percentage of fines in pulp increased from 12.9–31.1% bulky paper decreased by 0.1307cm<sup>2</sup> / g bulky paper, the Pearson correlation coefficient value was -0.97. When the percentage of fines in the pulp increased from 12.9–31.1% the moisture of the paper increased by 0.9%, the Pearson correlation coefficient was 0.75. Based on the Fault Tree Analysis method, Machine and Material factors are generated that affect the increasing percentage of fines. This research is expected to be a reference for further research in the field of refining or fines, as well as as input for factories in overcoming the problem of a high percentage of fines.*

*Keywords: Fines, Refining, Pearson Value, Scattering Graph and Fault Tree Analysis.*

### Abstrak

Penelitian ini melaporkan hasil analisa pengaruh persentase *fines* terhadap kualitas *pulp stock*, sifat fisik kertas, serta pengaruh kondisi operasional *refiner* terhadap persentase *fines*. Analisa ini diambil berdasarkan hasil perhitungan koefisien korelasi *Pearson*, grafik *scattering* dan *Fault Tree Analysis* yang dikaitkan dengan dasar teori yang digunakan. Saat *specific energy* meningkat dari 31-71 kWh/ton persentase *fines* meningkat 18,2 %, nilai koefisien korelasi *pearson* 0,534. Saat *motor load energy* meningkat dari 456-750 kW persentase *fines* meningkat 18,2 %, nilai koefisien korelasi *pearson* 0,619. Saat *refining intensity* meningkat dari 0,298-0,709 J/m

persentase *fines* meningkat 18,2 %, nilai koefisien korelasi *pearson* 0,648. Saat *freeness PM* menurun dari 425–300 *CSF* dan saat *freeness PM* menurun dari 425–306 *CSF* persentase *fines* meningkat 18,2 %, secara berturut nilai koefisien korelasi *pearson* -0,733 dan -0,697. Saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9–31,1% *drainage time* buburan meningkat 12 detik/500cc, nilai koefisien korelasi *pearson* 0,719. Saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9–31,1 % *density* kertas meningkat 0,08 g/cm<sup>2</sup>, nilai koefisien korelasi *pearson* 0,965. Saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9–31,1 % *bulky* kertas menurun *bulky* kertas 0,1307cm<sup>2</sup>/g, nilai koefisien korelasi *pearson* sebesar -0,97. Saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9–31,1 % *moisture* kertas meningkat 0,9 %, nilai koefisien korelasi *pearson* sebesar 0,75. Berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* dihasilkan faktor *Machine* dan *Material* yang mempengaruhi meningkatnya persentase *fines*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya di bidang *refining* atau *fines*, serta sebagai masukan untuk pabrik dalam mengatasi permasalahan persentase *fines* yang tinggi.

Kata Kunci : *Fines*, *Refining*, Grafik *Scattering*, Nilai *Pearson* dan *Fault Tree Analysis*.

## I. Pendahuluan

Proses *refining* dalam produksi kertas bertujuan untuk membentuk fibrilasi pada serat serta memodifikasi karakteristik dari serat sehingga dapat membentuk lembaran kertas dengan kualitas yang kita inginkan (Aikawa *Fiber Technologies*, 2001). Proses *refining* dapat meningkatkan *density*, formasi dan sifat fisik lainnya pada kertas. Pada proses ini serat diberi gerakan mekanis yang mana akan menghantarkan energi pada serat, sehingga terbentuk fibril halus pada serat utama. Fibril halus pada serat utama ini akan membuat serat terikat lalu membentuk ikatan gugus -OH. Standar derajat giling *refining* ditentukan dengan *CSF* (*Canadian standard freeness*), yang mana semakin rendah nilai *CSF* maka semakin banyak pula serat yang terfibrilasi. Namun jika terlalu rendah artinya serat banyak mengalami *cutting* (terpotong).

Selain serat yang terfibrilasi, proses *refining* menghasilkan produk samping berupa *fines*. *Fines* merupakan serat terfibrilasi yang mengalami proses *refining* secara berlebihan, sehingga *fibril* yang terbentuk terlepas dari serat utama. *specific energy*, *motor load energy* dan *refining intensity* pada *refiner* yang terlalu tinggi berpengaruh terhadap persentase *fine* dalam *pulp stock* yang dihasilkan (Breimer, Anna J., 2015). *Fines* bersifat mengisi ruang serat, sehingga dapat menghambat proses *dewatering*, yang mana akan memperlambat *drainage time* (Brecht, See & Klemm, 1953). Selain itu *fines* juga dapat mengurangi *thickness* dari -

- kertas yang mana akan menurunkan nilai *bulky* dari kertas tersebut (Brecht, See & Klemm, 1953). Untuk itu diperlukan penanganan yang baik dalam proses *refining* agar dapat menghasilkan *pulp* yang baik serta dapat mencapai kualitas kertas yang sesuai dengan target. Untuk mengetahui persentase *fines* dalam *pulp stock* dapat dilakukan pengujian fraksinasi pada *refining pulp stock*, sesuai dengan TAPPI Standard T261.

Hal yang ditemukan di lokasi penelitian tugas akhir ini setelah dilakukan observasi lapangan adalah persentase *fines* yang tinggi dalam *pulp stock* LBKP, nilai persentasenya bisa mencapai 31,1% yang mana jauh diatas standar yang telah ditentukan oleh pabrik (12-14%). Oleh karena itu perlu dicari tau pengaruh *fines* terhadap *pulp stock* serta kualitas kertas yang dihasilkan terutama sifat fisik kertas. Dengan demikian penulis mencoba menganalisa persentase *fines* pada proses *refining stock* pembuatan kertas menggunakan metode statistik sehingga dapat diketahui sejauh mana pengaruh dari *fines* terhadap kualitas *pulp stock* serta pada kualitas kertas yang dihasilkan, terutama pada sifat fisiknya. Dalam penelitian ini digunakan nilai korelasi koefisien *Pearson* untuk mengetahui ukuran dari ketergantungan linear antara dua variable acak (Zhou Haomiao et. al., 2016) serta *Fault Tree Analysis* digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan (Hanif et al, 2015) yang mana kedua metode ini cocok untuk mencari tau penyebab, pengaruh -

- serta solusi dari permasalahan persentase *finer* yang tinggi dalam *pulp stock*.

## II. Metodologi Penelitian

Penelitian ini diawali dengan observasi lapangan, pada tahap ini dilakukan pengamatan pada perusahaan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kondisi proses *refining* terhadap *pulp stock* yang dihasilkan, pengaruh jumlah *finer* pada *pulp stock* terhadap kualitas *pulp stock* serta sifat fisik kertas yang dihasilkan.

Lalu selanjutnya dilakukan pengambilan data, pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan sebagai data yang akan digunakan untuk memecahkan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya. Data - data yang dikumpulkan adalah data yang berhubungan dengan ruang lingkup data umum perusahaan dan data permasalahan yang diteliti. Data umum perusahaan meliputi data proses produksi keseluruhan. Sedangkan data permasalahan yang diteliti meliputi data fraksinasi, data kondisi proses *refining*, data laporan harian produksi, serta data kualitas kertas.

Pengolahan data adalah proses dimana data yang telah terkumpul dikelompokkan lalu diolah menggunakan metode perhitungan yang telah ditentukan. Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data dan analisis data tersebut adalah sebagai berikut :

### a. Pengelompokan Data

Data di kelompokkan berdasarkan hasil *fractionation testing*, kondisi mesin *refiner*, kualitas *pulp stock*, serta kualitas kertas.

### b. Metode Koefisien Korelasi Pearson

Data hasil *fractionation testing* (persentase *finer* dalam *pulp stock*) dicari korelasinya dengan parameter lain seperti pada kondisi mesin *refiner*, kualitas *pulp stock*, serta kualitas kertas. Namun dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *Minitab* 17 -

- agar dapat mempermudah proses analisa dan mempersingkat waktu.

