

**ANALISIS PENGGUNAAN *STEAM DRYER* PADA
MESIN KERTAS UNTUK MENDAPATKAN NILAI MINIMUM
PENGGUNAAN *STEAM***

JURNAL TUGAS AKHIR

**JORDY PRATAMA
012.17.034**



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

**ANALISIS PENGGUNAAN *STEAM DRYER* PADA
MESIN KERTAS UNTUK MENDAPATKAN NILAI MINIMUM
PENGGUNAAN *STEAM***

JURNAL TUGAS AKHIR

**JORDY PRATAMA
012.17.034**

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 *STEAM DRYER* PADA
MESIN KERTAS UNTUK MENDAPATKAN NILAI MINIMUM
PENGGUNAAN *STEAM***

JURNAL TUGAS AKHIR

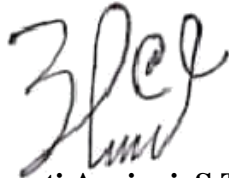
JORDY PRATAMA
012.17.034

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



Rachmawati Apriani, S.T., MT.
NIK. 19860427201405420

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



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

Analisis Penggunaan *Steam Dryer* Pada Mesin Kertas Untuk Mendapatkan Nilai Minimum Penggunaan *Steam*

Jordy Pratama^{1*}

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

Email : jordypratama2501@gmail.com

Abstrak.

Dryer merupakan salah satu bagian di mesin kertas yang mengkonsumsi energi cukup tinggi, sehingga diperlukan suatu tindakan untuk meminimalkan penggunaan energi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai minimum penggunaan *steam dryer* dan juga mengetahui dampak nilai minimum penggunaan *steam* pada *dryer section*. Dengan meminimalkan penggunaan *steam*, diharapkan konsumsi energi pada pengering dapat berkurang dan kertas yang dihasilkan tetap memenuhi standar. Penggunaan minimum *steam dryer* akan menjadi salah satu *saving cost* dan meningkatkan efisiensi energi produksi pembuatan kertas. Pengolahan data menggunakan aplikasi *minitab* dengan pengolahan statistik berupa analisis regresi dan analisis statistik kontrol. Penelitian dilakukan pada proses pembuatan kertas cokelat pada berat dasar 90 GSM, 125 GSM, dan 150 GSM. Hasil penelitian didapatkan penggunaan minimum *steam dryer* sebagai berikut ; produksi kertas *Fluting Medium* 90 GSM : 52,5 ton/jam, produksi kertas *Fluting Medium* 125 GSM : 62,7 ton/jam, produksi kertas *Fluting Medium* 150 GSM : 65,5 ton/jam.

Kata kunci: *dryer, steam, minimum*

Abstract.

Dryer is one part of a paper machine that consumes energy high enough, so that the required action to minimize energy use. The purpose of this study to determine the minimum value of the use of steam dryer and also determine the impact of the minimum value of the use of steam in the dryer section. By minimizing the use of steam, energy consumption is expected to decrease in the dryer and the resulting paper still meet the standards. Minimum use of steam dryer will be one saving cost and increasing the energy efficiency of the production of papermaking. Processing data using Minitab application by statistical processing such as regression analysis and statistical analysis control. The study was conducted on a brown paper-making process on the basis weight of 90 GSM, GSM 125 and GSM 150. The results of the study obtained the minimum use of a steam dryer as follows; Fluting Medium paper production 90 GSM : 52.5 ton/hour, Fluting Medium paper production 125 GSM : 62.7 ton/hour, Fluting Medium paper production 150 GSM : 65.5 ton/hour.

Keywords: *dryer, steam, minimum*

^{1*} Corresponding author: jordypratama2501@gmail.com

1. Pendahuluan

Di sebuah perindustrian tentunya membutuhkan sumber daya baik untuk proses produksi maupun kebutuhan lainnya. Salah satu sumber daya yang digunakan pada produksi kertas adalah *steam*. *Steam* merupakan uap panas bertekanan tinggi yang dihasilkan dari proses pemanasan air sampai titik tertentu, sehingga menghasilkan uap panas yang memiliki sebuah tekanan. *Steam* paling banyak digunakan di *unit dryer*. Pada *unit dryer*, *steam* akan dialirkan melalui sebuah silinder yang berputar dengan kecepatan tertentu, nantinya pada silinder ini akan dilewati oleh lembaran kertas.

