

# Calculation Analysis of Steam Consumption Efficiency on The Dryer Section in Paper Machine

Abdillah Taqiyuddin<sup>1</sup>, Ridwan Abdurrahman<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

**ABSTRACT** – This research aims to analyze the efficiency of steam consumption in the Dryer Section at the Paper Machine. The research method involves calculating the actual steam consumption efficiency and comparing it with the TAPPI efficiency standard. The research results show that the average steam consumption efficiency for grade W/FIPF35-70 reached 94.51%, exceeding the TAPPI standard of 86%. However, some observations indicate substandard results, which can be caused by factors such as raw material quality, process settings, and equipment wear. The conclusions of this research provide insight into the factors that influence steam consumption efficiency, providing a basis for improving performance in Dryer Section Paper Machine.

Riwayat Artikel:  
Diterima: 20 Oktober 2023  
Direvisi: 30 Oktober 2023  
Disetujui: 31 Oktober 2023

**KEYWORDS:** *paper dryer, paper machine, steam consumption, steam efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Produksi kertas adalah proses yang sangat energi-intensif, dengan penggunaan steam sebagai salah satu komponen kunci dalam produksi [4]. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan peningkatan kesadaran akan keberlanjutan, penggunaan energi yang efisien adalah salah satu faktor kunci untuk meminimalkan dampak lingkungan perusahaan. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan steam menjadi sangat penting.

### 1.1 Paper Machine

Paper Machine merupakan alat untuk membuat buburan kertas (Pulp) menjadi lembaran kertas. Mesin ini dirancang untuk memproduksi fine Paper dengan gramatur maksimal 125 gsm dan kapasitas mesin tersebut 250.000 MT/Tahun dengan kecepatan 1300 mpm [3]. Pada proses Paper Machine terbagi atas beberapa tahapan, diantaranya adalah :

#### 1. Forming

*Forming* merupakan proses pembentukan lembaran kertas dari cara pengurangan kadar air secara metode vakum dari buburan kertas (*Pulp*) yang terjadi pada *Former Section*. Buburan kertas (*Pulp*) yang keluar dari slice *headbox* dilewatkan pada celah diantara dua *wire* dengan cara disemprotkan pada permukaan *wire*. *Wire* berfungsi untuk membentuk lembaran kertas basah (*Paper web*). Lembaran yang keluar dari bagian *Former* mempunyai kadar air 80% [3].

#### 2. Pressing

Lembaran yang keluar dari bagian *wire* masih mempunyai kadar air yang tinggi dan sudah tidak ekonomis untuk dikeluarkan menggunakan sistem vakum. Sehingga dilakukan penekanan lembaran di

antara dua *roll (Pressing)* yaitu lembaran masuk ke bagian *press Section*, kemudian mengalami pengeluaran air secara mekanis dengan cara dijepit diantara dua *roll*. Proses *Pressing* ini dilakukan secara bertahap mulai dari tekanan rendah hingga tinggi untuk mencegah kertas putus. Kadar air pada lembaran kertas yang keluar dari bagian *press* adalah 50% [3].

#### 3. Main Drying

Setelah melewati *Press Section*, lembaran masih mempunyai kadar air yang cukup tinggi dan sudah tidak mungkin dipisahkan menggunakan metode penekanan (*press*). Maka dari itu digunakanlah metode penguapan (*evaporasi*). Dimana pada *Main Dryer* ini terdapat silinder-silinder untuk melewatkan lembaran kertas dan melakukan pengeringan. Silinder – silinder tersebut dipanaskan menggunakan *Steam* pada bagian dalamnya. Pemanasan dilakukan secara bertahap, mulai dari tahap awal +/-60 Celcius sampai pada bagian akhir +/-150 Celcius dengan kadar air yang keluar dari *Main Dryer* sekitar 90% [3].

#### 4. Sizing

Untuk meningkatkan kualitas sifat permukaan lembaran, digunakan pelapisan menggunakan surface *Sizing* pada *Sizing press*. Penambahannya berupa *starch* (pati) dengan tujuan agar sifat permukaan kertas menjadi lebih halus dan kertas memiliki daya serap yang baik terhadap tinta [3].