### c. Grafik

Setelah mengelompokkan data dan melakukan perhitungan, dibuat grafik yang menunjukkan penurunan/kenaikan kualitas antara persentase *finer* dengan *pulp stock* hasil proses *refining*, kertas yang dihasilkan, serta grafik yang menunjukkan pengaruh kondisi operasional mesin *refining* terhadap persentase *finer* dari *pulp stock* yang dihasilkan.

### d. Fault Tree Analysis

Langkah - langkah yang dilakukan untuk pembuatan FTA (*Fault Tree Analysis*) adalah sebagai berikut :

- Mendefinisikan *problem* dan *boundary condition* dari proses pembuatan produk. Membuat tabel yang mengklasifikasikan proses kegiatan produksi dan jumlah produk.
- Pengkonstruksian *Fault Tree*, setelah mendefinisikan permasalahan yang menyebabkan kegagalan produk, selanjutnya membuat pohon kesalahan (*fault tree*) yaitu suatu analisis secara sederhana yang dapat diuraikan sebagai suatu teknik analisis.

## III. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data dari data primer dan sekunder, didapatkan hasil dari perhitungan koefisien *pearson*, pembuatan grafik *scattering* serta pembuatan diagram *fault tree analysis* hasil tersebut adalah sebagai berikut :

### a. Perhitungan koefisien *pearson*

Setelah data diolah menggunakan *Minitab* 17 maka didapatkan nilai koefisien *pearson* yang digunakan untuk mengetahui korelasi antara persentase *finer* dengan kondisi operasional *refiner*, kualitas *pulp* -

- *stock* serta kualitas kertas yang dihasilkan. Berikut adalah hasilnya :  
**Tabel 1.** Nilai korelasi koefisien kondisi operasional *refiner* terhadap persentase *finer*

Nilai korelasi		<i>Fines</i>
<i>Spesific Energy</i>	<i>Pearson</i>	0,734
	<i>p-value</i>	0
<i>Motor Load Energy</i>	<i>Pearson</i>	0,573
	<i>p-value</i>	0
<i>Refiner Intensity</i>	<i>Pearson</i>	0,648
	<i>p-value</i>	0
<i>Flow Rate</i>	<i>Pearson</i>	- 0,69
	<i>p-value</i>	0
<i>Circulation</i>	<i>Pearson</i>	- 0,781
	<i>p-value</i>	0
<i>Consistency</i>	<i>Pearson</i>	- 0,122
	<i>p-value</i>	0,085

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *spesific energy refining* menunjukkan 0,734; menunjukkan bahwa kenaikan *spesific energy refining* berpengaruh pada kenaikan persentase *finer* dalam *pulp* (berbanding lurus). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *spesific energy refining* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan secara statistik karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *motor load refining* menunjukkan 0,573; menunjukkan bahwa kenaikan *motor load refining* berpengaruh pada kenaikan persentase *finer* dalam *pulp* (berbanding lurus). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *motor load refining* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan secara statistik karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *intensity refining* menunjukkan 0,648; menunjukkan bahwa kenaikan *intensity refining* berpengaruh pada kenaikan persentase *finer* dalam *pulp* (berbanding lurus). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *intensity refining* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan secara statistik karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *flow rate* menunjukkan - 0,69; menunjukkan bahwa kenaikan *flow rate* berpengaruh pada penurunan persentase *finer* dalam *pulp* (berbanding terbalik). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *flow rate* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *pulp stock circulation* menunjukkan -0,781; menunjukkan bahwa kenaikan *pulp stock circulation* berpengaruh pada penurunan persentase *finer* dalam *pulp* (berbanding terbalik). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *flow rate* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 1.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *pulp stock consistency* menunjukkan -0,122; menunjukkan bahwa kenaikan *pulp stock consistency* tidak terlalu berpengaruh pada penurunan persentase *finer* dalam *pulp*. Korelasi keduanya terbilang lemah karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $0,5 \geq r$ . Nilai *p-value* antara *finer* dan *consistency* sebesar 0,085; yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan secara kuadrat karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $0,05 \leq \alpha \leq 0,1$ .

**Tabel 2.** Nilai korelasi koefisien persentase *finer refiner* terhadap kualitas *pulp stock*

Nilai korelasi		<i>Fines</i>
<i>Freeness</i>	<i>Pearson</i>	-0,733
	<i>p-value</i>	0
<i>Drainage Time</i>	<i>Pearson</i>	0,719
	<i>p-value</i>	0

Terlihat pada **Tabel 2.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dengan *freeness* -0,733; hal ini menunjukkan bahwa penurunan nilai *freeness* pada *pulp stock* berpengaruh pada kenaikan jumlah *finer* dalam *pulp* (berbanding terbalik). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \leq -0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *freeness* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 2.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *drainage time* menunjukkan 0,719; menunjukkan bahwa kenaikan jumlah *finer* dalam *pulp* berpengaruh pada kenaikan nilai *drainage time* pada *pulp stock* (berbanding lurus). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai -

- *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *drainage time* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

**Tabel 3.** Nilai korelasi koefisien persentase *finer refiner* terhadap kualitas kertas

Nilai korelasi		<i>Fines</i>
<i>Density</i>	<i>Pearson</i>	0,965
	<i>p-value</i>	0
<i>Bulky</i>	<i>Pearson</i>	0,97
	<i>p-value</i>	0
<i>Moisture</i>	<i>Pearson</i>	0,75
	<i>p-value</i>	0

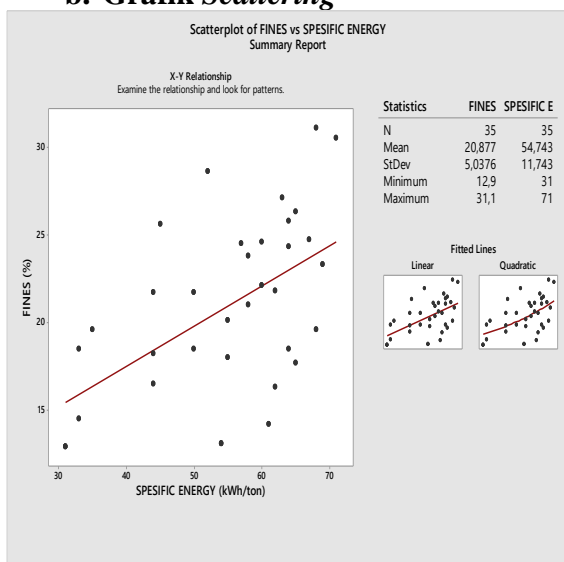
Terlihat pada **Tabel 3.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dan *density* menunjukkan 0,965; menunjukkan bahwa kenaikan jumlah *finer* dalam *pulp* berpengaruh pada kenaikan nilai *density* pada kertas yang dihasilkan (berbanding lurus). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *density* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 3.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *finer* dengan *bulky* menunjukkan -0,970; hal ini menunjukkan bahwa kenaikan jumlah *finer* dalam *pulp* berpengaruh pada penurunan nilai *bulky* pada kertas yang dihasilkan (berbanding terbalik). Korelasi keduanya terbilang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \leq -0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *finer* dan *bulky* -

- sebesar 0, yang artinya kedua parameter -ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

Terlihat pada **Tabel 3.** bahwa nilai koefisien korelasi *pearson* antara *fines* dan *Moisture* menunjukkan 0,750; menunjukkan bahwa kenaikan jumlah *fines* dalam *pulp* berpengaruh pada kenaikan nilai *Moisture* pada kertas yang dihasilkan (berbanding lurus). Korelasi keduanya dibidang kuat karena nilai *pearson* kedua parameter ini adalah  $r \geq 0,5$ . Hubungan kedua parameter ini didukung juga dengan nilai *p-value* antara *fines* dan *Moisture* sebesar 0, yang artinya kedua parameter ini memiliki hubungan yang signifikan karena nilai *p-value* kedua parameter ini adalah  $\alpha \leq 0,05$ .