Pada saat lembaran kertas melalui silinder *dryer* akan terjadi proses perpindahan panas dari *steam* menuju lembaran kertas. Hal ini disebabkan oleh perbedaan suhu antara *steam* dan lembaran kertas. Dalam *dryer steam* yang mengalami penurunan suhu akan kembali menjadi bentuk semulanya yaitu air yang biasa disebut dengan kondensat. Kondensat yang berlebih akan menyebabkan beban pada silinder *dryer* dan menghambat proses perpindahan panas pada *steam*, sehingga perlu dilakukan pengeluaran kondensat pada silinder *dryer*. Pengeluaran kondensat tentunya membawa sebagian *steam* saat proses terjadi, untuk meningkatkan efisiensi *dryer* ditambahkan *separator* untuk memisahkan kondensat dan *steam*. Kondensat akan digunakan kembali untuk diproses menjadi *steam*, sedangkan *steam* yang keluar mengikuti kondensat akan digunakan kembali untuk unit lainnya.

Biaya adalah suatu pengeluaran yang dilakukan untuk mendapatkan suatu barang atau jasa. Dalam memproduksi barang suatu industri mengeluarkan berbagai biaya untuk kelancaran produksi barangnya. Salah satu biaya yang diperlukan untuk memproduksi kertas adalah biaya *steam* pada *dryer*. Dalam presentasi biaya *paper machine*, sebanyak 20% biaya dikeluarkan untuk keperluan pada unit *dryer section*. Konsumsi energi beberapa mesin kertas sangat bervariasi tergantung dari banyak faktor (Worrell, 2008). Faktor kelancaran mesin sangat dipengaruhi hasil pengembangan serat. Sifat kekuatan lembaran kertas basah yang dihasilkan menentukan tingkat konsumsi energi per satuan berat kertas, baik energi listrik (kWh/ton kertas) maupun energi panas uap (GJ/ton kertas).

Pengeringan merupakan salah satu bagian di mesin kertas yang mengonsumsi energi cukup tinggi. Banyaknya air bebas dan air yang terikat secara molekuler kepada struktur serat akan menentukan perilaku pengurangan kadar air secara mekanis maupun termal (Weineisen, 2000). Biaya produksi tinggi umumnya

dikarenakan tidak adanya efisiensi dalam proses produksi, seperti rasio hari operasi efektif terhadap hari operasi produksi masih rendah (HOE/HOP rendah). Rugi waktu tinggi akan berdampak langsung ke pemakaian bahan baku dan bahan penolong tinggi. Dampak langsungnya adalah konsumsi energi per satuan produk tinggi.

Kertas memiliki beberapa jenis antara lain kertas *liner* dan kertas medium. Kertas *liner* adalah kertas yang digunakan sebagai penyekat dan pelapis pada karton bergelombang dan memiliki gramatur (*basis weight*) sekitar 125; 150; 200 dan 300 g/m². Kertas medium adalah kertas yang digunakan sebagai lapisan bergelombang pada karton gelombang. Kertas medium memiliki gramatur sekitar 112; 125; 140; 150 dan 160 g/m² (Masriani, R., 2007).

Pembuatan Kertas menggunakan banyak mesin kertas (*Paper Machine*) dan setiap mesin terdiri dari sistem proses tertentu. Sistem proses biasanya terbagi atas tiga unit, yaitu *Stock Preparation*, *Paper Machine*, dan *Finishing*. Memproduksi kertas tentunya harus memiliki beberapa kondisi karakteristik yang harus dipenuhi. Sifat-sifat kertas (*paper properties*) didefinisikan sebagai karakteristik pada lembaran kertas yang harus tercapai. Sifat kertas terbagi menjadi dua bagian, yaitu sifat buburan atau sifat dalam keadaan basah (*wet end properties*) dan sifat lembaran kertas atau sifat dalam keadaan kertas kering (*dry end properties*).