#### 5. After Drying

Pelapisan surface *Sizing* pada *size press* menyebabkan lembaran kertas menjadi basah kembali. Untuk mengeringkan lembaran kertas tersebut digunakan proses *After Drying* yang sama halnya dengan proses *Main Drying*. Kadar air dalam yang

\*Corresponding author: [ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id](mailto:ridwanabdurrahman@lecturer.unri.ac.id)

Penerbit: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, <https://proksima.ejournal.unri.ac.id>

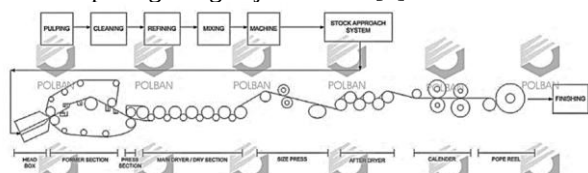
keluar dalam bagian ini kurang lebih 5% tergantung dari jenis kertas yang diproduksi [3].

#### 6. Calendering

*Calendering* merupakan proses penekanan lembaran kertas dengan tekanan tertentu. *Calendering* dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kehalusan (*smoothes*) permukaan kertas, untuk menyeragamkan ketebalan (*thickness*), dan untuk menghaluskan noda dari *wire* dan *felt* [3].

#### 7. Pope reel

Kertas yang keluar dari proses *Calendering* sudah merupakan produk jadi. *Pope reel* ini berfungsi sebagai penggulung lembaran kertas. Lembaran kertas digulung hingga mencapai berat 33 ton atau panjang 56.000 m. Kecepatan putaran *pope reel* adalah kurang lebih 1200 m/menit pada gulungan jumbo roll [3].



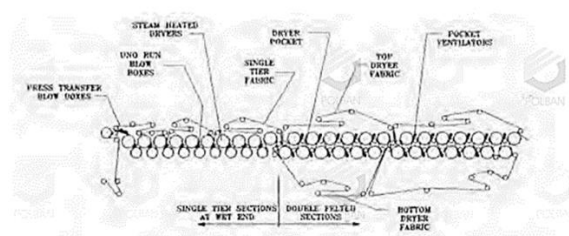
Gambar 1 Skema Proses Pembuatan Kertas

### 1.2 Pengeringan di Dryer Section

Proses pengeringan kertas merupakan proses terakhir dari proses pembuatan kertas sebelum masuk ke calendar dan digulung di pope reel. Pada bagian Dryer Section inilah kualitas kertas banyak ditentukan disamping pada proses sebelumnya. Untuk itu dalam pengoperasian mesin pengeringan perlu diketahui atau dipahami dalam proses yang terjadi di dalam mesin pengering adalah bagaimana menghasilkan produk kertas yang baik.

Setelah lembaran kertas basah (Paper web) melewati Press Section, lembaran masih mempunyai kadar air yang cukup tinggi dan tidak mungkin dipisahkan menggunakan metode penekanan (press) terus-menerus. Oleh karena itu digunakanlah metode penguapan (evaporasi). Peralatan pengering yang digunakan berupa silinder Dryer. Pada Main Dryer lembaran dari bagian press Section dibawa menggunakan kanvas dan lembaran kertas berada di atas kanvas. Kemudian dilewatkan melalui silinder-silinder yang terdapat pada Main Dryer. Silinder – silinder tersebut dipanaskan menggunakan Steam yang ditransformasikan kedalamnya sehingga proses perpindahan panas dari Steam menuju silinder dan dari silinder panas dialirkan ke kertas. Jadi pada silinder ada tiga lapisan utama yang berbeda, lapisan paling luar merupakan kertas, lapisan tengah adalah kanvas, dan lapisan paling

dalam merupakan Steam. Sehingga terjadi perpindahan panas secara konveksi dan konduksi [3].



Gambar 2 Konfigurasi Dryer Section

Proses pengeringan meliputi pemasukan Steam yang cukup untuk proses evaporasi di mana panas dari Steam mampu menguapkan Kandungan air dari lembaran kertas. Pemanasan dilakukan secara bertahap, mulai dari tahap awal  $\pm 600^\circ\text{C}$  sampai pada bagian akhir  $\pm 1500^\circ\text{C}$ . Steam yang digunakan merupakan saturated Steam dan tekanan yang diberikan antara 0.34 – 5.08 kg/cm<sup>2</sup> atau 0.33 – 4.98 bar.