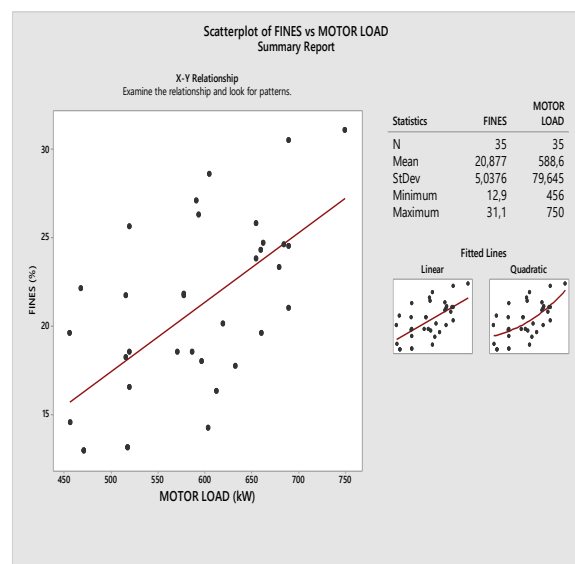
### b. Grafik *Scattering*



**Gambar 1.** Grafik korelasi antara *fines* dan *refining specific energy*

Pada **Gambar 1.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *specific energy* pada *refining* maka akan meningkatkan jumlah *fines* pada *pulp*. *Specific energy* adalah banyaknya energi yang disalurkan pada *fiber*, sehingga *fiber* akan

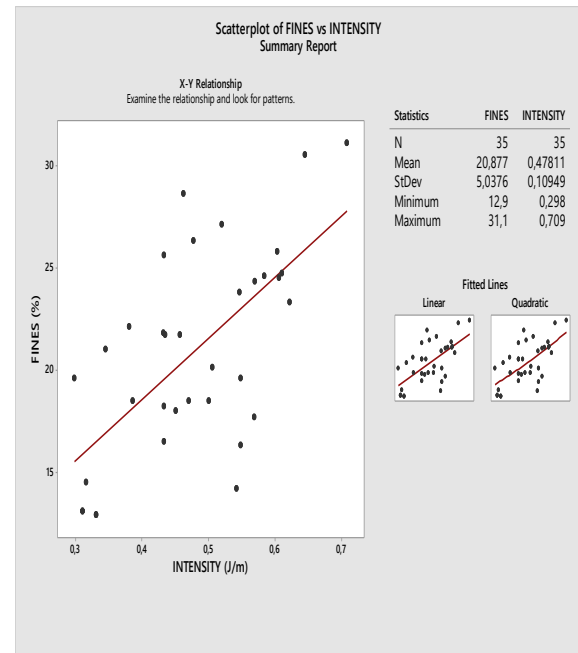
- mengalami fibrilasi. Namun ketika energi yang diberikan proses *refining* kepada *fiber* terlalu banyak maka akan terjadi fibrilasi berlebihan terhadap *fiber*, sehingga *fibriliar fines* akan terlepas dari serat utama dan membentuk *fines*. Jadi kenaikan *specific energy refining* akan menyebabkan kenaikan juga pada persentase *fines* dalam *pulp stock*. Pada **Gambar 1.** juga menunjukkan bahwa pada saat *specific energy* meningkat dari 52-95 kWh/ton dapat meningkatkan persentase *fines* sebesar 18,2 %. Standar persentase *fines* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *specific energy* sebesar 61 kWh/ton persentase *fines* meningkat sebesar 14,2 %. Sehingga untuk mendapatkan *fines* yang sesuai standar diusahakan *specific energy* tidak lebih dari 57 kWh/ton, menurut data yang didapatkan pada *specific energy* 51-54 kWh/ton menghasilkan *pulp stock* dengan persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %.



**Gambar 2.** Grafik korelasi antara *fines* dan *refining motor load energy*

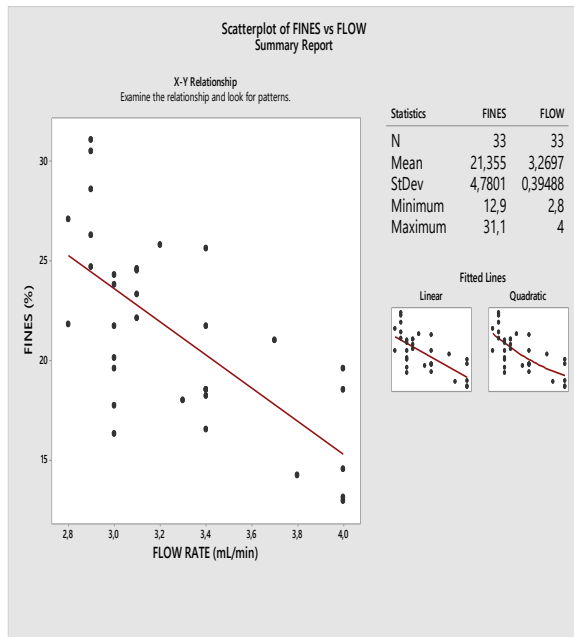
Pada **Gambar 2.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *motor load energy* pada *refining* maka akan meningkatkan jumlah *fines* pada *pulp*. *Motor load energy* adalah -

- besaran energi yang digunakan mesin/motor dalam menjalankan proses *refining*. *Motor load energy* berbanding lurus dengan *specific energy*, sehingga semakin tinggi *motor load energy* semakin tinggi juga *specific energy*. Oleh karena itu kita dapat menyimpulkan juga bahwa semakin tinggi *motor load energy* semakin tinggi pula jumlah *fines* pada *pulp stock refining*, karena *fines* berbanding lurus dengan *specific energy*. Dengan kata lain peningkatan *motor load energy* akan menyebabkan meningkatnya *specific energy*, karena besaran *specific energy* meningkat maka jumlah *fines* pada *pulp stock* juga akan meningkat. Pada **Gambar 2.** juga menunjukkan bahwa pada saat *motor load energy* meningkat dari 456-750 kW dapat meningkatkan persentase *fines* sebesar 18,2 %. Standar persentase *fines* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *motor load energy* sebesar 604 kW persentase *fines* meningkat sebesar 14,2 %. Sehingga untuk mendapatkan *fines* yang sesuai standar diusahakan *motor load energy* tidak lebih dari 604 kW, menurut data yang didapatkan pada *motor load energy* 471-518 kW menghasilkan *pulp stock* dengan persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %.



**Gambar 3.** Grafik korelasi antara *fines* dan *refiner intensity*

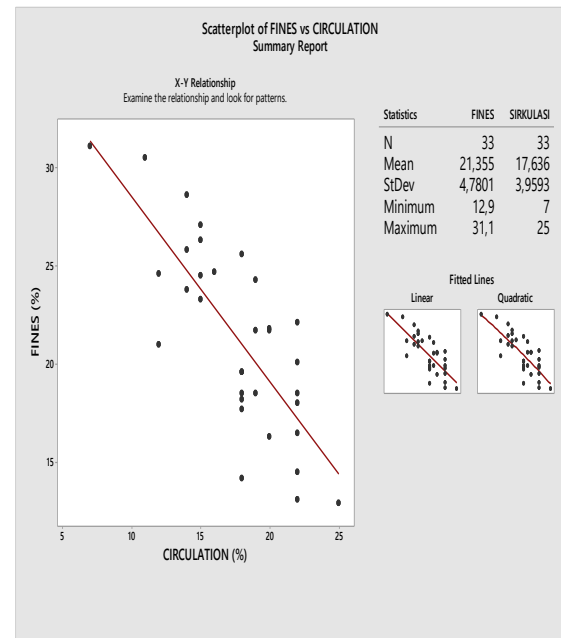
Pada **Gambar 3.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *refiner intensity* maka akan meningkatkan persentase *fines* pada *pulp*. *Refiner intensity* adalah parameter pada proses *refining* yang menunjukkan intensitas atau seberapa sering *fiber* mengalami kontak dengan *refiner plate*, semakin sering *fiber* mengalami kontak dengan *refiner plate* maka *fiber* akan lebih cepat mengalami fibrilasi. Namun nilai *refiner intensity* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *fiber* mengalami proses *refining* yang berlebihan, sehingga semakin tinggi peluang terbentuknya *fines* dalam *pulp stock*. Pada **Gambar 3.** juga menunjukkan bahwa pada saat *refiner intensity* meningkat dari 0,298-0,709 J/m dapat meningkatkan persentase *fines* sebesar 18,2 %. Standar persentase *fines* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *refiner intensity* sebesar 0,316 J/m persentase *fines* meningkat sebesar 14,5 %. Sehingga untuk mendapatkan *fines* yang sesuai standar diusahakan *refiner*.