Dryer Section adalah suatu proses pengeringan pada mesin kertas menggunakan berbagai *silinder dryer* yang dialiri oleh uap panas (*steam*) sehingga terjadilah proses *evaporasi* pada lembaran kertas. Pada proses pengeringan di silinder *dryer* akan terjadi perpindahan panas antara permukaan silinder *dryer* terhadap lembar kertas dan perpindahan massa pada lembar kertas. Energi panas pada silinder akan berpindah ke lembaran kertas sehingga kadar air pada lembaran akan mengembun. Kondisi udara yang baik akan membawa embun air disekitar lembaran.

Statistika adalah ilmu mengumpulkan, menata, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data menjadi informasi untuk membantu pengambilan keputusan yang efektif. Istilah statistika dapat pula diartikan sebagai metode untuk mengumpulkan, mengolah, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dalam bentuk angka-angka (Arifin, 2014).

Software Minitab memiliki beberapa modul untuk mengolah data statistik, diantaranya adalah modul statistik deskriptif, modul alat uji statistik, dan modul analisis data perkiraan. Modul statistik deskriptif dapat digunakan

untuk menyajikan dan merapikan data dalam bentuk gambar dan tabel. Dalam bidang pendidikan, modul ini dapat digunakan sebagai alat bantu yang mempermudah analisis data hasil penelitian tindakan kelas yang dilakukan oleh guru. Selain mempermudah, penggunaan software ini dapat memberikan validitas hasil perhitungan yang lebih baik dibandingkan hasil perhitungan manual, serta dapat memberikan tampilan hasil pengolahan data yang lebih menarik (Susanti, 2020).

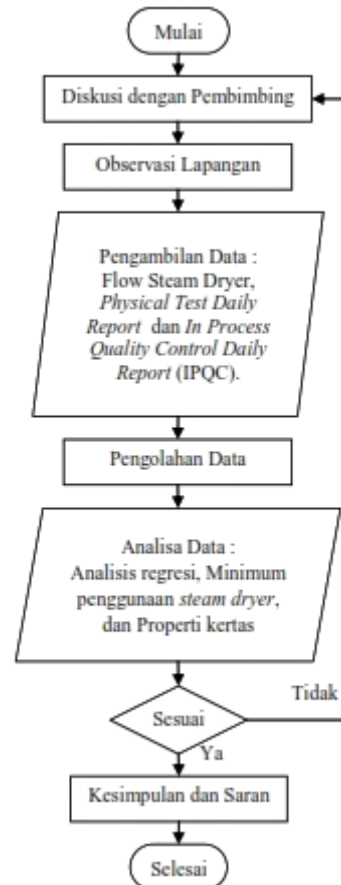
Regresi linear dilakukan untuk mempelajari bentuk hubungan fungsional antara dua peubah atau dua faktor biasa digunakan analisis regresi merupakan. Dalam analisis regresi, dikenal ada dua jenis variabel, yaitu; variabel respon atau disebut juga variabel tak bebas (*dependent*) yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan biasa dinotasikan dengan Y, Variabel prediktor dan disebut juga variabel bebas (*independent*) yaitu variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya dan biasa dinotasikan dengan X. Secara matematik hal tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi atau $Y = f(x)$ (Sungkawa, 2013).

Statistic Quality Control merupakan sistem yang dikembangkan untuk menjaga standar yang *uniform* dari kualitas hasil produksi, pada tingkat biaya yang minimum dan merupakan bantuan untuk mencapai efisiensi perusahaan. Pada dasarnya SQC merupakan penggunaan metode statistik untuk mengumpulkan dan menganalisis data dalam menentukan dan mengawasi kualitas hasil produksi secara efisien.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan PT. Pabrik Kertas di wilayah Kabupaten Sidoarjo pada tanggal 15 Februari – 13 Maret 2021. Pertama dilakukan kegiatan observasi untuk mempelajari bagaimana sistem penggunaan *steam dryer* yang digunakan pada *paper machine* perusahaan tersebut. Pengumpulan data diperoleh dari laporan harian, laporan bulanan, dan diskusi dengan pihak narasumber. Data – data yang dikumpulkan berupa data bulan November 2020 – Januari 2021. Data yang dikumpulkan antara lain laporan harian penggunaan *steam to dryer*, *physical test daily report* dan *in process quality control daily report*. Dilakukan pengolahan data dengan menyortir data – data yang diperlukan. Kemudian dilakukan penyajian data dalam bentuk tabel deskripsi statistik dan diagram garis agar memudahkan penulis dalam membaca dan menganalisis data. Pengolahan data dilakukan dengan pengolahan statistik menggunakan aplikasi minitab. Setelah