Kondensat yang terbentuk di dalam silinder Dryer dikeluarkan menggunakan rotary syphon yang ditampung di separator untuk selanjutnya dialirkan ke kondenser. Distribusi Steam pada bagian ini menggunakan sistem cascade, artinya Steam sisa unit silinder yang lebih panas disalurkan kembali ke unit sebelumnya. Sedangkan untuk penanganan uap air yang keluar dari lembaran, digunakan sirkulasi udara dengan sistem hood tertutup. Kadar air yang keluar dari Main Dryer sekitar 90% [3].

### 1.3 Indikator Performa Paper Machine

Kinerja bagian pengering mesin kertas dapat dijelaskan dengan berbagai cara. Namun, indikator kinerja pengering yang umum digunakan adalah:

1. Laju pengeringan TAPPI (Technical Association Pulp and Paper Industry)

$$\text{Drying Rate} = \frac{\text{Air yang dihilangkan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}{\text{Luas Kertas} (\text{m}^2)}$$

2. Efisiensi steam

$$\text{Steam Efficiency} = \frac{\text{Steam yang digunakan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}{\text{Air yang diuapkan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}$$

3. Efisiensi produksi

$$\text{Production Efficiency} = \frac{\text{Steam yang digunakan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}{\text{Kertas yang dihasilkan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}$$

4. Efisiensi energi

$$\text{Energy Efficiency} = \frac{\text{Energi yang dibutuhkan} (\text{Mega Joule})}{\text{Air yang dibuang} (\text{Ton/Jam})}$$

Efisiensi uap merupakan indikator kinerja yang lebih rasional karena mencerminkan jumlah aktual air yang diuapkan, terlepas dari kinerja bagian pengepres pada mesin kertas, yaitu apakah kekeringan yang memasuki

bagian pengering baik atau buruk. Namun, dari sudut pandang finansial, jumlah total energi yang digunakan per ton kertas yang diproduksi adalah yang paling penting [5].

#### 1.4 Efisiensi Steam

Indikator lain dari efisiensi pengeringan bagian pengering mesin kertas adalah jumlah uap yang digunakan untuk menguapkan satuan massa air. Penghilangan air dengan cara mengeringkan kertas lebih mahal dibandingkan dengan menghilangkan air dengan cara pengepresan [6]. Efisiensi dari penggunaan steam dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Steam Efficiency} = \frac{\text{Steam yang digunakan } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}\right)}{\text{Air yang diuapkan } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}\right)}$$

#### 1.5 Persamaan Pengeringan

##### a. Penentuan Kandungan Air pada Bahan

Kandungan air suatu bahan dapat dinyatakan dalam wet basis atau dry basis. Kandungan kelembaban dalam wet basis menyatakan perbandingan massa air dalam bahan dengan massa total bahan. Pada dry basis kandungan air dihitung dengan membagi massa air dalam bahan dengan massa yang keringnya saja [1]. Keduanya baik wet basis dan dry basis dalam presentase kelembaban :

$$Mw = \frac{mw}{md + mw}$$

Dimana :

Mw = Wet Basis

mw = Massa Air

md = Massa Kering Bahan

##### b. Penentuan Massa Uap Air yang diuapkan dalam Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses menurunkan kadar air suatu bahan sampai pada batas kandungan air yang ditentukan. Dalam wet basis, jumlah massa air yang diuapkan dihitung berdasarkan selisih massa mula-mula (mw1) dan massa akhir (mw2) [1].

$$\Delta mw = (mw1) - (mw2)$$

Dimana :

$\Delta mw$  = Massa air diuapkan pada pengeringan

$$mw1 = K0 \times M$$

Dimana :

K0 = Kadar air mula-mula dalam wet basis

M = Massa total bahan sebelum dikeringkan

$$K = \frac{mw2}{md + mw2}$$

Dimana :

K = Kadar air setelah pengeringan

Sehingga :

$$mw2 = \frac{k \cdot mw}{1 - k}$$

Maka didapat :

$$\Delta mw = \frac{M \times (K0 - K)}{1 - K}$$

#### 1.6 Throughput

Dalam melakukan perhitungan 4.6.2 Nilai Efisiensi Konsumsi Steam pada Dryer Section Paper Machine #2. Perlu dilakukan penghitungan pada jumlah produksi kertas (Throughput). jumlah produksi kertas (Throughput) ini berpengaruh pada massa air yang diuapkan dalam proses drying pada dryer section (PT.X, 2023).