**Gambar 4.** Grafik korelasi antara *finer* dan *pulp stock flow rate*

Pada **Gambar 4.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *pulp stock flow rate* maka akan menurunkan persentase *finer* pada *pulp* dan begitupun sebaliknya. *Pulp stock flow rate* adalah besaran yang menunjukkan laju aliran *pulp stock*. *flow rate* dapat mempengaruhi nilai *specific energy*, sehingga secara tidak langsung *pulp stock flow rate* dapat mempengaruhi persentase *finer* pada *pulp stock*. Ketika nilai *pulp stock flow rate* terlalu rendah maka laju dari aliran *pulp stock* akan lebih lambat saat di proses *refining* dan buburan akan lebih sering mengalami kontak dengan *refiner plate*, sehingga dapat mengakibatkan fibrilasi yang berlebihan. Pada **Gambar 4.** juga menunjukkan bahwa pada saat *pulp stock flow rate* menurun dari 2,9–4 mL/min dapat meningkatkan persentase *finer* sebesar 18,2%. Standar persentase *finer* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *pulp stock flow rate* sebesar 3,8-2,9 mL/min persentase *finer* adalah sebesar 14,2-31,1 %. Sehingga untuk mendapatkan *finer* yang sesuai standar diusahakan *pulp stock flow rate* tidak kurang -

- dari 4 mL/min, menurut data yang didapatkan pada *pulp stock flow rate* 4 mL/min menghasilkan *pulp stock* dengan persentase *finer* sebesar 12,9-13,1 %.

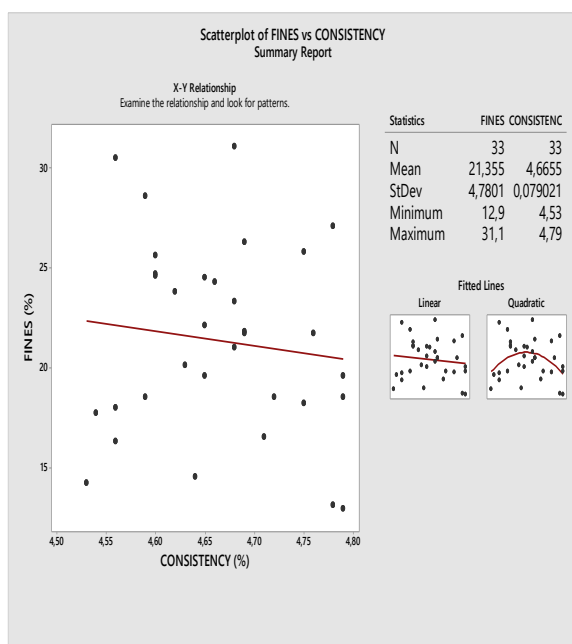


**Gambar 5.** Grafik korelasi antara *finer* dan *pulp stock circulation*

Pada **Gambar 5.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *pulp stock circulation* maka akan menurunkan persentase *finer* pada *pulp* dan begitupun sebaliknya. *Pulp stock circulation* adalah besaran yang menunjukkan sirkulasi pada aliran *pulp stock*. *Pulp stock circulation* dapat mempengaruhi nilai *specific energy*, sehingga secara tidak langsung *pulp stock circulation* dapat mempengaruhi persentase *finer* pada *pulp stock*. Ketika nilai *pulp stock circulation* terlalu rendah maka sirkulasi dari aliran *pulp stock* akan lebih sedikit dan buburan akan terus tergerus di tempat yang sama sehingga dapat mengakibatkan fibrilasi yang berlebihan. Pada **Gambar 5.** juga menunjukkan bahwa pada saat *pulp stock circulation* meningkat dari 7-25 % dapat menurunkan persentase *finer* sebesar 18,2%. Standar persentase *finer* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *pulp* -



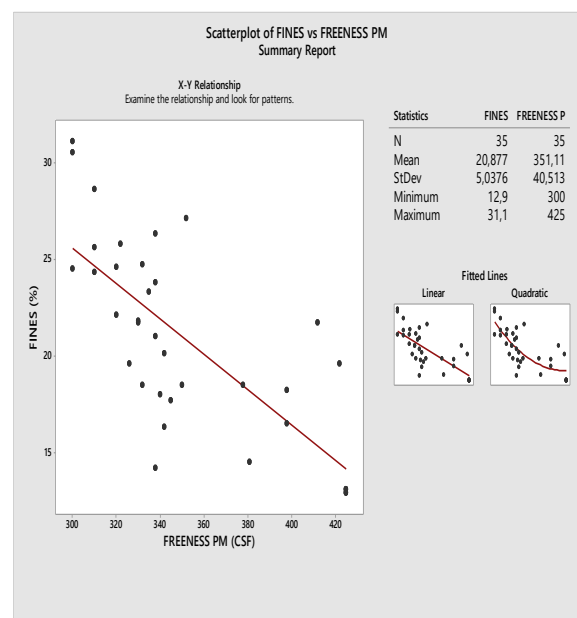
- *stock circulation* sebesar 7-20 % *finer* yang telah ditentukan di pabrik adalah 12–14 %, pada saat *pulp stock circulation* sebesar 7-20 % persentase *finer* adalah sebesar 14,2-31,1 %. Sehingga untuk mendapatkan *finer* yang sesuai standar diusahakan *pulp stock flow rate* tidak kurang dari 21 %, menurut data yang didapatkan pada *pulp stock circulation* 22-25 % menghasilkan *pulp stock* dengan persentase *finer* sebesar 12,9-13,1 %.



**Gambar 6.** Grafik korelasi antara *finer* dan *pulp stock consistency*

Pada **Gambar 6** kita dapat melihat garis regresi menunjukkan bahwa ketika nilai *pulp consistency* rendah persentase *finer* juga rendah nilainya, ketika nilai *pulp consistency* meningkat persentase *finer* juga nilainya meningkat, namun ketika nilai *pulp consistency* meningkat lagi nilainya terjadi penurunan pada persentase *finer*. Hal ini disebabkan karena pada *pulp stock* dengan *consistency* rendah rasio air lebih banyak dibandingkan dengan *fiber*, sehingga energi yang diberikan *refiner* lebih cenderung hanya menggerakkan air dan *fiber* yang terfibrilasi hanya sedikit. Sedangkan pada *pulp stock* dengan -

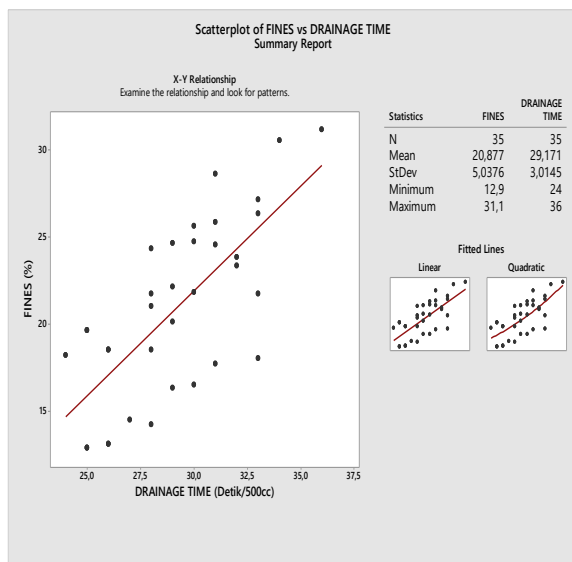
- *consistency* yang terlalu tinggi, kerja dari *refiner* akan semakin tinggi pula yang mana membutuhkan energi yang lebih banyak untuk memfibrilasi *fiber*. Selain itu *pulp stock consistency* yang terlalu tinggi dapat merusak *refiner plate*, sehingga proses fibrilasi akan menjadi kurang efektif. Oleh karena itu perusahaan tempat penelitian ini menentukan standar untuk *pulp stock consistency* pada *refining process* ini sebesar 4,65%. Pada *consistency* 4,53-4,56 % persentase *finer* yang dihasilkan adalah tidak terlalu jauh dari standar, yakni sebesar 14,2-14,5% dan persentase *finer* terus meningkat seiring bertambahnya *pulp stock consistency*. Namun pada *consistency* 4,78-4,79 % menghasilkan nilai persentase *finer* sebesar 12,9-13,1 % yang mana sesuai dengan standar persentase *finer* yang telah ditentukan di pabrik (12–14 %).