dilakukan pengolahan data, selanjutnya data akan dikaji dalam bentuk tabel dan gambar sehingga penulis dapat mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap nilai penggunaan *steam dryer* dalam proses pengeringan kertas. Oleh karena itu dari pembahasan tersebut penulis dapat memberikan kesimpulan terkait penggunaan *steam dryer* secara minimum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari diagram alir penelitian dibawah ini.



Gambar 2. 1 Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini peneliti menjelaskan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar yang merupakan rangkuman dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Pembahasan akan diuraikan dengan jelas berdasarkan hasil penelitian. Penggunaan tabel dan gambar yang disajikan sesuai dengan pembahasan sehingga diharapkan pembaca dapat dengan mudah membaca dan memahami isi dari hasil penelitian. Pemaparan hasil dibagi menjadi dua subbab dikarenakan pengumpulan data merupakan laporan harian dari dua *unit* bagian yang berbeda.

Tabel 3. 1 Intensitas Penggunaan Steam pada Produksi Kertas (IEA,2006)

No	Produk	Use Steam (T/h)
1	Recycle Linearboard	73,569
2	Fine Paper	59,854
3	Coated 1-3	69,007
4	Coated 4-5	72,058

3.1. Physical Test Daily Report

Pengolahan Data dilakukan menggunakan alat minitab dengan melakukan dengan deskripsi statistik dan analisis regresi pada data yang telah tersedia.

3.1.1. Pengolahan Data Bulan November

a. 90 GSM

Regresi equation

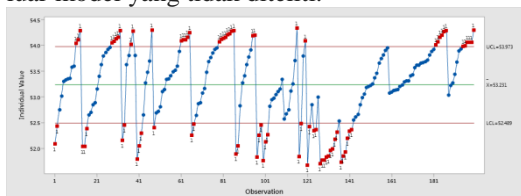
$$\text{Steam To Dryer} = 48,70 + 0,754 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 48,70.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,754 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 52,47 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 4,72% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 4,72% sedangkan sisanya (100%-4,72%=95,28%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 1 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 90 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 53,973 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 52,489 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 90 GSM.

b. 125 GSM

Regresi equation

$$\text{Steam To Dryer} = 61,37 + 0,359 \text{ Moist}$$

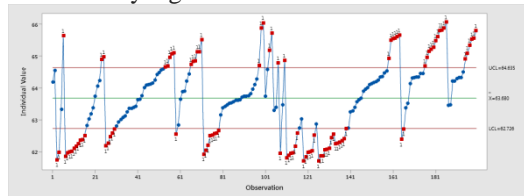
Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 61,37.

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,359 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 63,165 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 0,76% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 0,76% sedangkan sisanya (100%-0,76%=99,24%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 2 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 125 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 64,635 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 62,726 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 125 GSM.

c. 150 GSM

Regresi equation

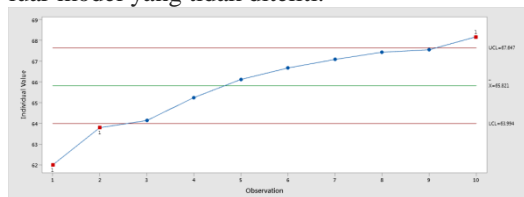
$$\text{Steam To Dryer} = 66,7 - 0,14 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 66,7.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,14 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 67,4 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 0,06% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 0,06% sedangkan sisanya (100%-0,06%=99,94%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 3 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 150 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 67,647 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 63,994 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 150 GSM.