Untuk menentukan nilai Throughput, menggunakan persamaan, yaitu :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Machine Speed} \times \text{Paper Width} \times \text{Gsm} \times 1 \text{ Hour}}{1000000}$$

Dimana :

Machine Speed = Kecepatan paper machine (m/min)

Paper Width = Lebar kertas setelah di press (m)

Gsm = Grade kertas (gram.m<sup>2</sup>)

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Indikator

Indikator yang digunakan dalam perhitungan efisiensi konsumsi steam ini adalah sebagai berikut :

- 1) Steam yang digunakan (Ton/Hour)  
Data ini didapat dari Unit DCS Paper Machine dan merupakan data aktual.
- 2) Massa Air yang diuapkan (Ton/Hour)  
Massa air yang diuapkan ini didapatkan dengan menggunakan persamaan pengeringan dan menggunakan indikator yang juga didapat dari Unit DCS Paper Machine sebagai berikut :
  - a. Massa Total (Ton/Hour)  
Massa Total merupakan penjumlahan hasil produksi kertas (Throughput) dengan jumlah air

yang terkondensasi selama pengeringan (Kondensat)

b. Kadar Air Awal (%)

Kadar air awal merupakan persen kandungan air dalam lembaran kertas sebelum memasuki dryer section.

c. Kadar Air Akhir (%)

Kadar air akhir merupakan persen kandungan air dalam lembaran kertas setelah memasuki dryer section.

## 2.2 Metode

Metode yang digunakan dalam perhitungan efisiensi konsumsi steam pada dryer section di paper machine adalah sebagai berikut

- 1) Mencatat data operasi paper machine yang akan digunakan sebagai indikator dalam perhitungan efisiensi konsumsi steam pada dryer section di paper machine.
- 2) Melakukan perhitungan nilai efisiensi konsumsi steam pada dryer section di paper machine.

Perhitungan dapat diurutkan beserta persamaan yang digunakan sebagai berikut :

a. Throughput (Total Paper Production Mass)

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Machine Speed} \times \text{Paper Width} \times \text{Gsm} \times 1 \text{ Hour}}{1000000}$$

Dimana :

Machine Speed = Kecepatan paper machine (m/min)

Paper Width = Lebar kertas setelah di press (m)

Gsm = Grade kertas (gram.m<sup>2</sup>)

Sumber : (PT.X, 2023)

b. Total Water Mass Evaporated

$$\Delta mw = \frac{M \times (K_0 - K)}{1 - K}$$

Dimana :

M = Massa total bahan sebelum dikeringkan

K<sub>0</sub> = Kadar air mula-mula dalam wet basis

K = Kadar air setelah pengeringan

Sumber : [1]

Yang mana Massa total merupakan :

$$M = \text{Throughput} \left( \frac{\text{Ton}}{\text{Hour}} \right) + \text{Kondensat} \left( \frac{\text{Ton}}{\text{Hour}} \right)$$

c. Steam Efficiency

$$\text{Steam Efficiency} = \frac{\text{Steam yang digunakan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}{\text{Air yang diuapkan} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \right)}$$

- 3) Membandingkan dan menganalisa nilai efisiensi konsumsi steam pada dryer section di paper machine dengan standar efisiensi TAPPI (Technical Association Pulp Paper Industry)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan efisiensi konsumsi steam dari tanggal 30 Juli 2023 (16:26:50) s/d 1 Agustus 2023 (07:26:50) dengan interval tiga jam dirangkum dalam tabel berikut :