**Gambar 7.** Grafik korelasi antara *finer* dan *freeness*

Pada **Gambar 7**. kita dapat melihat bahwa semakin rendah *freeness* maka akan semakin tinggi jumlah *finer* pada *pulp* dan begitupun sebaliknya. *Freeness* adalah standar derajat giling -

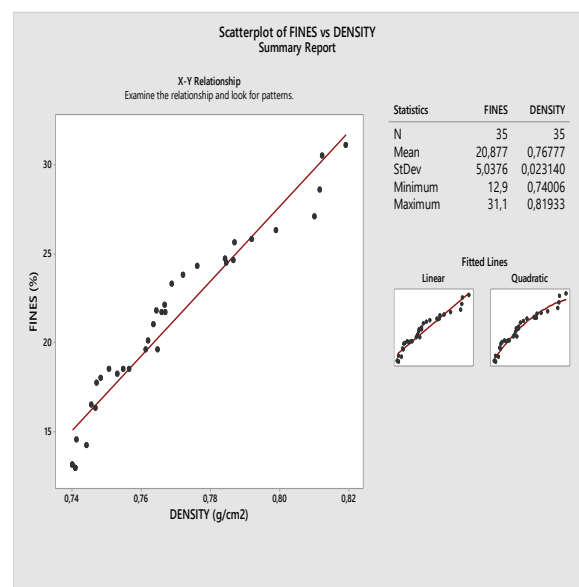
- *refining* ditentukan dengan *CSF* (*Canadian standard freeness*), yang mana semakin rendah nilai *CSF* maka semakin banyak pula serat yang terfibrilasi. Namun jika nilai *CSF* terlalu rendah, maka kemungkinan serat yang terpotong terlalu kecil akan sangat banyak pula, termasuk fine yang juga akan banyak terkandung dalam *pulp stock* tersebut. Oleh karena itu besaran *freeness* haruslah dijaga agar tidak terlalu rendah, sehingga kemungkinan terjadinya *finer* dalam *pulp stock* dapat diminimalisir. Pada **Gambar 7**, juga menunjukkan bahwa pada saat *freeness* menurun dari 425–300 *CSF*, persentase *finer* meningkat sebesar 18,2 %. Untuk standar *freeness* LBKP dari kertas dengan *grammature* 43-70 gsm adalah 330 – 420 *CSF*. Menurut data buburan dengan *freeness* 300-330 *CSF* dapat menghasilkan persentase *finer* sebesar 19,6-31,1 % yang mana tidak sesuai standar persentase *finer* (12-14 %).



**Gambar 8.** Grafik korelasi antara *finer* dan *drainage time*

Pada **Gambar 8**, kita dapat melihat bahwa semakin tinggi *drainage time* pada *refining* maka akan meningkatkan jumlah *finer* pada *pulp*. *Drainage time* adalah besaran waktu untuk seberapa lama air bisa -

- keluar dari *pulp stock*, semakin tinggi nilai *drainage time* artinya semakin lama durasi air keluar dari *pulp stock*. Ukuran *finer* yang sangat kecil membuatnya dapat mengisi rongga-rongga kosong dalam ikatan serat, sehingga akan menghambat jalur keluar air dari *pulp* saat proses pengeluaran air dari lembaran basah. Oleh karena itu semakin banyak *finer* akan semakin besar nilai *drainage time*. Pada **Gambar 8**, juga menunjukkan bahwa pada saat persentase *finer* dalam *pulp* meningkat dari 12,9–31,1 % dapat meningkatkan *drainage time* sebesar 12 detik/500cc. Untuk standar *drainage time* LBKP dari kertas dengan *grammature* 43-70 gsm adalah 25-30 detik/500cc. Menurut data, buburan dengan persentase *finer* 17,1-31,1 % dapat menghasilkan *drainage time* sebesar 31-36 detik/500cc yang mana tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh produksi.

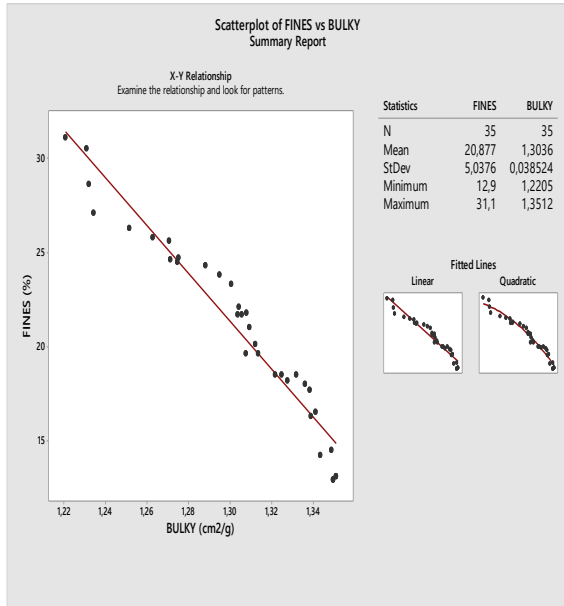


**Gambar 9.** Grafik korelasi antara *finer* dan *density* kertas

Pada **Gambar 9**, kita dapat melihat bahwa semakin tinggi jumlah *finer* pada *pulp* maka akan semakin tinggi nilai *density* pada kertas. *Density* adalah besaran *basis weight* dibagi dengan *thickness*, semakin tinggi *density* maka -

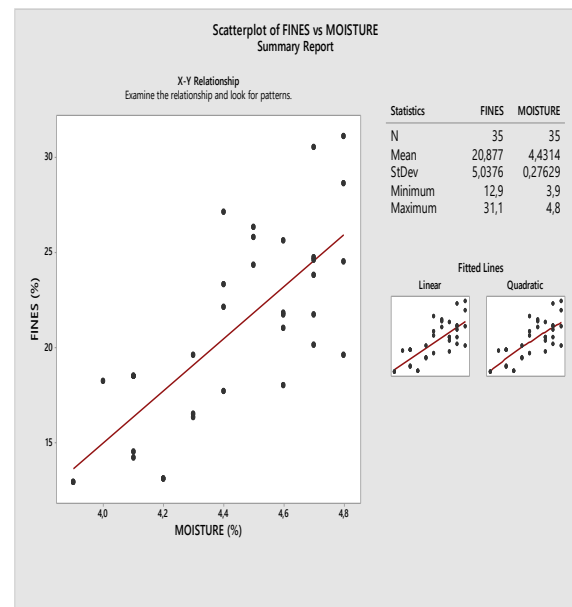
- artinya kertas akan lebih padat karena *basis weight* yang lebih tinggi dibandingkan *thickness* kertas tersebut. *Fines* terbentuk karena *fiber* mengalami proses *refining* yang berlebihan, sehingga bentuknya menjadi pipih, bengkok, dan terpotong sehingga berpengaruh pada berkurangnya *thickness* kertas yang mengakibatkan meningkatnya nilai *density* pada kertas. Pada **Gambar 9.** juga menunjukkan bahwa pada saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9 – 31,1 % dapat meningkatkan *density* sebesar 0,08 g/cm<sup>2</sup>. Untuk standar *density* dari kertas dengan *grammature* 43-70 gsm adalah 0,75-0,81 g/cm<sup>2</sup>. Menurut data, buburan dengan persentase *fines* 28,6-31,1 % dapat menghasilkan kertas dengan *density* sebesar 0,81-0,819 g/cm<sup>2</sup> yang mana tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh produksi.