3.1.2. Pengolahan Data Bulan Desember

a. 90 GSM

Regresi equation

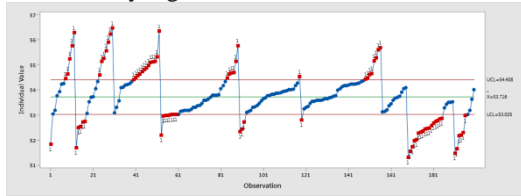
$$\text{Steam To Dryer} = 52,57 + 0,194 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 52,57.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,194 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 53,54 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 0,11% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 0,11% sedangkan sisanya (100%-0,11%=99,89%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 4 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 90 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 54,408 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 53,025 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 90 GSM.

b. 125 GSM

Regresi equation

$$\text{Steam To Dryer} = 55,99 + 1,342 \text{ Moist}$$

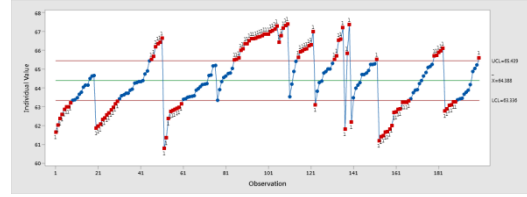
Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 55,99.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,342 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 62,7 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 1,48% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel

independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 1,48% sedangkan sisanya (100%-1,48%=98,52%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 5 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 125 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 65,439 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 63,336 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 125 GSM.

c. 150 GSM

Regresi equation

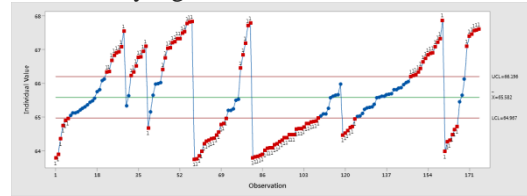
$$\text{Steam To Dryer} = 68,79 - 0,538 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 68,79.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,538 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 66,1 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 1,06% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 1,06% sedangkan sisanya (100%-1,06%=98,94%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 6 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 150 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 66,196 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 64,967 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 150 GSM.

3.1.3. Pengolahan Data Bulan Januari

a. 90 GSM

Regresi equation

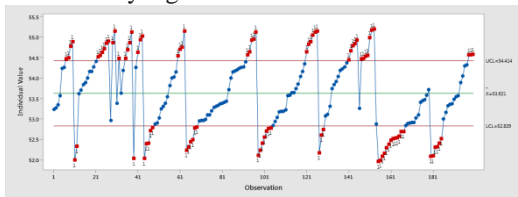
$$\text{Steam To Dryer} = 62,36 - 1,469 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 62,36.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,469 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 55,015 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 3,23% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 3,23% sedangkan sisanya (100%-3,23%=96,77%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 7 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 90 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 54,414 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 52,829 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 90 GSM.

b. 125 GSM

Regresi equation

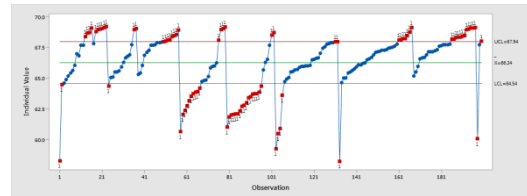
$$\text{Steam To Dryer} = 61,56 + 0,729 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 61,56.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,729 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 65,175 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 0,4% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 0,4% sedangkan sisanya (100%-0,4%=99,6%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 8 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 125 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 67,94 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 64,54 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 125 GSM.

c. 150 GSM

Regresi equation

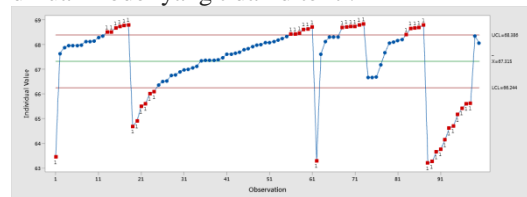
$$\text{Steam To Dryer} = 59,35 + 1,193 \text{ Moist}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 59,35.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,193 setiap satu satuan *Moist*.

Jika diinginkan *Moisture* sebesar 5% maka didapat nilai *steam dryer* pada persamaan regresi sebesar 65,315 ton/jam.