Tabel 1 Hasil Perhitungan Efisiensi Steam Aktual Perusahaan

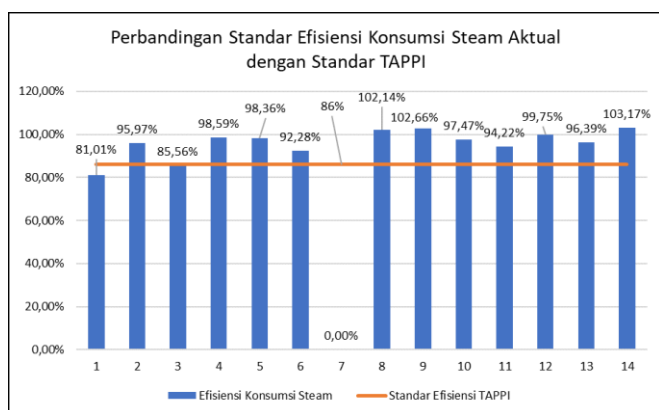
| Time Stamp<br>(Interval 3 Hours) | Steam yang<br>Digunakan<br>(Ton/H) | Massa Air yang di<br>Uapkan<br>(Ton/H) | Efisiensi Steam<br>(%) |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|
| 30-Jul-23 16:26:50               | 28,19                              | 34,80                                  | 81,01%                 |
| 30-Jul-23 19:26:50               | 28,91                              | 30,12                                  | 95,97%                 |
| 30-Jul-23 22:26:50               | 28,84                              | 33,71                                  | 85,56%                 |
| 31-Jul-23 01:26:50               | 29,47                              | 29,89                                  | 98,59%                 |
| 31-Jul-23 04:26:50               | 29,32                              | 29,81                                  | 98,36%                 |
| 31-Jul-23 07:26:50               | 30,01                              | 32,52                                  | 92,28%                 |
| 31-Jul-23 10:26:50               | 0,00                               | 16,38                                  | 0,00%                  |
| 31-Jul-23 13:26:50               | 30,43                              | 29,80                                  | 102,14%                |
| 31-Jul-23 16:26:50               | 30,27                              | 29,49                                  | 102,66%                |
| 31-Jul-23 19:26:50               | 28,09                              | 28,82                                  | 97,47%                 |
| 31-Jul-23 22:26:50               | 28,48                              | 30,23                                  | 94,22%                 |
| 01-Aug-23 01:26:50               | 28,51                              | 28,58                                  | 99,75%                 |
| 01-Aug-23 04:26:50               | 28,59                              | 29,66                                  | 96,39%                 |
| 01-Aug-23 07:26:50               | 29,63                              | 28,72                                  | 103,17%                |

Dalam penelitian ini, fokus tertuju pada perhitungan nilai efisiensi konsumsi steam pada Dryer section Paper Machine. Setelah mendapatkan data yang signifikan, langkah selanjutnya melibatkan perbandingan dengan standar efisiensi TAPPI, yang kemudian disajikan secara jelas melalui tabel dan grafik berikut :

Tabel 2 Perbandingan Nilai Efisiensi Konsumsi Steam Perusahaan dengan Standar Efisiensi TAPPI

| Efisiensi Konsumsi Steam<br>Aktual PPM#2 untuk grade<br>W/FIPF35-70 (Wood Free<br>Uncoated) | Standar Efisiensi Pengeringan<br>TAPPI untuk Jenis Kertas<br>Wood Free Uncoated |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 81,01%                                                                                      | 86%                                                                             |

|         |
|---------|
| 95,97%  |
| 85,56%  |
| 98,59%  |
| 98,36%  |
| 92,28%  |
| 0,00%   |
| 102,14% |
| 102,66% |
| 97,47%  |
| 94,22%  |
| 99,75%  |
| 96,39%  |
| 103,17% |



Gambar 3 Perbandingan Standar Efisiensi Konsumsi Steam Aktual dengan Standar TAPPI

Berdasarkan data yang diberikan, Efisiensi konsumsi steam aktual berkisar antara 0% hingga 103,17%. Rata-rata efisiensi konsumsi steam aktual PPM#2 untuk grade W/FIPF35-70 adalah 94,51%. Dalam hal ini, rata-rata lebih tinggi dari standar efisiensi pengeringan TAPPI untuk jenis kertas Wood Free Uncoated yang adalah 86%. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, efisiensi konsumsi steam aktual PPM#2 untuk grade W/FIPF35-70 lebih tinggi daripada standar efisiensi pengeringan TAPPI. Namun, perlu diingat bahwa ada beberapa observasi yang memiliki efisiensi di bawah standar.