- *bulky* maka artinya kertas akan lebih tebal dan mengembang karena *thickness* yang lebih tinggi dibandingkan *basis weight* kertas tersebut. *Fines* terbentuk karena *fiber* mengalami proses *refining* yang berlebihan, sehingga bentuknya menjadi pipih, bengkok, dan terpotong sehingga berpengaruh pada berkurangnya *thickness* kertas yang mengakibatkan berkurangnya juga nilai *bulky* pada kertas. Pada **Gambar 10.** juga menunjukkan bahwa pada saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9 – 31,1 % dapat menurunkan *density* sebesar 0,131 cm<sup>2</sup>/g . Untuk standar *bulky* dari kertas dengan *grammature* 43-70 gsm adalah 1,23-1,33 cm<sup>2</sup>/g. Menurut data, buburan dengan persentase *fines* 31,1 % dapat menghasilkan kertas dengan *bulky* sebesar 1,221 cm<sup>2</sup>/g yang mana tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh produksi.



**Gambar 10.** Grafik korelasi antara *fines* dan *bulky* kertas

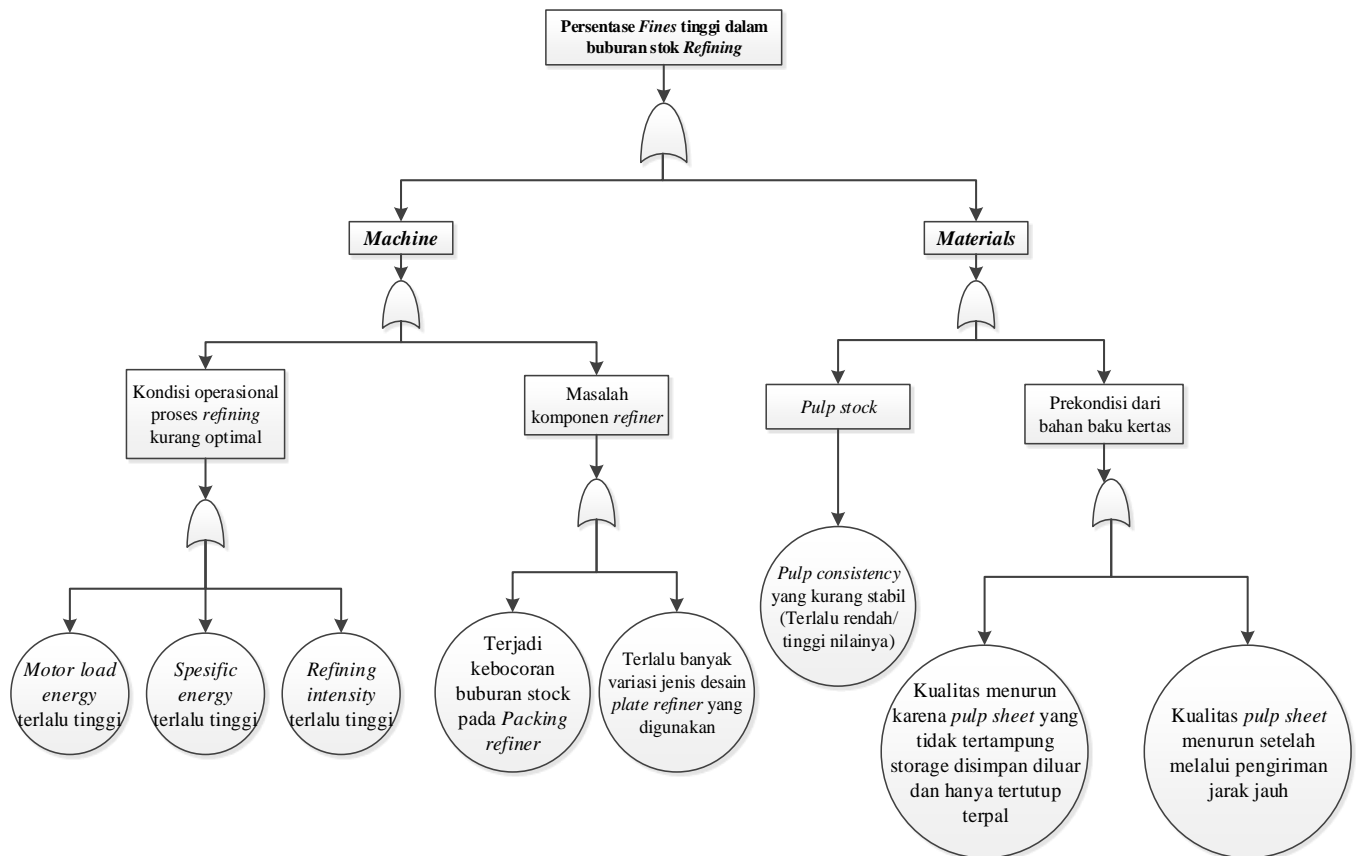
Pada **Gambar 10.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi jumlah *fines* pada *pulp* maka akan semakin rendah nilai *bulky* pada kertas dan begitupun sebaliknya. *Bulky* adalah kebalikan dari *density* yang mana adalah besaran *thickness* dibagi dengan *basis weight*, semakin tinggi -



**Gambar 11.** Grafik korelasi antara *fines* dan *moisture* kertas

Pada **Gambar 11.** kita dapat melihat bahwa semakin tinggi jumlah *fines* pada *pulp* maka akan semakin tinggi *moisture* pada kertas. *Moisture* adalah kadar air yang -

- masih terkandung pada kertas yang dihasilkan. *Fines* yang mana menghambat jalur air untuk keluar dari lembaran *pulp* akan membuat terhambatnya proses pengeringan pada kertas, sehingga kertas yang dihasilkan pengeringannya tidak merata dan *moisture* akan tinggi karena proses pengeringan kertas yang tidak optimum. Kertas akan basah dan mudah sobek, sehingga merugikan bagi produksi. Pada **Gambar 11.** juga menunjukkan bahwa pada saat persentase *fines* dalam *pulp* meningkat dari 12,9 – 31,1 % dapat meningkatkan *moisture* sebesar 0,9 %. Untuk standar maksimal *moisture* dari kertas dengan *grammature* 43-70 gsm adalah 3,5-4,5 %. Menurut data, *pulp stock* dengan persentase *fines* 18-31,1 % dapat menghasilkan kertas dengan *moisture* sebesar 4,6-4,8 % yang mana tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh produksi.



Gambar 12. Fault tree diagram

### c. Grafik Scattering

Dari hasil observasi yang dilakukan, ditemukan beberapa penyebab yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi peningkatan persentase fines dalam buburan. Hal tersebut adalah :

- Ditemukannya kebocoran pulp pada packing refiner, hal ini mempengaruhi konsistensi refiner pulp stock.
- Di lapangan terdapat total 6 LDDR (LBKP Double Disc Refiner) dan 2 Common Use Refiner (Bisa digunakan untuk LBKP dan NBKP, namun lebih sering LBKP). LDDR 1-4, LDDR 5-6 serta Common Use Refiner 1-2 memiliki desain refiner plate -

-yang berbeda, sehingga setting untuk kondisi operasionalnya pun berbeda untuk setiap penggunaan refiner plate yang berbeda.