Nilai R-sq sebesar 22,66% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Moist* secara serentak atau simultan sebesar 22,66% sedangkan sisanya (100%-22,66%=77,34%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



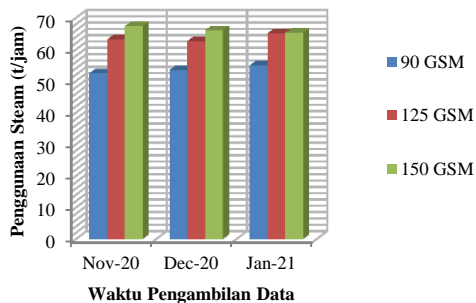
Gambar 3. 9 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 150 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 68,386 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 66,244 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 150 GSM.

Dari data yang telah diolah didapatkan nilai penggunaan *steam dryer* sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Data Nilai Penggunaan Steam Dryer dengan Regresi Equation

GSM (g/m ²)	Steam Dryer (ton/jam)		
	Nov-20	Dec-20	Jan-21
90	52,47	53,54	55,02
125	63,17	62,70	65,18
150	67,40	66,10	65,32

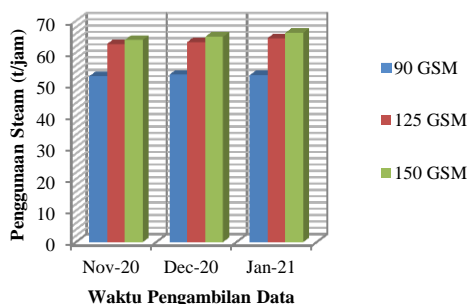


Gambar 3. 10 Grafik Nilai Penggunaan Steam Dryer dengan Regresi Equation

Penggunaan nilai *steam* terendah untuk produksi 90 GSM sebesar 52,47 ton/jam, untuk produksi 125 GSM sebesar 62,70 ton/jam, sedangkan untuk produksi 150 GSM sebesar 65,32 ton/jam.

Tabel 3. 3 Data Low Control Limit (LCL) Penggunaan Steam Dryer dengan

GSM (g/m ²)	Steam Dryer (ton/jam)		
	Nov-20	Dec-20	Jan-21
90	52,49	53,03	52,83
125	62,73	63,34	64,54
150	63,99	64,97	66,24



Gambar 3. 11 Grafik Low Control Limit (LCL) Penggunaan Steam Dryer dengan Statistik Proses Kontrol

Penggunaan nilai *steam* terendah untuk produksi 90 GSM sebesar 52,49 ton/jam, untuk produksi 125 GSM sebesar 62,73 ton/jam,

sedangkan untuk produksi 150 GSM sebesar 63,99 ton/jam.

Besar nilai R-sq dipengaruhi oleh nilai pengumpulan data yang telah dilakukan selama bulan November 2020 sampai bulan Januari 2021. Data *Physical Test Daily Report* dengan pengambilan variabel *moisture (%)* mempengaruhi nilai penggunaan *steam dryer* (ton/jam) berturut – turut sebesar 0,06% - 22,66%.

3.2. In Process Quality Control Daily Report (IPQC)

3.2.1. IPQC produksi 90 GSM

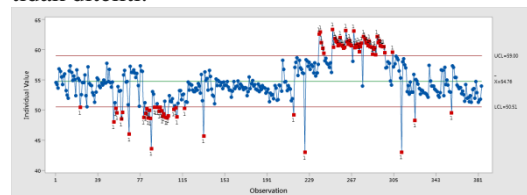
Regresi equation

$$\text{Steam To Dryer} = 70,45 + 0,0236 \text{ Drainage}, 500\text{cc/sec} - 0,0216 \text{ Drainage}, \text{cc}/15\text{sec} - 1,748 \text{ Mois PreDryer}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 70,45.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0236 setiap satu satuan *Drainage, 500cc/sec*.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0216 setiap satu satuan *Drainage, cc/15sec*.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,748 setiap satu satuan *Moist PreDryer*.

Nilai R-sq sebesar 23,08% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Drainage, 500cc/sec*, *Drainage, cc/15sec*, dan *Moist PreDryer* secara serentak atau simultan sebesar 23,08% sedangkan sisanya (100%-23,08%=76,92%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 12 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 90 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 59 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 50,51 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 90 GSM.