Namun, terdapat beberapa observasi yang jatuh di bawah standar tersebut. Penyebab variasi efisiensi aktual dapat menjadi hal yang kompleks, namun beberapa faktor yang mungkin mempengaruhinya antara lain:

- 1) Kualitas bahan baku: Kualitas serat kayu yang digunakan dalam pembuatan kertas dapat mempengaruhi efisiensi pengeringan. Jika bahan baku memiliki kadar air yang tinggi atau keberadaan kontaminan, efisiensi pengeringan dapat menurun.
- 2) Pengaturan proses: Faktor seperti suhu, tekanan, dan kecepatan pengeringan dapat mempengaruhi efisiensi konsumsi steam. Pengaturan yang tidak tepat atau tidak konsisten dapat menghasilkan variasi dalam efisiensi pengeringan.
- 3) Keausan peralatan: Peralatan yang sudah tua atau rusak mungkin tidak mampu mencapai efisiensi pengeringan yang optimal. Perawatan rutin dan pemeliharaan peralatan dapat membantu meningkatkan efisiensi.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian efisiensi konsumsi steam pada Dryer section Paper Machine, ditemukan bahwa rata-rata efisiensi konsumsi steam aktual untuk grade W/FIPF35-70 adalah sebesar 94,51%, melebihi standar efisiensi pengeringan TAPPI yang sebesar 86%. Meskipun demikian, terdapat beberapa observasi yang masih berada di bawah standar. Variasi efisiensi tersebut dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti kualitas bahan baku, pengaturan proses, dan keausan peralatan.

Adapun saran yang dapat diberikan agar efisiensi konsumsi steam untuk grade W/FIPF35-70 dapat ditingkatkan secara keseluruhan, sehingga memenuhi atau bahkan melebihi standar efisiensi pengeringan TAPPI.

- a. Pemilihan Bahan Baku Berkualitas Tinggi, Saran pertama adalah memastikan pemilihan bahan baku berkualitas tinggi. Kadar air rendah dan ketiadaan kontaminan pada serat kayu dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi pengeringan. Proses seleksi bahan baku harus diperketat untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap efisiensi.
- b. Optimalisasi Pengaturan Proses, Untuk meningkatkan efisiensi konsumsi steam, perlu dilakukan optimalisasi pengaturan proses. Pengujian dan penyesuaian terhadap suhu, tekanan, dan kecepatan pengeringan dapat membantu mencapai efisiensi yang lebih baik secara konsisten.
- c. Perawatan dan Pemeliharaan Peralatan, Perawatan dan pemeliharaan peralatan secara rutin menjadi kunci. Peralatan yang tua atau rusak dapat menghambat efisiensi pengeringan. Perlu diberikan perhatian khusus terhadap pembersihan, pelumasan, dan pemantauan kondisi peralatan secara berkala.
- d. Monitoring dan Analisis Data Berkala, Saran terakhir adalah melakukan monitoring dan analisis data secara berkala. Pemantauan terhadap data efisiensi konsumsi steam dapat membantu identifikasi potensi masalah dan mengambil tindakan perbaikan proaktif. Analisis data

dapat menjadi alat yang kuat untuk meningkatkan efisiensi secara berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penulisan jurnal ini, Penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada yang penulis hormati, yaitu Universitas Riau dan PT. Indah Kiat Pulp and Paper dalam proses penulisan dan perolehan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iskakandar I, D, “Pembuatan Alat Pengering Gabah yang Memanfaatkan Udara Panas Kolektor dengan Cermin Datar”, Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negri Bandung, (2012)
- [2] Januar A, F, “Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Total (U) dan Heat Loss Setiap Section Main Dryer Unit Paper Machine 9”, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negri Bandung, (2013)
- [3] Giancosa, G, “Characterization of Annual Reported by Pulp and Paper Mills in Atlantic Canada”. Pollutans, 2(2), 135-155. (2022)
- [4] Reese, J.R. – High humidity hoods conserve energy and improve runnability, Tappi Engineering Conference, p653 (1988).
- [5] Reese, J.R., “Observations from Testing Dryer Section Performance”, Tappi Journal, p 198-202, October (1992).