- Kondisi Operasional refiner yang masih kurang optimal seperti yang tertera pada hasil pengolahan data, sehingga menghasilkan pulp stock yang masih dibawah standar.
- Menurunnya kualitas pulp sheet sebagai bahan baku kertas setelah melewati pengiriman jarak jauh.
- Karena storage yang penuh, pulp sheet yang tidak tertampung disimpan di luar storage dan hanya ditutupi dengan terpal.

Dari *Fault tree diagram* pada **Gambar 4.15**. Maka, faktor penyebab masalah dari tingginya persentase *fines* dalam *pulp stock* disebabkan karena faktor *machine*, dan *material*. Berikut adalah faktor-faktor dari permasalahan tersebut :

#### 1. Faktor *Machine*

Faktor mesin adalah salah satu faktor yang penting karena mesin adalah alat bantu yang digunakan untuk melakukan kegiatan produksi. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi operasional mesin *refiner* yang kurang optimal seperti *motor load energy*, *spesific energy*, dan *intensity* yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan *fiber* terfibrilasi secara berlebihan yang mana dapat meningkatkan persentase *fines* dalam *pulp*.

Selain itu hal ini dipengaruhi juga oleh adanya masalah pada komponen mesin *refiner* seperti terlalu banyak variasi *plate*/pisau *refiner* yang digunakan, tentunya setiap desain pisau memiliki tingkat efisien dan penyesuaian yang berbeda. Sehingga akan sulit untuk mengaturnya dalam waktu yang bersamaan, seharusnya tentukan saja desain pisau yang paling ideal dan efisien untuk proses produksi dengan cara melakukan *trial* komparasi jenis *plate*/pisau *refiner* yang paling ideal untuk proses produksi. Hal lain yang bermasalah pada *refiner* adalah terjadi kebocoran pada bagian *packing refiner* pada beberapa *refiner* LBKP, tentunya ini akan menyebabkan menurunnya akurasi sensor dalam mengukur konsistensi *pulp* pada proses *refining*. Sehingga akan sulit dalam mengatur energi yang diberikan, intensitas *refining*, serta *flowrate* yang akan menyebabkan proses *refining* kurang optimal dan lebih buruknya akan meningkatkan -

- kemungkinan terjadinya *fines* pada proses fibrilasi.

#### 2. Faktor *Material*

Faktor *material* adalah salah satu faktor yang penting karena *material* adalah bahan baku utama yang akan digunakan untuk memproduksi suatu produk. Hal ini dipengaruhi oleh kualitas *pulp sheet* yang kurang baik karena ada beberapa stok *pulp sheet* yang disimpan diluar gudang (karena kapasitas gudang terbatas). Walaupun tertutup oleh terpal, hal itu tidak terlalu maksimal dalam melindungi *pulp sheet* dari cuaca panas serta hujan. Terutama ketika hujan, kemungkinan akan membasahi *pulp sheet* yang membuat *pulp sheet* menjadi lembab (*moisture* menjadi tinggi), membuat *fiber* menjadi lebih rapuh, bahkan lebih buruknya bisa mengakibatkan tumbuhnya jamur pada *pulp sheet*. Sehingga ketika di proses *refining*, *fiber* lebih mudah untuk rusak, terpotong, bahkan menjadi *fines*. Selain itu *pulp sheet* yang telah melewati proses pengiriman jarak jauh kualitasnya rentan terganggu karena banyak faktor eksternal yang berpotensi mengganggu kualitas *pulp sheet*.

Selain itu hal ini dipengaruhi juga oleh adanya masalah pada *pulp consistency* yang tidak stabil nilainya (terlalu besar/kecil) dan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, yakni 4,65 %. Pada *pulp stock* dengan *consistency* rendah rasio air lebih banyak dibandingkan dengan *fiber*, sehingga energi yang diberikan *refiner* lebih cenderung hanya menggerakkan air dan fiber yang terfibrilasi -

- hanya sedikit. Sedangkan pada *pulp stock* dengan *consistency* yang terlalu tinggi, kerja dari *refiner* akan semakin tinggi pula yang mana membutuhkan energi yang lebih banyak untuk memfibrilasi *fiber*. Selain itu *pulp stock consistency* yang terlalu tinggi dapat merusak *refiner plate*, sehingga proses fibrilasi akan menjadi kurang efektif.

Berdasarkan observasi dan *fault tree analysis* yang telah dilakukan, faktor yang paling berpengaruh terhadap tingginya persentase *fines* pada *pulp stock* ialah faktor *Machine* tepatnya pada *refiner*. Hal ini dikarenakan terjadinya *fines* disebabkan oleh beberapa faktor pada *refining process*. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan pada faktor *machine* dilakukan usulan perbaikan untuk mengatasi masalah persentase *fines* yang tinggi berupa :

1. Usulan perbaikan kebocoran *pulp stock* pada *packing refiner* dengan cara mengganti *seal* yang sudah rusak pada *packing refiner*. Hal ini bertujuan Untuk mengatasi kebocoran *pulp stock* pada ***packing refiner***. Sehingga konsistensi *pulp stock* pada *refiner* lebih stabil dan meminimalisir persentase ***fines*** yang terlalu tinggi. Penggantian *seal* dilakukan di *refiner* (LDDR) yang terjadi kebocoran pada ***packing refiner*** di *stock preparation*. Penggantian *seal* dilakukan saat terjadi *shutdown and maintenance* produksi. Sehingga tidak mengganggu proses produksi. Dilakukan penggantian *seal* yang rusak pada ***packing refiner*** oleh Departemen *Engineering* yang dibantu Seksi *Unit Stock Preparation*.

2. Usulan melakukan percobaan untuk menentukan desain *refiner LBKP* yang paling efektif pada *refiner LBKP* di tempat produksi. Melakukan perbandingan untuk memilih ***refiner plate*** yang lebih efektif hal ini bertujuan untuk menentukan ***refiner plate*** mana yang bagus secara performa dan bisa mendapatkan *freeness* yang baik dengan energi yang rendah dari *refiner*. Penyesuaian kondisi operasional *refiner* lebih mudah dilakukan karena semua ***refiner plate*** yang digunakan sama. Perbandingan pisau dilakukan di *Stock preparation area* dan *Quality control laboratorium* saat proses produksi berjalan. Dilakukan pengambilan *pulp stock sample* pada tiap LDDR oleh Seksi *Unit Stock Preparation* dengan desain ***refiner plate*** yang berbeda. Departemen *Quality Control Laboratorium* melakukan uji kualitas *pulp stock sample* lalu dibandingkan satu sama lain.

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. kondisi operasional *refiner* berpengaruh terhadap persentase *fines*, karena pada saat saat *specific energy* 61 kWh/ton persentase *fines* 14,2 % (standar *fines* = 12-14%). Saat *specific energy* 51-54 kWh/ton persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %. Korelasi Positif (**Pearson** = 0,734). Berbanding lurus. Pada saat *motor load energy* sebesar 604 kW persentase *fines* 14,2 % (standar *fines* = 12-14%) . Saat *motor load energy* 471-518 kW persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %. Korelasi Positif (**Pearson** = 0,619). Berbanding lurus. Pada saat *refiner intensity* sebesar 0,316 J/m persentase -

*fines* 14,5 %. Standar *fines* (12-14%), pada *refiner intensity* 0,311 J/m persentase *fines* sebesar 13,1 %. Korelasi Positif (**Pearson** = 0,648). Berbanding lurus. Pada saat saat *flow rate* 3,8-2,9 mL/min persentase *fines* 14,2-31,1 % (standar *fines* = 12-14%). Saat *flow rate* 4 mL/min persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %. Korelasi Negatif (**Pearson** = -0,69). Berbanding Terbalik. Pada saat *circulation* sebesar 20-7 % persentase *fines* 14,2 % (standar *fines* = 12-14%) . Saat *circulation* 21-25 % persentase *fines* sebesar 12,9-13,1 %. Korelasi Negatif (**Pearson** = -0,78). Berbanding Terbalik. Pada *consistency* 4,53-4,56 % persentase *fines* 14,2-14,5%, Namun pada *consistency* 4,78-4,79 % persentase *fines* 12,9-13,1 %. Standar *fines* (12-14%),. Korelasi Positif (**Pearson** = 0,211). Berbanding lurus.