3.2.2. IPQC produksi 125 GSM

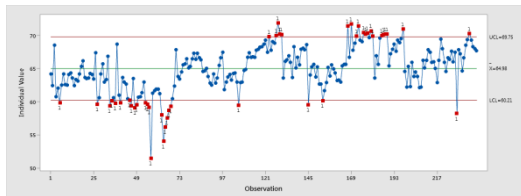
Regresi equation

$$\text{Steam To Dryer} = 72,97 + 0,0043 \text{ Drainage,500cc/sec} - 0,0171 \text{ Drainage,cc/15sec} - 1,301 \text{ Mois PreDryer}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 72,97.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0043 setiap satu satuan *Drainage,500cc/sec*.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0171 setiap satu satuan *Drainage,cc/15sec*.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,301 setiap satu satuan *Moist PreDryer*.

Nilai R-sq sebesar 12,48% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Drainage,500cc/sec*, *Drainage,cc/15sec*, dan *Moist PreDryer* secara serentak atau simultan sebesar 12,48% sedangkan sisanya (100%-12,48%=87,52%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



Gambar 3. 13 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 125 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 69,75 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 60,21 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 125 GSM.

3.2.3. IPQC produksi 150 GSM

Regresi equation

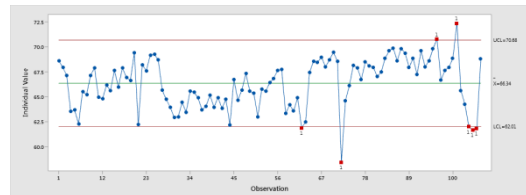
$$\text{Steam To Dryer} = 62,61 + 0,0176 \text{ Drainage,500cc/sec} - 0,0324 \text{ Drainage,cc/15sec} - 1,244 \text{ Mois PreDryer}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 62,61.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0176 setiap satu satuan *Drainage,500cc/sec*.

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 0,0324 setiap satu satuan *Drainage,cc/15sec*.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka Nilai *Steam To Dryer* akan berubah sebesar 1,244 setiap satu satuan *Moist PreDryer*.

Nilai R-sq sebesar 17,97% artinya variabel *Steam To Dryer* dapat dijelaskan oleh variabel independen *Drainage,500cc/sec*, *Drainage,cc/15sec*, dan *Moist PreDryer* secara serentak atau simultan sebesar 17,97% sedangkan sisanya (100%-17,97%=82,03%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.



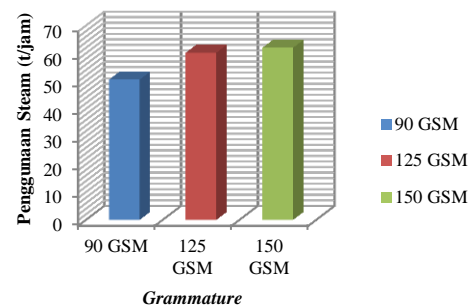
Gambar 3. 14 Grafik Statistik Proses Kontrol Steam To Dryer Produksi 150 GSM

Pada gambar di atas menunjukkan nilai batas kendali atas sebesar 70,69 ton/jam dan batas kendali bawah sebesar 62,01 ton/jam untuk penggunaan *steam* pada *dryer* saat produksi kertas 150 GSM.

Dari data yang telah diolah didapatkan nilai penggunaan *steam dryer* sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data *Low Control Limit (LCL)* Penggunaan *Steam Dryer* dengan Statistik proses kontrol

GSM	LCL <i>Steam to Dryer</i>
90 (g/m ²)	50,51 (t/jam)
125 (g/m ²)	60,21 (t/jam)
150 (g/m ²)	62,01 (t/jam)



Gambar 3. 15 Grafik Low Control Limit (LCL) Penggunaan Steam Dryer dengan

Penggunaan nilai *steam* terendah untuk produksi 90 GSM sebesar 50,51 ton/jam, untuk produksi 125 GSM sebesar 60,21 ton/jam, sedangkan untuk produksi 150 GSM sebesar 62,01 ton/jam.

Besar nilai R-sq dipengaruhi oleh nilai pengumpulan data yang telah dilakukan selama bulan November 2020 sampai bulan Januari 2021. Data IPQC dengan pengambilan variabel meliputi *drainage(500cc/sec)*, *drainage(cc/15sec)*, dan *moist predryer(%)* mempengaruhi nilai penggunaan *steam dryer* (ton/jam) berturut – turut sebesar 12,48% - 23,08%.