2. Persentase *fines* berpengaruh terhadap kualitas *pulp stock*, karena Saat *freeness* menurun (425–300 CSF) *fines* meningkat (18,2 %). Standar *freeness* LBKP kertas 43-70 gsm adalah 330–420 CSF. *Pulp* dengan *Freeness* 300-330 CSF dapat menghasilkan persentase *fines* sebesar 19,6-31,1 % (tidak sesuai standar persentase *fines* (12-14 %)). Korelasi Negatif (**Pearson** = -0,733). Berbanding terbalik. Saat persentase *fines* dalam buburan meningkat dari 12,9 – 31,1 % dapat meningkatkan *drainage time* sebesar 12 detik/500c. Standar *drainage time* kertas 43-70 gsm (25-30 detik/500cc). Persentase *fines* 17,1-31,1 % dapat menghasilkan *drainage time* sebesar 31-36 detik/500cc (tidak sesuai standar). Korelasi Positif (**Pearson** = 0,719). Berbanding lurus.

3. Persentase *fines* berpengaruh terhadap kualitas kertas, karena saat *fines* meningkat (12,9 – 31,1 %) *density* meningkat (0,08 g/cm<sup>2</sup>). Standar *density* kertas 43-70 gsm (0,75-0,81 g/cm<sup>2</sup>). Persentase *fines* 28,6-31,1 % menghasilkan kertas dengan *density* sebesar 0,81-0,819 g/cm<sup>2</sup> (tidak sesuai standar). Korelasi Positif (**Pearson** = 0,965 ). Berbanding lurus. Saat *fines* meningkat (12,9 – 31,1 %) *bulky* menurun ( 0,131 cm<sup>2</sup>/g). Standar *bulky* kertas 43-70 gsm (1,23-1,33 cm<sup>2</sup>/g). Persentase *fines* 31,1 % menghasilkan kertas dengan *bulky* sebesar 1,221 cm<sup>2</sup>/g (tidak sesuai standar). Korelasi Negatif (**Pearson** = -0,97). Berbanding terbalik. Saat *fines* meningkat (12,9 – 31,1 %) *moisture* meningkat (0,9 %). Standar maksimal *moisture* kertas 43-70 gsm (3,5-4,5 %). Persentase *fines* 18-31,1 % dapat menghasilkan kertas dengan *moisture* sebesar 4,6-4,8 % (tidak sesuai standar) Korelasi Positif (**Pearson** = 0,75). Berbanding lurus.

4. Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dihasilkan faktor yang berpengaruh dalam meningkatkan persentase *fines* dalam *pulp stock*, faktor tersebut adalah faktor *Machine* dan *Material*.

## V. Saran

Adapun saran-saran yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk mengurangi persentase *fines* dalam *pulp stock* adalah :

- Perlu dilakukan perbaikan pada *packing refiner* yang -



- mengalami kebocoran. *Defect* tersebut mengakibatkan kurang akuratnya sensor dalam membaca konsistensi *pulp* yang masuk pada proses *refining*, sehingga akan sulit untuk mengatur kondisi operasional *refining* seperti *specific energy* dan *intensity*. Dengan kata lain akan sulit pula untuk mendapatkan *pulp stock* dengan kualitas yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.
- Melakukan *trial* atau percobaan untuk menentukan desain *refiner plate* yang memiliki tingkat efisiensi paling tinggi, serta paling ideal untuk menghasilkan *pulp stock refining* yang sesuai standar.
- Melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh *fines* ini, lakukan pengelompokan berdasarkan jenis kertas yang diteliti atau lakukan saja pada satu jenis kertas yang spesifik atau lakukan pada 1 *refiner* yang spesifik. Tujuannya agar mendapatkan korelasi yang lebih kuat dan spesifik.

## Daftar Pustaka

- Artusi, R. et. al. 2002. *Bravais – Pearson and Spearman correlation coefficients: meaning, test of hypothesis and confidence interval*. Tutorial Biometri. Vol.17, No.2 : 148 – 151.
- Benesty, J. et. al. 2009. *Pearson Correlation Coefficient : Noise Reduction in Speech Processing*, Springer Topics in Signal Processing 2, Vol.5 : 36-40. Jerman : Verlag Berlin Heidelberg.
- Breimer, Anna J. 2015. *Paper Production School : Refiner*. Asian Pulp Paper.
- Budiawati, Tuti. et. al. Analisis Korelasi Pearson Untuk Unsur – Unsur Kimia Air Hujan di Bandung. Vol.7, No.2, 2010 : 100-112.
- Dewi, Valeria Cynthia, et. al. *Pengguna Metode ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) pada Aplikasi Predeksi Usia Kertas*. Vol. 8, No. 2, 2015:1-10 hal.
- Foelkel, Celso dan Irineu D. *Improving Eucalyptus Pulp Refining Through The Control Of Pulp Consistency And Stock pH: Comparisons at given bulk and given tensile strength*. University of Santa Maria.
- Hanif. R. Y., Rukmi. H. S., Susanty. S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung*. Reka Integra ISSN: 2338-5081, Vol.3 No.3.
- Holik, Herbert. Ed., 2006. *Handbook of Paper and Board*. WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN: 3-527-30997-7.
- Joris, Georges. ed. *Energy Saving From Stock Preparation In Paper Industry*. Matech – Europe.
- Joris, Georges. ed. 2007. *Optimal Control Of An Industrial Refining Unit*. Matech – Europe.
- Lumiainen, J. *Refining of chemical pulp: Papermaking*. Chapter 4. hal.1-59 : Stock Preparation and Wet End.

- Metso. 2008. *Introduction of Pulp Refining*.
- Nugroho, Dimas Dwi P. (2012). *Low Consistency Refining of Mixtures of Softwood & Hardwood Bleached Kraft Pulp, Effects of Refining Power*. Master Thesis, Asian Institute of Technology, Pulp and Paper Technology, Thailand.
- Ragauskus, Art J. 2011. *Basic of Kraft Pulping & Recovery Process*. Institute of Paper Science and Technology. Georgia Institute of Technology.
- See Brecht & Klemm. 1953. [Fines from different pulps compared by image analysis](#). Nordic Pulp & Paper Research.
- Stock Preparation- LC Refining. Paper Making.
- Smook, Gary.A. 2002. *Handbook for Pulp & Paper Technologist*. Angus Wilde Publications Inc., BELLINGHAM.
- Sukmana, Farid.et.al. 2017. *Rekomendasi Solusi pada Sistem computer maintenance Management System Menggunakan Association Rule, Fisher Exact Test One Side P-Value dan Double One Side P-Value*. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (ITIIK). Vol.4, No.8 : 213-220.
- TAPPI Standard T221.
- TAPPI Standard T227.
- TAPPI Standard T240.
- TAPPI Standard T261.
- Using Refiner Power Curves to Predict and Optimize Low Consistency Refining*.2007. J&L Fiber Services,Inc.
- Westfall, Peter.H. dan S.Stanley Young. 2012. *P Value Adjustments for Multiple Tests in Multivariate Binomial Models*. 12 Maret 2012.
- Wroblewski, Thomas E. 2011. *Energy Efficiency Frontier – Lean and Green Refining Focus on Energy*. Papercon.
- Zhang, Liyuan, et.al. 2015. *Preparation of Cellulose Nanofiber from softwood pulp by ball milling*. Springer Science + Business Media Dordrecht 2015. DOI 10.1007/s10570-015-0582-6.
- Zhou, Haomiao, et.al. 2016. *A new Sampling Method in Particle Filter Based on Pearson Correlation Coefficient*. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.036](http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.036). 23 July 2016.
- Zhao, Jiangqi, et.al. 2013. *Extraction of Cellulose Nanofibrils from Dry Softwood pulp using high shear homogenization*. ELSEVIER Ltd.