4. Kesimpulan

Penggunaan *Steam Dryer* pada mesin kertas untuk produksi kertas dengan berat dasar 90 GSM. 125 GSM. dan 150 GSM pada bulan November 2020 hingga Januari 2021 meningkat berdasarkan besar berat dasar dan *drainage* (500cc/sec), sedangkan semakin besar nilai moisture dan *drainage* (cc/15sec) akan membuat penggunaan *steam dryer* semakin menurun.

Didapatkan nilai penggunaan minimum *steam dryer* sebagai produksi kertas *Fluting Medium* 90 GSM sebesar 52,5 ton/jam; produksi kertas *Fluting Medium* 125 GSM sebesar 62,7 ton/jam; dan produksi kertas *Fluting Medium* 150 GSM sebesar 65,5 ton/jam.

Pengaruh dari hasil *paper properties* pada laporan tes fisik kertas yang diambil adalah *moisture*. Faktor ini hanya mempengaruhi nilai *steam dryer* antara 0,1% sampai dengan 22,7%, Sedangkan untuk faktor pada IPQC diambil variabel *drainase* dan *moisture predryer* mempengaruhi nilai *steam dryer* antara 12,5 % sampai dengan 23,1%.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak PT Pabrik Kertas yang telah membantu dalam berlangsungnya penelitian ini dan semua pihak di Institut Teknologi Sains Bandung yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

5. Daftar Pustaka

Arifin, Muhammad Husni (2014) Pengantar Statistika Sosial. In: Konsep-konsep Dasar Statistika. Universitas Terbuka, Jakarta.

Ghodbanan, S., Alizadeh, R., & Shafiei, S., (2015). Steady-State Modeling of Multi Cylinder Dryers in a Corrugating Paper Machine. *Drying Technology: An International Journal* Volume 33.

Ghosh, Ajit K., (2015). *Fundamentals of Paper Drying-Theory and Application from Industrial Perspective*.

Holik, Herbert (Ed.), (2013). *Handbook of Paper and Board, Second Edition*.

IEA, (2006). *Energy Technology Perspectives: Scenario and Strategy to 2050*, International Energy Agency, Paris.

Masriani, R., 2007. *Penelitian Dampak Substitusi Kertas Liner oleh Kertas Medium pada Karton Gelombang*. Bandung: BBPK.

Nastini, Heni, (2014). *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Statistical Quality Control*.UPN Veteran, Jakarta.

Poirier, N.A & Pikulik, I.I, (1997). The effect of drying temperature on the quality of paper. *Drying Technology: An International Journal* Volume 15.

Prayekti, Era B. (dkk), (2016). *Pengujian Kelembaban Lembaran Kertas Setelah Melalui Tahap Pengeringan*.

Slatteke, Ola, (2006). *Modeling and Control of the Paper Machine Drying Section*. Department of Automatic Control – Lund University, Sweden.

Sugiyono, Agus, (2009). *Penggunaan Energi di Industri Pulp dan Kertas: Aspek Teknologi dan Lingkungan*.

Sungkawa, Iwa (2013) *Penerapan Analisis Regresi Dan Korelasi Dalam Menentukan Arah Hubungan Antara Dua Faktor Kualitatif Pada Tabel Kontingensi*.Universitas Binus. Jakarta Barat

Susanti, Eka. (dkk), (2020). *Pengenalan Software Minitab Kepada Guru – Guru di Wilayah Gugus II Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Sumatra Selatan*. Universitas Sriwijaya, Palembang.

Trismawati, (2013). *The Evaluation Of Multicylinder Dryer Energy Efficiency On Paper Machine For The Production Of Printed Paper With Low Grammage*.

Weineisen, Henrik.,(2003). *Through Drying of Paper - A Literature Review Arbetsrapport SGC A40*. Department of Chemical Engineering - Lund Institute of Technology, Sweden.

Worrell, E., Price, L., Neelis, M., Galitsky, C., Zhou, N.,(2008). *World Best Practice EnergyIntensity Values for Selected Industrial Sectors*. Environmental Energy Technologies Division. Ernest Orlando Lawrence – Berkeley National Laboratory.